

Lehrstuhl für Produktentwicklung  
der Technischen Universität München

# **Methoden zur kundenspezifischen Produkt- definition bei individualisierten Produkten**

**Georg Christoph Baumberger**

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen  
der Technischen Universität München  
zur Erlangung des akademischen Grades eines

**Doktor-Ingenieurs**

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier  
Universität Paderborn

Die Dissertation wurde am 19.09.2007 bei der Technischen Universität München  
eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen  
am 28.11.2007 angenommen.



*„It is the customer  
who determines what a business is.“  
[DRUCKER 1954, S. 37]*

*The customer is **not**  
a statistical concept.  
[nach OTTO & WOOD 2001, S. 115]*



# VORWORT DES HERAUSGEBERS

## **Problemstellung**

Die Individualisierung von Produkten ist für viele Unternehmen vor dem Hintergrund der Veränderungen des Markt-, Wettbewerbs- und technologischen Umfelds mehr denn je ein wichtiges Thema. Mit der massenhaften Produktindividualisierung geht dabei nicht nur eine erhebliche Differenzierung der materiellen und immateriellen Unternehmensleistungen einher, sondern sie erfordert auch die Integration der einzelnen Kunden in den Prozess der Leistungsdefinition in einem bisher unbekanntem Ausmaß. Da diese Leistungsdefinition zu einem großen Teil innerhalb der Produktentwicklung erfolgt, ergeben sich insbesondere hier neue Herausforderungen. Die herausragenden Problemstellungen sind dabei die Konzeption individualisierungsgerechter Produktstrukturen, z. B. durch Modularisierung oder Plattformbildung, sowie die Gestaltung der auftragsbezogenen Entwicklungsprozesse, in denen die kundenspezifische Leistungsdefinition erfolgt. Während der Aspekt einer geeigneten Produktstrukturierung bereits starke Beachtung in Forschung und Praxis gefunden hat, wurde die kundenspezifische Leistungsdefinition bislang kaum betrachtet. Insbesondere mangelt es hier an angepassten Methoden zur individuellen Anforderungserhebung und systematischen Übersetzung dieser kundenindividuellen Anforderungen in entsprechende Produkteigenschaften.

## **Zielstellung**

In diesem Kontext befasst sich die Arbeit mit der Systematisierung der grundlegenden Zusammenhänge bei der Produktdefinition individualisierter Produkte. Ziel der Arbeit ist die Konzeption einer Entwicklungsmethodik für die kundenspezifische Anforderungsklä rung und den Produktentwurf bei individualisierten Produkten. Zudem soll die Abbildung und operative Planung kundenspezifischer Produktentwicklungsprozesse unterstützt werden.

## **Ergebnisse**

Ausgehend von der Feststellung einer zwingenden Integration des einzelnen Kunden in den Prozess der Leistungserstellung bei individualisierten Produkten wird in der Arbeit ein methodisches Konzept zur kundenspezifischen Anforderungsklä rung und der darauf aufbauenden, konstruktiven Produktpassung entworfen. Eine wesentliche Basis der dargelegten Methoden bilden hierbei die vordefinierte Produktstruktur sowie das vom Unternehmen vorgehaltene Leistungspotenzial. Insbesondere der Individualisierungsgrad, d. h. die vorgesehenen kundenspezifischen Freiheitsgrade innerhalb der Produktstruktur, und der Vorbereitungsgrad als das Verhältnis zwischen kundenneutral und -spezifisch zu entwickelnden Komponenten des Leistungspotenzials stellen wesentliche Randbedingungen des individuellen Produktdefinitionsprozesses dar. Sie bestimmen nicht nur die einzusetzenden Methoden der Anforderungs-

erhebung, sondern determinieren auch den konstruktiven Anpassungsumfang. Entsprechend basiert der methodische Ansatz der kundenspezifischen Produktdefinition auf der systematischen Verknüpfung von Kundenanforderungen mit der Produktstruktur und dem vorhandenen Leistungspotenzial. Aus dieser Verknüpfung werden jeweils die individuellen Bedarfe zur Produktpassung abgeleitet. Zudem wird eine integrierte Methode zur Modellierung und Planung der kundenspezifischen Entwicklungsprozesse ausgearbeitet. Auch deren Kern bildet die Verknüpfung von Kundenanforderungen und Produktstruktur, aus der mittels generischer Prozessbausteine konkrete Ausprägungen der Entwicklungsprozesse definiert werden.

## **Folgerungen für die industrielle Praxis**

Mit der vorliegenden Arbeit wird aufgezeigt, dass die spezifischen Randbedingungen der kundenspezifischen Leistungsdefinition bei individualisierten Produkten die Bereitstellung eines angepassten methodischen Konzepts notwendig machen. Dieses muss insbesondere die Integration der einzelnen Kunden in den Entwicklungsprozess sowie die systematische und durchgängige Transformation deren Anforderungen in das zu produzierende Produkt berücksichtigen. Hierzu werden in der Arbeit spezifische Vorgehensweisen und methodische Hilfsmittel vorgeschlagen. Damit werden nicht nur wesentliche Voraussetzungen für eine praktische Umsetzung der Wettbewerbsstrategie der kundenindividuellen Massenproduktion geschaffen, sondern es werden auch allgemeingültige Ansätze im Umgang mit zunehmend diversifizierten Kundenanforderungen und immer kleineren Marktsegmenten thematisiert. Zudem weist das abgeleitete Konzept einer integrierten Prozessmodellierung, -planung und -ausführung den Weg zur systematischen Nutzung prozessbezogenen Erfahrungswissens.

## **Folgerungen für Forschung und Wissenschaft**

Mit den aufgezeigten konstruktionsmethodischen Konzepten wird zudem eine wichtige konzeptionelle Lücke in Bezug auf den Ansatz einer massenhaften Produktindividualisierung geschlossen. Hierbei werden auch wesentliche neue Impulse für die allgemeine Anforderungsklärun technischer Produkte sowie das Prozess- und Änderungsmanagement gegeben. Darüber hinaus wird mit dem dargelegten Grundgedanken eines sich schrittweise aufbauenden Leistungspotenzials ein alternativer, bedarfsorientierter Ansatz der Produktentwicklung variantenreicher Produkte aufgezeigt. Dieser ist nicht nur durch höhere Kundenorientierung und eine effektivere, risikoärmere Entwicklungsarbeit, sondern auch durch permanente Anpassung und Optimierung des Leistungsprogramms gekennzeichnet. Die Arbeit entfaltet damit ihren Nutzen über das Themengebiet der Produktdefinition bei individualisierten Produkten hinaus, indem sie eine durch modulare Produkte und Entwicklungsprozesse sowie konsequentes Wissensmanagement gestützte, agile Produktentwicklung konzeptionell fundiert.

Garching, im Dezember 2007

Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann

Lehrstuhl für Produktentwicklung  
Technische Universität München

## DANKSAGUNG

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentwicklung der Technischen Universität München von Juli 2002 bis Juni 2007.

An erster Stelle möchte ich meinem Doktorvater Professor Dr.-Ing. Udo Lindemann, Ordinarius des Lehrstuhls für Produktentwicklung, danken – für das in mich gesetzte Vertrauen, die gewährten Freiräume sowie nicht zuletzt die Förderung meiner Arbeit.

Professor Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier vom Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn danke ich für die Übernahme des Korreferats. Viele der in der vorliegenden Dissertation diskutierten Konzepte sind auch von Forschungsarbeiten aus seinem Umfeld inspiriert. Für die Übernahme des Vorsitzes der Prüfungskommission danke ich Professor Dr.-Ing. Michael Zäh, Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München.

Für ihre Unterstützung bei der Erstellung der Dissertation danke ich – stellvertretend für die Mitarbeiter der Universitätsbibliothek – herzlich Frau Herrmann sowie Prof. Dr. Winfried Baumberger, Dr.-Ing. Andreas Gahr und Markus Petermann für die Durchsicht des Manuskripts und ihre wertvollen Anregungen. Ebenso sei Frau Claus, Frau Illigen, Frau Lazarski und Frau Marquard-Schmitt für die reibungslose und zügige Organisation des Promotionsverfahrens gedankt.

Meinen ehemaligen Kolleginnen und Kollegen am Lehrstuhl: Danke für die gute Zusammenarbeit und das freundschaftliche Klima. Namentlich möchte ich hier vor allem meine SFB-Gefährten Dr.-Ing. Andreas Gahr, Dr.-Ing. Maik Maurer, Dr.-Ing. Josef Ponn und Dr.-Ing. Udo Pulm sowie darüber hinaus Dr.-Ing. Thomas Braun und Matthias Kreimeyer nennen. Ganz besonders möchte ich mich bei meinen Freunden Gary und Luc bedanken – nicht nur für die schöne Zeit innerhalb, außerhalb und jenseits der Institutsmauern, sondern auch für den „sanften Druck“ bei der Fertigstellung der Dissertation.

Dies wäre jedoch nicht ohne den Rückhalt meiner gesamten Familie möglich gewesen. Insbesondere meiner Mutter Erni Baumberger und meiner Schwiegermutter Renate Mrosack sei dafür gedankt, dass sie in der schwierigsten Zeit eingesprungen sind. Meine Frau Silke verehere und liebe ich auch wegen ihrer Stärke, die sie in den vergangenen Monaten gezeigt hat. Meinen Töchtern Greta und Hanna danke ich für ihre unbeschwerten Anmerkungen zu meiner Arbeit und die Kraft, die sie mir gegeben haben. Auch Ihr seid meine Riesen, auf deren Schultern ich stand. Euch möchte ich diese Arbeit widmen.

München, im Dezember 2007

Georg Christoph Baumberger





# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Problemstellung	5
1.3	Zielsetzung und Abgrenzung des Themengebietes	9
1.4	Grundlagen der Arbeit	14
1.4.1	Wissenschaftlicher Ansatz und Forschungsmethodik	14
1.4.2	Erfahrungsgrundlage der Arbeit	17
1.5	Aufbau der Arbeit	18
<b>2</b>	<b>Individualisierte Produkte – Einordnung und Grundlagen</b>	<b>21</b>
2.1	Begriffsbestimmung und inhaltliche Abgrenzung	21
2.1.1	Einführende Beispiele für individualisierte Produkte	21
2.1.2	Begriffsklärung	25
2.2	Ursachen einer zunehmenden Produktindividualisierung	28
2.3	Umsetzung der massenhaften Produktindividualisierung	34
2.3.1	Konzeptionen der massenhaften Produktindividualisierung	34
2.3.2	Teilaspekte der massenhaften Produktindividualisierung	37
2.4	Bewertung der massenhaften Produktindividualisierung	48
2.4.1	Allgemeine Nutzenpotenziale individualisierter Produkte	50
2.4.2	Einschränkende Randbedingungen bei individualisierten Produkten	53
2.4.3	Abgrenzung zu verwandten Konzepten	59
2.5	Zusammenfassung	63
<b>3</b>	<b>Methodische Entwicklung individualisierter Produkte</b>	<b>65</b>
3.1	Allgemeine Grundlagen der methodischen Produktentwicklung	65
3.1.1	Systemtheoretische Grundlagen der Produktentwicklung	68
3.1.2	Allgemeines Vorgehen bei der methodischen Produktentwicklung	72
3.1.3	Grundlagen der methodischen Anforderungsklä rung	77
3.1.4	Grundlagen des methodischen Produktentwurfs	88

3.2	Grundlagen der Entwicklung individualisierter Produkte	93
3.2.1	Wesensmerkmale der Entwicklung individualisierter Produkte	93
3.2.2	Entwicklungsprozess individualisierter Produkte	95
3.3	Strukturplanung individualisierter Produkte	98
3.3.1	Inhaltliche Abgrenzung der Produktstrukturplanung	99
3.3.2	Aspekte der Produktstrukturierung	100
3.4	Individuelle Produktdefinition und -anpassung	109
3.4.1	Allgemeine Ansätze der kundenspezifischen Produktadaption	109
3.4.2	Durchführung der kundenspezifischen Produktdefinition	111
3.5	Zusammenfassung	114
<b>4</b>	<b>Management von Entwicklungsprozessen</b>	<b>117</b>
4.1	Allgemeine Grundlagen der Prozessorganisation	117
4.1.1	Charakterisierung von Unternehmensprozessen	120
4.1.2	Identifikation und Beschreibung von Prozessstrukturen	123
4.2	Produktentwicklung als Prozess	125
4.2.1	Struktur des Entwicklungsprozesses	128
4.2.2	Charakteristische Eigenschaften von Entwicklungsprozessen	133
4.2.3	Einflussgrößen auf den Produktentwicklungsprozess	134
4.3	Methodische Gestaltung von Produktentwicklungsprozessen	137
4.3.1	Modellierung von Produktentwicklungsprozessen	138
4.3.2	Planung von Produktentwicklungsprozessen	143
4.4	Zusammenfassung	149
<b>5</b>	<b>Fazit aus der Analyse des Forschungsstandes</b>	<b>151</b>
5.1	Zusammenfassung des Handlungsbedarfes	151
5.2	Zusammenfassung der Hypothesen für die Lösungskonzeption	153
5.3	Überblick über die Bestandteile des Lösungsansatzes	154
<b>6</b>	<b>Konzept zur methodischen Produktdefinition individualisierter Produkte</b>	<b>157</b>
6.1	Basismodell der kundenindividuellen Produktadaption	157
6.2	Vorgehensmodell für die kundenindividuelle Produktdefinition	166
6.2.1	Gesamtprozess der kundenindividuellen Produktdefinition	166

6.2.2	Methodische Unterstützung der individuellen Anforderungsklä rung	171
6.2.3	Methodische Unterstützung der individuellen Produktgestaltung	177
6.2.4	Aufbau und Optimierung des Leistungspotenzials	183
6.3	Zusammenfassung	186
<b>7</b>	<b>Konzept zur systematischen Planung von individuellen Adaptionenprozessen</b>	<b>187</b>
7.1	Modellierung von individuellen Adaptionenprozessen	187
7.1.1	Auswahl und Anpassung der Modellierungsmethode	188
7.1.2	Ableitung von Basisaktivitäten	191
7.2	Planung von individuellen Adaptionenprozessen	194
7.2.1	Synthese individueller Adaptionenprozesse	197
7.2.2	Konfiguration des Adaptionenprozesses	201
7.3	Ansätze einer rechnergestützten Adaptionenprozessplanung	203
7.4	Zusammenfassung	212
<b>8</b>	<b>Anwendungsbeispiele</b>	<b>213</b>
8.1	Individualisierung eines Reinigungsgerätes	213
8.1.1	Ausgangssituation	213
8.1.2	Anwendung des Vorgehensmodells zur individuellen Produktdefinition	214
8.1.3	Gewonnene Erfahrungen	220
8.2	Kundenindividuelle Anpassung einer Etikettiermaschine	220
8.2.1	Ausgangssituation	221
8.2.2	Anwendung der relationsorientierten Prozesssynthese	222
8.2.3	Gewonnene Erfahrungen	225
8.3	Zusammenfassung	226
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>229</b>
9.1	Problemstellung und Zielsetzung	229
9.2	Vorgehen	230
9.3	Ergebnisse	231
9.4	Ausblick	233
<b>10</b>	<b>Literatur</b>	<b>235</b>

<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>271</b>
A.1	Gegenüberstellung der Standardisierungs- und Individualisierungsstrategie	271
A.2	Kontextfaktoren für eine erfolgreiche Einführung der Strategie der massenhaften Produktindividualisierung	272
A.3	Merkmalskomplexe technischer Systeme	274
A.4	Elementare Parameter der Produktgestaltung	277
A.5	Gestaltung des Leistungsprogramms von Unternehmen	278
A.6	Methoden zur Strukturplanung individualisierter Produkte	281
A.7	Beschreibung ausgewählter Methoden der Prozessmodellierung	299
A.8	Beschreibung ausgewählter Methoden der Prozessplanung	317
A.9	Grundlegende Basisaktivitäten in Produktentwicklungsprozessen	333
A.10	Zuordnung geeigneter Methoden der individuellen Produktdefinition zu Basiselementen der Produktstruktur individualisierter Produkte	336
<b>B</b>	<b>Dissertationsverzeichnis des Lehrstuhls für Produktentwicklung</b>	<b>337</b>

# 1 Einleitung

*„Every customer is unique. Economies of scale in manufacturing and distribution brought down the price of mass-produced goods so much that all but the most well-to-do customers were often willing to forgo their individuality and settle for standardized – but very affordable – goods. Still, the uniqueness of individual customers never went away; it was just subsumed in the averages of countless bell curves in every market-research study ever performed. The concept began coming back into view when companies discovered segmentation in the 1950s and niche marketing in the 1980s. The rise of mass customization in the 1990 has been both a response to and, with the pioneers’ success, the impetus behind the now commonplace notion of segments of one: every customer is his or her own market segment with specific requirements that must be fulfilled“ [GILMORE & PINE 1997, S. 92].*

*Im Kontext des vorangestellten Zitats sollen in der vorliegenden Arbeit geeignete Methoden und Hilfsmittel für die Entwicklung und kundenspezifische Anpassung individualisierter Produkte untersucht und damit wesentliche Grundlagen für die praktische Umsetzung des wettbewerbsstrategischen Konzeptes der massenhaften Produktindividualisierung geschaffen werden. Im folgenden Kapitel werden zunächst die Ausgangssituation und die identifizierten Problembereiche beschrieben sowie die sich daraus ergebende Zielsetzung der Arbeit präzisiert. Darauf aufbauend erfolgen die Einschränkung des Themengebietes und die Darstellung des gewählten wissenschaftlichen Ansatzes. Schließlich wird ein Ausblick auf die wesentlichen Inhalte und den Aufbau der Arbeit gegeben.*

## 1.1 Ausgangssituation

Das Umfeld von Unternehmen wird seit einigen Jahrzehnten vor allem durch drei wesentliche Veränderungen dominiert, die jedoch in einem engen Zusammenhang zueinander zu sehen sind: Das sind der Wandel der Märkte, der Wandel des Wettbewerbes und der technologische Wandel [vgl. ALLWEYER 1998, S. 6 ff.; SCHENK & WIRTH 2004, S. 11 ff.]. Der **Wandel der Märkte** ist zum einen durch den Wechsel von Verkäufer- zu Käufermärkten in vielen Bereichen gekennzeichnet [SCHMELZER & SESSELMANN 2004, S. 1; SCHNEIDER 1998, S. 34]. Die Ursachen liegen hierbei in zunehmender Marktsättigung bei gleichzeitig wachsender Produktivität, die zu einem Überangebot von Waren geführt haben. In vielen Bereichen können daher nur noch marginale Wachstumsraten erzielt werden, was einen zunehmenden Verdrängungswettbewerb zur Folge hat. Zum anderen haben sich tief greifende **gesellschaftliche Veränderungen** vollzogen. Ein steigendes Bildungsniveau, geänderte Altersstrukturen und wachsender Wohlstand führen zu einem Wertewandel der Gesellschaft. Dieser äußert sich beispielsweise in einer höheren Bedeutung von so genannten Selbstentfaltungswerten. Dies und die neue „Macht des Kunden“ haben zu einem erhöhten Selbstbewusstsein der Käufer und u. a. zu neuartigen oder stark geänderten Produkthanforderungen, z. B. in den Bereichen Qualität und ökologische Nachhaltigkeit, geführt. Gleichzeitig sind die Märkte dadurch we-

sentlich heterogener geworden. Kundenbedürfnisse und resultierende Marktstrukturen sind weniger einheitlich und schnelllebig, was kurze Reaktionszeiten der Unternehmen im Hinblick auf Entwicklungs- und Lieferzeiten erfordert [vgl. ADAM 1998, S. 27; EVERSHEIM 1995, S. 4; PICOT ET AL. 2003, S. 2 ff.; SCHMELZER & SESSELMANN 2004, S. 1; WILDEMAN 1998, S. 49]. Daneben haben sich auch die **Rahmenbedingungen des Wettbewerbs** in den letzten Jahrzehnten stark verändert. Ein wesentlicher Einflussfaktor ist hier die zunehmende Globalisierung und Deregulierung, die zu einem Abbau von Wettbewerbsbarrieren und zum Eintritt neuer Wettbewerber aus Niedriglohnländern, aber auch im Bereich von hochwertigen Produkten und Spitzentechnologien geführt haben [EVERSHEIM 1995, S. 4; HAMMER & CHAMPY 1994, S. 21 f.; PICOT ET AL. 2003, S. 2 ff.; SCHMELZER & SESSELMANN 2004, S. 1]. Die Folgen sind hier gleichermaßen ein verstärkter Verdrängungswettbewerb über niedrige Preise, aber ebenso ein zunehmender Innovationswettbewerb, der sich in verkürzten Innovationszyklen und sinkenden Produktlebenszeiten äußert [BACKHAUS 2003, S. 14 f.; WILDEMAN 2005, S. 19]. Das Ergebnis dieses Wettbewerbs sind jedoch nicht nur sich angleichende Qualitätsstandards auf hohem Niveau, sondern auch eine immer geringere Differenzierung der Wettbewerbsprodukte [SCHMELZER & SESSELMANN 2004, S. 1]. Schließlich haben sich im **technologischen Bereich** erhebliche Veränderungen vollzogen. Ein wesentlicher Aspekt ist hier der sogenannte Wandel zur Informationsgesellschaft, der viele Herausforderungen, aber auch erhebliche Chancen mit sich bringt und in vielen Fällen als ein Treiber des markt- und wettbewerbsbezogenen Wandels anzusehen ist [PICOT ET AL. 2003, S. 2 ff.]. So haben die Leistungssteigerung und zunehmende Verbreitung von Informations- und Kommunikationstechnologien sowie der damit einhergehende Preisverfall nicht nur zu einer Virtualisierung und Vernetzung der globalen Informations- und Warenströme geführt, sondern auch neue Produkt- und Produktionstechnologien ermöglicht [EVERSHEIM 1995, S. 4]. Beispielhaft seien hier die zunehmende funktionale Integration, Mechatronisierung und Miniaturisierung von Produkten sowie die Virtualisierung von Entwicklungs- und die Automatisierung von Fertigungsprozessen aufgeführt [vgl. GRÄBLER 2004, S. 43; KRAUSE ET AL. 2007, S. 5; WILDEMAN 2005, S. 9].

Das Unternehmensumfeld ist vor dem Hintergrund der beschriebenen Veränderungen von hoher Dynamik geprägt, die insbesondere durch starke Diskontinuitäten (z. B. technologische Sprünge, plötzlicher Wandel von Marktbeziehungen) und Vielschichtigkeit (gleichzeitig auftretende und sich beeinflussende Entwicklungen) gekennzeichnet ist. Aufgrund der stark vernetzten Unternehmensumwelt nimmt zudem das Ausmaß derartiger Veränderungen zu [ALLWEYER 1998, S. 10], so dass in diesem Zusammenhang häufig auch von einem zunehmend turbulenten Unternehmensumfeld gesprochen wird [PINE 1993, S. 67; WESTKÄMPER 2002, S. 22]. Die Beherrschung dieser Dynamik durch flexible und wandlungsfähige Strukturen und Prozesse gilt als ein wesentlicher Erfolgsfaktor moderner Unternehmen [ADAM 1998, S. 28 f.; ALLWEYER 1998, S. 12; KALUZA & BLECKER 2005, S. 4]. Die Umsetzung dieses Erfolgsfaktors gelingt ADAM [1998, S. 27] zufolge allerdings immer weniger mit standardisierten Produkten und Prozessen, sondern muss über individuelle Problemlösungen bei gleichzeitig wirtschaftlicher Leistungserstellung realisiert werden. EVERSHEIM [1995, S. 119] fasst die heutigen Anforderungen an Unternehmen folgendermaßen zusammen: „[Sie] sind geprägt von der Nachfrage nach individuellen Produkten, die ständig dem Wandel der technologischen Entwicklung angepasst und in hochwertiger Qualität in immer kürzeren Zyklen entwickelt und produziert werden müssen“.

Die Individualisierung von Unternehmensleistungen hat vor diesem Hintergrund insbesondere in der jüngeren Vergangenheit einen starken Bedeutungszuwachs erfahren [BURGHARD & KLEINALTENKAMP 1996, S. 166; HILDEBRAND 1997, S. 149; JACOB & KLEINALTENKAMP 1994, S. 5]. Dieser zeigt sich beispielsweise darin, dass der Anteil kundenspezifischer Erzeugnisse am gesamten Produktprogramm kontinuierlich steigt, während der Anteil an Standarderzeugnissen und Erzeugnissen auf der Basis von Varianten zurückgegangen ist [KLEINALTENKAMP 2000, S. 198] (vgl. Bild 1-1). Die zunehmende Bedeutung individualisierter Leistungen betrifft jedoch nicht nur Sachprodukte, sondern auch Dienstleistungen und die zugrunde liegenden Geschäftsbeziehungen [HILDEBRAND 1997, S. 149].

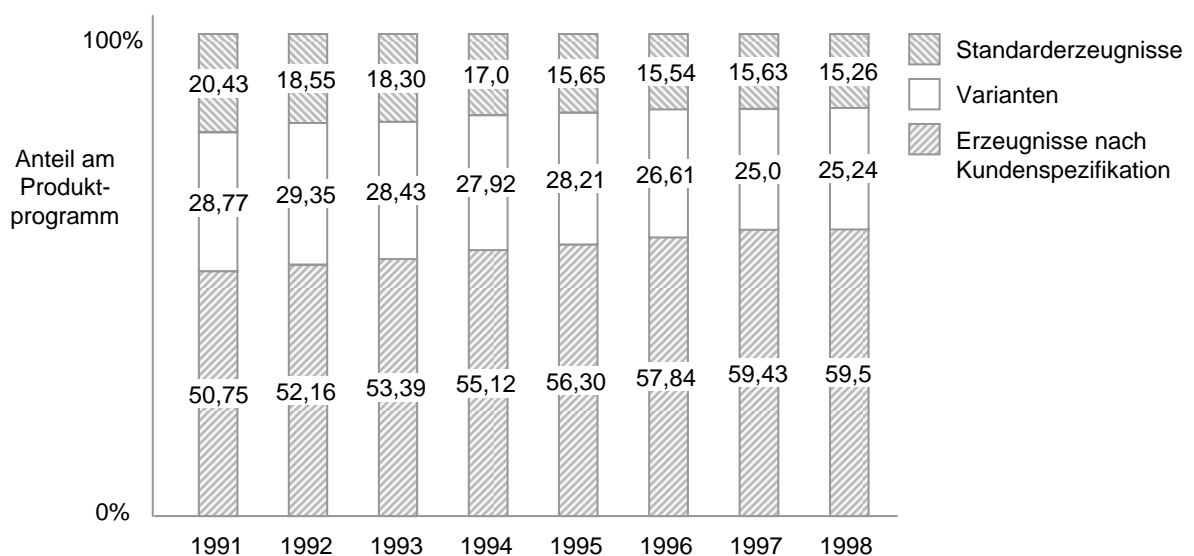


Bild 1-1. Entwicklung der Produktprogramme im deutschen Maschinenbau [KLEINALTENKAMP 2000, S. 198]

Eine wesentliche Herausforderung der zunehmenden Individualisierung besteht im Umgang mit der damit verbundenen Komplexität. So hat die vermehrte Ausrichtung auf individuelle Kundenwünsche zur Ausbildung immer differenzierterer Marktsegmente und schließlich fragmentierter Märkte („Mikrosegmente“, „segments of one“) geführt [GILMORE & PINE 1997, S. 92; HERRMANN & SEILHEIMER 2002, S. 650; PILLER & STOTKO 2003, S. 34; SCHENK & WIRTH 2004, S. 31 f.; SCHNEIDER 1998, S. 38].<sup>1</sup> In Bild 1-2 ist diese Entwicklung beispielhaft für die Segmentstruktur des deutschen Automobilmarktes aufgeführt. Nach MEFFERT [2005, S. 1007] hat sich die Anzahl der Segmente zwischen 1987 und 2000 bei

<sup>1</sup> Hammer & Champy 1994, S. 18 beschreiben dies so: „Customers – consumers and corporations alike – demand products and services designed for their unique and particular needs. There is no longer such notion as the customer; there is only this customer, the one with whom a seller is dealing at the moment and who now has the capacity to indulge his or her personal tastes. The mass market is broken into pieces, some as small as a single customer“. Noch prägnanter formuliert es KOTLER [1989, S. 7], indem er konstatiert: „The mass market is dead“.

rückläufigen Segmentgrößen verdreifacht. Zudem ist eine wachsende Distanz zwischen den Segmenten feststellbar, was ein Anzeichen für die geringere Homogenität des Marktes darstellt. Aus Unternehmenssicht ist hierbei der „Verlust der Mitte“, d. h. des profitablen Volumengeschäftes, und die gleichzeitige Verschiebung hin zu Niedrigpreissegmenten mit anhaltend hohem Preisdruck auf der einen und Nischensegmenten mit höchsten Individualisierungsansprüchen auf der anderen Seite besonders gravierend.

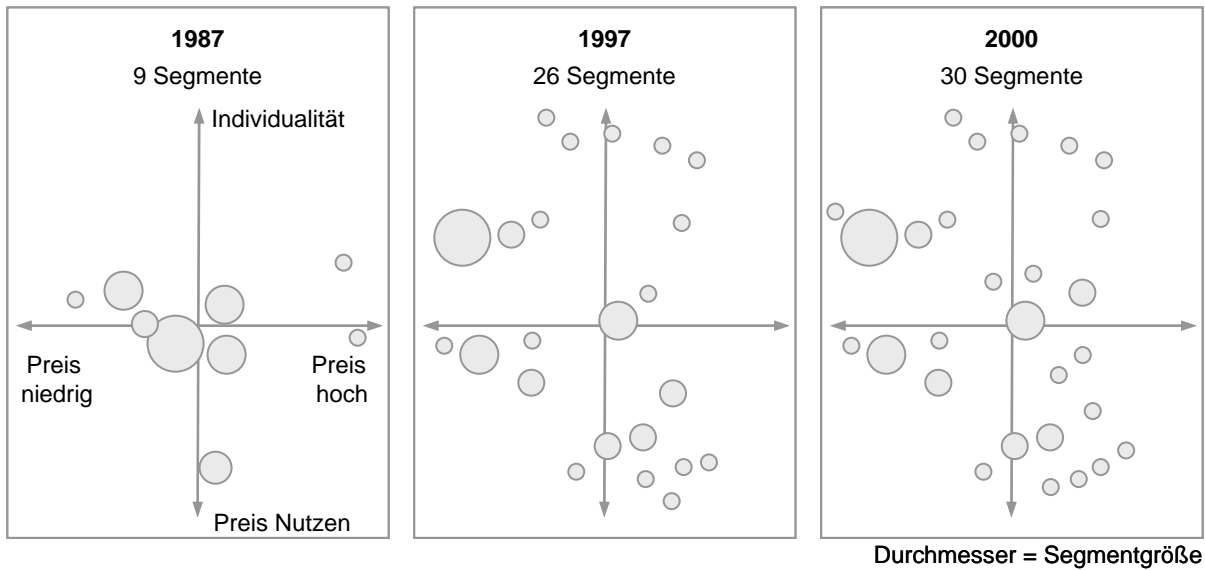


Bild 1-2. Entwicklung der Segmentstruktur des deutschen PKW-Marktes 1987-2000 [MEFFERT 2005, S. 1327]

Eine Folge der zunehmenden Individualisierung und Marktsegmentierung ist ein starker Anstieg der Variantenvielfalt [LÖSCH 2001, S. 267; HIRSCH 1992, S. 12 f.; PILLER & STOTKO 2003, S. 31; SEEGER 1992, S. 5; WILDEMANN 2005, S. 8]. Vor allem in stagnierenden Märkten werden neue Varianten für immer kleinere Marktsegmente entwickelt und mit hohem Vermarktungsaufwand eingeführt. Hierbei entsteht eine große Produktpalette ähnlicher Produkte, die vorab in geringen Mengen auf Lager produziert werden. Dem Anstieg der Variantenzahlen steht dabei kein oder sogar ein negatives Mengenwachstum gegenüber [WILDEMANN 2005, S. 8] und die fragmentierten Marktsegmente erfüllen die Erwartungen in Bezug auf Volumen und ökonomische Tragfähigkeit nicht [BÜSCHKEN & VON THADEN 2002, S. 603; MEFFERT 2005, S. 107; SCHNEIDER 1998, S. 53 f.]. Zudem sind die Absatzzahlen der Mikrosegmente nur schwer zu prognostizieren, eine zielgruppenspezifische Ansprache wird zunehmend schwieriger und der Aufwand für die Marktbearbeitung nimmt stark zu. Außerdem steigt die Komplexität in Produktentwicklung, Beschaffung, Produktion, Vertrieb und anderen Unternehmensbereichen aufgrund der erzeugten Vielfalt enorm an [ADAM 1998, S. 36]. Mit den steigenden Variantenzahlen sinken dadurch gleichzeitig die Erträge [COENENBERG & PRILLMANN 1995, S. 1239; RATHNOW 1993, S. 28 ff.; SCHNEIDER 1998, S. 54].

Eine Hauptursache dieses Dilemmas ist, dass die Varianten ohne konkreten Kundenbezug, also kundenanonym, entwickelt und produziert werden. Die grundsätzliche Herangehensweise



bei dieser Form der Variantenfertigung entspricht der einer Massenfertigung, nur eben im wesentlich kleineren Maßstab: Auf Basis definierter Marktsegmente und prognostizierter Kundenbedürfnisse werden Produkte für eine möglichst homogene Zielgruppe hergestellt und vermarktet [vgl. SCHENK & WIRTH 2004, S. 31]. Diese Marktsegmente werden einheitlich bearbeitet, der Kunde tritt in vielen Fällen lediglich als statistische Größe in Erscheinung [HILDEBRANDT 1997, S. 1]. Es wird versucht, die anvisierten Kunden über Massenmedien und Werbung zu erreichen, aber die dargebotenen Informationen werden aufgrund von Informationsüberlastung der Konsumenten nicht mehr aufgenommen [MEFFERT 2005, S. 108]. Die Folge sind immer aggressivere Vermarktungsformen, um die Aufmerksamkeit der Konsumenten auf sich zu ziehen. Den hohen Anstrengungen und Aufwendungen für Herstellung und Vermarktung steht jedoch kein entsprechender Ertrag gegenüber. Am Grundproblem der kundenanonymen Variantenfertigung – der einzelne Kunde mit seinen individuellen Bedürfnissen wird nicht in das Unternehmen und seine Wertschöpfungsprozesse integriert – kann auch eine immer weitere Segmentierung der Märkte nichts ändern [HILDEBRANDT 1997, S. 1; PILLER 1998, S. 30].

Einen Ansatz zur Lösung dieses Problems stellt die kundenindividuelle Massenproduktion (engl.: Mass Customization) dar, die den Gegenstand der vorliegenden Arbeit bildet. Die Wertschöpfungsprozesse sind hierbei auf den individuellen Kunden und seine spezifischen Bedürfnisse ausgerichtet [vgl. PILLER 2001; PINE 1993; GRÄBLER 2004]. Natürlich bedeutet dieser Ansatz eine noch weitergehende Differenzierung des Marktes und eine Erhöhung der Variantenvielfalt. Diese erfolgt jedoch bedarfsspezifisch, wozu es heute vor dem Hintergrund der dargestellten Flexibilisierungsbestrebungen prinzipiell auch die technischen Möglichkeiten gibt. Beispielsweise ermöglichen neue Informations-, Kommunikations- und Produktionstechnologien die Unterstützung des Kunden bei der Identifikation „seiner“ Bedürfnisse sowie eine Dynamisierung des gesamten Produkterstellungsprozesses. Kundenspezifische Produkte können auf diese Weise schneller und kostengünstiger gefertigt werden als mit herkömmlichen Technologien [ANDERSON 2006, S. 10; SCHNEIDER 1998, 37 f.].

## 1.2 Problemstellung

Aus der bei einer Produktindividualisierung zwingenden Integration des Kunden in den Prozess der Leistungserstellung sowie aus der Notwendigkeit einer Flexibilisierung dieses Prozesses und der zugrunde liegenden Leistungsstrukturen ergeben sich vielfältige Problemstellungen. Diese lassen sich im Wesentlichen auf die Grundprobleme Komplexität und Kosten, d. h. eine wirtschaftliche Bewältigung der mit der Kundenintegration und Produktindividualisierung verbundenen Komplexität, zurückführen. **Komplexitätsbezogene Probleme** resultieren hierbei im Kontext der Produktentwicklung z. B. aus der reinen Menge zu bewältigender Kundenaufträge, der Vielfalt möglicher individueller Kundenanforderungen sowie deren mannigfaltigen Abhängigkeiten untereinander und zu den betroffenen Produktkomponenten. **Kostenbezogene Probleme** beziehen sich auf die im Vergleich zur kundenanonymen Variantenfertigung erheblich steigenden Aufwendungen für die Integration der Kunden (Informationserhebung) und die Erstellung individueller Unternehmensleistungen.

Diese Grundprobleme lassen sich nicht allein durch neue Informations-, Kommunikations- und Produktionstechnologien bewältigen, sondern erfordern gleichermaßen Veränderungen in Bezug auf die angebotenen Leistungen und die zugrunde liegenden Prozesse und Strukturen im Unternehmen. Nach Meinung des Verfassers bestehen hier bezüglich der Produktentwicklung vor allem drei Problembereiche. Das sind

- eine grundlegende, individualisierungsgerechte Produktgestaltung,
- die methodische Unterstützung der Klärung kundenindividueller Anforderungen und deren Umsetzung in einem kundenindividuellen Produkt sowie
- die Planung und Abwicklung der kundenspezifischen Entwicklungsprozesse.

Die **individualisierungsgerechte Produktgestaltung** beschäftigt sich nicht nur mit der Wahl eines angemessenen Umfangs und Grades an Produktindividualisierung, d. h. einer Optimierung der Produktvarianz in Bezug auf Kundennutzen und entstehende Kosten, sondern auch mit der umfassenden Nutzung von Ansätzen zu deren möglichst komplexitätsarmer und wirtschaftlicher Umsetzung (z. B. Standardisierung, Modularisierung) [NILLES 2001, S. 3]. Insbesondere im letztgenannten Bereich gibt es zahlreiche Lösungsansätze, vor allem aus dem Bereich des Variantenmanagements [vgl. z. B. GÖPFERT 1998; SCHUH 1989; SCHUH 2005], die auch in Bezug auf die Entwicklung individualisierter Produkte umfassend analysiert und bewertet worden sind [FIRCHAU 2003; JIAO 1998; MAYER 1993; PILLER 2001; SCHNEIDER 1998]. Hier herrscht allerdings eine sehr einseitige strukturelle Sichtweise vor, die im Wesentlichen auf eine Verwendung von modularen Produktarchitekturen, Baukastensystemen und Plattformen begrenzt ist. Eine Systematisierung „prozessbezogener“ Individualisierungsaspekte fehlt dagegen weitgehend. Dies betrifft die Problemstellung, wie ausgehend von individuellen Kundenwünschen auf betroffene Produktbereiche geschlossen und unter Beachtung der festgelegten Produktarchitektur und vorhandener Lösungsalternativen eine entsprechende kundenspezifische Produktdefinition vorgenommen werden kann. Insbesondere vor dem Hintergrund verfügbarer Informationssysteme und flexibler Fertigungsverfahren ist diese Systematisierung der Zusammenhänge zwischen individuellen Kundenanforderungen und Produktgestaltung dringend notwendig.

Auch im eng damit verknüpften Bereich der methodischen **Klärung kundenindividueller Anforderungen und deren Umsetzung** bestehen in der Praxis erhebliche Schwierigkeiten. Nach einer vom Berliner Kreis – Wissenschaftliches Forum für Produktentwicklung e.V. initiierten Studie weisen deutsche Unternehmen hinsichtlich der Kundenorientierung deutliche Schwächen auf [GRABOWSKI & GEIGER 1997, S. 112]. Die mangelnde Berücksichtigung von Anforderungen und Wünschen der Kunden wird hier als ein wesentlicher Problembereich identifiziert [GRABOWSKI & GEIGER 1997, S. 41]. Schwachstellen sind u. a. die unzureichende Erfassung und Konkretisierung von Kundenvorstellungen, die mangelhafte Rückkopplung von Kundenanforderungen an die Entwicklung sowie die ungenügende Abstimmung zwischen Vertrieb und Technik hinsichtlich Marktforderungen und Möglichkeiten zu deren technischer Umsetzung [GRABOWSKI & GEIGER 1997, S. 44]. Als Verbesserungsmaßnahmen werden u. a. eine Erhöhung der Markt- und Kundenorientierung durch Einbindung des Kunden in die Entwicklung, eine Verbesserung des Informationsflusses vom/zum Kunden, die Verwendung von Checklisten für Kundengespräche, eine wertschöpfungsprozessorientierte Betrachtung

tion der Produktentwicklung und die Anwendung rechnerunterstützter Methoden vorgeschlagen [GRABOWSKI & GEIGER 1997, S. 142 ff.]. Eine Konkretisierung dieser Maßnahmen unterbleibt allerdings weitgehend. Dabei existieren zur „Integration“ von Kundenbelangen in die Produktentwicklung eine Reihe von Methoden, z. B. das Quality Function Deployment [AKAO 1990; DANNER 1996] oder die Lead-User-Methode [VON HIPPEL 2005] sowie ein breites Spektrum angepasster Marktforschungsmethoden [vgl. z. B. GEISINGER 1999; SCHMIDT 1996]. Diese Methoden zielen jedoch nicht auf eine Integration des einzelnen Kunden in den Entwicklungsprozess ab und eine individuelle Anforderungsklä rung wird hiermit nicht unterstützt. Das Konzept der Produktindividualisierung erfordert jedoch diese enge Rückkopplung zwischen Kunde und Unternehmen. Die in diesem Zusammenhang viel diskutierten Konfiguratoren und Toolkits [vgl. PILLER 2001; ROGOLL & PILLER 2002; BLECKER ET AL. 2005; SCHUH 2005; VON HIPPEL 2005 sowie Kap. 3.4] zielen dagegen sehr stark auf die Identifikation bzw. Erfassung „bekannter“ Kundenwünsche und dementsprechend die Konfiguration vordefinierter Module (Variantenkonfiguration) ab. Neue Kundenanforderungen können auf diese Weise nicht behandelt werden. Aus diesem Grund wird die Entwicklung neuer bzw. die Anpassung vorhandener Methoden zur Anforderungsklä rung als notwendig erachtet, die geeignet sind, einzelkundenspezifische Informationen zu erheben und ausreichend „Flexibilität“ zur Abbildung unbekannter oder nicht geplanter Forderungen aufweisen.

Schließlich werden auch die **Planung und Abwicklung der kundenspezifischen Entwicklungsprozesse** derzeit methodisch noch nicht ausreichend unterstützt. Zwar hat die Prozessorientierung in den letzten Jahren einen enormen Bedeutungszuwachs erfahren, die in diesem Kontext entstandenen Gestaltungsansätze<sup>2</sup> fokussieren aber vor allem auf eine Neugestaltung und Optimierung der existierenden Wertschöpfungsstrukturen in den Unternehmen. Auch im Bereich der Produktentwicklung werden derartige Ansätze seit geraumer Zeit diskutiert, so z. B. die Modularisierung von Produkten und dazugehörigen Unternehmensprozessen [vgl. z. B. GÖPFERT 1998], die verstärkte Ausrichtung der Produktentwicklung als Wertschöpfungsprozess [vgl. z. B. BENEKE 2003; EVERSHEIM 1995] oder die Parallelisierung und Integration von Prozessen im Rahmen des Simultaneous Engineering [vgl. z. B. BOCHTLER 1996; BULLINGER & WARSCHAT 1996]. Im Fokus steht aber auch hier vor allem die Optimierung vorhandener Ablaufstrukturen mit dem Ziel einer Senkung von Entwicklungs- und Auftragsabwicklungszeiten [EVERSHEIM 2002, S. 4; WILDEMANN 2005, S. 19]. Bei neuartigen Kundenanforderungen muss dagegen unter Berücksichtigung der zugrunde liegenden Produktarchitektur und vorhandener Lösungsalternativen eine flexible ad-hoc-Prozessplanung unterstützt werden. In Bezug auf diese fallweise, kundenorientierte Planung und Gestaltung von Entwicklungsprozessen existieren jedoch nur wenige Ansätze [vgl. z. B. SCHUMANN 1994; MURR 1999; REDENIUS 2006], die zudem keinen konkreten Bezug zu den spezifischen Anforderungen der kundenindividuellen Produktdefinition bei individualisierten Produkten herstellen. Eine wesentliche Herausforderung ist hierbei, dass sich die Zielstellung und die Rahmenbedingungen der zu planenden kundenindividuellen Entwicklungsprozesse entsprechend der mit

---

<sup>2</sup> z. B. Kaizen, Lean Management, Business Process Reengineering, fraktales Unternehmen [vgl. z. B. ALLWEYER 1998; DAVENPORT 1993; FAHRWINKEL 1995; FELDMAYER & SEIDENSCHWARZ 2005; GAITANIDES ET AL. 1994; HAMMER & CHAMPY 1994; HARRINGTON 1991; IMAI 1992; SCHMELZER & SESSELMANN 2004; WARNECKE 1992]

jedem Auftrag individuell variierenden Anforderungen gleichermaßen ändern. Dies macht jeweils eine individuelle Prozessplanung und Prozessrekonfiguration auf Basis der jeweiligen Kundenanforderungen notwendig.

Zusammenfassend lässt sich die Problemstellung damit wie folgt charakterisieren:

- Um individuelle Kundenanforderungen in einem Produkt umsetzen zu können, müssen nicht nur die strukturellen Voraussetzungen (Produktarchitektur mit teilweise vordefinierten Produktausprägungen) gegeben sein, sondern es müssen auf dieser Basis auch die Zusammenhänge zwischen individuellen Kundenanforderungen und Gestaltparametern des Produktes erfasst werden können. Diese Zusammenhänge bilden die Grundlage für die Ableitung der jeweiligen individuell erforderlichen Anpassungs- und Entwicklungsmaßnahmen im Rahmen der Produktdefinition.
- Um eine Produktindividualisierung vornehmen zu können, ist die Integration des Kunden in den Prozess der individuellen Produktdefinition zwingend notwendig. Kundenanforderungen müssen hierbei mit ausreichender Flexibilität jedoch unter Beachtung der ökonomischen und komplexitätsbedingten Restriktionen erfasst werden.
- Auf Basis der Anforderungen und der damit zusammenhängenden individuell anzupassenden Gestaltparameter muss eine flexible Planung und Durchführung des kundenspezifischen Entwicklungsprozesses erfolgen. Auch hierbei muss die aufwandsarme Planung und Durchführung des Prozesses das primäre Ziel sein.

Die Problemstellung ist in Bild 1-3 zusammengefasst. In Bezug auf die beschriebenen Problembereiche werden jedoch nicht nur methodische Defizite gesehen, sondern es fehlt auch an einer integrierten Betrachtung dieser Bereiche. Gelingt es hier, eine zweckmäßige methodische Unterstützung bereitzustellen und diese in einem durchgängigen Konzept zu integrieren, dann erscheint es möglich, bei Einsatz entsprechender Informations- und Produktionstechnologien die zurzeit wesentlich höheren Kosten für eine Individualisierung zu senken und die dabei entstehende Komplexität zu beherrschen.

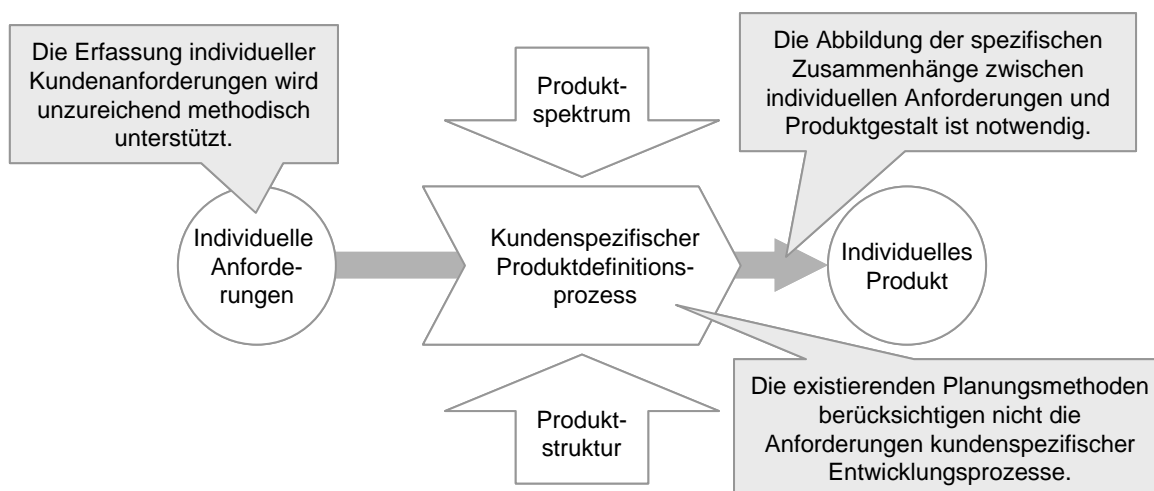


Bild 1-3. Problemstellung der Arbeit

### 1.3 Zielsetzung und Abgrenzung des Themengebietes

Entsprechend der diskutierten Problembereiche ist es die Hauptintention der vorliegenden Arbeit, einen Beitrag zur Klärung der Fragestellungen zu leisten, wie der Prozess der kundenindividuellen Produktdefinition bei individualisierten Produkten zweckmäßig und aufwandsarm gestaltet werden kann und welche Methoden dabei vorzugsweise einzusetzen sind. Hierbei sollen die vorhandenen Ansätze zur methodischen Behandlung der beschriebenen Problembereiche untersucht, bewertet und zu einem auf die spezifischen Anforderungen der kundenindividuellen Produktentwicklung abgestimmten und integrierten Gesamtkonzept zusammengefasst werden. Die vorliegende Arbeit ist folglich im Spannungsfeld der beiden Themenfelder

- massenhafte Produktindividualisierung bzw. kundenindividuelle Massenproduktion (Mass Customization) und
- methodische Produktentwicklung

angesiedelt. Die **Produktindividualisierung** bildet den thematischen Schwerpunkt der Arbeit. Es sollen Ursachen, spezifische Randbedingungen und bestehende Ansätze der Produktindividualisierung untersucht und bewertet werden. Das Themengebiet wird jedoch auf die Entwicklung individualisierter Produkte und weiter auf die kundenspezifische Produktdefinition mit Anforderungsdefinition und entsprechender Produkthanpassung (Adaption) eingegrenzt. Die **methodische Produktentwicklung** bildet folglich den fachlichen Rahmen der Arbeit. Ziel ist es, eine Entwicklungsmethodik für die kundenspezifische Produktdefinition bei individualisierten Produkten zu erarbeiten. Unter einer Entwicklungsmethodik wird hier ein System von Anleitungen über das Angehen von Problemen verstanden, das dazu dient, „sprunghaftes, unzuverlässiges Suchen durch systematisches Handeln zum Erreichen eines optimalen Produktes und einer rationalen, wirkungsvollen Konstruktionsarbeit zu ersetzen“ [HUBKA & EDER 1976, S. 71]. Dies kann dadurch erreicht werden, dass der in der Gesamtheit sehr komplexe Konstruktionsprozess in transparente, übersehbare Arbeitsabschnitte (Phasen, Operationen) gegliedert und jedem Schritt vorteilhafte Lösungs- und Bewertungsmethoden sowie Unterlagen und Hilfsmittel zugeordnet werden [ebd.]. Im vorliegenden Kontext sind dazu Methoden zur Unterstützung der kundenindividuellen Produktdefinition auszuwählen bzw. bei Bedarf neu zu konzipieren und in einem integrierten Rahmen zusammenzufassen.

Die Prozessorientierung stellt, wie im Rahmen der Problemstellung bereits gezeigt wurde, einen wesentlichen Ansatz zur Gestaltung flexibler und anpassungsfähiger Unternehmensorganisationen dar. Unter Prozessorientierung wird hier die auf ein Prozessziel ausgerichtete Verknüpfung von Prozesseinheiten zur Bearbeitung von Unternehmensaufgaben verstanden. Diese Form der Organisationsgestaltung wird als ein geeigneter Lösungsansatz zu einer, hinsichtlich der Produktindividualisierung notwendigen, Flexibilisierung von Entwicklungsprozessen bei gleichzeitiger Beherrschung der damit einhergehenden Komplexität angesehen. Die beiden vorgenannten zentralen Themenbereiche der Arbeit werden daher um den Bereich der **prozessorientierten Produktentwicklung** ergänzt. Damit ergibt sich die in Bild 1-4 dargestellte grobe Eingrenzung des Themengebietes der Arbeit.

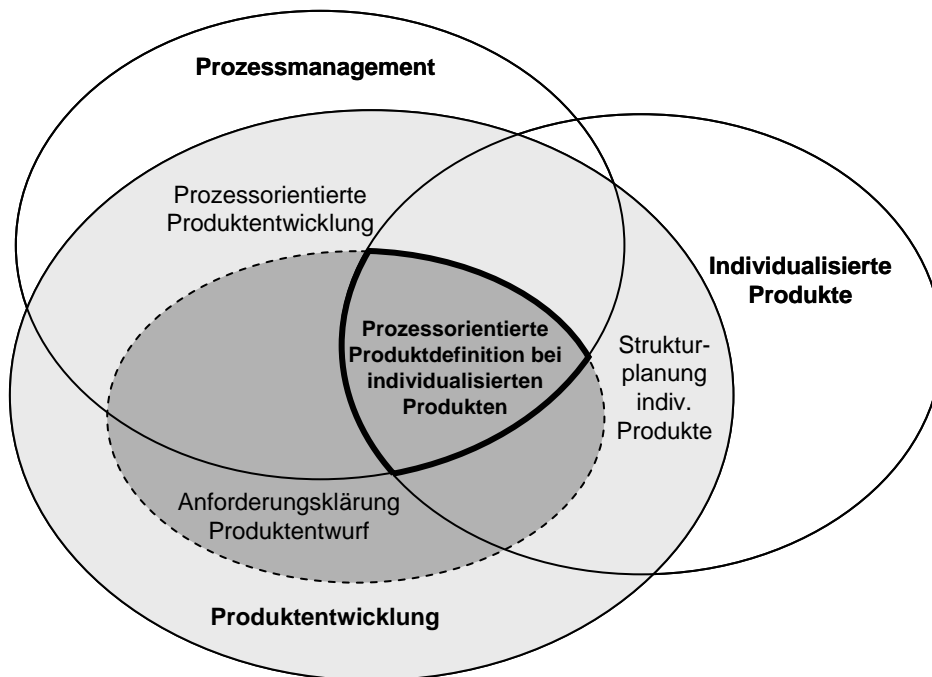


Bild 1-4 Abgrenzung des Themengebietes

Aus dieser Eingrenzung des Themengebietes kann die folgende Gesamtzielsetzung abgeleitet werden:

**Es soll eine spezielle Entwicklungsmethodik für die kundenspezifische Produktdefinition individualisierter Produkte konzipiert werden.**

Die kundenspezifische Produktdefinition wird hierbei als durchgängiger Prozess von der Klärung der individuellen Kundenanforderungen bis zu deren gestalterischen Umsetzung und Integration in einem individuellen Produkt verstanden. Dabei sollen die Parallelen, aber auch die Unterschiede zur klassischen Entwicklungsmethodik deutlich gemacht werden und notwendige Anpassungen und Ergänzungen insbesondere vor dem Hintergrund einer prozessorientierten Produktentwicklung vorgenommen werden. Gleichzeitig müssen Mechanismen aufgezeigt werden, wie die Vielzahl solcher parallelen Prozesse sinnvoll zu handhaben ist. Aus der aufgezeigten Gesamtzielsetzung lassen sich die folgenden forschungsleitenden Teilziele ableiten:

- Beschreibung aktueller Konzepte und Trends im Bereich der kundenindividuellen Leistungsdefinition und -erstellung (Mass Customization)
- Analyse und Bewertung vorhandener Lösungsansätze zur Entwicklung und Gestaltung individualisierter Produkte

- Definition eines Rahmenkonzepts und Klärung der Anforderungen an eine spezifische Konstruktionsmethodik für die kundenspezifische Produktdefinition individualisierter Produkte
- Ableitung eines Vorgehensmodells für die kundenspezifische Produktdefinition und Zuordnung geeigneter Entwicklungs- und Planungsmethoden
- Überprüfung des Lösungsansatzes und der beschriebenen methodischen Hilfsmittel
- Identifikation von Schwachstellen des Lösungsansatzes und Ableitung zukünftigen Forschungsbedarfs.

Die Ergebnisse der Arbeit sollen hierbei sowohl von konstruktionswissenschaftlichem Interesse als auch praktischer Relevanz sein. In Bezug auf die Konstruktionswissenschaft sind vor allem die Systematisierung des methodischen Instrumentariums für die Produktdefinition bei individualisierten Produkten und die Darlegung grundsätzlicher Zusammenhänge bei der individuellen Produktgestaltung von Bedeutung. Es soll aber keine vollständige Entwicklungsmethodik erarbeitet, sondern die grundsätzlichen Einflussgrößen, die sich aus dem Kontext massenhafter Produktindividualisierung ergeben, herausgestellt und beispielhafte Lösungsansätze aufgezeigt werden. Deren Detaillierung, Erweiterung und Anpassung, z. B. an spezifische Gegebenheiten, kann Inhalt weiterführender Forschungsarbeiten sein. Nicht zuletzt sollen durch die Arbeit auch Anregungen zur allgemeinen Reflexion der bestehenden Konstruktionsmethodik in Bezug auf geänderte Anforderungen und Rahmenbedingungen gegeben werden. Bezüglich der praktischen Anwendung der Ergebnisse wird die Schaffung einer konkreten Gestaltungshilfe bei der Lösung realer Problemstellungen im Bereich des Managements variantenreicher und individualisierter Produkte angestrebt. Im Rahmen der Arbeit wird dabei bewusst auf die Entwicklung rechnergestützter Werkzeuge verzichtet. Die Nützlichkeit solcher Werkzeuge ist zwar insbesondere in Hinblick auf eine Verifikation und Implementierung des Lösungsansatzes gegeben, jedoch liegt der Fokus zunächst auf der konzeptionellen Methodenentwicklung. Aufgrund der zentralen Bedeutung von rechnergestützten Werkzeugen für die Umsetzung in der unternehmerischen Praxis soll jedoch ein Ausblick auf denkbare Realisierungsmöglichkeiten gegeben und eine Bewertung derselben vorgenommen werden.

Trotz der bereits vorgenommenen Eingrenzung der Arbeit werden noch weitere Einschränkungen bzw. Abgrenzungen der Arbeit als notwendig angesehen. So stehen vor allem Sachleistungen im Fokus der Arbeit. Dienstleistungen haben zwar gerade im Kontext der Individualisierung eine ausgesprochen hohe Relevanz, werden aber aus den entwicklungsbezogenen Untersuchungen ausgeklammert. Ein wesentlicher Grund ist hierbei, dass sie aufgrund ihrer Immaterialität und der ohnehin notwendigen Einbeziehung eines externen Faktors völlig verschiedenartige Individualisierungskonzepte aufweisen und damit andere Anforderungen an die entsprechenden Entwicklungsmethoden stellen. Zur Vertiefung der Dienstleistungsindividualisierung sei beispielsweise auf [MEIER & PILLER 2001; MEIER ET AL. 2003] verwiesen.

Außerdem wird vor allem die Individualisierung *komplexerer* Sachprodukte betrachtet. Insbesondere in den existierenden Monographien zur massenhaften Produktindividualisierung bzw. Mass Customization überwiegen Fallbeispiele z. B. aus dem Bereich von Bekleidungs- und Nahrungsmitteln [PILLER 2001; PILLER & STOTOKO 2003; PINE 1993]. Diese weisen jedoch vergleichsweise triviale Produktstrukturen auf und beinhalten meist nur ein geringes Potenzial

für individuelle Entwicklungsleistungen. Mit Bezug auf die gebräuchliche Unterscheidung in Konsumtivgüter und Investivgüter [vgl. BACKHAUS 2003, S. 301; MAYER 1993, S. 12] sollen dabei aber keine Einschränkung vorgenommen und beide Güterarten gleichermaßen in die Betrachtung mit eingeschlossen werden. Konsumgüter bilden dabei jedoch den Hauptfokus, da der Ansatz individualisierter Produkte hier weitgehend Neuheitscharakter hat. Konsumgüter werden traditionell kundenanonym vorentwickelt und -produziert, zugleich aber für eine breite Masse abgesetzt. Dagegen ist im Bereich der Investitionsgüter die Bedeutung einer kundenspezifischen Auftragsklärung, Entwicklung und Fertigung seit jeher hoch und viele Investitionsgüter sind schon heute Individualprodukte [MEFFERT 2005, S. 1205]. Die kundenspezifische Entwicklung von Investitionsgütern weist allerdings in vielen Fällen noch Strukturen auf, die sehr stark auf eine Einzelentwicklung und -fertigung ausgerichtet sind. Hier werden erhebliche Potenziale zur Optimierung der Entwicklungsprozesse gesehen, z. B. durch verbesserte Kundenintegration, Einsatz entsprechender Fertigungstechnologien etc. [SCHWARZKOPF ET AL. 2003, S. 11]. Bei der Analyse der Problemstellung und der existierenden Lösungsansätze werden im Folgenden, wo erforderlich, die Unterschiede zwischen beiden Güterkategorien herausgestellt. Für die Konzeption des Lösungsansatzes ist diese Unterscheidung jedoch von untergeordneter Bedeutung, da dieser für die kundenspezifische Definition von Konsum- und Investitionsgüter gleichermaßen Gültigkeit haben soll.

Weitere wichtige Einschränkungen sind hinsichtlich des Grades an Individualisierbarkeit und des (mengenmäßigen) Ausmaßes der Individualisierung vorzunehmen. Allgemein ist hier festzustellen, dass kein einheitliches Begriffsverständnis der massenhaften Produktindividualisierung existiert – es muss daher definiert werden, was in der vorliegenden Arbeit unter Produktindividualisierung verstanden wird (vgl. Kap. 2.3.1). Aus Sicht des Autors muss die individuelle Produktdefinition Produktentwicklungsanteile umfassen bzw. darf zumindest nicht ausschließlich auf der Konfiguration kundenanonym vordefinierter Bausteine beruhen. In der Folge werden Individualisierungskonzeptionen ausgeschlossen, bei denen die kundenspezifische Produktdefinition lediglich auf der Kombination einzelner Standardbausteine eines Baukastens zu einem Gesamtprodukt beruhen. Zudem wird der Themenbereich der „Open Innovation“ ausgeschlossen [vgl. PILLER & STOTKO 2003, S. 63 ff.]. Dieses Konzept zielt zwar darauf ab, Kunden in die Produktentwicklung einzubeziehen und deren Ideen und Anregungen für eigene (Weiter-) Entwicklungen zu nutzen, eine Vermarktung individualisierter Produkte ist jedoch nicht eingeschlossen. Für eine detaillierte Behandlung des Themas Kundeneinbindung in Innovationsprozesse sei auf die Arbeiten von [LÜTHJE 2000; PILLER 2004; VON HIPPEL 2005; ZERNOTT 2004] sowie [REINICKE 2004] für eine spezielle konstruktionsmethodische Betrachtung verwiesen. Hinsichtlich des Terminus „Masse“ ist zu relativieren, dass das Konzept der massenhaften Produktindividualisierung nicht für jede Produktkategorie und jedes Preissegment wirtschaftlich tragfähig und aus Kundensicht sinnvoll ist. Dies gilt besonders für traditionelle Massenprodukte. Es ist daher genau zu betrachten, unter welchen Bedingungen ein derartiger Ansatz gewählt werden sollte. Generell soll die Größenordnung der Individualisierung jedoch über das bisher übliche Maß an Einzelanfertigungen deutlich hinausgehen.

Im Bereich des methodischen Instrumentariums ist vor allem eine Abgrenzung zum Anforderungsmanagement, Änderungsmanagement und Projektmanagement vorzunehmen, die inhaltliche Überschneidungen zum hier behandelten Themengebiet aufweisen. Das Anforderungs-



management (Requirements Engineering) stellt nach [DANNER 1996, S. 6] „das methodische, umfassende Klären, Strukturieren, Vernetzen und Pflegen von Anforderungen (...) sowie die Verknüpfung mit Methoden für die Lösungssuche und Bewertung“ dar. Die Arbeit kann damit in Bezug auf die systematische Erfassung und Gewichtung von Anforderungen sowie die Verknüpfung mit Entwicklungsprozessen zwar grundsätzlich dem Anforderungsmanagement zugeordnet werden, jedoch wird nur ein Ausschnitt dieses Gestaltungsfeldes betrachtet und andere Themenbereiche des Anforderungsmanagements vollkommen ausgeblendet. Dies betrifft z. B. die Konsistenzsicherung sowie die rechnergestützte Modellierung und Handhabung von Anforderungen vor allem im Falle von Änderungen [SCHEER ET AL. 2006, S. 48]. Hierfür sei auf einschlägige Arbeiten verwiesen [z. B. AHRENS 2000; DANNER 1996; HUMPERT 1995; MACAULAY 1996; RUPP 2004; SCHIENMANN 2002].

Die Arbeit ist auch deutlich vom Änderungsmanagement abzugrenzen. Eine Änderung ist nach HILLER [1997, S. 16] als Modifikation eines bereichsübergreifend abgestimmten und dokumentierten Lösungskonzeptes während der Phasen des Produktentwicklungsprozesses definiert. Dabei wird betont, dass es sich um die *nachträgliche, nicht geplante* Korrektur eines zuvor bereits abschließend festgelegten und freigegebenen Zustandes handelt. Ziel ist hier, eine Verbesserung z. B. der Produkteigenschaften oder des Herstellungsprozesses herbeizuführen [vgl. JARRAT 2004, S. 26]. Mit der individuellen Produktdefinition soll dagegen eine optimale kundenspezifische Ausprägung der Produkteigenschaften erreicht werden. Entsprechende Anpassungen beziehen sich auf vorgesehene Produktmodifikationen in definierten Bereichen oder zumindest innerhalb bestimmter Freiräume. Es handelt sich hier nicht um Änderungen im oben beschriebenen Sinne, sondern um eine finale Konkretisierung bzw. Ausarbeitung des Produktkonzeptes auf einer kundenspezifischen Gestaltungsebene. Auch in inhaltlich-methodischer Hinsicht bestehen zwischen Änderungsmanagements und der individuellen Produktdefinition Unterschiede. Die Hauptansatzpunkte des Änderungsmanagements sind die Vorverlagerung und die Vermeidung von Änderungen [HILLER 1997, S. 23; LINDEMANN & REICHWALD 1997, S. 52; JARRAT 2004, S. 62 ff.; ABMANN 2000, S. 64]. Bei der kundenspezifischen Anpassung individualisierter Produkte stehen dagegen die Flexibilisierung der Leistungserstellung und die Aufrechterhaltung von Änderungsmöglichkeiten (Freiräumen) im Vordergrund. Aufgrund der dennoch großen inhaltlichen Parallelen können Lösungsansätze aus dem Bereich des Änderungsmanagements für die individuelle Produktanpassung aber übernommen werden. Dies gilt insbesondere für die objektbezogene Beschreibung von Änderungen bzw. Adaptionen und die Handhabung ihrer jeweiligen Auswirkungen, z. B. in Form von Folgeänderungen aufgrund physischer oder funktionaler Schnittstellenbeziehungen [HILLER 1997, S. 20; JARRAT 2004]. Hier weisen Änderungs- und individuelle Adaptionenprozesse ähnliche Problemstellungen auf. Gleichzeitig können Strategien im Bereich der massenhaften Produktindividualisierung, wie z. B. eine optimierte Produktstruktur und die gezielte Schaffung individueller Freiheitsgrade, Impulse für ein verbessertes Änderungsmanagement geben.

Das Projektmanagement stellt schließlich ein ganzheitliches Managementkonzept zur Bearbeitung von komplexen Vorhaben (Projekten) dar [vgl. PLATZ 1996; LITKE 1995]. Es beinhaltet Aspekte der Aufbau- und Ablauforganisation sowie der Zielplanung, Führung, Steuerung und des Controllings. Gegenstand des Projektmanagements sind in der Regel einmalige Vorhaben. Die grundsätzlichen Modellierungs-, Planungs- und Steuerungsansätze des Projekt-

managements sind zwar auf das Management kundenspezifischer Entwicklungsprozesse bei individualisierten Produkten übertragbar, jedoch unterscheiden sich die Rahmenbedingungen hinsichtlich Projektumfang und Wiederholhäufigkeit z. T. gravierend. Während beispielsweise im Sondermaschinenbau kundenspezifische Entwicklungen häufig als Projekt organisiert sind, stellt die kundenspezifische Adaption bei individualisierten Konsumprodukten in der Regel kein Projekt, sondern einen Routineprozess dar. Entsprechend muss eine Anpassung der Projektmanagementmethoden und -werkzeuge erfolgen. Hier erfolgt jedoch eine Einschränkung des Themengebietes auf Methoden der inhaltlichen und ablauforientierten Projektplanung. In diesem Bereich sind nach Meinung des Autors die aus konzeptioneller Sicht wesentlichen Anpassungen vorzunehmen. Die Termin- und Ressourcenplanung sowie die Überwachung und Kontrolle der Prozessaktivitäten werden dagegen ausgeklammert. Hierzu sei z. B. auf [PLATZ & SCHMELZER 1986, BURGHARDT 2002, SCHMELZER & SESSELMANN 2004] verwiesen.

## 1.4 Grundlagen der Arbeit

### 1.4.1 Wissenschaftlicher Ansatz und Forschungsmethodik

Entsprechend der dargestellten Zielstellung der Arbeit soll eine Methodik für die kundenspezifische Produktdefinition bei individualisierten Produkten konzipiert werden. Die Arbeit ist damit dem Bereich der Konstruktionswissenschaft zuzurechnen. Unter dem Begriff der Konstruktionswissenschaft ist ein System von logisch miteinander verknüpften Wissensgebieten zu verstehen, die das gesamte Wissen über und für das Konstruieren enthalten und ordnen sollen [HUBKA & EDER 1996, S. 73]. Der Aufbau eines solchen Wissenssystems, das aus Begriffen (Terminologie), Ordnungen (Taxonomie), allgemeinen Regeln/Gesetzen sowie Theorien besteht, soll den individuellen Konstrukteur bei der Sammlung und Weiterentwicklung seines konstruktionsbezogenen Wissenssystems entlasten und die Übertragung auf andere Personen und Problemstellungen unterstützen [ebd.]. Nach ROOZENBURG & EEKELS [1995, S. 30] soll eine Konstruktionsmethodik konzeptionelle Hilfsmittel bereitstellen, die dem Entwickler die effektive und effiziente Organisation des Konstruktionsprozesses, d. h. dessen Planung, Ausführung und Kontrolle, ermöglichen. Aufgrund der vorgenommenen Einschränkung der Arbeit wird jedoch nicht das gesamte Wissensgebiet der Konstruktionswissenschaft, sondern mit dem Schwerpunkt auf der Anforderungsklä rung und Gestaltfindung nur ein relativ kleiner Ausschnitt betrachtet, der zudem produktspezifisch auf individualisierte Sachprodukte eingeschränkt wurde. Die vorliegende Arbeit ist damit dem Bereich der speziellen Konstruktionswissenschaft zuzurechnen [vgl. HUBKA & EDER 1996, S. 79]. Die hier formulierten Aussagen haben eine eingeschränkte Gültigkeit, weisen aber eine hohe Spezifität im Rahmen der betrachteten Problemstellung und tendenziell auch einen höheren Konkretisierungsgrad auf.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Die allgemeine Konstruktionswissenschaft formuliert dagegen abstrakt gehaltene Aussagen von sehr breiter Gültigkeit [HUBKA & EDER 1996, S. 79].

In diesem Zusammenhang wurde für die vorliegende Arbeit ein angewandter wissenschaftlicher Ansatz gewählt [vgl. HILL ET AL. 1994, S. 22]. Im Gegensatz zur theoriegeleiteten Forschung, deren Ziel die Beschreibung, Erklärung und Vorhersage von Strukturen und Verhaltensweisen beobachtbarer Systeme auf Basis von allgemeinen Hypothesen ist [ULRICH 2001, S. 19], wird bei der Untersuchung der kundenspezifischen Produktdefinition individualisierter Produkte ein pragmatisches Wissenschaftsziel verfolgt. Hier sollen Aussagen getroffen werden, die unmittelbare Hilfestellung bei der Lösung praktischer Probleme in Form von inhaltlichen Lösungen, Lösungsverfahren, übergeordneten Gestaltungsmodellen oder Regeln für die Entwicklung dieser Gestaltungsmodelle geben [ULRICH 2001, S. 30]. Die zunehmende Produktindividualisierung wird damit nicht nur als ein beobachtbares Phänomen in der realen Welt, sondern auch als ein (wettbewerbsstrategisches) Konzept verstanden. Dieses Konzept stellt den Entwurf eines Gestaltungsmodells für eine zukünftige Veränderung der technischen und sozialen Wirklichkeit dar [vgl. ULRICH 1984, S. 35].<sup>4</sup> Mit Bezug auf die Konstruktionswissenschaft besteht das Ziel der vorliegenden Arbeit daher nicht nur in einer Erforschung des Konstruierens auf Basis von Beobachtungen („research into design“), sondern vor allem in einer Forschung für das Konstruieren durch Bereitstellung von Methoden, Modellen und Werkzeugen („research for design“) [CROSS 1995, S. 1] bzw. „It not only aims at understanding the phenomenon of design, but also at using this understanding in order to change the way the design process is carried out“ [BLESSING ET AL. 1997, S. 43].

Ausgehend von dieser grundsätzlichen wissenschaftsmethodischen Einordnung der Arbeit wird das im Überblick in Bild 1-5 dargestellte Vorgehen für die vorliegende Arbeit gewählt. Es kann hier grob hinsichtlich der Phasen

- Entstehungszusammenhang,
- Begründungszusammenhang und
- Anwendungszusammenhang

differenziert werden. Den Ausgangspunkt der Arbeit bilden entsprechend des gewählten pragmatischen Ansatzes nicht Beobachtungen und Sammlungen von Daten, sondern die Erfassung typischer Probleme, für deren Lösung kein befriedigendes Wissen zur Verfügung steht. Dies wird von ULRICH [2001, S. 22] auch als **Entstehungszusammenhang** bezeichnet. Im Gegensatz zu den empirischen Grundlagenwissenschaften, für die eine bestehende Realität das eigentliche Untersuchungsobjekt darstellt, ist diese für die angewandten Wissenschaften nur Ausgangspunkt für die Untersuchung möglicher zukünftiger Realitäten [ULRICH 2001, S. 23]. Im Entstehungszusammenhang erfolgen die Beschreibung des Untersuchungsbereiches und die Entwicklung von handlungsleitenden Gestaltungshypothesen. Im **Begründungszusammenhang** wird anschließend eine Überprüfung der Gestaltungshypothesen anhand vorhandener problemrelevanter Theorien und erkannter Zusammenhänge des Untersuchungsbereiches vorgenommen. Der Begründungszusammenhang hat für die angewandten Wissen-

---

<sup>4</sup> ULRICH [1984, S. 35] merkt hierzu an, dass es sich bei Ingenieurwissenschaften und der Betriebswirtschaftslehre im Gegensatz zu Naturwissenschaften um Gestaltungslehren handelt, die sich durch ihre Zukunftsgestaltung und nicht rein auf Erklärung ausgerichtete Zielvorstellung unterscheiden.

schaften keine so zentrale Bedeutung wie für die empirischen Grundlagenwissenschaften. Von Bedeutung ist eher die praktische Anwendbarkeit von Modellen und Handlungsanweisungen in spezifischen Situationen sowie Aussagen zum Nutzen und Schaden von potenziellen Gestaltungsansätzen in der Realität. Im so genannten **Anwendungszusammenhang** erfolgt daher die praktische Umsetzung, Erprobung und Bewertung der Ergebnisse. Diese Überprüfung der Anwendbarkeit und Problemlösefähigkeit darf nach [ULRICH 2001, S. 24] aber nicht in künstlich arrangierten Begründungszusammenhängen, sondern muss im praktischen Anwendungszusammenhang (Praxiszusammenhang) erfolgen.

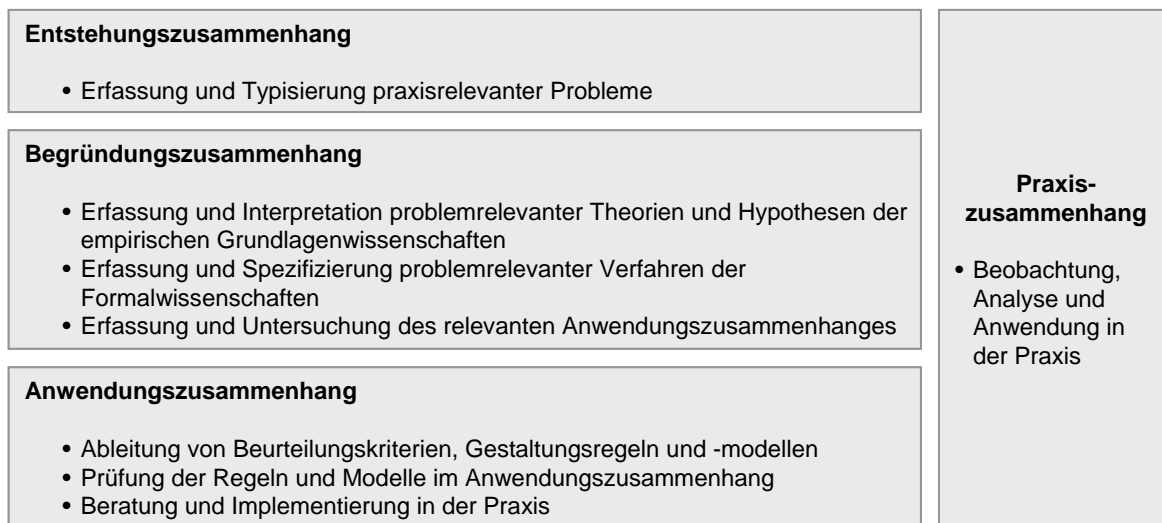


Bild 1-5. Vorgehen im Rahmen des Forschungsprozesses [nach ULRICH 2001, S. 45]

Ausgehend vom dargestellten, allgemeinen forschungsmethodischen Ansatz soll nachfolgend der konkrete wissenschaftliche Ansatz der Arbeit beschrieben werden. Den Ausgangspunkt bildet hier zunächst die Frage nach der Notwendigkeit und den Randbedingungen einer methodischen Unterstützung der von kundenindividuellen Anforderungen geleiteten Produktdefinition. Die im Folgenden vorzunehmende Detaillierung und Charakterisierung der Problemstellung beruht ganz wesentlich auf Beobachtungen und Erkenntnissen in industrienahen Untersuchungsfeldern (vgl. Kap. 1.4.2). Über diese subjektive Erfassung des problemrelevanten Entstehungszusammenhanges hinaus wird die beschriebene Problemstellung in den bestehenden wissenschaftlichen Kontext, d. h. die vorhandenen Erkenntnisse und Theorien, eingeordnet. Entsprechend der Komplexität und Vielschichtigkeit des behandelten Themas müssen hier zahlreiche Disziplinen einbezogen werden. Die vorliegende Forschungsarbeit stützt sich dabei vor allem auf eine umfangreiche Rezension der Literatur zum Forschungsstand im konstruktionswissenschaftlichen, systemtechnischen, betriebswirtschaftlichen, psychologischen und soziologischen Bereich.<sup>5</sup> Als Ergebnisse der Analyse praktischer Problemstellungen so-

<sup>5</sup> GUMMESSON [2000, S. 67] bezeichnet diese Kombination aus eigenen Erfahrungen und „Erfahrungen“ anderer in Form von Büchern, Forschungsberichten etc. als „Preunderstanding“, dass als notwendige Vorbedingung

wie der Bewertung bestehender Lösungsansätze im Kontext der Themenstellung werden Schwachstellen und der Handlungsbedarf aus Sicht des Verfassers herausgearbeitet und Gestaltungshypothesen als konzeptionelle Grundlage entwickelt. Anschließend wird ein konstruktionsmethodisches Rahmenkonzept für die kundenspezifische Produktdefinition bei individualisierten Produkten ausgearbeitet, dessen Gültigkeit und Nützlichkeit über eine konkrete Problemlösung für den Einzelfall hinausgehen soll und das daher die im Verlaufe der Forschungstätigkeit erlangten Erkenntnisse verallgemeinern muss. Die Überprüfung des konzipierten konstruktionsmethodischen Modells findet anschließend durch beispielhafte Anwendung in Fallstudien statt. Hierbei wird bewertet, ob die vorgeschlagenen Methoden tauglich sind, das ursprünglich beschriebene Problem zu lösen und dabei die aufgestellten Anforderungen im Anwendungszusammenhang zu erfüllen. Das Hauptbewertungskriterium bildet die praktische Zweckmäßigkeit (d. h. Problemlösefähigkeit und Nützlichkeit) der aufgestellten Modelle und Methoden. Außerdem sollen unerwünschte Nebeneffekte identifiziert werden [BLESSING ET AL. 1997, S. 52]. Die in den Fallstudien gewonnenen Erkenntnisse weisen natürlich nur eine eingeschränkte Aussagekraft für die Bewertung der allgemeinen Gültigkeit und Problemlösekraft der eingesetzten Modelle auf. Die Erkenntnisse sind deshalb vor dem Kontext der jeweiligen Anwendung kritisch zu hinterfragen, entfalten aber in diesem Sinne gerade ihre praktische Nützlichkeit. Durch die Reflexion der in den Fallstudien beschriebenen Problemstellungen und Lösungsansätze vor dem Hintergrund eines anderen Problemkontextes und die Analyse der kontextuellen Unterschiede können sich neue, hilfreiche Ansätze für dieses Problem ergeben. Gleichsam verbietet die Beschränkung auf Einzelfallstudien die Verallgemeinerung der Ansätze im Sinne eines theoriegeleiteten Modells.<sup>6</sup>

### 1.4.2 Erfahrungsgrundlage der Arbeit

Die Grundlagen der Arbeit in Bezug auf den problemrelevanten Entstehungszusammenhang und die daraus entwickelten Methoden und Vorgehensweisen beruhen maßgeblich auf durchgeführten Forschungsprojekten am Lehrstuhl für Produktentwicklung der Technischen Universität München im Zeitraum 2002 bis 2006. Den zweifelsohne größten Anteil hatte hierbei die Mitarbeit im Teilprojekt I2 „Übersetzung individueller Kundenwünsche in Produktdefinitionen“ des Sonderforschungsbereiches 582 „Marktnahe Produktion individualisierter Produkte“ der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG). Vor allem die grundlegende begriffliche und inhaltliche Konzeption und Abgrenzung der Themenstellung sowie die daraus abgeleiteten Grundthesen basieren auf Ergebnissen aus diesem Forschungsprojekt.

Im Rahmen einer industrienahen Studie des Berliner Kreis – Wissenschaftliches Forum für Produktentwicklung e.V. zu Innovationspotenzialen in der Produktentwicklung und einer

---

*für sinnvolle Forschungsarbeit angesehen wird und die Basis für eine detaillierte Beschäftigung mit der Problemstellung im Rahmen des so genannten „Understanding“ bildet. Der wissenschaftliche Erkenntnisprozess wird dabei als ständiger Zyklus (so genannte „hermeneutische Spirale“) angesehen, bei der sich Phasen des „Preunderstanding“ mit Phasen des „Understanding“ abwechseln [GUMMESSON 2000, S. 71].*

<sup>6</sup> Für eine detaillierte Reflexion und Kritik des fallstudienbasierten Forschungsansatzes sei auf [GUMMESSON 2000, S. 84 ff.; WULF 2002, S. 35 f.] verwiesen.

damit verbundenen Expertenbefragung wurden weitere Erkenntnisse zum Problembereich der Produktindividualisierung, vor allem zu entsprechenden Lösungsansätzen und deren Verwendungshäufigkeit in der Praxis, gewonnen [vgl. KRAUSE ET AL. 2007, S. 107 ff.].

Im Rahmen einer weiteren Studie zu den Auswirkungen von kundenindividuellen Änderungen und deren Handhabung in Produktentwicklungs- und Auftragsabwicklungsprozessen konnte die Problemstellung der Arbeit in Zusammenarbeit mit einem Hersteller von Getränkeabfüllanlagen in der industriellen Praxis untersucht und Teilergebnisse der Arbeit anhand der kundenspezifischen Anpassung einer Etikettiermaschine verifiziert werden.

Die in Kooperation mit einem Hersteller für Haushalts- und professionelle Reinigungsgeräte durchgeführte Entwicklung und prototypische Umsetzung eines individualisierten Reinigungsgerätes stellte ein weiteres praktisches Anwendungsfeld der Arbeit dar.

Mit Blick auf die Problemstellung der Arbeit haben die verschiedenen Kontakte mit Industrieunternehmen hier vor allem gezeigt, dass die zunehmende Varianz von Kundenanforderungen eine erhebliche Herausforderung in der Praxis darstellt. Beim Umgang mit der resultierenden Komplexität überwiegen allerdings noch immer die herkömmlichen Ansätze des Variantenmanagements, maßgeblich mit dem Schwerpunkt der Variantenreduktion. Die in der Praxis gewonnene Erkenntnis, dass diese Ansätze nur eine begrenzte Hilfestellung bei der Beherrschung der gestiegenen Komplexität und Dynamik des Unternehmensumfelds bieten können, hat die Beschäftigung mit alternativen Konzepten zum Umgang mit kundenbedingter Vielfalt wesentlich bestärkt.

## 1.5 Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit orientiert sich an den in Kapitel 1.3 dargelegten Ziel- und Teilzielsetzungen und dem gewählten wissenschaftlichen Ansatz. Die entsprechende Kapitelstruktur ist in Bild 1-6 wiedergegeben und wird im Folgenden kurz erläutert.

Im Anschluss an die Einleitung in **Kapitel 1** mit der Klärung der Problem- und Zielstellung erfolgt in Kapitel 2, 3 und 4 eine ausführliche Behandlung der Grundlagen der Arbeit. Entsprechend der thematischen Abgrenzung sind hier die Teilbereiche Produktindividualisierung, methodische Produktentwicklung und Management von Entwicklungsprozessen zu adressieren. **Kapitel 2** befasst sich mit dem Themenbereich der massenhaften Produktindividualisierung bzw. der kundenindividuellen Massenproduktion (Mass Customization) und arbeitet die wesentlichen begrifflichen Grundlagen und existierenden Konzepte dazu heraus. Im Ergebnis soll eine weitere inhaltliche Abgrenzung der Produktindividualisierung vorgenommen werden, die den Rahmen für die nachfolgende Argumentation darstellen soll. In **Kapitel 3** wird der Bezug zur methodischen Produktentwicklung hergestellt. Auf der einen Seite werden hier die allgemeinen Grundlagen der Konstruktionsmethodik im Kontext der Themenstellung dargelegt und auf der anderen Seite existierende Ansätze im Bereich der Entwicklung und kundenspezifischen Anpassung individualisierter Produkte untersucht und bewertet. Dabei soll der Forschungsbedarf hinsichtlich einer methodischen Unterstützung der kundenindividuellen Produktdefinition präzisiert werden. In **Kapitel 4** erfolgt eine Untersuchung der Grundlagen der prozessorientierten Produktentwicklung. Neben einer allgemeinen Einordnung bilden

existierende Verfahren zur Modellierung und Planung von Entwicklungsprozessen den Schwerpunkt der Betrachtung. Hierbei sollen geeignete Planungs- und Modellierungsmethoden ausgewählt und der notwendige Anpassungs- bzw. Gestaltungsbedarf in Bezug auf eine Planung von kundenspezifischen Entwicklungsprozessen identifiziert werden.

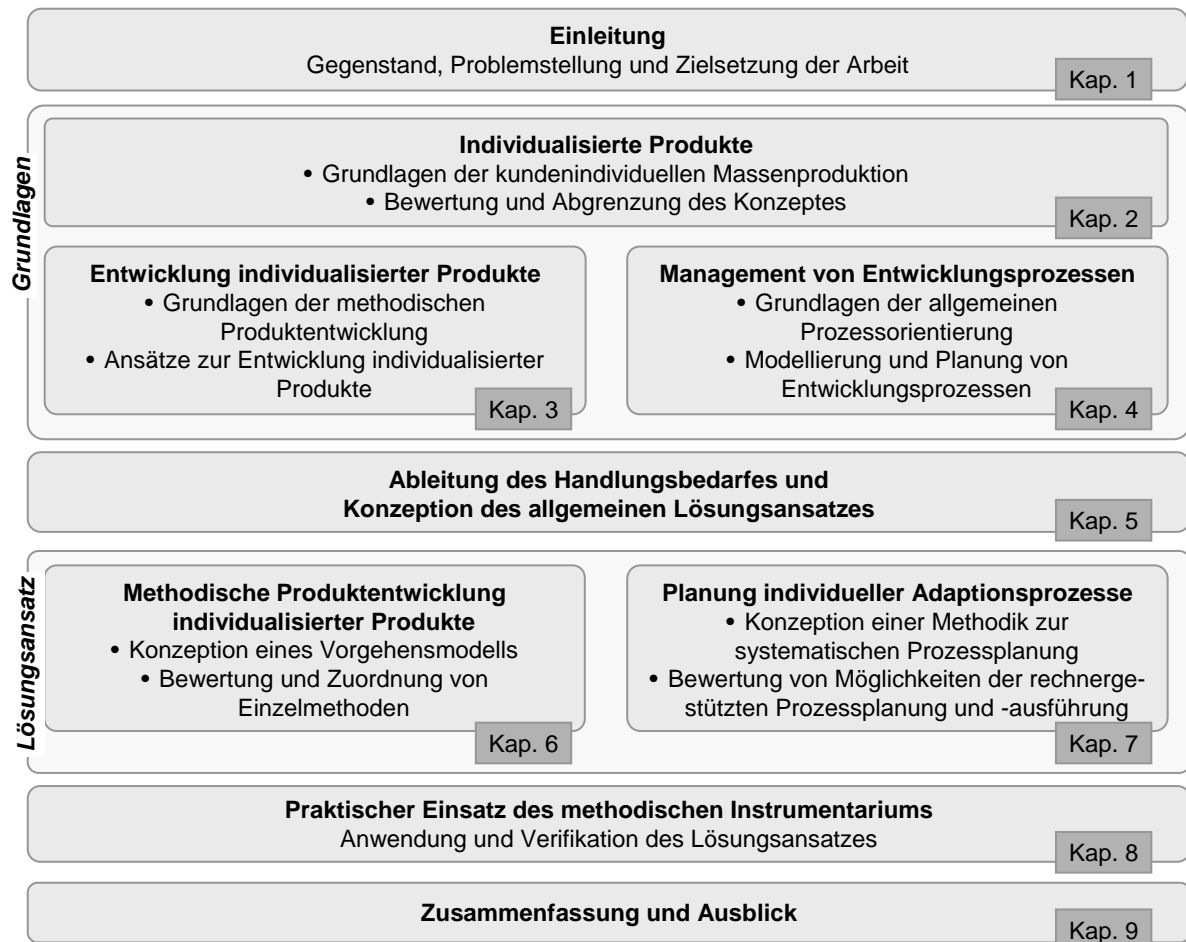


Bild 1-6. Struktur der Arbeit

In **Kapitel 5** wird auf Basis der vorangegangenen Untersuchungen zum Stand der Forschung der Handlungsbedarf der Arbeit zusammengefasst und das Grundkonzept des Lösungsansatzes herausgearbeitet. Die wesentlichen Bestandteile des Lösungsansatzes sind hierbei das Basismodell der kundenindividuellen Produktadaption, ein methodenorientiertes Vorgehensmodell sowie ein Prozessplanungsmodell für den kundenspezifischen Produktdefinitionsprozess. Deren Ausarbeitung erfolgt in den nachfolgenden Kapiteln 6 und 7. In **Kapitel 6** wird ein Vorgehensmodell für die kundenspezifische Produktdefinition bei individualisierten Produkten erarbeitet. Dabei werden das grundsätzliche Ablaufschema aufgezeigt und Methoden zur strukturierten Bearbeitung der Einzelschritte zur Verfügung gestellt. Den inhaltlichen Schwerpunkt bilden hierbei die kundenindividuelle Anforderungsklärun und die darauf aufbauende individuelle Produktpassung (nachfolgend auch Adaption genannt). In **Kapitel 7** wird ein

Konzept für die prozessorientierte Abwicklung individueller Kundenwünsche bei individualisierten Produkten entworfen. Im Mittelpunkt stehen hier die Identifikation notwendiger kundenwunschinduzierter Entwicklungstätigkeiten und deren durchgängige Betrachtung im Rahmen des Adaptionprozesses. Außerdem werden existierende Ansätze zur Rechnerunterstützung dieses Prozesses bewertet. **Kapitel 8** zeigt die Anwendung der zuvor entwickelten Vorgehensweisen und Methoden im praktischen Kontext und hinterfragt kritisch deren Nutzenbeitrag. Anhand von zwei Fallbeispielen aus dem Konsum- und Investitionsgüterbereich werden dabei die Ergebnisse, Erfahrungen und Verbesserungspotenziale für das erarbeitete Vorgehensmodell der kundenindividuellen Produktdefinition und das zugeordnete Prozessplanungsmodell erläutert. **Kapitel 9** fasst die Ergebnisse der Arbeit zusammen und zeigt im Ausblick weiteren Handlungs- und Forschungsbedarf auf.



## 2 Individualisierte Produkte – Einordnung und Grundlagen

*Im Kapitel 2 werden die wesentlichen konzeptionellen Grundlagen der Produktindividualisierung geklärt. Zunächst werden drei reale Produktbeispiele mit Bezug zur Produktindividualisierung beschrieben, anhand derer eine grundsätzliche Orientierung und Einordnung des Themas erfolgen kann. Anschließend wird geklärt, was in dieser Arbeit unter individualisierten Produkten und der massenhaften Produktindividualisierung verstanden wird. Danach werden die Ursachen einer zunehmenden Produktindividualisierung und existierende Konzepte erörtert. Hierbei wird nicht nur auf die wesentlichen Erscheinungsformen eingegangen, sondern mit der individuellen Kundenintegration, Leistungsgestaltung und Leistungserstellung werden auch die wesentlichen inhaltlichen Teilaspekte des Ansatzes detaillierter beleuchtet. Schließlich erfolgen eine Bewertung des Ansatzes hinsichtlich wesentlicher Nutzenpotenziale und Einschränkungen sowie eine Abgrenzung zu den verwandten Konzepten der Einzelfertigung und der variantenreichen Serienproduktion.*

### 2.1 Begriffsbestimmung und inhaltliche Abgrenzung

Bevor anhand der wesentlichen Literatur zum Themengebiet eine Klärung der begrifflichen Grundlagen erfolgt, soll nachfolgend anhand von drei, sehr unterschiedlichen Beispielen zunächst verdeutlicht werden, was unter einem individualisierten Produkt zu verstehen ist – und was nicht. Als Beispiele werden eine individuell gestaltbare Umhängetasche, ein kundenspezifisch konfigurierbares Fahrrad sowie eine komplexe Produktionsanlage gewählt.

#### 2.1.1 Einführende Beispiele für individualisierte Produkte

In der massenhaften Individualisierung bzw. Maßanfertigung von Kleidung und vergleichbaren Produkten liegen die Wurzeln des Konzeptes der kundenindividuellen Massenproduktion. Dementsprechend gibt es in diesem Bereich vergleichsweise ausgereifte Konzepte der massenhaften Produktindividualisierung [vgl. z. B. PILLER 2001, S. 389 ff.]. Ein Beispiel hierfür sind die individuell gestaltbaren Umhängetaschen des Schweizer Taschenherstellers Freitag. Diese Taschen werden aus alten LKW-Planen hergestellt, wobei der Kunde eine Plane und die Lage des Zuschnittes auf dieser Plane selbst wählen kann. In Bild 2-1 ist das Internetportal dargestellt, mit dem der Kunde die Gestaltung der Tasche vornehmen kann. Hierbei muss er zunächst aus einer verfügbaren Anzahl von Planen eine auszuwählen, die ihm gefällt (auf der rechten Seite der Abbildung). Anschließend kann er durch Positionierung des Zuschnitts (Verschieben und Drehen der Schablonen) festlegen, wie die Tasche aussehen soll. Zur Unterstützung des Kunden bei der Gestaltung werden zum einen Empfehlungen gegeben, z. B. wenn die Schnittposition ungünstig ist (unten in der Abbildung), und zum anderen erfolgt eine unmittelbare Visualisierung des Gestaltungsergebnisses (oben in der Abbildung). Zudem erfolgt eine automatische Überprüfung der vorgenommenen Positionierung des Zuschnitts und es wird z. B. eine Fehlermeldung gegeben, wenn die Schnitte zu eng beieinander liegen

oder sich überlappen. Nach Abschluss der Gestaltung kann die Tasche direkt bestellt werden. Hierbei wird eine Rückmeldung zur voraussichtlichen Lieferzeit (ca. 3-4 Wochen) und zum Preis der Tasche (160 €) gegeben.

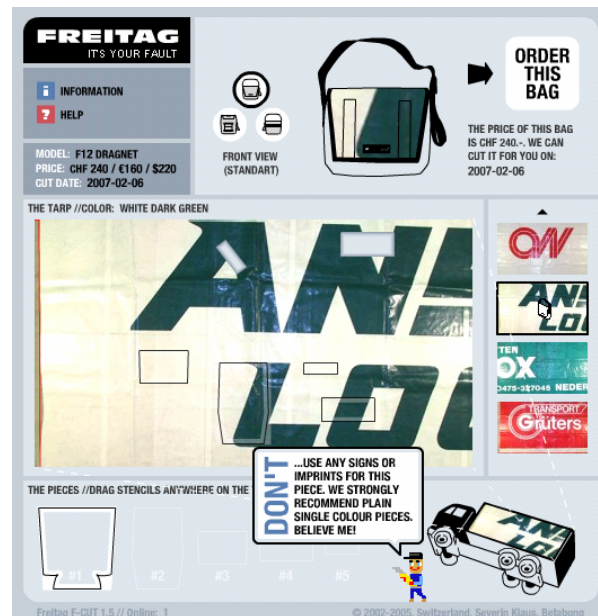


Bild 2-1. Interaktionsportal des Taschenhersteller Freitag (Bildquelle: [www.freitag.ch](http://www.freitag.ch); Zugriff: 30.01.2007)

Kennzeichnend hinsichtlich der Produktindividualisierung ist bei diesem Beispiel, dass der Kunde aktiv in den Gestaltungsvorgang eingreift und diesen entsprechend seiner Präferenzen vornimmt. Die Einbindung des Kunden ist dazu unerlässlich. Hierzu werden ihm definierte Freiheitsgrade (Schnittfolie, Position des Zuschnitts) zur Verfügung gestellt und er wird durch ein Interaktionswerkzeug unterstützt, mit dem er die Gestaltung vornehmen kann. Mittels dieses Werkzeuges erfolgen auch die Visualisierung und Prüfung der Ergebnisse sowie die Vermittlung von Gestaltungswissen durch Empfehlungen. Im Ergebnis ist jede Tasche zwar ein Unikat, es liegt jedoch keine Einzelanfertigung vor. So liegt die gesamte Jahresproduktion des Unternehmens bei 100.000 Taschen [IRLE 2006, S. 141]. Die komplette Gestaltung und Bestellung kann, bedingt durch die vorliegenden Gestaltungsfreiheitsgrade, ohne persönlichen Kundenkontakt über das Internet ausgeführt werden. Die Auftragsabwicklung erfolgt automatisiert anhand eines rechnergesteuerten Laserzuscchnitts auf Basis der jeweiligen Schnittdaten. Dadurch sind die Kosten der Kundenintegration und individuellen Anfertigung sowie die Lieferzeit vergleichsweise gering. Der Preis liegt im Rahmen einer „normalen“ Tasche (50-150 €). Einschränkend muss angemerkt werden, dass es sich um ein relativ einfaches Produkt mit nur wenigen, rein gestaltbezogenen Freiheitsgraden handelt. Eine „funktionale“ Anpassung oder eine, weitaus schwieriger zu handhabende, Veränderung des Schnittmusters sind nicht vorgesehen. Entsprechend treten viele Probleme einer komplexen, kundenspezifischen Produktpassung, z. B. die Handhabung, Umsetzung und Absicherung unvorhergesehener Individualisierungswünsche, nicht zu Tage. Außerdem kann der Gestaltungs- und Fertigungs-

prozess komplett standardisiert werden. Der wesentliche Faktor bei der beschriebenen Individualisierung ist jedoch auch nicht die Produktpassung selbst. Durch die Individualisierung entsteht kein funktionaler Zusatznutzen, sondern dieser besteht vielmehr in der aktiven Mitwirkung des Kunden an der Produktgestaltung. Das primäre Nutzensargument liegt in der hohen Identifikation mit dem eigenhändig geschaffenen, einmaligen Taschendesign. Dies wird auch in dem bezeichnenden Claim des Unternehmens „It’s your fault“ deutlich.

Das nächste Beispiel beschreibt dagegen eine weitaus mehr auf funktionale Anpassung abzielende Individualisierung. Sportgeräte besitzen aufgrund ihrer unmittelbaren und häufig komplexen Mensch-Produkt-Beziehung ein hohes Potenzial zur Individualisierung. Einen Bereich, in dem dies zunehmend verbreitet ist, stellt der Radsport dar. Die ästhetische Gestaltung von Fahrrädern ist zwar auch hier nicht unwesentlich (so wird z. B. von der Firma Generator aus Leipzig eine individuelle Lackierung des Rahmens angeboten), diese ist jedoch in den meisten Fällen zweitrangig gegenüber einer ergonomischen und funktionalen Anpassung des Produktes an den Nutzer und seine, durch den Gebrauch bestimmten, Anforderungen. Herkömmlich wählen Kunden beim Kauf eines Fahrrades meist ein bestimmtes Modell mit festgelegten Komponenten aus. Die Modelle sind in verschiedenen Rahmengrößen verfügbar und die Auswahl erfolgt beim Händler durch Ausprobieren. Neue, direkte Vertriebskonzepte erlauben dagegen eine flexible Konfiguration der Fahrradkomponenten entsprechend der individuellen Leistungsanforderungen (z. B. hinsichtlich Ansprechgenauigkeit, Haltbarkeit und vor allem Gewicht) und unterstützen eine individuelle Auswahl des richtigen Fahrradtyps entsprechend der Nutzungsanforderungen und der Körpermaße des Nutzers (siehe Bild 2-2). Die Abstimmung des Fahrradrahmens auf die Körpermaße ist jedoch nach wie vor durch vordefinierte Rahmengrößen begrenzt. Eine individuelle Anpassung stellt hier eine kostspielige Einzelanfertigung dar, was vor allem in den komplexen Gestaltungs- bzw. Auslegungsanforderungen und einem bei der Massenfertigung der Rahmen starr automatisierten und optimierten Fügeprozess begründet ist.

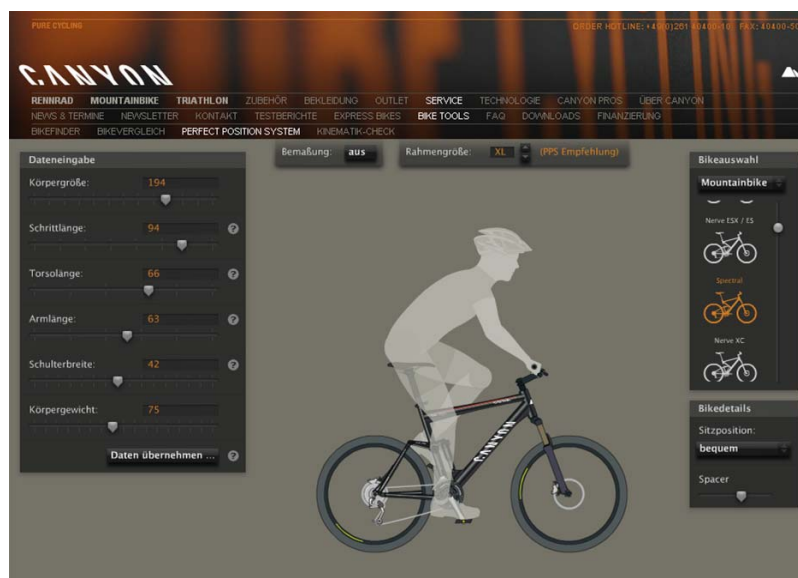


Bild 2-2. Unterstützung der individuellen, anforderungsorientierten Auswahl beim Fahrradkauf  
(Bildquelle: [www.canyon.com/tools/pps](http://www.canyon.com/tools/pps); Zugriff: 30.04.2007)

Kennzeichnend für die Individualisierung von Fahrrädern ist der starke funktionale und ergonomische Hintergrund der kundenspezifischen Anpassung. Allerdings bestehen individuelle Freiheitsgrade nur hinsichtlich der Komponentenauswahl. Diese Konfiguration wird zwar entsprechend der jeweiligen Kundenanforderungen vorgenommen, es erfolgt aber keine kundenspezifische Entwicklung oder Anpassung. Alle Komponenten sind vordefiniert, werden in Masse gefertigt und lediglich kundenspezifisch montiert. Das Produkt ist damit eher als variantenreiches Serien- und weniger als individualisiertes Produkt anzusehen.

Beiden bisher vorgestellten Beispielen ist folglich gemeinsam, dass keine Erweiterung des Produktangebotes durch den Kunden bzw. gemäß seiner individuellen Anforderungen erfolgt. Die Produktpassung basiert jeweils auf einem komplett vordefinierten Individualisierungsszenario mit festgelegten Freiheitsgraden, vorentwickelten Produktkomponenten und standardisierten Prozessen. Dementsprechend sind die Möglichkeiten zur individuellen Produktpassung begrenzt. Es findet keine kundenspezifische Entwicklung und damit auch keine Erweiterung des vorhandenen Leistungsspektrums statt. Demgegenüber weist das dritte Beispielprodukt, eine Reckanlage für Kunststofffolien der Firma Brückner Maschinenbau GmbH (siehe Bild 2-3), z. T. erhebliche individuelle Entwicklungsanteile auf [vgl. BRÜCKNER o. J.; KITTSTEINER 2006]. Aufgrund der geringen Stückzahlen (10-50 Anlagen im Jahr mit starken konjunkturellen Schwankungen) und der hohen Produktkomplexität markiert dieses Beispiel jedoch auch den Übergang zur Sonderanfertigung.

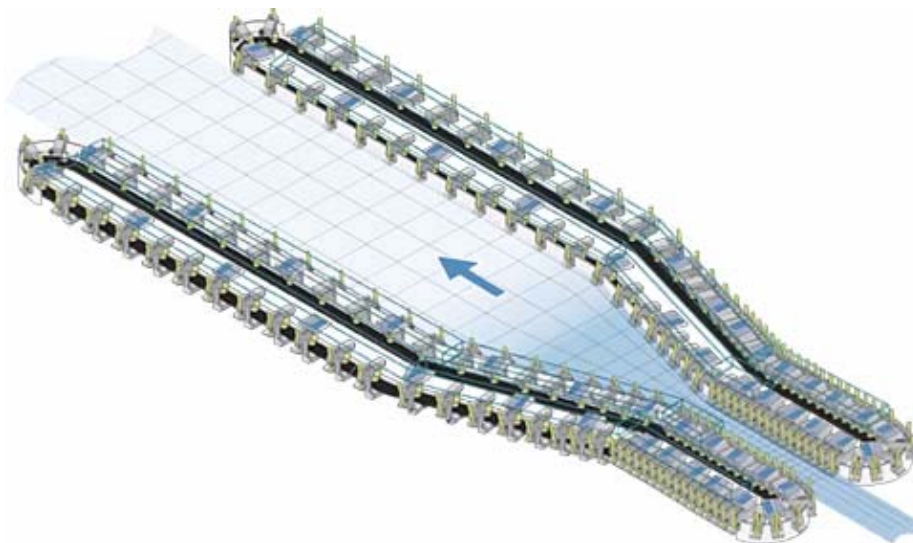


Bild 2-3. Folienrekanlage der Firma Brückner (Bildquelle: [www.brueckner.com](http://www.brueckner.com); Zugriff: 02.02.2007)

Dennoch sind einige Aspekte des Beispielprodukts im vorliegenden Kontext interessant. So bildet ein standardisiertes „Kernprodukt“ die Grundlage der kundenspezifischen Projektierung. Das Kernprodukt umfasst die grundsätzlichen Maschinenkomponenten (z. B. Antriebe, Fördereinrichtungen, Folienaufnahmen), deren Konfiguration aber hinsichtlich der geforderten Betriebsparameter (z. B. Ausstoß, Breite, Geschwindigkeit) angepasst werden kann. Kundenspezifisch können zudem das Anlagendesign, die Steuerungs- und Sicherheitstechnik und

verschiedene Handhabungseinrichtungen sowie je nach Kundenanforderungen weitere Zukaufteile ergänzt werden. Teilweise finden auch kundenspezifische Entwicklungen mit z. T. hohem Innovationsgrad statt, z. B. im Bereich der Extrusionstechnik oder dem Folieneinlauf, wenn es sich bei den zu verarbeitenden Materialien nicht um Standard- sondern durch den Kunden bereitgestellte Kunststoffe handelt oder extreme Foliendicken bzw. spezielle optische und thermische Eigenschaften zu erreichen sind. Eine weitere, kundenspezifische Leistung des Unternehmens stellen ergänzende Dienstleistungen dar, wie z. B. die Beratung bei Machbarkeitsstudien und Projektfinanzierung, die schlüsselfertige Projektabwicklung, sowie Mitarbeitertrainings. Neben hohen Individualisierungsanforderungen sind insbesondere bei der kundenspezifischen Anpassung und Herstellung der Anlage möglichst kurze Lieferzeiten anzustreben. Dies kann nur realisiert werden, wenn zwar flexibel auf Kundenwünsche reagiert werden kann, gleichzeitig aber die dabei gewonnenen Erfahrungen festgehalten und immer wieder genutzt werden. Der allmähliche Aufbau eines Problemlösungspotenzials ist hier also entscheidend. Parallel dazu erfolgt auch eine Weiterentwicklung des Kernprodukts und strategische Entwicklungsthemen werden im Rahmen langfristiger Entwicklungspläne behandelt. Ein wesentlicher Aspekt dieses Produktbeispiels ist daher die Zweiteilung der Entwicklung in eine Basisentwicklung der Grundmaschine und eine potenzialorientierte Erweiterung um kundenspezifische Komponenten im Zeitverlauf. Dies stellt auch ein wesentliches Merkmal des Konzepts der massenhaften Produktindividualisierung dar.

### 2.1.2 Begriffsklärung

Nach den einführenden Produktbeispielen soll nun eine weitere begriffliche Klärung des Konzepts der massenhaften Produktindividualisierung erfolgen. Während, mit Bezug zur Fertigungsart, in der Literatur häufig der Begriff der kundenindividuellen Massenproduktion (Mass Customization) verwendet wird, soll in der vorliegenden Arbeit aufgrund der Eingrenzung auf den Bereich der Produktentwicklung der Begriff der massenhaften Produktindividualisierung gewählt werden. Im Folgenden werden beide Begriffe detaillierter untersucht.

#### *Produktindividualisierung*

Individualisierung bezeichnet im soziologischen Sinne die Art des Eingebundenseins des einzelnen Menschen in die ihn umgebende Umwelt [KIPPELE 1998, S. 11]. Individualisierung bezeichnet hier die Herauslösung des Einzelnen aus traditionellen Sozialbeziehungen [SCHROER 2000, S. 13] bzw. die Auflösung „identitätsstiftender und soziale Integration gewährleistender homogener sozialer Großgruppen“ [WIELAND 2000, S. 14]. Dieses seit langem diskutierte Phänomen ist jedoch nicht Gegenstand der Arbeit, auch wenn es mit Bezug zur Wertewandeldiskussion in einem gewissen Zusammenhang dazu steht.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> So tritt in einer individualisierten Gesellschaft stärker der Wunsch zu Tage, sich durch die Art der gekauften Güter und die Lebensform zu individualisieren, d. h. von anderen Individuen abzuheben [MAYER 1993, S. 37]. Einen Überblick über den soziologischen Begriff der Individualisierung geben u. a. [JUNGE 2002; KIPPELE 1998].

SCHNEIDER [1998, S. 12 f.] definiert Individualisierung dagegen allgemeiner als Verschiebung eines oder mehrerer Objekte in Richtung Einzigartigkeit. Während das Objekt (z. B. ein Produkt, ein Individuum) den Gegenstand der Individualisierung beschreibt, ist die Definition des Bezugspunktes der Individualisierung (z. B. der Kunde, die Gesellschaft) eine notwendige Voraussetzung zur zielgerichteten Gestaltung des Individualisierungsprozesses. Produktindividualisierung kann in diesem Kontext als gewollte und bewusste Gestaltung eines Produktes im Hinblick auf die Nutzung durch ein Individuum angesehen werden [MAYER 1993, S. 37]. Ziel der Produktindividualisierung ist dabei die Schaffung von Präferenzen und damit Wettbewerbsvorteilen, „indem (...) die Eigenschaften der angebotenen Produkte und Leistungen auf die individuellen Besonderheiten und Wünsche des Käufers ausgerichtet werden“ [PILLER 2001, S. 163, vgl. auch JACOB 1995, S. 8; KLEINALTENKAMP 2000, S. 197]. Produktindividualisierung stellt somit eine Form der Differenzierung dar, bei der sich das Ergebnis der individuellen Leistungsgestaltung im Extremfall von allen, für andere Nachfrager erbrachten Leistungen unterscheidet. Eine Individualisierungsstrategie führt daher in aller Regel zu einer sehr großen Zahl von Varianten [MAYER 1993, S. 36 f.].<sup>8</sup> Im Gegensatz zu individuellen Produkten handelt es sich bei individualisierten Produkten jedoch um Standardprodukte mit vordefinierten kundenspezifischen Anteilen. Zugleich bedeutet Individualisierung hier aber auch die Aufhebung der Anonymität des Nachfragers [HILDEBRANDT 1997, S. 27].

Zusammenfassend handelt es sich damit bei der Produktindividualisierung um eine aus den Bedürfnissen und Merkmalen der Nachfrager abgeleitete Strategie der Produktgestaltung. Mit der Produktindividualisierung soll ein Kundennutzen verbunden sein. Die Bedürfnisse der Nachfrager müssen dazu ausreichend individueller Natur sein. Gleichzeitig stellt ein individualisiertes Produkt das Ergebnis einer bewusst gestalteten Unternehmensleistung dar, die die Integration des Kunden erfordert. Dieser Prozess beginnt mit der Akquisition des einzelnen Nachfragers, an die sich die Erhebung der konkreten Nachfragerbedürfnisse und die Gestaltung der Produkteigenschaften anschließen [JACOB 1995, S. 8 f.]. Die zugehörige Fertigungsart wird als kundenindividuelle Massenproduktion bezeichnet und nachfolgend diskutiert.

### *Kundenindividuelle Massenproduktion (Mass Customization)*

Besondere Bedeutung des hier erörterten Konzepts der Produktindividualisierung liegt auf dem Aspekt der Massenhaftigkeit, die deren Ausmaß charakterisiert. In Tabelle 1 wird ein Überblick über verschiedene Definitionen zur kundenindividuellen Massenproduktion gegeben. Demnach wird die kundenindividuelle Massenproduktion übereinstimmend als Fertigungskonzept angesehen, bei dem massenhaft kundenindividuelle Produkte hergestellt werden. Zudem ist Kernbestandteil aller Definitionen, dass diese Anpassung und Herstellung mit hoher Effizienz bzw. zu vergleichbaren Kosten nicht individuell angepasster Produkte er-

---

<sup>8</sup> Den Gegenpol zur Individualisierung bildet nach MAYER [1993, S. 35] die Standardisierung. Sie zielt auf eine Vereinheitlichung von Leistungen, bei der im Extremfall alle Abnehmer mit der gleichen Produktausführung bedient werden. Diese „Einheitsleistung“ orientiert sich an der Befriedigung von Durchschnittsansprüchen einer anonymen Abnehmerschaft, was wiederum heißt, dass die individuellen Ansprüche der einzelnen Abnehmer schlechter erfüllt werden [MAYER 1993, S. 43]. Für eine ausführlichere Gegenüberstellung der Individualisierungs- und der Standardisierungsstrategie sei auf den Anhang A.1 verwiesen.

folgen soll. Auch wird darauf verwiesen, dass für die individuelle Produktpassung die Einbindung (Integration) des Kunden notwendig ist und dass diese Einbindung sowie das bei der Individualisierung gewonnene Wissen zum Aufbau einer langfristigen Kundenbeziehung genutzt werden können [GRÄBLER 2004, S. 14; PINE ET AL. 1995, S. 105; PILLER 1998, S. 65].

Tabelle 1: Überblick über Definitionen zur kundenindividuellen Massenproduktion

Autoren	Definition
PINE 1993, S. 44	Mass Customization bedeutet „developing, producing, marketing, and delivering affordable goods with enough variety and customization that nearly everyone finds exactly what they want“. Diese Varietät soll zu Preisen vergleichbar mit Standardprodukten angeboten werden können: „The leading pioneers of Mass Customization providing tremendous variety, and individual customization, at prices comparable to standard goods and services – and often better“ [ebd., S. 7 f.].
PINE ET AL. 1995, S. 105	„Customization means manufacturing a product or service in response to a particular customer's needs, and mass customization means doing it in a cost-effective way. Mass customization calls for a customer-centered orientation in production and delivery processes, requiring the company to collaborate with individual customers to design each one's desired product or service, which is then constructed from a base of pre-engineered modules that can be assembled in myriad ways.“
PILLER 1998, S. 65	„Mass Customization (dt. kundenindividuelle Massenproduktion) ist die Produktion von Gütern und Leistungen für einen (relativ) großen Absatzmarkt, welche die unterschiedlichen Bedürfnisse jedes einzelnen Nachfragers dieser Produkte treffen, zu Kosten die ungefähr denen einer massenhaften Fertigung vergleichbarer Standardgüter entsprechen.“
PILLER & STOTKO 2003, S. 21	„Mass Customization verfolgt die Herstellung von Gütern und Dienstleistungen nach individuellen Kundenwünschen mit (nahezu) der Effizienz einer Massenproduktion“. Die individualisierten Produkte werden hierbei „auch langfristig zu Preisen angeboten (...), die der Zahlungsbereitschaft von Käufern vergleichbarer massenhafter Standardprodukte entsprechen“ [ebd., S. 55].
AGRAWAL ET AL. 2001, S. 64	„Mass Customization typically means selling highly individual products on a mass scale.“
ANDERSON 2003, S. 271	„Mass Customization is the ability to quickly and efficiently build-to-order customized products.“
GRÄBLER 2004, S. 14	„Kundenindividuelle Massenproduktion vereint massenhafte Produktion mit kundenindividueller Anpassung. Hiermit wird die Zielsetzung verfolgt, ein kundenindividuelles Produkt zum Preis eines vergleichbaren Standardprodukts anzubieten und dauerhafte, individuelle Hersteller-Abnehmer-Beziehungen aufzubauen.“

Zugleich offenbaren die vorliegenden Definitionen auch einige Kritikpunkte. So geht nach Meinung des Autors aus den Definitionen von PINE [1993], PINE ET AL. [1995] und ANDERSON [2003] keine ausreichende Abgrenzung zur variantenreichen Serienproduktion hervor, da sich diese zu sehr auf die Verwendung von Varianten bzw. vordefinierten Modulen zur individuellen Anpassung beziehen. Insbesondere die Darstellung bei PINE [1993] widerspricht der Auffassung des Autors, da die Produktindividualisierung gerade nicht nur durch Auswahl aus vordefinierten Varianten, sondern auch durch einen individuellen Anpassungsprozess erfolgen soll. Hierbei kann auch auf vorhandene (Komponenten-) Varianten zurückgegriffen werden, dies ist jedoch nicht das primäre Merkmal des Konzepts. Auch die Festlegung, dass die Individualisierung in Masse erfolgt, muss eingeschränkt werden. Inhaltlich passender erscheint hier die weiter gefasste Definition von PILLER [1998], der festschreibt, dass gegenüber der Einzelfertigung ein relativ großer Absatzmarkt und nicht nur ein einzelner Kunden anvisiert wird. Der Begriff wird aufgrund der beabsichtigten Wirkung als Oxymoron aber auch in der vorliegenden Arbeit beibehalten. Eine vergleichbare Einschränkung muss auch hinsichtlich der Kosten vorgenommen werden. Trotz erheblicher Kostensenkungspotenziale (vgl.



Kap. 2.4.2) erscheint es sehr visionär, individualisierte Produkte zu vergleichbaren Kosten seriengefertigter, nicht individualisierter Produkte bereitstellen zu können. Die primäre Zielstellung muss hier sein, die Kosten im Vergleich zur Einzelanfertigung erheblich zu senken. Diesbezüglich soll die Festlegung von PILLER & STOTKO [2003, S. 55] übernommen werden, nach der mit der Individualisierung kein Wechsel des Marktsegments in Richtung „exklusiver Nischen“ verbunden ist. Eine Schwachstelle aller vorliegenden Definitionen stellt schließlich, insbesondere vor dem Hintergrund der Arbeit, der fehlende Bezug zur Produktentwicklung dar. Die kundenindividuelle Massenproduktion wird durchgängig vor allem als Produktionsproblem aufgefasst. Nach Auffassung des Autors wird die Individualisierung aber zumindest konzeptionell durch kundenbezogene Entwicklungsaktivitäten vorgenommen und dann im Produktionsbereich vollzogen.

Zusammenfassend ist das Konzept der kundenindividuellen Massenproduktion durch folgende Aspekte gekennzeichnet: Individualisierte Produkte erfüllen hinsichtlich ausgewählter Produktmerkmale individuelle Bedürfnisse eines einzelnen Nachfragers. Die individuelle Leistungserstellung weist Entwicklungsanteile (Produktdefinition) und Fertigungsanteile (Umsetzung) auf. Es wird dabei auf einen relativ großen Absatzmarkt abgezielt und die Individualisierung soll aus Kostensicht nicht zu einem Wechsel des Marktsegmentes führen (die Kosten liegen damit wesentlich unter denen einzelgefertigter Produkte). Die Integration des Kunden in den Wertschöpfungsprozess und die Erhebung von Kundeninformationen im Rahmen eines Interaktionsprozesses sind unerlässlich für die individuelle Leistungsgestaltung. Dadurch kommt es zu einer dauerhaften, individuellen Kundenbeziehung und den Aufbau eines Erfahrungspotenzials [vgl. KREUZER 2005, S. 42; PILLER & STOTKO 2003, S. 61 f.; REICHWALD ET AL. 2005, S. 177 f.], worauf sich wesentliche ökonomische Vorteile des Ansatzes gründen.

## 2.2 Ursachen einer zunehmenden Produktindividualisierung

Im folgenden Teilkapitel sollen die Veränderungen diskutiert werden, die als Ursache eines zunehmenden Bedarfs nach individualisierten Produkten in Frage kommen. Hier werden gemeinhin zwei wesentliche Entwicklungen der Neuzeit angeführt: das sind gesellschaftliche Veränderungen und der technologische Fortschritt [KREUZER 2005, S. 5]. Die gesellschaftlichen Veränderungen lassen demnach ein zunehmendes Interesse bzw. einen Bedarf an maßgeschneiderten Produkten vermuten und der technologische Fortschritt, vor allem im Bereich der Informations- und Produktionstechnologien, eröffnet neue Möglichkeiten der individuellen Leistungserstellung. Hinzu kommen die bereits in der Einleitung beschriebenen Veränderungen im Markt- und Wettbewerbsumfeld, welche die Bedeutung der Produktindividualisierung als strategische Option der Marktbearbeitung weiter fördern.

### *Gesellschaftliche Veränderungen*

Die Hauptursachen der gesellschaftlichen Veränderungen liegen in der ökonomischen Entwicklung nach dem Zweiten Weltkrieg hin zu einer Wohlstandsgesellschaft und darin begründeten Folgeentwicklungen. In den vergangenen Jahrzehnten konnte ein deutlicher Anstieg des Lohnniveaus und eine Steigerung des allgemeinen Wohlstands in den westlichen Industrieländern beobachtet werden. Zudem besteht eine vergleichsweise gute soziale Sicherung durch



das Wirken des Wohlfahrtsstaates [vgl. HILDEBRANDT 1997, S. 12; MEFFERT 2005, S. 105; PILLER 1998, S. 22; WIELAND 2000, S. 14; ZUBOFF & MAXMIN 2002, S. 74 f.]. Zu dieser sehr guten materiellen Stellung und Sicherheit eines großen Teils der Bevölkerung kommt eine erhebliche Verschiebung des Verhältnisses von Lebens- und Arbeitszeit. Neben einer allgemein gestiegenen Lebenserwartung sind heute tendenziell ein späterer Berufsein- und früherer Berufsaustritt sowie insgesamt verkürzte Arbeitszeiten zu beobachten. Damit hat sich die zur Verfügung stehende Freizeit in den letzten Jahrzehnten vervielfacht [vgl. MEFFERT 2005, S. 106], WIELAND 2000, S. 14]. In engem Zusammenhang zu beiden Veränderungen steht die deutliche Steigerung des allgemeinen Bildungsniveaus, die u. a. durch längere Ausbildungszeiten, einen größeren Anteil höherer Bildung und lebenslanges Lernen gekennzeichnet ist. Eine weitere wichtige Veränderung ist auch der demographische Wandel, der in verringerten Geburtenraten und gesteigener Lebenserwartung begründet ist.

Die beschriebenen Veränderungen zeigen vielfältige, miteinander in Zusammenhang stehende Auswirkungen. So führen Wohlstand und Bildung allgemein zu einem höheren Selbstbewusstsein und differenzierteren Qualitätsanforderungen der Verbraucher [PILLER 1998, S. 26; WIELAND 2000, S. 14; ZUBOFF & MAXMIN 2002, S. 77 f.]. Zudem wenden sich viele Verbraucher aufgrund der ausreichenden Befriedigung materieller Grundbedürfnisse übergeordneten Konsummotiven zu. In der Folge verändern sich z. B. die Konsumbedürfnisse von Notwendigkeiten hin zu (ehemaligen) Luxusgütern [PILLER 1998, S. 22; ZUBOFF & MAXMIN 2002, S. 77]. Aufgrund des gestiegenen Freizeitanteils verliert nicht nur die Erwerbsarbeit ein Stück ihres prägenden und Identität stiftenden Einflusses [WIELAND 2000, S. 68], sondern dem Individuum eröffnen sich auch ungeahnte Gestaltungsmöglichkeiten hinsichtlich der Freizeitaktivitäten. Es entstehen zunehmend individuelle Interessen und Präferenzen [WIELAND 2000, S. 14], die zu einem beträchtlichen Anstieg der Freizeitausgaben [MEFFERT 2005, S. 107], aber auch zu einer gestiegenen Bedeutung der ästhetischen Komponente im Alltag geführt haben [WIELAND 2000, S. 14 f.]. Dies wird an einem starken Modebewusstsein sowie der zunehmenden Demonstration von Stil und Persönlichkeit z. B. durch Aussehen und Kleidung deutlich [vgl. auch PINE 1993, S. 57 ff.]. Schließlich hat der demographische Wandel eine erhebliche Veränderung der Nachfragerstruktur mit sich gebracht. Hier dominieren nicht mehr die vorrangig auf Befriedigung elementarer Bedürfnisse ausgerichteten jungen Verbraucher, sondern zunehmend die Gruppe der genussorientierten, auf Befriedigung persönlich motivierter Bedürfnisse ausgerichteten, älteren Verbraucher [MEFFERT 2005, S. 104; PILLER 1998, S. 27].

Das Resultat der beschriebenen Veränderungen und ihrer Auswirkungen ist ein massiver Wertewandel<sup>9</sup> von der so genannten materiellen zur postmateriellen Gesellschaft [vgl. INGLEHART 1998, S. 34 ff.]. Dieser Wandel ist mit einem Bedeutungsverlust von Pflicht- und Akzeptanzwerten (Pflichtbewusstsein, Sicherheitsstreben) verbunden und durch eine höhere Bedeutung persönlicher Lebenswerte, wie Individualität, Ungebundenheit und Selbstentfaltung, sowie eine starke hedonistische Grundorientierung (Genuss, Abwechslung, Ausleben emotionaler Bedürfnisse) gekennzeichnet [PILLER 1998, S. 22; RAFFÉE & WIEDMANN 1988, S. 205; SCHNEI-

---

<sup>9</sup> Nach RAFFÉE & WIEDMANN [1988, S. 198 ff.] stellen Werte Orientierungsgrößen für das Denken und Handeln von Individuen, Gruppen und Gesellschaften dar. Sie sind eine „verhaltensprägende Konzeption des Wünschenswerten“ [ebd.].

DER 1998, S. 44 f.; ZUBOFF & MAXMIN 2002, S. 94 ff.].<sup>10</sup> Die Folgen dieses Wertewandels sind ein Abbau äußerer Zwänge und gesellschaftlicher Rollenerwartungen, die Aufgabe traditioneller Bindungen und Institutionen sowie insgesamt eine zunehmende Pluralisierung individueller und gesellschaftlicher Wertesysteme [HILDEBRANDT 1997, S. 13; PILLER 2001, S. 83; SCHNEIDER 1998, S. 46 ff.; SEEGER 1992, S. 7]. Deutlich wird dies z. B. an immer differenzierteren Lebens- und Arbeitsformen (bei Zunahme von Einpersonenhaushalten) und der Entstandardisierung von Lebensläufen und Lebenslagen [MEFFERT 2005, S. 105; PILLER & STOTKO 2003, S. 34]. Bezogen auf das Konsumverhalten konkretisieren sich der Wertewandel und die zunehmende gesellschaftliche Pluralisierung in der Herausbildung einer Vielzahl z. T. stark differierender Konsumententypen und in zunehmend erlebnisorientierten Konsumformen [RAFFÉE & WIEDMANN 1988, S. 205]. Konsum wird als Mittel der Selbstverwirklichung aufgefasst und ist durch steigende Lust an Außergewöhnlichem und Exklusivem sowie Erlebnis- und Prestigestreben gekennzeichnet [PILLER 1998, S. 22; SCHULZE 1992, S. 13]. Zudem ist in wachsendem Maße ein hedonistisches, d. h. von „Lust und Laune“ sowie kurzfristigen Kaufentscheidungen geprägtes Kaufverhalten zu beobachten [PILLER 2001, S. 83; SCHNEIDER 1998, S. 49]. In der Folge werden Kunden nicht nur anspruchsvoller und wählerischer, sondern zugleich auch sprunghafter, spontaner und weniger vorhersehbar [PILLER 1998, S. 28]. Das Streben nach Selbstverwirklichung und die Pluralisierung der Lebensstile führen zu Divergenz der Ansprüche verschiedener Nachfrager [HILDEBRANDT 1997, S. 13]. Konsumpräferenzen wechseln häufig und die Markenloyalität ist gering.<sup>11</sup> Verfügbarkeit bzw. Lieferzeit werden zu entscheidenden Kaufkriterien [MEFFERT 2005, S. 107].<sup>12</sup> Gleichzeitig sind die Konsumenten aufgrund persönlicher ökonomischer Restriktionen durch scheinbar widersprüchliches Konsumverhalten gekennzeichnet. Dieses resultiert aus einer deutlichen Abgrenzung von Konsumfeldern, in denen „vernünftiges“ und in denen hedonistisches Verhalten gelebt wird [HILDEBRANDT 1997, S. 13; SCHNEIDER 1998, S. 49] In diesem Zusammenhang wird auch vom „hybriden Konsumenten“ gesprochen [MEFFERT 2005, S. 107] und zur gesellschaftlichen Pluralität kommt eine intraindividuelle Heterogenität hinzu [SCHNEIDER 1998, S. 50].

Bezogen auf eine zunehmende Bedeutung individualisierter Produkte kann aber trotz der beschriebenen gesellschaftlichen und konsumbezogenen Veränderungen keine eindeutige Aussage getroffen werden. So weist z. B. KREUZER [2005, S. 21] darauf hin, dass aus der These der gesellschaftlichen Individualisierung nicht auf ein generelles Bedürfnis nach individualisierbaren Produkten geschlossen werden kann, da kein Konsens hinsichtlich der Folgen der gesellschaftlichen Veränderungen auf das einzelne Individuum besteht. Zudem fehlt der empirische Nachweis, dass eine zunehmende Individualisierung der Gesellschaft auch mit verstärkter individueller Nachfrage einhergeht [PILLER & STOTKO 2003, S. 36]. Dennoch ist ein

---

<sup>10</sup> Untersuchungen des Sinus-Instituts (so genannte Sinus-Milieus) zeigen, dass mittlerweile Individualisierung, Selbstverwirklichung, Kreativität, Genuss und Prestige zentrale Wertorientierungen eines Großteils (ca. 50%) der Bevölkerung sind (vgl. [WIELAND 2000, S. 84 f.] sowie [www.sinus-sociovision.de](http://www.sinus-sociovision.de); Zugriff 29.05.2007).

<sup>11</sup> Ein interessanter Effekt ist hierbei das so genannte „variety seeking behaviour“. Kunden streben nach Abwechslung und zeigen daher unabhängig von Produktzufriedenheit oder Präferenzverschiebungen ein wechseln des Kaufverhalten [vgl. KAHN 1998, S. 21 ff.].

<sup>12</sup> MEFFERT [2005, S. 107] bezeichnet dies als „Instant-Mentalität der Kunden“.

Wechsel in der Bearbeitungsweise des Marktes angezeigt. Nach PINE [1993, S. 25 ff.] basiert das sehr effiziente Konzept der Massenproduktion auf einer weitgehend stabilen, gut prognostizierbaren und andauernden Nachfrage sowie einem homogenen Markt. Diese Bedingungen sind aufgrund des gesellschaftlichen Wandels und anderer Veränderungen heute in den meisten Märkten nicht mehr gegeben. Viele Märkte sind dagegen durch zunehmende Heterogenisierung einhergehend mit einer schwierigen Erfassung und Prognose des Konsumverhaltens gekennzeichnet. Der kundenindividuellen Erfassung des Kaufverhaltens und der Kundenpräferenzen sowie dem Angebot individuell angepasster Leistungen kommen damit immer größere Bedeutung zu [HILDEBRAND 1997, S. 14; SCHNEIDER 1998, S. 51].

### *Veränderungen im Markt- und Wettbewerbsumfeld*

Auch das direkte Markt- und Wettbewerbsumfeld von Unternehmen ist durch Veränderungen gekennzeichnet, vor allem durch einen qualitativen und quantitativen Wandel des Wettbewerbs sowie verringerte bzw. stagnierende Absatzmöglichkeiten. Wesentliche Ursachen stellen dabei die zunehmende Globalisierung, Deregulierung und die Bildung von Wirtschaftsräumen (EU, NAFTA) dar. Zwar bestehen aufgrund des Abbaus von Wettbewerbsbarrieren und der Erleichterung des Warenaustauschs erhebliche Chancen gerade für exportorientierte deutsche Unternehmen, es kommt aber auch zum Verlust angestammter Wettbewerbsvorteile und dem Markteintritt neuer Wettbewerber [PILLER 2001, S. 90]. Gleichzeitig steigen mit zunehmender Globalisierung die Anforderungen an die Produktdifferenzierung, zumal auch ein Trend zu Regionalisierung und Rückbesinnung auf lokale Eigenheiten beobachtet werden kann [PILLER 1998, S. 29]. Gleichzeitig ist vor allem in den Industrieländern eine zunehmende Marktsättigung in vielen Bereichen festzustellen. So sind die Haushalte in Deutschland nahezu vollständig mit den wesentlichen Gebrauchsgütern ausgestattet [SCHNEIDER 1998, S. 59 ff.]. In der Folge der verringerten Absatzmöglichkeiten und der parallel dazu gestiegenen Produktivität findet seit den 1960iger Jahren ein Wandel vom Herstellermarkt zum Käufermarkt statt [PFEIFER 1996, S. 26; PINE 1993, S. 57 ff.]. Dieser ist durch Überangebot, hohe Käufermacht und zunehmenden Verdrängungswettbewerb<sup>13</sup>, aber auch Anstieg der Verkäufermacht und Konzentration auf der Handelsstufe (Entwicklung großer Handelsketten) gekennzeichnet [PILLER 2001, S. 85; PINE 1993, S. 31].

Zu der hohen Sättigung der Märkte kommt ein hoher Reifegrad der Produkte hinzu. Sowohl Anbieter als auch Abnehmer besitzen umfangreiche Produkterfahrungen. Die Produkte werden stetig verbessert und das Qualitätsniveau der Wettbewerber ist weitgehend angeglichen. In der Folge ist nicht nur das Anforderungs- und Anspruchsniveau der Verbraucher gestiegen [HILDEBRANDT 1997, S. 12; PFEIFER 1996, S. 26], sondern die Produkte weisen auch geringere Möglichkeiten zur sachlichen Differenzierung auf. Sie werden daher zunehmend über „Innovationen“ und Varianten abgestuft [HILDEBRANDT 1997, S. 16; PINE 1993, S. 31; SCHNEIDER 1998, S. 61]. Auch die Kunden sind angesichts der resultierenden Angebotsfülle immer mehr an einer ihren individuellen Ansprüchen optimal gerecht werdenden

---

<sup>13</sup> Verdrängungswettbewerb stellt sich ein, wenn kein ausreichendes Marktwachstum gegeben ist, um den Wachstumsanforderungen der Wettbewerber gerecht zu werden. Er führt zu verstärktem Preiswettbewerb und aggressiven Verkaufsförderungsaktionen [vgl. PILLER 2001, S. 86; SCHNEIDER 1998, S. 60].

Leistung bei gleichzeitig niedrigen Preisen interessiert [HILDEBRANDT 1997, S. 12]. Wettbewerbsvorteile können sich daher ergeben, wenn Produkte „maßgeschneidert“ oder um individuell zu erbringende Serviceleistungen ergänzt werden [ebd., S. 14].<sup>14</sup> Durch die dazu notwendige direkte Kundenintegration kann zudem eine stärkere Bindung der Kunden an einen Anbieter erreicht werden [ebd., S. 16].

### *Technologischer Wandel*

Eine weitere, zu betrachtende Einflussgröße ist der technologische Wandel in den letzten Jahrzehnten. Die gravierendsten Veränderungen sind hierbei im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien zu beobachten. Hier sind in den vergangenen Jahrzehnten nicht nur viele neue Systeme zur Lösung von Unternehmensaufgaben entstanden, sondern es hat auch eine erhebliche Leistungssteigerung (z. B. Speicherfähigkeit, Rechengeschwindigkeit) bei parallel sinkenden Systemkosten stattgefunden. Die in den letzten Jahren hinzugekommene Vernetzung und Mobilität von Kommunikation- und Informationsmitteln führt dabei zu einer weiteren Ausweitung der Anwendungsmöglichkeiten [GRÄBLER 2004, S. 18; HILDEBRANDT 1997, S. 17; SCHNEIDER 1998, S. 83 ff.; PILLER 2000, S. 24 ff.; PINE ET AL. 1995, S. 103].<sup>15</sup>

Im Hinblick auf die Produktindividualisierung besteht das Anwendungspotenzial der Informations- und Kommunikationstechnologie vor allem hinsichtlich einer Vereinfachung und durchgängigen Abwicklung von Geschäftsprozessen. Die Technologien bieten dabei auch Möglichkeiten zu einem unkomplizierten Kundenkontakt und unterstützen eine individuelle Produktgestaltung [KREUZER 2005, S. 10]. Hier besteht erhebliches Potenzial zur Senkung der mit der Kundeneinbindung entstehenden Transaktionskosten [PILLER & STOTKO 2003, S. 20 f.]. Gleichzeitig ermöglichen die Technologien eine Vernetzung nachgelagerter Bereiche, wie z. B. Konstruktion (CAD, Simulation, Berechnung) und Produktion (computergesteuerte Maschinen, flexible Fertigungssysteme, Handhabungsroboter), und erlauben damit die rasche und kostengünstige Herstellung einer Vielzahl unterschiedlicher bzw. individueller Produkte [vgl. GRÄBLER 2004, S. 27; KREUZER 2005, S. 9; PILLER 2001, S. 273; PINE 1993, S. 48; PINE ET AL. 1995, S. 103]. Schließlich weisen die Technologien auch ein erhebliches Einsatzpotenzial für die individualisierten Produkte selber auf und erlauben eine zunehmende Miniaturisierung und Intelligenz bestimmter Funktionen sowie eine leichtere Anpassung an sich verändernde Anforderungen [GAUSEMEIER ET AL. 2001, S. 27 ff.; GRÄBLER 2004, S. 170 ff.]. Der technologische Wandel kann dabei jedoch weniger als Ursache, sondern vielmehr als Schrittmacher einer zunehmenden Individualisierung angesehen werden. Eine ausführlichere Behandlung dieses Aspektes erfolgt daher im folgenden Kapitel zur Umsetzung des Konzepts der massenhaften Produktindividualisierung.

---

<sup>14</sup> HERRMANN & SEILHEIMER [2002, S. 663] stellen hierzu fest, dass Zusatzansprüche der Nachfrager an das Angebot umso bedeutsamer werden, je mehr die Grundbedürfnisse der Nachfrager befriedigt sind.

<sup>15</sup> Eine detaillierte Übersicht zu den Veränderungen und Trends in den Informations- und Kommunikationstechnologien gibt PILLER [2000, S. 24 ff.]

In Bild 2-4 sind die wesentlichen, im vorangegangenen Kapitel beschriebenen Veränderungen zusammengefasst. Insgesamt kann festgestellt werden, dass der gesellschaftliche Wandel und die markt- und wettbewerbsbezogenen Entwicklungen auf eine erhöhte Bedeutung individualisierter Produkte hinweisen. Zum einen scheint ein Bedarf nach differenzierteren Leistungen zu bestehen, zum anderen bietet eine solche Differenzierung vor allem wegen des möglichen Ausbruchs aus dem Preiswettbewerb erhebliche Potenziale als Wettbewerbsstrategie [PILLER & STOTKO 2003, S. 61]. Die neuen Informations-, Kommunikations- und Fertigungstechnologien sowie durchgängige und flexible Prozessketten erscheinen hierbei als viel versprechende Ansätze, um die mit der zunehmenden Differenzierung einhergehende Komplexitäts- und Kostensteigerung in den Griff zu bekommen. Die vorangegangenen Ausführungen insbesondere zum gesellschaftlichen Wandel weisen zwar einen starken Bezug zu Konsumprodukten auf, jedoch wirken sich die Veränderungen im Konsumgüterbereich auch auf vorgelagerte Bereiche und damit die Anbieter von Industriegütern aus. Zudem ist auch in diesem, ohnehin durch ausgeprägte Einzelfertigung geprägten, Bereich ein Trend zu noch stärkerer Individualisierung und langfristigen Geschäftsbeziehungen zu beobachten [JACOB & KLEINALTENKAMP 1994, S. 5; PILLER 1998, S. 30].

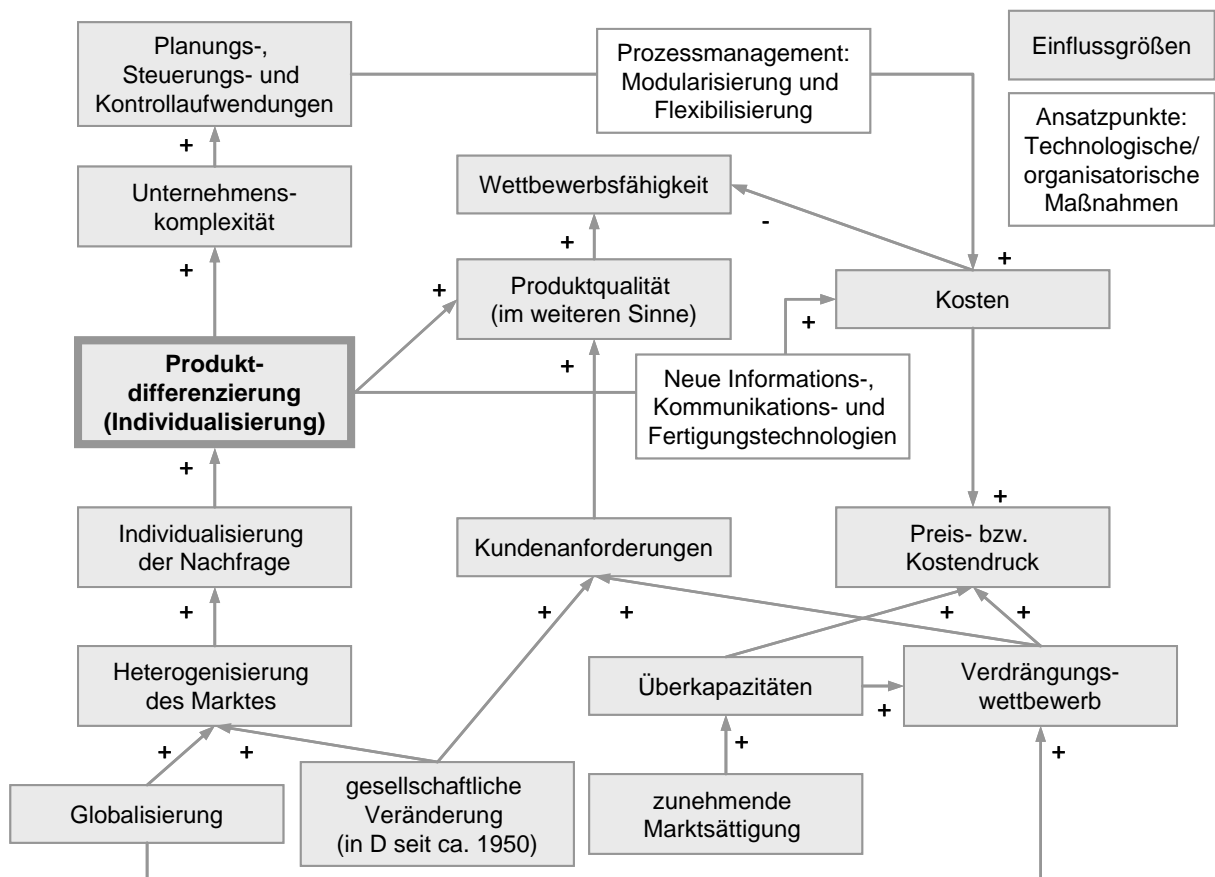


Bild 2-4. Zunehmende Individualisierung im Kontext ausgewählter Umfeld- und Wettbewerbsveränderungen

## 2.3 Umsetzung der massenhaften Produktindividualisierung

Aufbauend auf der in den vorangegangenen Kapiteln erfolgten Klärung der begrifflichen Grundlagen sowie der Ursachen einer zunehmenden Produktindividualisierung soll in diesem Kapitel eine weitere Abgrenzung und inhaltliche Detaillierung des Themenbereiches vorgenommen werden. Dazu wird zunächst beleuchtet, in welchen Ausprägungen eine massenhafte Produktindividualisierung auftreten kann und welche Ansatzpunkte sich daraus hinsichtlich der Ausgestaltung des Wertschöpfungskonzeptes ergeben. Anschließend erfolgt eine inhaltliche Konkretisierung der Bestandteile des Wertschöpfungskonzeptes anhand der Bereiche Kundenintegration, individuelle Leistungsgestaltung und individuelle Leistungserstellung.

### 2.3.1 Konzeptionen der massenhaften Produktindividualisierung

Die vergleichsweise kostengünstige Individualisierung von Produkten und Dienstleistungen ist heute aufgrund von Informations- sowie flexiblen Produkt- und Produktionstechnologien in vielen Bereichen möglich. Da die Individualisierung aber auch Kosten verursacht, muss genau abgewogen werden, welches Ausmaß an Individualisierung den größten Nutzen bezüglich eines bestimmten Produkts oder Kundensegments erbringen kann [GILMORE & PINE 1997, S. 91]. Zwei häufig verwendete Kriterien zur Unterscheidung der verschiedenen Ausprägungen bzw. Konzeptionen der massenhaften Produktindividualisierung sind der Grad und der Zeitpunkt der Individualisierung. In den unterschiedlichen Konzeptionen werden diese Kriterien dann häufig miteinander kombiniert [GRÄBLER 2004, S. 20].<sup>16</sup>

Der **Individualisierungsgrad** bewegt sich dabei in einem Spektrum zwischen Standardisierung und Individualisierung der einzelnen Leistungsbestandteile. So nehmen beispielsweise GILMORE & PINE [1997, S. 92 ff.; vgl. auch SCHNEIDER 1998, S. 14 f.] eine Unterscheidung verschiedener Individualisierungsansätze dahingehend vor, ob seitens des Anbieters eine Änderung des eigentlichen Produktes bzw. der Dienstleistung und/oder eine Änderung seiner Erscheinungsform vorgenommen wird. Dabei erfolgt jedoch keine Festlegung des Individualisierungszeitpunkts. Diese kann in der Entwicklung, in der Produktion, in der Auslieferung oder bei jedem Produktgebrauch angesiedelt sein [GILMORE & PINE, S. 96]. Nach HILDEBRAND [1997, S. 91] kann die Individualisierung zudem auf der Leistungs- und/oder auf der Beziehungsebene vollzogen werden. Auf der Leistungsebene findet eine Individualisierung des Leistungsangebots sowie der leistungsbezogenen Kundenbeziehung (Kundenintegration) statt. Auf der Beziehungsebene erfolgt dagegen eine Individualisierung der allgemeinen Kundenbeziehung (Kundenansprache, Kundenpflege, kundenspezifische Preis- und Rabattpolitik etc.). Die Individualisierung der Kundenbeziehung ist jedoch vor allem Gegenstand des mittlerweile auch sehr umfangreichen Themengebiets des Customer Relationship Management (CRM) [vgl. z. B. PEPPERS ET AL. 1999; PEPPERS & ROGERS 2004].

---

<sup>16</sup> Es gibt eine Vielzahl von zum Teil sehr ähnlichen Konzeptionen der Mass Customization. Ein guter Gesamtüberblick findet sich bei [PILLER 2001, S. 248 f.; BLECKER ET AL. 2005, S. 12 ff.; THOBEN 2003, S. 73] sowie hinsichtlich der Klassifizierung nach dem Individualisierungszeitpunkt bei [GRÄBLER 2004, S. 22].

Eine Differenzierung der Produktindividualisierung hinsichtlich ihres **Zeitpunktes** wird dagegen von PILLER & STOTKO [2003, S. 82] vorgeschlagen. Dabei markiert der Zeitpunkt der Integration des Kunden in die Wertschöpfungskette zugleich den (gedanklichen) Punkt der Auftragsentkopplung.<sup>17</sup> Hier erfolgt der Übergang von einer kundenneutralen und mengenorientierten Vorfertigung standardisierter Komponenten zu einer kundenbezogenen Auftragsabwicklung [PILLER & STOTKO 2003, S. 85].<sup>18</sup> Anhand des Zeitpunktes der Kundenintegration, der zugleich auch das Ausmaß der Individualisierung determiniert, kann zunächst eine grundsätzliche Unterscheidung in offene und geschlossene Individualisierung vorgenommen werden [PILLER & STOTKO 2003, S. 82]. Bei der **offenen Individualisierung** (Soft customization) werden Produkte in großer Stückzahl hergestellt, die eine integrierte Möglichkeit zur Individualisierung durch den Kunden oder den Handel aufweisen. Ebenso stellen Sekundärdienstleistungen eine Möglichkeit zur offenen Individualisierung dar. Die Entwicklung und Fertigung der Produkte erfolgen jedoch kundenneutral. Im Gegensatz dazu ist die so genannte **geschlossene Individualisierung** (Hard customization) in der Produktherstellung angesiedelt. Jedes gefertigte Endprodukt lässt sich eindeutig einem Kundenauftrag zuordnen.

Eine weiter gehende Differenzierung hinsichtlich der verschiedenen Zeitpunkte der Kundenintegration ergibt die in Bild 2-5 dargestellten Formen der Produktindividualisierung [vgl. PILLER & STOTKO 2003, S. 82 ff.; LAMPEL & MINTZBERG 1996, S. 24; WORTMANN 1992, S. 81]. Sowohl Selbstindividualisierungs-, Match-to-order- als auch Bundle-to-order-Konzepte basieren auf einer kundenneutralen Leistungserstellung im Unternehmen. Die Einbindung des Kunden und damit die Individualisierung finden im Vertrieb oder während des Gebrauchs statt (Soft customization). Bei der **Selbstindividualisierung** wird die Anpassung durch den Kunden selbst vorgenommen. Beim **Match-to-order** (synonym: Locate-to-order [AGRAWAL ET AL. 2001, S. 71]) wird auf Basis von Kundeninformationen das passende Produkt aus einem verfügbaren Produktangebot ausgewählt. Beim **Bundle-to-order** erfolgt darüber hinaus die Bestimmung eines passenden Bündels an verschiedenen Produkten und Dienstleistungen. Assemble-to-order-, Make-to-order- und Develop-to-order-Konzepte verlangen dagegen den Eingriff in Wertschöpfungsprozesse in der Montage, in der Fertigung oder in der Produktentwicklung zur Durchführung der Individualisierung (Hard customization). Beim **Assemble-to-order** wird das Produkt entsprechend einer vom Kunden vorgegebenen Konfiguration aus Standardkomponenten zusammengestellt. Hier findet eine auftragsneutrale Vorfertigung der Module statt [PILLER 2001, S. 233]. Beim **Make-to-order** (synonym: Build-to-order) werden die, z. T. individuellen, Komponenten erst auf Basis eines Auftrages und einer Kundenspezifikation hergestellt. Auch hier gibt es auftragsneutrale Arbeitsgänge, die aber erst bei Vorliegen eines Kundenauftrages angestoßen werden [PILLER 2001, S. 234]. Die kundenspezifische

---

<sup>17</sup> auch: „Order-Penetration-Point“ [GRÄßLER 2004, S. 96] oder „customer order decoupling point“ [WORTMANN 1992, S. 80]. SCHUH [2005, S. 264] spricht hier von einer vertikalen Segmentierung der Wertschöpfung.

<sup>18</sup> Die Entscheidung über den optimalen, kundenanonymen Vorfertigungsgrad ist weitaus komplexer als hier dargestellt und unter anderem von der Genauigkeit der Bedarfsprognose, dem Bestandsrisiko, den Umrüst- und Lagerkosten sowie den vom Kunden akzeptierten Lieferzeiten abhängig [vgl. PILLER & STOTKO 2003, S. 86 ff.; PILLER 2001, S. 234]. Mit der Fragestellung solcher inhomogenen Auftragsabwicklungsstrukturen befassen sich unter anderen [BÜDENBENDER 1991; HEUSER 1996; SCHUH 2005, S. 228 ff.] ausführlich.

Entwicklung von Produkten bezeichnet das **Engineer-to-order**. Hierzu ist die Einbindung des Kunden in die Produktentwicklungsprozesse notwendig. Im Rahmen des Develop-to-order wird das Produkt in wesentlichen Bestandteilen individuell entwickelt [THOBEN 2003, S. 75]. Beim Customize-to-order werden gezielt vorhandene Standardkomponenten zur Erfüllung der individuellen Kundenanforderungen verwendet (konfiguriert) oder individuell angepasst [WUNSCH & KIMURA 2005, S. 3]. Mit **Open Innovation** wird schließlich ein Konzept bezeichnet, bei dem die Kundenintegration zu neuen oder verbesserten Produkten führen soll. Hier werden jedoch keine kundenspezifischen Produktanpassungen vorgenommen.

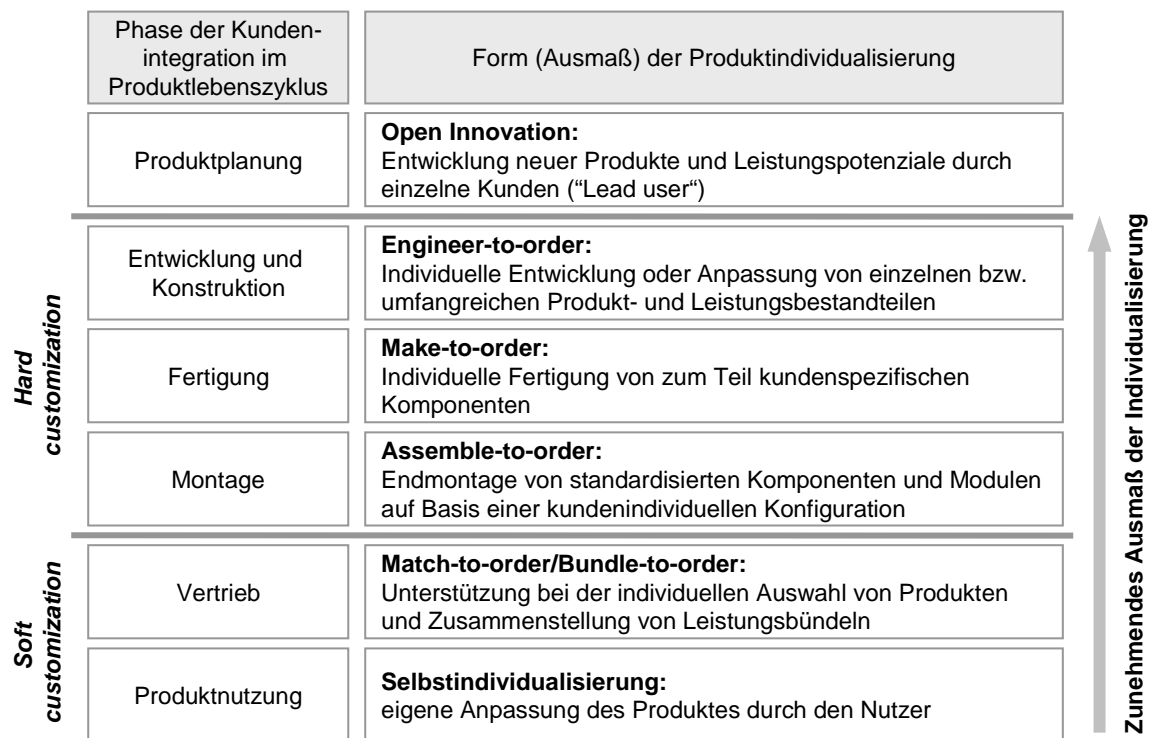


Bild 2-5. Unterscheidung verschiedener Individualisierungskonzepte entsprechend des Zeitpunkts der Kundenintegration [nach PILLER & STOTKO 2003, S. 85]

Mit der Einteilung nach PILLER & STOTKO [2003, S. 85] kann keine genaue Abgrenzung vorgenommen werden, ab welcher Ausprägung genau von einem individualisierten Produkt die Rede sein kann. Vielmehr beschreiben die im Modell enthaltenen Konzeptionen ein zunehmendes Ausmaß an Individualisierung. Dadurch kann jedoch keine genaue Abgrenzung zur variantenreichen Serienproduktion und zur Einzelanfertigung vorgenommen werden. Die variantenreiche Serienproduktion bzw. Variantenkonfiguration [SCHUH 2005, S. 99] müsste entsprechend der obigen Einteilung dem Assemble-to-order zugeordnet werden, während sich die Einzelfertigung letztlich allen Konzeptionen im Bereich der Hard customization zuschreiben lässt. In der vorliegenden Arbeit wird zur Eingrenzung der massenhaften Produktindividualisierung der Bereich des Customize-to-order bzw. Develop-to-order gewählt, da entsprechend der vorgenommenen Begriffsdefinition die individuelle Produktanpassung – wenn auch



in weitaus größerem Maßstab als bei der Einzelfertigung – nicht ausschließlich auf der Kombination vordefinierter und vorgefertigter Komponenten basieren und das individualisierte Produkt auch kundenspezifische Entwicklungs- und Fertigungsanteile enthalten soll.

### 2.3.2 Teilaspekte der massenhaften Produktindividualisierung

Auf Basis der im vorangegangenen Kapitel gewählten Konzeption der Produktindividualisierung werden nun ausgewählte Aspekte dieses Konzeptes vertieft behandelt. Insbesondere soll hier darauf eingegangen werden, wie die konkreten Bedürfnisse des Kunden erfasst, entsprechend individuelle Produkteigenschaften definiert und diese in einem kundenspezifischen Herstellungsprozess (physisch) umgesetzt werden können. Eine weiter gehende Detaillierung der produktentwicklungsbezogenen Aspekte erfolgt jedoch erst in Kapitel 3.

#### *Individuelle Kundenintegration*

Nach KLEINALTENKAMP [2000, S. 209; vgl. auch MAYER 1993, S. 38 f.] ist für jede Form der Leistungsindividualisierung die Bereitstellung von externen Faktoren notwendig. Externe Faktoren sind dadurch gekennzeichnet, dass sie sich im Gegensatz zu internen (Produktions-) Faktoren nicht in der Verfügungsgewalt des Anbieters befinden und sich damit dessen Disposition entziehen. Beispiele für externe Faktoren sind der Kunde selbst, sachliche Objekte in dessen Verfügungsgewalt, Rechte und im Kontext der Individualisierung vor allem Informationen, die im Rahmen der Leistungserstellung verarbeitet werden [KLEINALTENKAMP 2000, S. 206]. PILLER [1998, S. 65] schreibt hierzu: „Mass Customization stellt durch individuelle Kommunikation mit jedem einzelnen Kunden Produkte bereit, die dessen genaue Bedürfnisse hinsichtlich bestimmter Produkteigenschaften exakt treffen. (...) Der erste Schritt eines Mass-Customizing-Geschäftes ist somit immer die Erhebung der Kundenwünsche und deren Überführung in eine konkrete Produktspezifikation, das kundenindividuelle Produkt“. Auch JACOB [1995, S. 9] sieht die Notwendigkeit der Integration einzelkundenbezogener Informationen in den kundenspezifischen Leistungserstellungsprozess. Individualisierte Produkte sind demnach durch einen akquisitionssynchronen Produktgestaltungsprozess gekennzeichnet. Hierbei werden erst im Rahmen eines konkreten Akquisitionsprozesses die Analyse der spezifischen Nachfragerbedürfnisse und eine entsprechende Produktgestaltung vorgenommen.

Für eine Produktindividualisierung ist damit die Integration des Kunden in den Wertschöpfungsprozess unerlässlich. Unter Kundenintegration kann die Einbeziehung des Kunden in die Definition und Entwicklung einer noch zu erstellenden Leistung verstanden werden. Sie kann nach MAYER [1993, S. 39] auf unterschiedliche Weise und in unterschiedlichem Ausmaß erfolgen, so z. B. indem

- der Abnehmer seine nicht genau umrissenen Sonderwünsche äußert und der Anbieter Lösungsvorschläge zur Erfüllung dieser Wünsche unterbreitet,
- der Abnehmer die Kernfunktionen der Leistung spezifiziert,
- der Abnehmer genaue Konstruktionsdaten überliefert oder
- der Abnehmer die Eigenerstellung von Teilen der Leistung übernimmt.

Im vorliegenden Kontext soll die Kundenintegration jedoch vor allem unter dem abstrakteren Aspekt einer systematischen Informationssammlung und Aufbereitung betrachtet werden. Durch die Kundenintegration sollen nach PINE ET AL. [1995, S. 103] die spezifischen Bedürfnisse und Vorlieben der Kunden, aber auch deren Abneigungen und Fälle von Missfällen erfasst werden. Hierbei muss der Kunde seine konkreten Wünsche in einem unmittelbaren Dialog mit dem Abnehmer artikulieren können. Dieser Dialog wird als Interaktion bezeichnet und stellt einen Prozess dar, in dem mindestens zwei Partner eine Abfolge interdependenter Aktionen und Reaktionen zeigen [BACKHAUS 2003, S. 140; LÜTHJE 2000, S. 73]. Nach HILDEBRANDT [1997, S. 30] kommt es bei jedem Austausch von Gütern zwangsläufig zu Interaktionen zwischen Anbieter und Nachfrager, z. B. in Form mehr oder weniger intensiver Verhandlungen über die Bedingungen des Austauschaktes und die Art und den Umfang von Leistungen und Gegenleistungen. Bei individualisierten Produkten zielt die Interaktion in erster Linie auf die Gewinnung und Verwertung individualisierungsrelevanter Informationen ab, auf deren Basis die kundenspezifische Gestaltung des Produktes vorgenommen werden kann [BACKHAUS 2003, S. 332]. Individualisierungsrelevante Informationen sind nach PILLER [2004, S. 71 f.] vor allem Informationen über den Kunden und Informationen vom Kunden. **Informationen über den Kunden** werden auch als Marktinformationen bezeichnet und beinhalten z. B. Informationen über Kundenverhaltensweisen (Kaufverhalten, bevorzugte Kommunikationskanäle), Kundeneinstellungen (bevorzugte Produkteigenschaften, Markenpräferenzen, persönliche Lebens- und Werteinstellungen) sowie demographische Informationen (Alter, Einkommen, familiärer Status, Ausbildung, Geschlecht etc.) [vgl. auch PEPPERS & ROGERS 2004, S. 100]. **Informationen vom Kunden** beinhalten Kundenrückmeldungen und -erfahrungen, Informationen über Kundenwünsche und präferierte Optionen sowie konkrete Lösungsvorschläge. Zudem müssen dem Kunden im Rahmen einer wechselseitigen Interaktion auch Informationen zur Verfügung gestellt werden, z. B. Informationen über Optionen, Einschränkungen oder Hinweise zur Produktverwendung (Informationen für den Kunden).

Vor allem hinsichtlich der Erhebung von Informationen zu den vom Kunden gewünschten Eigenschaften des individualisierten Produkts bestehen zahlreiche, im Kontext der Arbeit relevante Problemstellungen. Eine Übersicht über die Problembereiche stellt Bild 2-6 dar. Es kann dabei grundsätzlich zwischen Kundenanforderungen unterschieden werden,

- die tatsächlich vorhanden sind,
- vom Kunden wahrgenommenen und geäußert werden und
- deren Umsetzung im Produkt erfolgt.

Aus verschiedenen Gründen kann es hier zu Diskrepanzen zwischen den tatsächlichen, den geäußerten und den entsprechend umgesetzten Kundenanforderungen kommen [vgl. BLECKER ET AL. 2005, S. 65 ff.]. So kennen Kunden aufgrund des geringen Expertengrades in der Regel nicht alle ihre Anforderungen bzw. sind sich dieser nicht explizit bewusst.<sup>19</sup> Da diese impliziten Informationen sehr schlecht erfassbar sind, wird auch häufig von „sticky information“ ge-

---

<sup>19</sup> Dies ist jedoch ein grundsätzliches Problem der Produktentwicklung. So konstatieren BLECKER ET AL. [2005, S. 66], dass sich Kunden ihrer Anforderungen meist nicht bewusst sind, es sei denn, diese werden verletzt.

sprochen [VON HIPPEL 1994, S. 430; PILLER 2004, S. 73 ff.].<sup>20</sup> Aber auch wenn Kunden ihre Bedürfnisse kennen, sind sie unter Umständen nicht in der Lage, sie richtig zu formulieren bzw. in der richtigen Terminologie und technischen Ausprägung zu beschreiben. Es kann daher leicht zu Verständnisschwierigkeiten zwischen Anbieter und Abnehmer/Kunde kommen und z. B. ein Produkt bereit gestellt werden, das zwar den geäußerten, aber nicht den tatsächlichen Anforderungen entspricht (vgl. Bild 2-6).

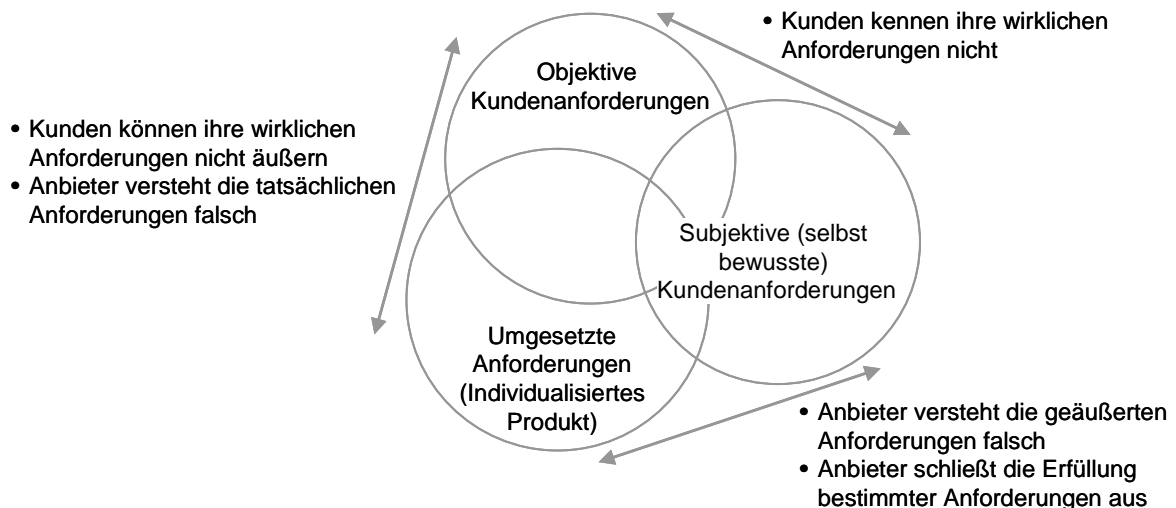


Bild 2-6. Problembereiche der Erhebung von Individualisierungsinformationen [BLECKER ET AL. 2005, S. 68]

Ein weiterer Problembereich bei der Erhebung von Individualisierungsinformationen ist, dass Kunden ihre *Rolle* bei der Leistungsdefinition nicht kennen oder unterschätzen. KLEINALTENKAMP [1996, S. 20] und FLIEB [1996, S. 92] sprechen hier von mangelnder Prozessevidenz. Dabei kann zwischen mangelndem Prozessbewusstsein und mangelnder Prozesstransparenz unterschieden werden [FLIEB 1996, S. 92 f.]. **Mangelndes Prozessbewusstsein** liegt vor, wenn der Kunde nicht weiß, dass die Qualität seiner Leistungsbeiträge die Qualität und die Kosten des Leistungsergebnisses sowie die Dauer des Prozesses mitbestimmen. **Mangelnde Prozesstransparenz** liegt dagegen vor, wenn der Kunde sich seiner Mitwirkung zwar bewusst ist, jedoch nicht weiß, welche Leistungsbeiträge er wann zu liefern hat. Mangelndes Prozessbewusstsein und mangelnde Prozesstransparenz können aber auch auf Anbieterseite vorkommen, z. B. wenn der Anbieter nicht weiß, welche Informationen er wann vom Kunden benötigt und diesen Informationsbedarf erst während des Prozesses feststellt [FLIEB 1996, S. 93]. Neben mangelndem Wissen bzw. mangelnder Fähigkeit sind aber häufig auch Willensbarrieren ein Problem bei der Kundenintegration [FLIEB 1996, S. 94]. So kann es sein, dass sich Kunden der Mitwirkung aus Angst vor einem Know-how-Verlust verschließen oder

<sup>20</sup> „We define the stickiness of a given unit of information in a given instance as the incremental expenditure required to transfer that unit of information to a specified locus in a form usable by a given information seeker“ [VON HIPPEL 1994, S. 430].

weil sie meinen, die verlangte Problemlösung wäre eine alleinige Aufgabe des Auftragnehmers. Die Folgen der umrissenen Probleme sind ineffiziente Interaktionsprozesse mit Abstimmungsproblemen, häufigen Rückkopplungen, vielfachen Änderungswünschen und Reklamationen, die wiederum zu steigenden Abwicklungs- und Produktkosten sowie Unzufriedenheit auf beiden Seiten der Geschäftsbeziehung führen [KLEINALTENKAMP 1996, S. 20].

Um die geschilderten Diskrepanzen der Kundenintegration zu beseitigen, schlagen BLECKER ET AL. [2005, S. 72] zwei Ansätze vor: Zum einen muss der Kunde dabei unterstützt werden, seine tatsächlichen Anforderungen zu identifizieren. Zum anderen muss der Anbieter laufend überprüfen, ob sein Leistungsangebot den tatsächlichen Anforderungen gerecht wird und ob die eingesetzten Methoden geeignet sind, diese Anforderungen auch zu erfassen. Dies kann z. B. anhand der Messung der Kundenzufriedenheit erfolgen [vgl. BACKHAUS 2003, S. 40 ff.; BRUHN 2000]. Im Folgenden soll jedoch auf die Unterstützung des Kunden bei der Identifikation seiner Anforderungen fokussiert werden. Der dazugehörige Prozess der Informationsgewinnung und -verwertung kann durch die von BACKHAUS [2003, S. 332] vorgeschlagenen Grundsatzfragen der Informationsbereitstellung beschrieben werden, die in Bild 2-7 um individualisierungsspezifische Ausprägungen ergänzt wurden.

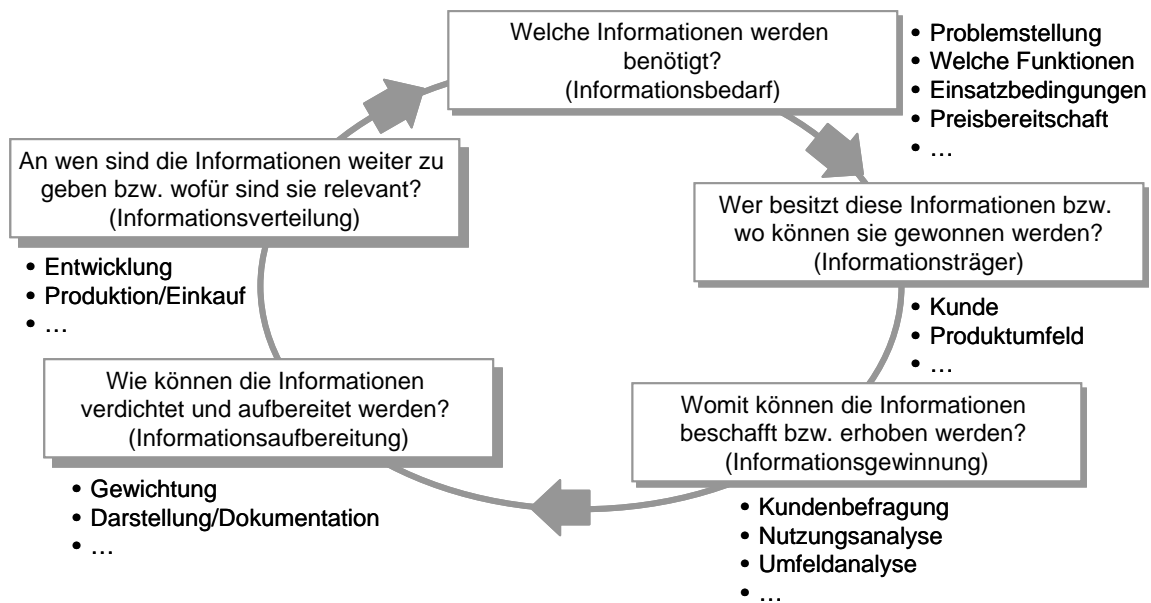


Bild 2-7 Grundsatzfragen der Informationsbereitstellung [in Anlehnung an BACKHAUS 2003, S. 332]

Zunächst muss dabei geklärt werden, welche Informationen vom oder über den Kunden benötigt werden, um die kundenspezifische Produktdefinition vornehmen zu können. Der Informationsbedarf wird hier wesentlich durch die Freiheitsgrade des individualisierbaren Produktes und den geplanten Produktgebrauch bestimmt. Anschließend müssen Maßnahmen zur Beschaffung der benötigten Informationen konzipiert werden, d. h. es muss überlegt werden, wer die relevanten Informationen besitzt bzw. woher und mit welchen Methoden sie gewonnen werden können. Anschließend erfolgt die Aufbereitung der gewonnenen Informationen, z. B.

indem eine Gewichtung, eine Strukturierung nach bestimmten Kriterien oder eine weitere Präzisierung vorgenommen wird. Schließlich ist hier zu ermitteln, für welches Problemfeld bzw. für welchen organisatorischen Bereich die Informationen relevant sind, was in enger Rückkopplung zum angenommenen Informationsbedarf erfolgen muss.

Der beschriebene Prozess soll für den Kunden so einfach wie möglich ablaufen. Dies kann z. B. durch Nutzung bereits vorhandener Kundeninformationen (Erhöhung der Interaktionseffektivität) oder durch weitestgehende Automatisierung des Prozesses (Erhöhung der Interaktionseffizienz) erreicht werden [PEPPERS ET AL. 1999, S. 153 f.; vgl. auch MAYER 1993, S. 88]. Dabei ist vor allem entscheidend, dass der Kunde seine Ideen und Bedürfnisse in Problemlösungsanforderungen übertragen und ein ausreichendes Bewusstsein hinsichtlich seiner konkreten Problemlösungsbedarfe entwickeln kann [vgl. ZERNOTT 2004, S. 180 ff.]. Dieses Konkretisierungsvermögen hängt vor allem vom Kunden selbst und von den eingesetzten Methoden und Hilfsmitteln ab [ebd., S. 183]. Hier sind eine intensive Auseinandersetzung mit dem Produkt und hohes produktbezogenes und Anwendungswissen erforderlich [vgl. auch LÜTHJE 2000, S. 34 ff.]. Durch Bereitstellung produktbezogenen Wissens (Funktions-, Wirk- und Baustrukturen, Technologie- und Verfahrenswissen) und Erfahrungen in der Nutzung kann der Kunde eigene Ansprüche besser erkennen und Anforderungen formulieren (z. T. auch auf Basis von Unzufriedenheit mit bestehenden Produkten). Unterstützung können hier aber auch technische Hilfsmittel, wie virtuelle Entwicklungswerkzeuge (CAD, Simulationen), Muster, Modelle und Prototypen geben [KLEINALTENKAMP 1996, S. 20]. Schließlich muss dem Kunden aufgezeigt werden, wie er sich in die Spezifikation und Erstellung der Leistung einbringen kann. Er muss zu einem gewissen Grad über den Ablauf des Leistungserstellungsprozess informiert sein, um abschätzen zu können, welche Mitwirkung von ihm an welcher Stelle gefordert ist. Gleichzeitig sind kundenspezifische Informationen vom Anbieter nicht nur entgegenzunehmen, sondern gegebenenfalls gezielt zu suchen und einzufordern. Dazu muss sich der Anbieter in die Lage des Kunden hineinversetzen können. Außerdem muss ein Vertrauensverhältnis aufgebaut werden, damit derartige Aktivitäten vom Kunden überhaupt zugelassen werden [KLEINALTENKAMP 1996, S. 20]. Um die Integration der Kunden aber auch wirtschaftlich bewältigen zu können, sollte sie jedoch durch den Anbieter individualisierter Produkte auf ein notwendiges Maß begrenzt werden. Bei individualisierten Konsumprodukten wird sie sich auf einfache Produktfunktionen und -eigenschaften beschränken. Bei institutionellen Abnehmern im Investitionsgüterbereich kann die Integration dagegen weitaus größere Maßstäbe annehmen und der Abnehmer auch in komplexere Aufgaben eingebunden werden [MAYER 1993, S. 87].

### *Individuelle Leistungsgestaltung*

Ein weiterer entscheidender Aspekt bei der Umsetzung des Konzepts der massenhaften Produktindividualisierung ist die Festlegung und Einschränkung der individuell anpassbaren Freiheitsgrade innerhalb der gewählten Individualisierungskonzeption. Die Freiheitsgrade determinieren nicht nur das Ausmaß der notwendigen Kundenintegration, sondern auch Komplexität und Kosten (Aufwand) der Umsetzung. Auf die verschiedenen Formen der individuellen Leistungsgestaltung soll daher im Folgenden kurz eingegangen werden.

Hierbei wird in der vorliegenden Arbeit davon ausgegangen, dass der Kunde nicht in erster Linie ein individuelles, sondern ein auf seine individuellen Bedürfnisse „zugeschnittenes“ Produkt möchte. Es steht also die Frage im Vordergrund, welche Individualisierung für den Kunden Nutzen stiftend ist [vgl. LINDEMANN ET AL. 2003A, S. 25]. Das Ergebnis der Produktindividualisierung soll eine auf den einzelnen Kunden unter Beachtung wirtschaftlicher und sonstiger Restriktionen optimal abgestimmte Zusammenstellung der Produkteigenschaften sein [MAYER 1993, S. 41].<sup>21</sup> Bei der Entscheidung, welche individuellen Freiheitsgrade dabei notwendig und nutzbringend sind, können die folgenden Fragestellungen behilflich sein [vgl. PINE 1993, S. 167]:

- Warum wird das Produkt benötigt?
- Wer benutzt das Produkt?
- Worin unterscheiden sich die Nutzer jeweils individuell?
- In welcher unterschiedlichen Weise gebrauchen die jeweiligen Nutzer das Produkt?
- Wann bzw. in welchen Situationen wird das Produkt gebraucht?
- Wo wird das Produkt gebraucht?
- Worin unterscheiden sich der Anlass bzw. die Ursache, der Zeitpunkt und der Ort der Produktverwendung bei den jeweiligen Nutzern?
- Welche unterschiedlichen Formen/Erscheinungen kann das Produkt annehmen?

Entsprechend dieser Fragestellungen können unterschiedliche Anspruchsgruppen identifiziert werden, die z. B. aufgrund physiologischer, funktions- oder leistungsbedingter Unterschiede individuelle Bedürfnisse hinsichtlich des zu gestaltenden Produktes aufweisen. Hinsichtlich der sich darauf aufbauenden Leistungsindividualisierung können nach KLEINALTENKAMP [2000, S. 197 ff.] grundsätzlich drei Formen unterschieden werden:

- Produktindividualisierung im engeren Sinne,
- Produktindividualisierung durch produktbegleitende Dienstleistungen und
- reine Dienstleistungsindividualisierung.

Die **Produktindividualisierung im engeren Sinne** bezieht sich auf die kundenspezifische Gestaltung des Produktes im Sinne der Sachleistung. Die **Produktindividualisierung durch produktbegleitende Dienstleistungen** erfolgt durch ein zusätzliches Angebot von Sekundärdienstleistungen, die in engem Bezug zum Hauptprodukt stehen. Hier können obligatorische Muss-Leistungen, die mit dem Produkt unauflöslich verbunden sind (z. B. gesetzlich vorgeschriebene Beratungs- oder Garantieleistungen), und fakultative Kann-Leistungen zur Steigerung des Produktnutzens (z. B. Wartungsdienste) unterschieden werden [KLEINALTENKAMP 2000, S. 201 f.]. Bei einer reinen **Dienstleistungsleistungsindividualisierung** ist keine

---

<sup>21</sup> MAC CARTHY ET AL. [2002, S. 77] bezeichnen dabei die Produkteigenschaften, bei denen eine Differenzierung den größten Nutzen für den Kunden darstellt, als „kritische Kundeneigenschaften“ (key value attributes).

Erstellung eines materiellen Sachproduktes erforderlich, da diese Dienstleistungen selbständig vermarktbar sind (so genannte Primärdienstleistungen). Hierbei erfolgt eine individuelle Anpassung der Dienstleistungen an die Bedürfnisse einzelner Abnehmer (z. B. Finanzdienstleistungen, Ingenieurdienstleistungen, Unternehmensberatung). Die Individualisierung durch Dienstleistungen wird hier jedoch nicht weiter betrachtet.

Erste Ansatzpunkte zur kundenspezifischen Gestaltung des Sachproduktes (Produktindividualisierung im engeren Sinne) sind die grundlegenden, kundenrelevanten Produkteigenschaften Funktion, Dimensionen/Abmessungen, (Form-) Gestaltung und Qualität [MAC CARTHY ET AL. 2002, S. 77; MAC CARTHY ET AL. 2003, S. 26; PILLER & STOTKO 2003, S. 100; PULM 2004, S. 241]. Bei der Individualisierung von **Produktfunktionen** erfolgt eine Anpassung hinsichtlich spezieller Verwendungszwecke [PILLER & STOTKO 2003, S. 108]. Der Funktionsbegriff ist dabei weiter gefasst und schließt Hardware- und Softwarefunktionen, aber z. B. auch Komfort und andere Gebrauchseigenschaften ein. Bei der Individualisierung von **Dimensionen und Abmessungen** (Passform) müssen individuelle Maßanforderungen der Produktnutzer berücksichtigt werden. Diese können sich auf anthropometrische Größen oder z. B. Einbaumaße beziehen [PILLER & STOTKO 2003, S. 107]. Die individuelle Anpassung der **(Form-) Gestaltung** zielt auf die gestalterische Annäherung des Produkts an individuelle Geschmackspräferenzen (Form, Haptik etc.) ab. Dabei soll vor allem die Produktwahrnehmung, also z. B. das äußere Erscheinungsbild, an die Kundenanforderungen abgestimmt werden [PILLER & STOTKO 2003, S. 109]. Die Individualisierung der **Produktqualität** bezieht sich schließlich auf die Art und Güte der Produktausführung sowie einige übergreifende Produkteigenschaften (wie z. B. Korrosionsbeständigkeit).<sup>22</sup> Nach LINDEMANN ET AL. [2003B, S. 4] muss hierbei zwischen bauteil- bzw. baugruppenbezogenen Freiheitsgraden und baugruppenübergreifenden, funktions- bzw. gesamtproduktbezogenen Freiheitsgraden differenziert werden. Außerdem muss definiert werden, ob der Freiheitsgrad dauerhaft fest, einmalig änderbar, flexibel einstellbar oder automatisch anpassend ist und an welcher Stelle im Produkterstellungsprozess der Freiheitsgrad ansetzt (Produktentwicklung, Fertigung, Montage, Auslieferung, Nutzung).

Damit aber eine kundenbezogene Festlegung bzw. Ausgestaltung der identifizierten kundenrelevanten Freiheitsgrade erfolgen kann, muss sich das anbietende Unternehmen einen „Mindestspielraum der Disposition“ in seinem Leistungs- und Fertigungssystem offen halten, [JACOB 1995, S. 49]. Dieser Spielraum wird gemeinhin als Flexibilität bezeichnet [vgl. KLEIN-ALTENKAMP 1996, S. 22]. Dieser Begriff wird in der Literatur zwar sehr uneinheitlich diskutiert [vgl. KERSTEN & KERN 2005, S. 233], disziplinenübergreifend kann Flexibilität aber als das Potenzial eines Systems aufgefasst werden, sich im Bedarfsfall zu ändern. Das verlangt einen Vorrat an Verhaltensweisen sowie unausgeschöpfte Ressourcen, zu deren Nutzung ein Handlungsspielraum besteht. Im Bedarfsfall müssen diese Ressourcen aktiviert und die Anpassung des Systems innerhalb eines akzeptablen Zeitraumes vollzogen werden [CORSTEN 2004, S. 19; MAYER 1993, S. 140 f.; PATZAK 1982, S. 28; ZAHN ET AL. 2005, S. 85]. Unter Produktentwicklungsflexibilität kann dabei nach KERSTEN & KERN [2005, S. 236] die

---

<sup>22</sup> Darüber hinausgehende Individualisierungsmöglichkeiten bestehen nach GILMORE & PINE [1997, S. 95] z. B. hinsichtlich der Verpackung, der Dokumentation (Bedienungsanleitung, Werbematerial), der Geschäftsbedingungen (Preis, Zahlungs- und Lieferbedingungen, Nachlässe) und der Markenverwendung.

Fähigkeit eines Unternehmens verstanden werden, seine Produkte und Entwicklungsprozesse schnell und kostengünstig an sich wandelnde Anforderungen und Rahmenbedingungen anpassen zu können. Dies erfolgt mit der Zielsetzung, die Kundenbedürfnisse bestmöglich zu befriedigen. Produktflexibilität bezieht sich hierbei vor allem auf die Gestaltung des Produktes und seiner Struktur [vgl. KERSTEN & KERN 2005, S. 235] und äußert sich in den Kosten, die eine Produktänderung hervorruft.<sup>23</sup>

Das Bedürfnis nach hoher Flexibilität resultiert im vorliegenden Kontext vor allem aus der Notwendigkeit, das Leistungsangebot entsprechend der individuellen Kundenwünsche zu ändern.<sup>24</sup> Ein Anbieter muss also Maßnahmen ergreifen, um die wechselnden Nachfragerbedürfnisse zu befriedigen. Dazu benötigt er ein Leistungspotenzial, das jedoch nicht erst geschaffen werden kann, wenn der in den meisten Fällen sehr wahrscheinliche Änderungsbedarf auftritt. Es muss vielmehr durch frühzeitige Informationen über relevante Umfeldkonstellationen und Bedarfsfälle der Nachfrager vorgehalten werden. Das Unternehmen muss sich hier bewusst werden, welche unterschiedlichen Kundenwünsche zu erwarten sind und welche davon unter Beachtung von wirtschaftlichen Restriktionen befriedigt werden sollen und können. Je mehr Nachfrager unterschiedliche Bedürfnisse aufweisen und je stärker diese Bedürfnisse differieren, umso größer muss das Leistungspotenzial dabei sein [vgl. MAYER 1993, S. 141 f.].<sup>25</sup>

MAYER [1993, S. 139 ff.] schlägt zu einer produktbezogenen Flexibilisierung der Leistungsgestaltung bei individualisierten Produkten die Modularisierung der Primärleistung, die Entwicklung von Produkten mit innewohnendem Flexibilitätspotenzial sowie die Anreicherung des Produktes um Sekundärdienstleistungen (siehe oben) vor. Bei der **Produktmodularisierung** erfolgt die Zerlegung des Produktes in klar abgetrennte Komponenten sowie deren Entkopplung. Das ermöglicht eine auftragsunabhängige Konstruktion und Produktion der Module und, bei Vorliegen eines Baukastensystems, deren Kombination zu individuellen Endprodukten. Zudem besteht die Möglichkeit, die vorhandenen Module aufwandsarm abzuändern oder sie durch kundenspezifisch konstruierte und produzierte Module zu ergänzen. Der Modularisierungsansatz erlaubt damit die Erstellung einer kundenindividuellen Leistung bei gleichzeitiger Realisierung von Standardisierungseffekten. Allerdings sind die Planung und Gestaltung des Baukastensystems in der Regel sehr aufwändig [BLECKER ET AL. 2005, S. 42; KERSTEN & KERN 2005, S. 240 ff.; KLEINALTENKAMP 1996, S. 22; MAYER 1993, S. 204].

---

<sup>23</sup> „Development flexibility can be expressed as a function of incremental economic cost of modifying a product as a response to changes that are external or internal to the development process. The higher the economic cost of modifying a product, the lower the development flexibility“ [THOMKE & REINERTSEN 1998, S. 8].

<sup>24</sup> Nach ASHBY [1956, S. 207] ist eine Überlebensbedingung offener Systeme, dass deren Änderungsvermögen mit zunehmender Veränderung der Umwelt ebenfalls ansteigt.

<sup>25</sup> Ein Dilemma besteht hierbei darin, dass ein unzureichendes Änderungspotenzial Opportunitätskosten durch entgangenen Gewinn verursacht. Auf der anderen Seite kann auch kein beliebig hohes Änderungspotenzial bereitgehalten werden, da nach CORSTEN [2004, S. 19] auch durch den notwendigen Leistungsüberschuss Kosten entstehen (z. B. durch modulare Gestaltung eines Produktes mit entsprechend hohen Entwicklungs- und Fertigungskosten oder Anschaffung einer flexiblen, aber weniger produktiven Fertigungsanlage). Dies wird als Dilemma der Flexibilitätsplanung bezeichnet [vgl. KERSTEN & KERN 2005, S. 234; MAYER 1993, S. 140 f.].



Durch die Entwicklung von **Produkten mit der Fähigkeit zur Anpassung** eröffnen sich weitere Möglichkeiten zur Steigerung der Flexibilität des Leistungsprogramms. Der Nachfrager muss hierzu nicht direkt in die Erstellung miteinbezogen werden, vielmehr entfaltet sich die „individualisierende“ Wirkung aus dem eingebauten Flexibilitätspotenzial [MAYER 1993, S. 253 ff.].<sup>26</sup> Derartige Produkte werden im Folgenden nicht weiter betrachtet, spielen jedoch z. B. bei adaptiven oder selbstoptimierenden Systemen eine maßgebliche Rolle [vgl. KRAUSE ET AL. 2007, S. 53 ff.].

Gegenüber den dargestellten Möglichkeiten zur Erhöhung des produktbezogenen Flexibilitätspotenzials hat die Erhöhung des entwicklungsprozessbezogenen Flexibilitätspotenzials bisher im Kontext von Produktindividualisierung und Mass Customization vergleichsweise geringe Beachtung erfahren. Insbesondere im Hinblick auf eine aufwandsarme Produktpassung bestehen hier aber erhebliche Chancen. Die Untersuchung von Methoden zur Steigerung der Entwicklungsprozessflexibilität (auch: Entwicklungsagilität, vgl. hierzu [ANDERSON 1997, S. 215; BULLINGER ET AL. 1997]) bildet daher einen wesentlichen Gegenstand der weiteren Arbeit

### *Individuelle Leistungserstellung*

Sich häufig wandelnde und stark variierende Kundenanforderungen erfordern allerdings nicht nur eine Flexibilisierung des Leistungsprogramms sondern auch eine Flexibilisierung der Bereiche, die sich mit der individuellen Leistungserstellung befassen [KLEINALTENKAMP 1996, S. 22].<sup>27</sup> Nachfolgend sollen daher ausgewählte Ansätze zur Flexibilisierung der Leistungserstellung bei individualisierten Produkten betrachtet werden, wobei der Schwerpunkt auf neuen organisatorischen, informationstechnischen und fertigungsbezogenen Konzepten liegt. Die vorgestellten Ansätze stehen dabei alle in einem engen Zusammenhang zueinander und müssen als integriertes Konzept einer kundenindividuellen Massenproduktion verstanden werden [vgl. ANDERSON 2003, S. 258 ff.; HIRSCH 1992, S. 206 ff.].

Als wesentliche Ansätze zur Flexibilisierung der Organisation gelten nach KLEINALTENKAMP [1996, S. 22] die Prozessorientierung sowie dezentrale, selbstorganisierende Gruppenkonzepte. Ziel dieser Organisationskonzepte ist vor allem eine Senkung der Planungs- und Prozesskomplexität [PILLER 2001, S. 304]. Potenziale zur Prozessflexibilisierung stellen z. B. die Modularisierung von Prozessen mit der Möglichkeit zur flexiblen Konfiguration dar [KERSTEN & KERN 2005, S. 240 ff.]. Nach DRUCKER [1990, S. 98] kann mit derartigen modularen Organisationsformen sowohl ein hohes Maß an Standardisierung als auch Flexibilität erreicht werden. Auch selbstorganisierende Gruppenkonzepte, z. B. Fertigungsinseln oder Auftragsabwicklungssegmenten [vgl. PILLER 2001, S. 309 ff.; WILDEMANN 1999; SCHUH 2005, S. 264], basieren auf der Bildung kleinerer Einheiten und der Aufgabenintegration innerhalb dieser Einheiten. Damit sind nicht nur eine verringerte Arbeitsteilung sowie die Reintegration dispositiver Aufgaben verbunden, sondern es werden auf diese Weise auch marktähnliche Koordi-

---

<sup>26</sup> BELZ ET AL. [1996, S. 14] bezeichnen dies auch als „Built-in“-Flexibilität.

<sup>27</sup> So hängt z. B. nach ZIPKIN [2001, S. 83 f.] die Art und Vielfalt der angebotenen Varianten in erster Linie von den verfügbaren und beherrschten Produktionstechniken ab.

nationsformen, z. B. durch interne Verrechnung, begünstigt [JACOB 1995, S. 79; PILLER 2001, S. 143 ff.]. Diese ermöglichen eine schnellere Reaktion auf geänderte Rahmenbedingungen und die kostengünstige Herstellung auch kleiner Losgrößen [DRUCKER 1990, S. 99].<sup>28</sup>

Eine Flexibilisierung der Leistungserstellung ist auch eng an die informationstechnische Durchdringung und Vernetzung der Unternehmensbereiche als Ergänzung der beschriebenen prozessorientierten Restrukturierung und Integration auf Organisationsebene gekoppelt [vgl. KLEINALTENKAMP 1996, S. 22]. Ein Konzept, unter dem viele diesbezügliche Ansätze zusammengefasst werden, stellt das Computer Integrated Manufacturing (CIM) dar. Hiermit wird der Versuch unternommen, eine integrierte rechnergestützte Prozesskette von der Produktidee bis zum fertigen Erzeugnis zu schaffen. Es umfasst mit Computer Aided Design (CAD) und Computer Aided Engineering (CAE) den rechnergestützten Produktentwurf sowie die computergestützte Fertigungsprozessplanung (Computer Aided Planning, CAP), Fertigungssteuerung (Computer Aided Manufacturing, CAM) und Qualitätskontrolle (Computer Aided Quality, CAQ). Als übergreifende Komponenten kommen ein lebenszyklusbezogenes Produktmanagement (Product Lifecycle Management, PLM) und auftragsabwicklungsbezogene Systeme zur Produktionsplanung und -steuerung (PPS) hinzu [vgl. MAYER 1993, S. 216 ff.; PILLER 2001, S. 306; SPUR & KRAUSE 1997, S. 398 ff.; SCHEER ET AL. 2006, 4 ff.]. Die Effekte dieser informationstechnischen Unterstützung und Vernetzung hinsichtlich einer Flexibilisierung der Leistungserstellung beruhen nach JACOB [1995, S. 58 ff.] vor allem auf einer schnellen und wiederholbaren Modifizierbarkeit der im Rechner erzeugten, virtuellen Modelle sowie der Speicherung und Übertragung der bei Änderungen notwendigen Aktionen vom Menschen auf die Elektronik. Dabei wohnen nach JACOB [1995, S. 66] der Integration der CAD/CAM-Prozesskette die größten Flexibilitätspotenziale im Rahmen einer Produktindividualisierungsstrategie inne.

Die dritte Säule einer Flexibilisierung der Leistungserstellung stellt schließlich das eigentliche Produktionssystem dar. Die Flexibilität eines Produktionssystems ist nach CORSTEN [2004, S. 14] durch die Anpassungs- und Umstellungsfähigkeit an wechselnde Aufgaben charakterisiert. Analog zur Produktflexibilität gilt eine Produktionsanlage als umso flexibler, je geringer die variablen Stückkosten ansteigen, wenn die Beschäftigung vom Betriebsoptimum abweicht [CORSTEN 2004, S. 15]. Die Flexibilität eines Produktionssystems kann sich z. B. auf die Produktflexibilität (d. h. das mögliche Aufgabenspektrum), die Mengenflexibilität, die Anpassungsflexibilität (Umbauaufwand) oder die Erweiterungsflexibilität beziehen [SCHÄFFER 1995, S. 43; vgl. auch GRÄBLER 2004, S. 187; PILLER 1998, S. 242]. Im vorliegenden Kontext sind hierbei in erster Linie die Produktflexibilität sowie mit Einschränkungen die Mengenflexibilität entscheidend. Nach JACOB [1995, S. 59] entstehen diesbezügliche Flexibilitätspotenziale vor allem durch die Möglichkeit, Werkzeugmaschinen numerisch zu steuern sowie durch physische Vernetzung mittels Einrichtungen des innerbetrieblichen Material- und Teilflusses (Transportsysteme, Lagersysteme, Handhabungseinrichtungen) [vgl. auch ADAM

---

<sup>28</sup> Vor dem Hintergrund einer zunehmenden Bedeutung der Flexibilität und Wandlungsfähigkeit des Produktionssystems sind auch sehr weitgehende organisatorische Modularisierungsansätze entstanden, wie z. B. die *Fraktale Fabrik* [vgl. WARNECKE 1992, S. 142 f.] oder *unternehmensübergreifende virtuelle Unternehmensnetzwerke* [vgl. SCHUH 1997, S. 297; PRIBILLA ET AL. 1996, S. 4 ff.].

1998, S. 20; HIRSCH 1992, S. 8 f.]. Aus der numerischen Steuerungsfähigkeit der Maschinen sowie anderen Entwicklungen z. B. im Bereich der Lasertechnik ergibt sich hierbei auch das Potenzial für vollkommen neuartige Fertigungsverfahren. So sind nach WAGNER [2006, S. 114] Fertigungstechnologien besonders für die Herstellung individualisierter Produkte geeignet, wenn u. a. keine oder nur eine geringe geometrische Bindung zwischen Werkzeug und Werkstück besteht und das Fertigungsverfahren automatisierbar ist. Dies trifft dann zu, wenn CAD-Bauteildaten unmittelbar in Steuerbefehle für die Fertigung umgesetzt werden können. Eine Möglichkeit dazu stellen im Bereich der trennenden Fertigungsverfahren numerisch gesteuerte, mehrachsige CNC-Universalmaschinen dar, mit denen jedoch keine komplexen Geometrien gefertigt werden können [EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. 7-69]. Gleiches gilt für das numerisch gesteuerte Laserschneiden und Stanzen. Im Bereich der Umformverfahren gibt es Entwicklungen hinsichtlich des rechnergestützten Treibens [HEINZL ET AL. 2006, S. 99 ff.], Laserbiegens [GEIGER 2003] und Walzprofilierens [GROCHE & SCHMOECKEL 2003]. Im Einsatz sind bereits modulare Umformwerkzeuge und Verfahren zur schnellen Herstellung von Werkzeugen z. B. für das Tiefziehen oder den Feinguss (so genanntes Rapid Tooling) [ZÄH 2003, S. 242 ff.; ZÄH 2006, S. 85 ff.]. Diese basieren auf Rapid Prototyping-Verfahren wie Selektivem Lasersintern oder Laminated Object Manufacturing bzw. Metal Laminated Tooling [vgl. KRAUSE ET AL. 2007, S. 175 ff.; ZÄH 2006, S. 207]. In einem engen Zusammenhang mit den genannten Rapid Prototyping-Verfahren stehen auch neue Ansätze für generative Umformverfahren. Hierbei werden Werkstücke rechnergestützt aus Inkrementen von Material schrittweise aufgebaut [vgl. HIRSCH 1992, S. 191; KLOCKE & PETERS 2003, S. 7]. Auf diese Weise können auch komplexe Geometrien hergestellt werden (vgl. Bild 2-8).<sup>29</sup>



Bild 2-8. Mittels Selektivem Lasersintern hergestelltes, gebrauchsfertiges Erzeugnis (Quelle: EOS GmbH)

<sup>29</sup> „Nicht immanentes Wissen um eine spezielle Form prägt das Strukturprinzip der Maschine, sondern das Potenzial zur Realisierung jeder Form.“ [WIPPERFÜRTH 2001, S. 26]. Eine detaillierte Übersicht über mögliche Fertigungsverfahren der kundenindividuellen Massenproduktion findet sich bei z. B. bei [HIRSCH 1992, S. 190 ff.; GRÄßLER 2004, S. 213 ff.; HEINZL ET AL. 2006; ZÄH 2006].

Nachteilig ist, dass die Bearbeitungszeiten noch vergleichsweise lang sind, derzeit nur eingeschränkte Werkstoffspektren verwendet werden können (vor allem Kunststoffe) und die Qualität der Werkstücke nicht sehr gut ist. Viel versprechende Ansätze stellen dabei allerdings das Selektive Lasersintern sowie das Fused Deposit Modelling und andere düsenbasierte Verfahren dar. Bei beiden Verfahren gibt es dabei industrietaugliche oder prototypische Anwendungen zur Verwendung von Metallwerkstoffen [HEINZL ET AL. 2006, S. 93 ff.].

Zusammenfassend kann damit festgestellt werden, dass es eine Reihe von Ansätzen gibt, mit deren Hilfe das Konzept der massenhaften Produktindividualisierung auch produktionstechnisch umgesetzt werden kann. Dabei ermöglicht das Zusammenspiel moderner Produktionstechnologien und flexibler Organisationskonzepte eine vergleichsweise hohe Produktivität bei gleichzeitig hoher Flexibilität [HIRSCH 1992, S. 28; MAYER 1993, S. 214; PILLER 2001, S. 304; SCHNEIDER 1998, S. 69]. So können nach EVERSHEIM & SCHUH [1996, S. 710-11] nicht nur das produzierbare Produkt- und Variantenspektrum erhöht, sondern auch die Auslastung der Fertigungseinheiten durch Reduzierung der rüstzeitbedingten Nebenzeiten und Ausweitung der Nutzungszeiten erhöht und damit die Durchlaufzeiten verringert werden. Der mit zunehmender Variantenvielfalt verbundene Kostenanstieg kann daher durch flexibel automatisierte und segmentierte Produktionssysteme wesentlich gemindert werden [WILDEMANN 1994, zitiert bei SCHNEIDER 1998, S. 227]. Auf der anderen Seite handelt es sich bei der rechnerintegrierten Produktion um ein sehr komplexes Konzept, dem zahlreiche technische, wirtschaftliche und organisatorische Hemmnisse entgegenstehen. So sind bei der Umsetzung beträchtliche Investitionen zu tätigen, deren Wirtschaftlichkeit a priori jedoch nur schwierig zu ermitteln ist, und die informationstechnische Vernetzung ist aufgrund fehlender einheitlicher Schnittstellen nicht einfach zu bewerkstelligen [MAYER 1993, S. 241 ff.; ADAM 1998, S. 678]. Auch ist der Einsatz flexibler Fertigungssysteme bei sehr hoher Variantenvielfalt nur begrenzt möglich, da der steigende Planungs- und Steuerungsaufwand nur schwierig zu handhaben ist und die Systeme dann auch störanfälliger sind [ADAM 1998, S. 20 f.; EVERSHEIM ET AL. 1998, S. 39]. Hier kommt es nach SCHUH [2005, S. 267] darauf an, den Aufwand zur Herstellung von kundenspezifischen Endprodukten durch sinnvolle Auswahl der individualisierbaren Komponenten und geeignete Strukturierung (Segmentierung) des Prozesses zu begrenzen. Im Bereich der neuen Fertigungsverfahren weisen dagegen viele Technologien noch nicht die notwendige Anwendungsreife auf und sind durch eine geringere Produktivität sowie hohe Anschaffungs- und Betriebskosten charakterisiert [PILLER 1998, S. 251; ZIPKIN 2001, S. 82]. Damit wird deutlich, dass es sich bei der massenhaften Produktindividualisierung nicht um ein Konzept handelt, das uneingeschränkt übernommen und implementiert werden kann. Vielmehr sind Nutzenpotenziale und (situationsspezifische) Einschränkungen einander gegenüberzustellen und zu bewerten. Im nachfolgenden Kapitel werden hierzu ausgewählte Aspekte diskutiert.

## **2.4 Bewertung der massenhaften Produktindividualisierung**

Jeder Anbieter befindet sich in einem Wettbewerb mit seinen Konkurrenten um die Nachfrage. Es handelt sich um das so genannte wettbewerbsstrategische Dreieck nach OHMAE aus Anbieter, Wettbewerbern und Nachfragern [zitiert bei HILDEBRAND 1997, S. 75; vgl. auch

PLINKE 2000, S. 90; EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. 8-38]. Um in diesen Spannungsfeld bestehen zu können, muss der Anbieter grundsätzlich in der Lage sein, die Bedürfnisse des Kunden zu erfüllen – und dies aus Sicht des Nachfragers besser als alle anderen in Erwägung gezogenen Wettbewerber. Gelingt dies, so hat das Unternehmen einen Wettbewerbsvorteil [JACOB 1995, S. 4; WEIBER & JACOB 2000, S. 528]. Der Wettbewerbsvorteil, der auch als komparativer Konkurrenzvorteil (KKV) bezeichnet wird [BACKHAUS 2003, S. 36 ff.], setzt sich dabei aus dem so genannten Kundenvorteil und dem Anbietervorteil zusammen. Der **Kundenvorteil** wird von PLINKE [2000, S. 78 ff.] über den Netto-Nutzen-Vorteil (auch: Netto-Nutzen-Differenz) operationalisiert. Dieser stellt die Differenz zwischen Nutzen und Kosten einer angebotenen Leistung im Vergleich zu verschiedenen Wettbewerbern dar. Der Nutzen beschreibt den vom Kunden wahrgenommenen Nutzen des Produktes über dessen gesamte Lebensdauer. Die Kosten setzen sich aus dem Kaufpreis und den Betriebs- und Entsorgungskosten zusammen. Ein Netto-Nutzen-Vorteil kann sich, wie in Bild 2-9 dargestellt, sowohl aus einem vom Nachfrager empfundenen Nutzen-, als auch einem Kostenvorteil zusammensetzen.

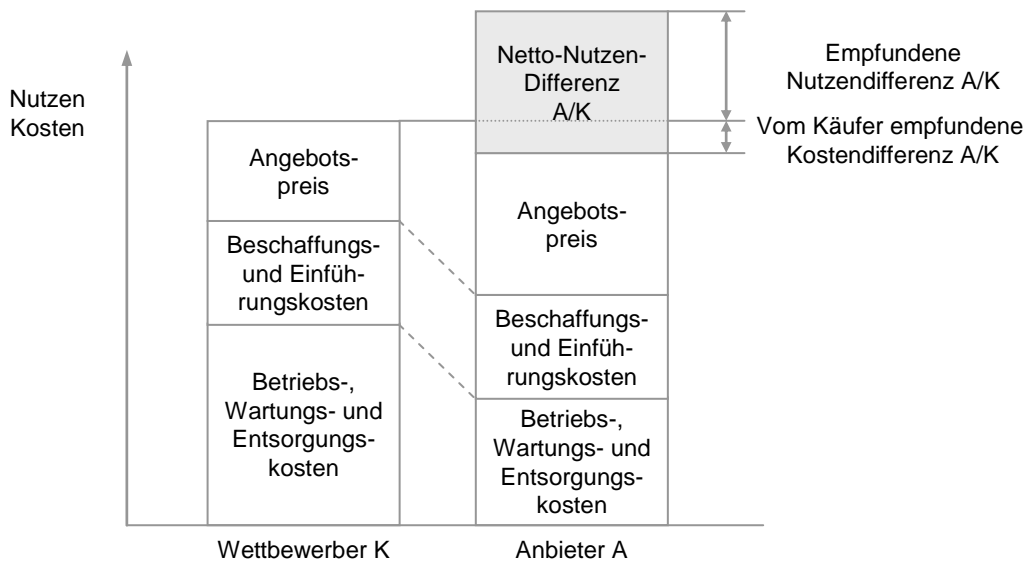


Bild 2-9. Schematische Darstellung der Netto-Nutzen-Differenz zweier Produkte [nach PLINKE 2000, S. 80]

Dabei bleibt der Netto-Nutzen-Vorteil solange erhalten, bis die empfundene Kostendifferenz den Nutzenvorteil überschreitet.<sup>30</sup> Wird von den Nachfragern allerdings kein Nutzenvorteil zwischen verschiedenen Alternativen empfunden, bestünde der Kundenvorteil aus einem reinen Kostenvorteil [vgl. PLINKE 2000, S. 80; BACKHAUS 2003, S. 36 f.]. Ein **Anbieter-vorteil** besteht demgegenüber darin, eine Leistung wirtschaftlicher als andere Anbieter zu er-

<sup>30</sup> In dem in der Abbildung dargestellten Szenario weist der Anbieter einen Kosten- und einen Nutzenvorteil auf. Der Kostenvorteil resultiert aus erheblich geringeren Betriebskosten im Vergleich zum höheren Kaufpreis. Außerdem bewertet der Käufer den Gesamtnutzen der Leistung des Anbieters A als höher.

bringen [PLINKE 2000, S. 77]. Ein Anbietervorteil ist allein auf Unterschiede in den jeweiligen Fähigkeiten, Ressourcen und Prozessen zurückzuführen. Er ist auch dann wirksam, wenn aus Kundensicht identische Leistungen vorliegen [PLINKE 2000, S. 86]. Aufgrund geringerer Selbstkosten können höhere Stückgewinne realisiert und diese in Neuentwicklungen, Verbesserung eigener Fähigkeiten oder die Neuerschließung von Märkten investiert werden. Außerdem können niedrigere Preise im Vergleich zu den Wettbewerbern verlangt werden, womit auf eine Marktanteilserhöhung, Mengenausweitung und damit weitere Kostendegression hingewirkt werden kann. Der größere Preisspielraum verschafft schließlich mehr Handlungsoptionen im Wettbewerb [PLINKE 2000, S. 77 f.].

Die Gewinnung und Sicherung von Wettbewerbsvorteilen kann als eine Kernaufgabe unternehmerischen Handelns angesehen werden [PORTER 1998, S. 12]. Wettbewerbsvorteile können sowohl durch Standardisierung, d. h. Schaffung eines Anbieterkostenvorteils und (primären) Preisvorteils, als auch durch Individualisierung, d. h. stärkere Berücksichtigung individueller Belange der Nachfrager und (primäre) Schaffung eines Kundenvorteils erlangt werden.<sup>31</sup> Es handelt sich daher bei beiden Optionen nicht nur um Ansätze der Leistungsgestaltung, sondern auch um Wettbewerbsstrategien [MAYER 1993, S. 52 f.]. Mit dem Konzept der massenhaften Produktindividualisierung wird dabei jedoch die Möglichkeit erwogen, dass beide Strategien im Rahmen einer so genannten hybriden Wettbewerbsstrategie nicht nur gleichzeitig verfolgt werden können, sondern dass dies sogar der beste Weg zum Aufbau eines einmaligen und dauerhaften Wettbewerbsvorteils ist [PILLER 1998, S. 47]. Dabei bleibt der Preis bei individualisierten Produkten im Gegensatz zur handwerklich hergestellten Einzelanfertigung ein zentrales Kriterium für den Kaufentscheid. Im folgenden Kapitel sollen anhand der wesentlichen Nutzenpotenziale, aber auch einschränkender Aspekte einer Strategie der massenhaften Produktindividualisierung beleuchtet werden, wie und unter welchen Bedingungen Kundenvorteile geschaffen, gleichzeitig aber auch Kostenvorteile erreicht werden können.

### 2.4.1 Allgemeine Nutzenpotenziale individualisierter Produkte

Entsprechend der vorangestellten, wettbewerbsbezogenen Betrachtung sollen nachfolgend die Schaffung eines Wettbewerbsvorteils durch bessere Befriedigung des Kundenbedarfs und die daraus erwachsenden Nutzenpotenziale auf Anbieterseite näher betrachtet werden.

Als wesentliche **kundenbezogene Nutzenpotenziale** individualisierter Produkte nennt LINDEMANN [2005, S.357] die bessere Bedienung der Kundenbedarfe und damit einen höheren Kundennutzen (= Netto-Nutzen-Differenz, siehe oben). Dieser ist nach HOLST [1996, S. 127] definiert als „Einschätzung des Verbrauchers über die Fähigkeit eines Produktes zur Bedürfnisbefriedigung“. Die Nutzenfunktion beschreibt hierbei, wie die Variation der Produkteigenschaften die Zufriedenstellung des Kunden mit dem Produkt beeinflusst. Aus der optimalen Kombination der Produkteigenschaften ergibt sich folglich das optimale Produkt für den Käufer. Das Optimum resultiert aber nicht nur aus den Ausprägungen der einzelnen Produkteigenschaften, sondern auch aus den entstehenden Kosten und der Einschätzung der

---

<sup>31</sup> Eine sehr bekannte wettbewerbsstrategische Systematisierung stammt von PORTER [1998]. Hier werden die Wettbewerbsstrategien Kostenführerschaft, Differenzierung und Fokussierung unterschieden [ebd., S. 12 ff.].

Eigenschaftswichtigkeit (Kosten-Nutzen-Verhältnis) [vgl. auch SCHNEIDER 1998, S. 26 ff.]. Der Ansatz der Produktindividualisierung zielt nun darauf ab, dass sich das Produkt in seinen relevanten Ausprägungen exakt mit den Bedürfnissen des jeweiligen Kunden deckt [PILLER & STOTKO 2003, S. 166]. Zielsetzung einer Strategie der Produktindividualisierung ist damit die Nutzenmaximierung für den Kunden im Sinne eines, durch seine individuellen Präferenzen bestimmten, optimalen Kosten-Nutzen-Verhältnisses [SCHNEIDER 1998, S. 13]. Die Problembereiche, zu deren Lösung die Produkteigenschaften beitragen sollen, aber auch sonstige Präferenzen sind dabei für jeden Kunden charakteristisch. Aus diesem Grund kann bei verschiedenen Kunden die Bewertung des entstehenden Nutzens in Bezug auf dieselben Produkteigenschaften sehr unterschiedlich ausfallen. WEINHOLD-STÜNZI [1991, zitiert bei SCHNEIDER 1998, S. 32] merkt hierzu an, dass die Leistung eines Produktes nur dann einen maximalen Effekt erzielt, „wenn sie dem Bedürfnis des Kunden voll entspricht. (...) Je mehr ein Produkt an den Durchschnittsansprüchen einer Vielzahl von Menschen oder gar einer Masse zu entsprechen hat, um so weniger kann es den individuellen Bedürfnissen gerecht werden“. Auch PINE ET AL. [1995, S. 113 f.] stellen fest, dass Nutzungseinbussen (customer sacrifice gaps) auftreten, wenn das vom Unternehmen angebotene Produkt nicht dem entspricht, was der Kunde eigentlich braucht bzw. wünscht.

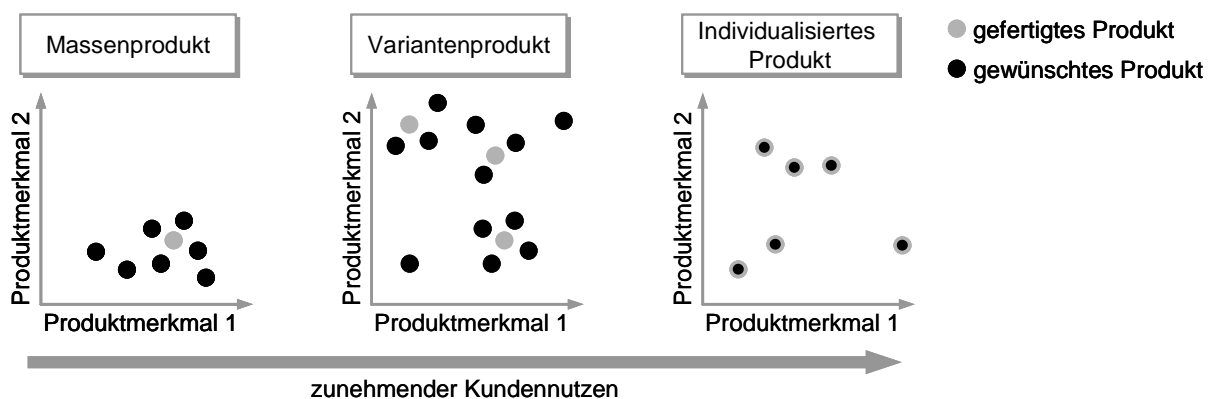


Bild 2-10. Abnehmerbezogenes Nutzenpotenzial bei individualisierten Produkten [in Anlehnung an SCHENK & WIRTH 2004, S. 32]

Wie Bild 2-10 zeigt, treten bei Massen- oder variantenreichen Serienprodukten im Vergleich zu individualisierten Produkten solche Nutzungseinbussen auf, da die Produkte auf eine breitere Nachfragerschicht ausgerichtet sind. Zwar weisen die Produkte einen niedrigeren Preis auf, dieser monetäre Anreiz reicht heute aber in vielen Fällen nicht mehr aus, um Kundenzufriedenheit herbeizuführen [MAYER 1993, S. 131]. Hinzu kommt, dass sich der Kunde aufgrund seiner in den meisten Fällen unvollkommenen Marktübersicht nicht sicher sein kann, dass das ausgewählte Produkt tatsächlich dasjenige ist, welches unter allen angebotenen Varianten am besten seinen Präferenzen entspricht. Hier besteht für den Kunden ein hohes Risiko der so genannten kognitiven Dissonanz, die dann entsteht, wenn der Kunde nach dem Kauf ein besser geeignetes Produkt entdeckt und über seinen getätigten Kauf enttäuscht ist [vgl. PILLER 2001, S. 164; SCHWARTZ 2004, 147 ff.]. Bei individualisierten Produkten wird dagegen

eine optimale Ausrichtung der Leistungsgestaltung auf die Nachfragebedürfnisse angestrebt und damit auch die Unsicherheit beim Kauf reduziert und Enttäuschung danach vermieden.<sup>32</sup>

Aus dem höheren Kundennutzen ergeben sich nun für den Anbieter nicht nur Differenzierungsmöglichkeiten im Wettbewerb, sondern auch weitere **Nutzenpotenziale aus Anbietersicht**, wie z. B. ein akquisitorisch wirkendes Begeisterungsmerkmal sowie eine höhere Kundenzufriedenheit und damit Kundenbindung [vgl. HERRMANN & HUBER 2000, S. 16; HILDEBRAND 1997, S. 175; JACOB & KLEINALTENKAMP 1994, S. 18; LÖSCH 2001, S. 204; MAYER 1993, S. 55; PILLER 1998, S. 92 f.]. Die beiden letztgenannten Aspekte wirken sich durch höhere Wieder- und Verbundkäufe („cross-selling“) sowie positive Mundpropaganda Absatz steigernd aus und führen zu einer Reduktion von Akquisitionskosten [HERRMANN & SEILHEIMER 2002, S. 650; MAYER 1993, S. 55; PILLER 2001, S. 167]. Daneben zeigen zufriedene Kunden eine geringere Preissensibilität, was dazu führt, dass Kunden bei einer Preiserhöhung nicht sofort zu preisgünstigeren Wettbewerbern abwandern. Dies verschafft dem Anbieter eine höhere Preiselastizität und damit eine Fülle preispolitischer Möglichkeiten gegenüber seinen Konkurrenten [HERRMANN & HUBER 2000, S. 16; WOHLGEMUTH-SCHÖLLER 1999, S. 41]. Weitere Nutzenpotenziale aus Anbietersicht sind u. a. darin begründet, dass das Entwicklungs- und Produktionsrisiko durch bedarfsorientierte Leistungsentwicklung und Herstellung erheblich reduziert wird. So ist keine umfassende, auf Marktprognosen basierende Produktentwicklung einschließlich der konstruktiven Ausarbeitung aller Komponenten, der Absicherung aller zugelassenen Konfigurationen sowie der kompletten Dokumentation und Schulung des Vertriebs erforderlich und die Investitionen in Entwicklung und Fertigungsvorbereitung fallen entsprechend geringer aus. Außerdem sind die Bestände geringer und es besteht höhere Flexibilität gegenüber geänderten Kundenbedarfen [LINDEMANN 2005, S. 357; PILLER 1998, S. 90]. Weitere Nutzenpotenziale stellen nach JACOB & KLEINALTENKAMP [1994, S. 18] die Erlangung von Anwendungs-Know-how und nach PILLER [1998, S. 88] die Möglichkeit zur direkten Vermarktung der Leistungen dar. Ein wesentliches Nutzenpotenzial aus Anbietersicht ergibt sich schließlich aus der in der Kundenintegration begründeten Möglichkeit zum Aufbau einer lernenden Anbieter-Kunden-Beziehung („Learning Relationship“). Diese Beziehung wird im Zeitverlauf nicht nur immer intensiver, sondern auch zweckmäßiger hinsichtlich gezielter Kundenangebote und vorzunehmender Produkthanpassungen. Daraus entsteht ein Wettbewerbsvorteil, der von Konkurrenten kurzfristig nicht aufgehoben werden kann: So weiß das Unternehmen durch den Aufbau von Erfahrungen (Leistungspotenzial) nicht nur besser, was seine Kunden wollen und wie man das Gewünschte bereitstellt (effizientere Marktbearbeitung), sondern die Kunden haben auch erhebliche Wechselhürden aufgrund ihrer in die Beziehung getätigten „Investitionen“. Durch den engen Kontakt zu seinen Kunden erhält das Unternehmen zudem permanenten Zugang zu neuen Ideen oder Verbesserungsvorschlägen. Es wird damit in die Lage versetzt, seine Prozesse ständig auf die aktuellen Markt- bzw. Kundenbedürfnisse auszurichten [vgl. PEPPERS ET AL. 1999, S. 153; PINE ET AL. 1995, S. 105 f.; PILLER & STOTKO 2003, S. 39, 63].

---

<sup>32</sup> Im Vergleich zur Einzelfertigung erfolgt die individuelle Anpassung aber nicht für alle möglichen, sondern nur für die, im Rahmen der Produktstrukturplanung als wesentlich erachteten und mit entsprechenden Freiheitsgraden versehenen, Produktmerkmale.



## 2.4.2 Einschränkende Randbedingungen bei individualisierten Produkten

Neben den beschriebenen Nutzenpotenzialen weist das Konzept der massenhaften Produktindividualisierung auch einige einschränkende Randbedingungen auf. Diese Einschränkungen müssen vor der Entscheidung für oder gegen eine Strategie der Produktindividualisierung detailliert bewertet und den Nutzenpotenzialen gegenüber gestellt werden.

Allgemeine Einschränkungen bei individualisierten Produkten im Vergleich zu Massen- oder variantenreichen Serienprodukten sind nach LINDEMANN [2005, S.357] eine intensivere Produktstrukturplanung, ein aufwändigerer Kundeninteraktionsprozess und unter Umständen zusätzliche Entwicklungsprozesse für kundenspezifische Teile des Produkts. Zudem ist aufgrund der geringen Stückzahlen eine erheblich geringere Produktivität zu verzeichnen und die bedarfsorientierte Auftragsauslösung kann zu einer geringeren Auslastung der Produktion führen [ebd.]. WOHLGEMUTH-SCHÖLLER [1999, S. 40 f.] sieht als mögliche Nachteile individualisierter Produkte zudem auf Kundenseite eine erhöhte Schnelllebigkeit sowie längere Lieferzeiten und hohe Preisunterschiede im Vergleich zu Serien- und Massenprodukten. MAC CARTY [2003, S. 1/3] und AGRAWAL ET AL. [2001, S. 64 ff.] sehen zudem erhebliche Herausforderungen durch die notwendigen Maßnahmen und Investitionen zur Kundenintegration und zur Vernetzung und Flexibilisierung der Beschaffungs-, Produktions- und Lieferketten. Die größte Herausforderung an der Produktindividualisierung ist daher nach ANDERSON [1997, S. 129] nicht die individuelle Produktgestaltung, sondern deren schnelle und kostengünstige Realisierung.

Einige Lösungsansätze für die aufgeführten Einschränkungen wurden bereits bei der Umsetzung der massenhaften Produktindividualisierung angesprochen (vgl. Kap. 2.3.2) bzw. können durch Nutzenpotenziale (siehe Kap. 2.4.1) ausgeglichen werden. Zudem sind viele Effizienz- bzw. kostenbezogene Vorteile der Massen- oder Variantenproduktion vor dem Hintergrund der beschriebenen Veränderungen des Wettbewerbsumfelds als obsolet anzusehen. Nach Meinung des Verfassers sind jedoch drei einschränkende Problembereiche von so großer Bedeutung, dass sie nachfolgend detaillierter behandelt werden sollen. Das sind kundenseitig vor allem Restriktionen der Kundenintegration in die Leistungserstellung sowie auf Unternehmensseite das Komplexitätsmanagement und die wirtschaftliche Leistungserstellung.

### *Einschränkungen der Kundenintegration*

Einschränkende Randbedingungen der Kundenintegration bestehen vor allem in kognitiven Restriktionen sowie daraus entstehenden „Kosten“ auf Kundenseite. Kognitive Restriktionen bei der Anforderungsklä rung eines individualisierten Produkts resultieren vor allem

- aus der mangelnden Fähigkeit des Kunden, mit einer Vielzahl an Optionen umgehen zu können,
- aus der in der Regel mangelnden Erfahrung des Kunden mit dem Produkt sowie
- aus der geringen physischen Konkretisierung der Leistung während der Anforderungsklä rung.

Das Problem im **Umgang mit einer hohen Anzahl an Optionen** besteht darin, dass eine große Anzahl an Auswahlmöglichkeiten nicht zwangsläufig Kundenzufriedenheit generiert,

sondern vielmehr Verwirrung, Unsicherheit und letztendlich Unzufriedenheit hervorrufen kann [vgl. KAHN 1998, S. 27; PILLER 2003, S. 6/2; SCHNEIDER 1998, S. 204 f.; ZIPKIN 2001, S. 82]. SCHWARTZ [2004, S. 47 ff.; vgl. auch IYENGAR & LEPPER 2000] untersucht sehr detailliert die psychischen Auswirkungen, die mit einem überbordenden Angebot einhergehen, und stellt fest, dass das Treffen einer Auswahlentscheidung für den Kunden mit zunehmender Optionenzahl immer schwieriger wird. Es steigt nämlich nicht nur der Aufwand für die Informationsbeschaffung und die Bewertung des Angebotes, sondern auch die Bewertungskriterien verschieben sich, teilweise unbewusst, mit jeder hinzukommenden Option. Zudem steigt der psychische Druck, ein optimal passendes Produkt auswählen zu müssen. In der Konsequenz wird eine Entscheidung zunehmend schwierig und belastet den Kunden bzw. führt mitunter zu Entscheidungsunfähigkeit. Ein weiteres Problem besteht bei der Auswahl aus Optionen darin, dass Kunden häufig nicht wissen, welche Lösung ihren Bedürfnissen am besten entspricht, und z. B. das Preis-Leistungs-Verhältnis nur schlecht einschätzen können [SCHNEIDER 1998, S. 204 f.; SVENSSON & JENSON 2003, S. 335; ZIPKIN 2001, S. 82]. Dies gilt insbesondere für neue oder komplexe Produkte. Eine wesentliche Ursache ist hierbei die **mangelnde Erfahrung mit einem Produkt**. Diese kann das abnehmerseitig wahrgenommene Kaufrisiko weiter erhöhen und ebenfalls zu psychischer Überlastung bei der Produktspezifikation oder -auswahl führen [KAHN 1998, S. 27; MAYER 1993, S. 87]. Im Rahmen der Kundenintegration ist es daher wesentlich, dem Kunden im Dialog mit dem Unternehmen seine Bedürfnisse und Anforderungen bewusst zu machen [GILMORE & PINE 1997, S. 93]. Zudem sollten die Anbieter die Informationsmenge und die Entscheidungsmöglichkeiten für den Kunden sinnvoll begrenzen und ihm Hilfestellung dabei geben, Entscheidungen zu treffen. Dazu darf nicht nur eine Auswahl aus Optionen erfolgen, sondern der Anbieter kann auch versuchen, spezifische Präferenzen des Kunden indirekt zu erfassen oder sie z. B. durch Beobachtung des Kundenverhaltens oder Analyse der Umfeldbedingungen abzuleiten. Insbesondere bei komplexeren Produkten ist es nach einer Studie von HUFFMANN & KAHN [1998, S. 507] besser, die Spezifikation des Produktes auf Basis von gewünschten Produkteigenschaften anstelle der Auswahl aus alternativen Optionen vorzunehmen. Dazu werden auch der Einsatz geeigneter Spezifikationswerkzeuge und Konfigurationssysteme und die Vermittlung produktspezifischer Informationen empfohlen [KAHN 1998, S. 27; PILLER 2003, S. 6/2; SCHNEIDER 1998, S. 205 ff.].

Hinsichtlich der **geringen physischen Konkretisierung der Leistung** zum Zeitpunkt der Leistungsdefinition besteht das Problem vor allem darin, dass die Kunden eine hohe Unsicherheit darüber verspüren, ob die spezifizierte Leistung auch der gewünschten entspricht [KLEINALTENKAMP 2000, S. 223; PILLER 2003, S. 6/2; SCHNEIDER 1998, S. 205]. Der Kunde nimmt infolgedessen ein erhebliches Kaufrisiko wahr [MAYER 1993, S. 80]. Zudem belegen Studien, dass Kunden eher dazu tendieren, etwas zu kaufen, was sofort verfügbar ist, als eine Wartezeit hinzunehmen (so genanntes impulsives Kaufverhalten) [vgl. AGRAWAL ET AL. 2001, S. 66]. Wege zur Reduktion der Unsicherheit seitens des Nachfragers sind nach KLEINALTENKAMP [2000, S. 223 ff.; vgl. auch MAYER 1993, S. 80 ff.] die Präsentation bisheriger Leistungen (z. B. Referenzen, Erfahrungsberichte anderer Kunden, Beispielprodukte). Dadurch kann das Unternehmen versuchen, Vertrauen über seine Problemlösefähigkeit bei den Kunden aufzubauen. Außerdem können die Visualisierung der vorgenommenen Spezifikation, eine generelle Reduzierung der Lieferzeiten, z. B. durch den Einsatz neuer Informa-

tions-, Kommunikations- und Fertigungstechnologien, und gewährte Garantien dazu beitragen, das kundenseitig wahrgenommene Risiko zu verringern [SCHNEIDER 1998, S. 84].

Zusammenfassend kann damit festgestellt werden, dass Kunden nicht vorrangig nach mehr Auswahl, sondern nach passenden Produkten verlangen. PINE ET AL. [1995, S. 103] formulieren dies so: „Customers, whether consumers or businesses, do not want more choices. They want exactly what they want“. Auch KAHN [1998, S. 32] kommt aufgrund empirischer Untersuchungen zu dem Schluss, dass ein großes Sortiment bei Produkten mit eher differenzierten Kundenbedürfnissen nicht von Vorteil ist. Vielmehr ist hier die Vereinfachung des Kaufprozesses eine zentrale Anforderung. Das Konzept der Produktindividualisierung kann diesbezüglich aber auch als Lösungsansatz aufgefasst werden, da hier eine kundenindividuelle Bedürfnisbefriedigung gerade durch direkte Produkthanpassung anstelle einer bloßen Auswahl aus vordefinierten Optionen angestrebt wird. Das Problem der „zu großen Auswahl“ betrifft damit vor allem variantenreiche Serienprodukte.<sup>33</sup> Zugleich muss beachtet werden, dass die Integration des Kunden für diesen auch mit „Kosten“ verbunden ist. So werden z. B. durch die investierte Zeit beim Erlernen des Umgangs mit den Interaktionswerkzeugen und bei der Leistungsspezifikation, aber auch durch die wahrgenommenen Risiken Transaktionskosten erzeugt, die durch einen entsprechenden Nutzengewinn ausgeglichen werden müssen [PILLER 2003, S. 6/2; PILLER & STOTKO 2003, S. 78]. Der Nutzengewinn kann hierbei durch die kundenspezifische Produkthanpassung selbst hervorgerufen werden, aber auch in der Motivation zur Mitwirkung an der Produktentwicklung und anderen intrinsischen Effekten (Reputation, Selbstverwirklichung etc.) begründet sein [PILLER & STOTKO 2003, S. 74 ff.].<sup>34</sup> Nichtsdestotrotz müssen die bei der Kundenintegration eingesetzten Methoden und Werkzeuge die diskutierten Problembereiche berücksichtigen und hier vor allem eine belastungs- und aufwandsarme kundenspezifische Anforderungsdefinition ermöglichen. Die beschriebenen Probleme gelten jedoch vor allem für Käufer konsumtiver Leistungen. Bei institutionellen Abnehmern wird die Kaufentscheidung in der Regel von Spezialisten getroffen oder vorbereitet, die in der Lage sind, eine Begutachtung und Spezifikation der zu erbringenden Leistung durchzuführen [MAYER 1993, S. 87].

### *Komplexitätsmanagement bei individualisierten Produkten*

Die Produktindividualisierung äußert sich jedoch nicht nur auf Kundenseite, sondern auch beim Anbieter in einer erheblichen Komplexität und damit verbundene Kosten zu deren Beherrschung [BLECKER ET AL. 2005, S. 46]. Mit Komplexität wird hierbei eine Systemeigenschaft bezeichnet, die durch Anzahl, Verschiedenartigkeit und Änderungshäufigkeit des Zustandes der Systembestandteile (Elemente, Relationen, Systemgrenze, Systemumwelt), kurzum Vielfalt und Vernetztheit, hervorgerufen wird [BLECKER ET AL. 2005, S. 46; PATZAK 1982, S. 22 f.; PUHL 1999, S. 5 f.]. Die Auswirkungen der Komplexität sind u. a. ein steigender Umfang logistischer, entwicklungsbezogener und fertigungstechnischer Abläufe bei gleichzeitig steigender Intransparenz und sinkender Effizienz der Leistungserstellung, z. B. aufgrund von

---

<sup>33</sup> Entsprechend stellen PINE ET AL. [1995, S. 105] fest: „Most managers fail to understand that variety is not the same thing as customization“.

<sup>34</sup> Die Mitwirkung wird damit nicht als Investition, sondern als Konsumtion aufgefasst.

Reibungsverlusten und Qualitätsschwankungen bei Umstellungsvorgängen [ADAM 1998, S. 36 f.; HERRMANN & SEILHEIMER 2002, S. 654; PUHL 1999, S. 10; SCHUH 2005, S. 21].

Allerdings ist Komplexität nicht uneingeschränkt zu ächten. Vielmehr ist entsprechend ASHBY [1956, S. 207] ein gewisses Maß an Systemkomplexität notwendig, um überhaupt auf die gegebene Umfeldkomplexität reagieren zu können.<sup>35</sup> Die Komplexität des Umfelds muss hierbei eine Entsprechung im System aufweisen [vgl. auch SCHUH 2005, S. 35]. Eine komplexitätsbewusste Unternehmensgestaltung bedeutet daher nach PUHL [1999, S. 22], ein Optimum an Komplexität zwischen Über- und Unterkomplexität so einzustellen, dass ein beherrschbares Prozessverhalten bei ausreichender Flexibilität und Anpassbarkeit gewährleistet ist.<sup>36</sup> Steigt daher die Komplexität des Umfeldes an (vgl. Kap. 2.2), muss auch die Unternehmenskomplexität entsprechend folgen.<sup>37</sup> In der Folge stellt die zunehmende Individualisierung von Produkten teilweise eine Reaktion der Unternehmen auf die gestiegene Umfeldkomplexität dar und ist damit zu einem gewissen Teil „zwangsläufig“. Nach BLISS [2000, S. 6] muss jedoch bezüglich der Unternehmenskomplexität zwischen korrelierter und autonomer Unternehmenskomplexität unterschieden werden. Die **korrelierte Unternehmenskomplexität** steht in unmittelbarem Zusammenhang mit der wachsenden Marktkomplexität. Sie wird bestimmt durch eine hohe Anzahl heterogener Kundengruppen (Kundenstrukturkomplexität), durch ein diversifiziertes Produktprogramm (Programmkomplexität) und allgemein hohe (technische) Produktkomplexität. Die **autonome Unternehmenskomplexität** ergibt sich dagegen aus eigenständigen Bestimmungsfaktoren, die in keinem direkten Zusammenhang zur Marktkomplexität stehen und die damit keine Entsprechung in der Unternehmensumwelt haben. Dies sind eine hohe Produktionsprogrammkomplexität (z. B. in Folge einer hohen Fertigungstiefe oder eines frühen, auftragsbezogenen Individualisierungsgrads), eine hohe Organisationskomplexität (aufgrund funktionaler Arbeitsteilung, vielen Schnittstellen oder vielschichtigen Entscheidungsprozessen), eine hohe Zielkomplexität (z. B. durch vielfältige Steuerungs- und Koordinationssysteme) und eine hohe Komplexität des Fertigungssystems (z. B. durch hoch integrierte Maschinenparks oder horizontal und vertikal undifferenzierte Wertschöpfungsprozesse) [vgl. BLISS 2000, S. 6 f.].

In Bezug auf die Umsetzung des Konzeptes individualisierter Produkte muss es nun das Ziel eines Komplexitätsmanagements sein, die geforderte Vielfalt unter möglichst geringen internen Komplexitäts- und Kostensteigerungen zu verwirklichen [vgl. HERRMANN & SEILHEIMER 2002, S. 664]. Dazu müssen vor allem die Komplexitätstreiber beseitigt werden, die keine Entsprechung im Unternehmensumfeld aufweisen. Dies kann u. a. durch eine genaue Klärung

---

<sup>35</sup> „This ist the law of requisite variety (...); only variety can destroy variety“ [ASHBY 1956, S. 207].

<sup>36</sup> Überkomplexität tritt dabei auf, wenn zu viele und vielfältige Subsysteme auftreten, die nicht mehr systematisch geplant und gesteuert werden können und zu einem unbeherrschbaren Systemverhalten führen. Bei Unterkomplexität kann dagegen das angestrebte Zielsystem aufgrund einer zu geringen Vernetzung und Dynamik der Systemelemente nicht realisiert werden. Die Unternehmensprozesse weisen dann z. B. eine zu geringe Flexibilität und Anpassbarkeit zur Erzeugung der gewünschten Ergebnisse auf [PUHL 1999, S. 20 f.].

<sup>37</sup> Die Komplexität des Umfelds wird dabei gemeinhin als externe/exogene, die Unternehmenskomplexität als interne/endogene Komplexität bezeichnet [vgl. z. B. BLISS 2000, S. 5 f.; LÖSCH 2001, S. 26; SCHUH 2005, S. 13].

von Kundenanforderungen, eine konsequente Sortimentsbereinigung, die Schaffung von Variantenerzeugungsbarrieren (einschließlich einer verursachungsgerechten Kostenverrechnung) sowie die späte Variantenbildung im Produktionsprozess erreicht werden. Zudem kann die „bediente“ Umfeldkomplexität durch Einschränkung der Zielsegmente und des Leistungsangebotes begrenzt werden. Maßnahmen zur Beherrschung der verbleibenden Komplexität schließen auf konstruktiver Seite die Verwendung von Standard-, Gleich- und Wiederholteilen sowie die Entwicklung von Plattform- und Modulbauweisen und auf organisatorischer Seite z. B. die Segmentierung und Entkopplung der Entwicklungs-, Fertigungs- und Beschaffungsprozesse, die Dezentralisierung von Entscheidungen (bei übergreifender Koordination) und eine integrierte Informationslogistik ein [vgl. ADAM 1998, S. 57 ff.; BLISS 2000, S. 197 ff.; PUHL 1999, S. 22 f.; SCHUH 1989, S. 34; WILDEMANN 1998, S. 54; WILDEMANN 2000, S. 7, 48 ff.]. Vor allem durch geeignete Strukturoptimierung kann damit der, mit der zunehmenden Variantenvielfalt verbundene, Komplexitäts- und Kostenanstieg abgemindert werden. Die Produktstrukturierung ist dabei eine wesentliche Aufgabe der Produktstrukturplanung (vgl. Kap. 3.3). Sie entscheidet neben der Gestaltung und technologischen Unterstützung der Unternehmensprozesse vor allem über Erfolg oder Misserfolg der Individualisierungsstrategie [BLECKER ET AL. 2005, S. 45 ff.; HILDEBRAND 1997, S. 75].

#### *Wirtschaftliche Leistungserstellung bei individualisierten Produkten*

Wie bereits angedeutet, verursachen Variantenvielfalt und die entstehende Komplexität auch erhebliche Kosten [ANDERSON 1997, S. 45 ff.; COENENBERG & PRILLMANN 1995, S. 1238; WILDEMANN 2000, S. 33]. Dabei steigen mit einer Erhöhung der Vielfalt die Kosten meist überproportional [HICHERT 1985, S. 236; LÖSCH 2001, S. 39; RATHNOW 1993, S. 28 ff.]. So entstehen z. B. im Vorfeld zusätzliche Kosten beim Aufbau des Leistungspotenzials (Entwicklungs- und Planungskosten) und aufgrund von notwendigen Investitionen in Informations-, Steuerungs- und flexible Produktionssysteme. Direkte Mehrkosten entstehen aber auch bei jeder Auftragsabwicklung durch die Kosten der Kundenintegration, Entwicklungs- und Beschaffungskosten für individuelle Bauteile und erhöhte Aufwendungen für Erprobung und Qualitätskontrollen (Vollkontrolle anstelle von typenspezifischen Tests und Stichproben). Allgemeine vielfaltsinduzierte Kosten entstehen z. B. durch erhöhten Dispositions- und Koordinationsaufwand (z. B. steigender Abstimmungsbedarf bei Änderungen), Produktivitätsverluste (Rüstaufwendungen, geringere Auslastung, Verlust von Skaleneffekten) oder aufwändigere Ersatzteilbevorratung [vgl. ADAM 1998, S. 36 ff.; HERRMANN & SEILHEIMER 2002, S. 659; LINGNAU 1994, S. 12 1 ff.; JACOB 1995, S. 139; MAYER 1993, S. 68 ff.; PILLER 1998, S. 108 ff.; PILLER & STOTKO 2003, S. 190 ff.; RATHNOW 1993, S. 24; WILDEMANN 2000, S. 55]. Zudem entstehen Opportunitätskosten, z. B. in der Entwicklung, wenn diese vorrangig mit der Variantenabwicklung/Anpassungskonstruktion beschäftigt ist und keine Kapazität für strategisch wichtige Neuentwicklungen hat [HERRMANN & SEILHEIMER 2002, S. 655]. Problematisch ist hierbei vor allem, dass neben einer Erhöhung der direkten Kosten ein starker Gemeinkostenanstieg zu verzeichnen ist. Um die Rentabilität einzelner Varianten bestimmen zu können, ist daher eine möglichst exakte Kostenzurechnung erforderlich. Eine verursachungsgerechte Zuordnung dieser Kosten soll dazu führen, dass Standardteile nicht zu stark und Exoten zu niedrig belastet werden [ADAM 1998, S. 51; SCHUH 2005, S. 20 f.; WILDEMANN 2000, S. 59]. Detailliert mit der Frage einer verursachungsgerechten Kostenkalkulation

von Varianten beschäftigen sich u. a. SCHUH [1989, S. 87 ff.] und HEINA [1999] sowie GAHR [2006] mit dem Schwerpunkt auf individualisierten Produkten.

Die verursachungsgerechte Kostenkalkulation ist allerdings nur eine hinreichende Voraussetzung für die Umsetzung des Konzeptes der massenhaften Produktindividualisierung. Notwendig für eine wirtschaftliche Leistungserstellung ist vor allem, den Kostenanstieg durch technische oder organisatorische Maßnahmen zu begrenzen oder ihm entsprechende Zusatzerlöse gegenüberzustellen. Grundsätzlich ist das Konzept der Produktindividualisierung hierbei im Vorteil, wenn das Marktsegment sehr klein ist und die Produktionsmenge nicht ausreicht, um die sehr hohen Investitionen einer Massenfertigung zu rechtfertigen [JIAO 1998, S. 3]. Dies ist aber, wie gezeigt, aufgrund der Veränderungen im Unternehmensumfeld heute zunehmend der Fall. Zudem weisen individualisierte Produkte auch neue Ertrags- und Kostensenkungspotenziale gegenüber Serien- und Massenprodukten auf, die zusammenfassend in Bild 2-11 aufgezeigt sind. Die **Ertragspotenziale** resultieren vor allem aus einem erhöhten akquisitorischen Potenzial aufgrund der abnehmerseitigen Präferenzbildung durch die bessere Bedürfnisbefriedigung sowie aus Wiederholungskäufen und Verbundgeschäften durch korrelierte, erhöhte Kundenzufriedenheit [PILLER & STOTKO 2003, S. 214 f.]. Zudem steigt die Preisbereitschaft aufgrund der stärkeren Ausrichtung der Produkte an den Anforderungen der Nachfrager (im Investitionsgüterbereich z. B. wegen Produktivitätsvorteilen), aufgrund von Geltungseffekten (vor allem im Konsumgüterbereich z. B. Imagebildung, Möglichkeit zur Selbstverwirklichung, Wahrnehmung des Kaufvorganges als besonderes Erlebnis) und aufgrund der erhöhten Kundenbindung (Schaffung von Wechselkosten, Erhaltung der getätigten Investitionen, Risikominimierung) [vgl. AGRAWAL ET AL. 2001, S. 66; HERRMANN & SEILHEIMER 2002, S. 650; JIAO 1998, S. 4; MAYER 1993, S. 59 f.; PEPPERS & ROGERS 2004, S. 20; PILLER & STOTKO 2003, S. 171]. Ertragspotenziale resultieren jedoch auch aus einer geringeren Vergleichbarkeit der kundenspezifischen Leistungen und damit der Schaffung eines quasi-monopolischen Teilmarktes [vgl. AGRAWAL ET AL. 2001, S. 66; MAYER 1993, S. 58 ff.; PILLER 2001, S. 165].<sup>38</sup>

Auf diese Weise erhält der Hersteller nicht nur einen Preissetzungsspielraum, es bieten sich auch bessere Möglichkeiten zur Abschöpfung der so genannten Konsumentenrente, das ist die Differenz aus einem unter normalen Marktbedingungen zu zahlenden Preis und dem Preis, den ein Kunde maximal noch zahlen würde, bevor er auf einen Kauf verzichtet [BÜSCHKEN & VON THADEN 2002, S. 600; MAYER 1993, S. 61; PILLER 1997, S. 86]. Die **Kostensenkungspotenziale** individualisierter Produkte resultieren z. B. aus Skalen- und Verbundeffekten aufgrund der Modularisierung des Leistungsprogramms sowie Kosteneinsparungen aufgrund einer bedarfsgesteuerten Entwicklung und Herstellung (Vermeidung von Fehlentwicklungen, nicht nachfragewirksamer antizipativer Variantenkonstruktion und Überproduktionen, Reduzierung von Lagerkosten und -risiken). Zudem bestehen „Lerneffekte“ hinsichtlich der Kundenintegration und der Leistungserstellung, die nicht nur zu einer Effizienzsteigerung des Individualisierungsprozesses (Aufbau eines Leistungspotenzials, Zugriff auf vorhandene Konstruktionsdaten und Abwicklungsprozesse, wiederholte Anwendung technischen Wissens),

---

<sup>38</sup> Der Preis kann dabei vom Anbieter innerhalb eines bestimmten Handlungsspielraums weitgehend frei festgesetzt werden.

sondern auch zur allgemeinen Verbesserung und Optimierung des Leistungspotenzials genutzt werden können (Zugang zu neuen Kundenideen, Aufspüren von Markttrends). Wesentliche Einsparungseffekte ergeben sich auch aus der verbesserten Kundenbindung durch Reduzierung von Akquisitionskosten sowie verringerten Transaktionskosten bei Wiederholungskäufen [vgl. JACOB 1995, S. 139; MAYER 1993, S. 74 ff.; Peppers & Rogers 2004, S. 21; PILLER 2001, S. 235; PILLER & STOTKO 2003, S. 202 ff.].

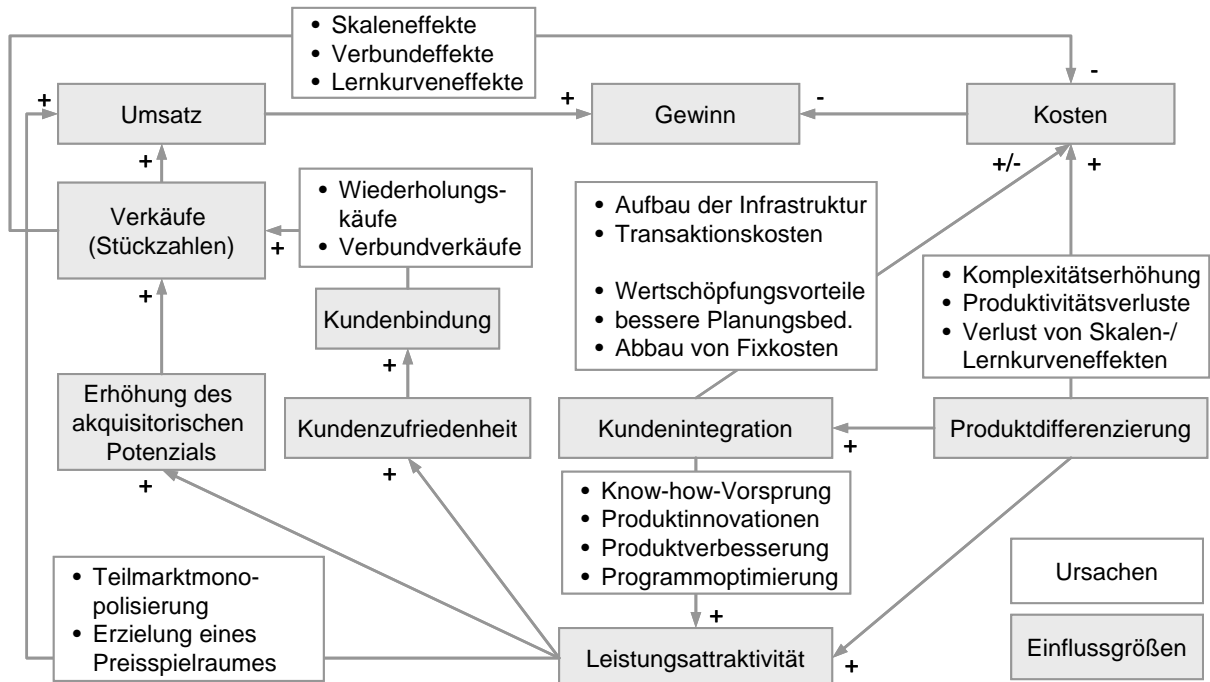


Bild 2-11. Ökonomische Logik individualisierter Produkte

Es wird damit deutlich, dass bei der Entscheidung für oder gegen die Einführung einer Strategie der massenhaften Produktindividualisierung vielfältige ertrags- und kostenbezogene Zusammenhänge zu berücksichtigen sind. Hier kann daher keine pauschale Aussage über die Wirtschaftlichkeit getroffen werden. Die zusätzlichen Kosten der Individualisierung müssen vielmehr branchen- und unternehmensabhängig den Potenzialen gegenüber gestellt werden [ZIPKIN 2001, S. 82]. Eine Individualisierungsstrategie kann aufgrund der gezeigten Nutzenpotenziale aber auch dann vorteilhaft sein, wenn die Kosten über dem Niveau eines Serienprodukts liegen. Es ist daher notwendig, das Verhältnis zwischen Standardisierung und Individualisierung so auszubalancieren, dass Differenzierungsvorteile gerade aufrechterhalten werden aber die Kostennachteile nicht Überhand nehmen [PILLER & STOTKO 2003, S. 203].

### 2.4.3 Abgrenzung zu verwandten Konzepten

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln eine Konkretisierung der Strategie der massenhaften Produktindividualisierung vorgenommen wurde, soll nun abschließend eine Abgren-

zung zu verwandten Wertschöpfungskonzepten erfolgen. Dabei wird eine Abgrenzung zur Einzelanfertigung und zu variantenreichen Serienprodukten vorgenommen. Einerseits bestehen zu diesen Konzepten zwar Überschneidungen, vor allem in der grundsätzlichen Zielsetzung eines möglichst kundenorientierten Leistungsangebots, andererseits weisen die Umsetzungen dieser Zielstellung jeweils fundamentale konzeptionelle Unterschiede auf. Die vorzunehmende Abgrenzung dient daher neben einer allgemeinen Einordnung des Konzepts der massenhaften Produktindividualisierung auch der Herausarbeitung des Handlungsbedarfes in Bezug auf notwendige Änderungen und Erweiterungen im Vergleich zu den bestehenden Wertschöpfungskonzepten.

### *Abgrenzung zur Einzelanfertigung*

Die grundlegende Eigenschaft der Einzelanfertigung ist, dass die Entwicklung und Herstellung der Erzeugnisse nahezu vollständig auf die individuellen Wünsche des Kunden abgestimmt und durch einen Kundenauftrag ausgelöst wird. Gleichartige Leistungen kommen daher nur selten vor [ADAM 1998, S. 22; GROBE-OETRINGHAUS 1974, S. 152; JIAO 1998, S. 16; KÄPPELER 1968, S. 16 f.; PILLER & STOTKO 2003, S. 58]. Aufgrund der Einmaligkeit der herzustellenden Erzeugnisse und Erzeugnisbestandteile ist der Vorbereitungsgrad der Entwicklung und Fertigung äußerst gering, d. h. technische Unterlagen (Zeichnungen, Stücklisten, Arbeitspläne) und Planungsdaten müssen jeweils neu erstellt und damit aus Aufwandsgründen auf ein Mindestmaß beschränkt werden [MAYER 1993, S. 158]. Die Produktion der Einzelteile und Zusammenbauten erfolgt auftragsgesteuert auf universellen Fertigungsmitteln [SCHOMBURG 1980, S. 69]. Hinsichtlich der Produktentwicklung und anderer Bereiche ist die Einzelanfertigung durch einen hohen Anteil an kundeninitiierten Neukonstruktionen charakterisiert [HIRSCH 1992, S. 18 f.; KUHLMANN 1994, S. 8]. Nach ADAM [1998, S. 22] fehlt hier oft jede Form von Standardisierung bzw. Strukturierung. Die Folge sind wenig beherrschte Entwicklungs- und Produktionsprozesse, deutliche Koordinationsdefizite, Qualitätsprobleme und eine geringe Liefertreue [ebd.]. Aufgrund der einmaligen Anfertigung entstehen mit Bezug auf die Stückzahl hohe Kosten – im Extremfall sind die Entwicklungs- und Planungsaufwendungen bei einer Produkteinheit und einem großen Los identisch [HIRSCH 1992, S. 19; PILLER 2001, S. 190]. Schließlich ist in der Regel eine sehr intensive Abstimmung zwischen Anbieter und Abnehmer notwendig, um die Spezifikation des Produktes vornehmen zu können.

Bei der Strategie der massenhaften Produktindividualisierung wird im Gegensatz zur Einzelanfertigung von einer eingeschränkten Produkt- und Prozessflexibilität ausgegangen. Eine individuelle Anpassung kann nur bei einigen, für den Kunden jedoch besonders relevanten Produkteigenschaften innerhalb eines definierten Ausmaßes und mittels weitgehend festgelegter Anpassungsschritte erfolgen. Die Individualisierung baut dazu auf einer vordefinierten Produktstruktur auf. Im Vergleich zur Einzelanfertigung findet die Produktindividualisierung außerdem in einem größeren Maßstab statt. So können die beschriebenen Ertragssteigerungs- und Kostensenkungspotenziale realisiert werden [vgl. auch JIAO 1998, S. 16; PILLER 1998, S. 199; PILLER 2001, S. 209].<sup>39</sup> Auch der zeitliche Rahmen des Produktdefinitionsprozesses

---

<sup>39</sup> „The term ‘Mass’ in Mass Customization indicates the scale on which customization is delivered as well as indicating the mode of production“ [MAC CARTHY 2003, S. 1/1].



muss bei individualisierten Produkten wesentlich kürzer ausfallen und liegt im Bereich von Minuten bis wenige Stunden im Gegensatz zu Wochen und Monaten bei Einzelanfertigungen [ANDERSON 1997, S. 205]. Zudem müssen hier unter Umständen die geringen Produkt- und Prozesskenntnisse der Abnehmer berücksichtigt werden (vgl. Kap. 2.4.2). Da die Kunden aber letztlich doch ein Produkt mit Unikatcharakter erhalten, muss die individuelle Leistungserstellung mit stabilen und durchgängigen Prozessen in Entwicklung, Fertigung und Vertrieb erfolgen [PILLER & IHL 2002, S. 4].

#### *Abgrenzung zu variantenreichen Serienprodukten*

Bei der Serienfertigung wird im Gegensatz zur Einzelfertigung eine Produktart in mehreren Einheiten ununterbrochen nacheinander gefertigt. Die Auflagenhöhe hat im Gegensatz zu Massenprodukten aber einen endlichen Wert (Fertigungslos) [GROBE-OETRINGHAUS 1974, S. 153]. Hierbei sind möglichst große Anteile der Leistungserstellung (Produktkomponenten und Prozessfolgen) identisch bzw. standardisiert [ADAM 1998, S. 22]. Die Produktentwicklung erfolgt in einem marktspezifischen, aber in der Regel kundenneutralen Prozess. Der (individuelle) Kundenbezug wird erst über den Auftragsabwicklungsprozess hergestellt, in dem die Art der Leistungsausprägung endgültig festlegt und die abschließende Leistungserstellung ausgelöst wird. Weite Teile der Leistung werden dabei jedoch in kundenunabhängigen Prozessen vorab produziert [MURR 1999, S. 7]. Die Entwicklung der Leistungsbestandteile ist an den Durchschnittsansprüchen einer eingegrenzten Nachfragergruppe orientiert. Mit zunehmender Heterogenisierung der Nachfrage müssen dabei immer feinere Segmente bedient werden, was zu einer Explosion der Variantenvielfalt und einem überproportionalen Komplexitäts- und Kostenanstieg führt [GRÄBLER 2004, S. 16 f.; PILLER 2001, S. 175 ff.]. Das vordefinierte Leistungsangebot basiert zudem auf unsicheren Marktprognosen und Schätzungen des Vertriebs. Es werden in Erwartung von Nachfragerbedarfen häufig Varianten konstruiert, die eigentlich gar nicht notwendig wären bzw. die nicht auf ein ausreichendes Marktpotenzial stoßen. In der Folge steht den entstehenden Kosten kein ausreichender Ertrag gegenüber [MAYER 1993, S. 68; PILLER & STOTKO 2003, S. 30; PINE ET AL. 1995, S. 105]. Mit dem Aufbau des Leistungspotenzials (Variantenspektrum) geht bei variantenreichen Serienprodukten damit ein erhebliches Absatzrisiko einher. Außerdem schafft die Vielfalt an sich noch keinen Kundennutzen, sondern vielmehr eine hohe, kundenseitig wahrgenommene Komplexität. So können die kundenanonym spezifizierten Varianten die idealen Produktausprägungen der Kunden nur ungefähr befriedigen und die Kunden müssen, meist auf sich selbst gestellt, im ständig zunehmenden Gesamtangebot diejenige Option finden, die ihren Bedürfnissen am ehesten entspricht [GRÄBLER 2004, S. 16 f.; PILLER 2001, S. 196; PILLER & STOTKO 2003, S. 58; PINE ET AL. 1995, S. 105; SVENSSON & JENSEN 2003, S. 332]. Aber auch im Unternehmen treten verstärkt komplexitätsbedingte Probleme auf. So nimmt der Aufwand in Programm- und Mengenplanung erheblich zu und die Entwicklungs- und Produktionsbereiche, die meist noch auf Massenproduktion ausgelegt sind, können wenig flexibel auf ständig hinzukommende, neue Variantenforderungen reagieren [Anderson 2003, S. 272; PILLER & STOTKO 2003, S. 198]. Die variantenreiche Serienproduktion ist damit vor allem durch zwei Grundprobleme gekennzeichnet: hohe Aufwendungen zur Entwicklung des kompletten Variantenspektrums (von dem ein Großteil nie nachgefragt wird und unrentabel

ist) und dennoch häufig keine optimale Befriedigung der Kundenbedürfnisse [LINDEMANN & BAUMBERGER 2006, S. 8].

Bei individualisierten Produkten werden die kundenspezifischen Leistungen dagegen bedarfsorientiert entwickelt und produziert. GILMORE & PINE [2000, S. 153] fassen dieses Grundprinzip in prägnanter Weise zusammen: „In mass customization, customer demand drives model varieties“. Die Entwicklung des Leistungsspektrums erfolgt damit erst allmählich, aber den Aufwendungen des Unternehmens stehen auch entsprechende Erträge gegenüber. Zudem wird die kundenseitig wahrgenommene Komplexität deutlich reduziert, da die massenhafte Produktindividualisierung durch eine intensivere Interaktion zwischen Anbieter und Nachfrager gekennzeichnet ist. Dabei wird ein den Anforderungen des Kunden weitgehend entsprechendes Produkt spezifiziert, das jedoch nicht nur auf der Kombination vordefinierter Komponenten beruht [GRÄBLER 2004, S. 16 f.; PILLER 1998, S. 81; PILLER & STOTKO 2003, S. 170]. Gleichzeitig werden auf der Ebene der Leistungsgestaltung grundlegende Prinzipien der variantenreichen Serienproduktion angewendet, so z. B. die Modularisierung der Produktstruktur und die Verwendung von Plattformen sowie Gleich- und Wiederholteilen. Es kann damit festgehalten werden, dass sich bei individualisierten Produkten im Vergleich zu variantenreichen Serienprodukten der Vorgang der Variantenerzeugung vom Unternehmen immer mehr in Richtung Kunde verschiebt [ZÄH ET AL. 2006, S. 7]. Auf diese Weise soll eine bedarfs- und kundenorientierte Leistungserstellung gewährleistet werden, die den vermehrt anzutreffenden instabilen und stark segmentierten Marktstrukturen gerechter wird. Dabei werden wesentliche Aspekte sowohl der Einzelanfertigung als auch der variantenreichen Serienproduktion im Konzept individualisierter Produkte kombiniert. So ist der Grundansatz einer kundenindividuellen Leistungserstellung allen drei Wertschöpfungskonzepten immanent. Die klassische Einzelanfertigung bringt allerdings hochspezifische Lösungen hervor, nimmt also keine Einschränkungen hinsichtlich der Individualität der Leistung vor, was zu hohen Kosten der Leistungserstellung führt. Zudem gibt es hier noch erhebliche Effizienzpotenziale, z. B. durch verbesserte Produktstrukturierung und systematische Nutzung vorhandener Lösungen, Prozesse und Erfahrungen, die teilweise aus dem Bereich der variantenreichen Serienproduktion übernommen werden können. Die klassische Einzelanfertigung ist dennoch gegenüber individualisierten Produkten zu empfehlen, wenn entweder kein ausreichendes Marktpotenzial vorhanden ist, das den Aufbau der Leistungsstrukturen rechtfertigen würde, oder die Anforderungen der individuellen Nachfrager so sehr divergieren, dass sich keine Basisproduktstruktur definieren lässt. Das Konzept der variantenreichen Serienproduktion ist dagegen dann sehr gut geeignet, wenn sich ausreichend große, homogene und stabile Marktsegmente bilden lassen oder der durch die Individualisierung entstehende Mehrnutzen abnehmerseitig nicht honoriert wird. Die wesentlichen Unterschiede zwischen Einzelanfertigungen, individualisierten Produkten und variantenreichen Serienprodukten sind abschließend in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2: Gegenüberstellung von variantenreichen Serienprodukten, individualisierten Produkten und Einzelanfertigungen [nach LINDEMANN & BAUMBERGER 2006, S. 10]

Einzelanfertigungen	Variante reiche Serienprodukte	Individualisierte Produkte
<ul style="list-style-type: none"> <li>• komplette Neuentwicklung individueller Teile</li> <li>• Produkte werden genau nach Kundenspezifikation hergestellt</li> <li>• kundenspezifische Gestaltung in beliebigen Produktbereichen</li> <li>• sehr geringe Stückzahlen, Produktion von Unikaten</li> <li>• Kosten und Zeitaufwand sind aufgrund aufwendiger, individueller Leistungserstellung sehr hoch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angebot vordefinierter Varianten bzw. Konfiguration von vorgefertigten Modulen</li> <li>• auftragsunabhängige Entwicklung und Produktion der Varianten und Module „auf Vorrat“</li> <li>• Entstehung großer Variantenzahlen, die z. T. nie nachgefragt werden</li> <li>• Intransparenz der Kostenentstehung, Quersubventionierung von Exoten mit niedriger Stückzahl</li> <li>• hoher Anstieg der, auch kundenseitig wahrgenommenen, Produkt-/Prozesskomplexität</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konfiguration vorhandener Module und bedarfsorientierte Entwicklung neuer Module</li> <li>• Kundenspezifische Gestaltung in definierten Bereichen möglich</li> <li>• nur die Produktstruktur und die Grundkomponenten werden kundenanonym entwickelt</li> <li>• Produktpassung an individuelle Kundenwünsche erfolgt auftragspezifisch</li> <li>• Organisation und Produktionssysteme) sind auf Flexibilität ausgerichtet</li> <li>• Preise und Lieferzeiten sind mit Serienprodukten vergleichbar</li> </ul>

## 2.5 Zusammenfassung

Entsprechend der vorangegangenen Ausführungen kann das Wertschöpfungskonzept der massenhaften Produktindividualisierung folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Individualisierte Produkte sind durch einen angemessenen, aber im Vergleich zu variantenreichen Serienprodukten geringen Vorbereitungsgrad gekennzeichnet. Hier liegt nur eine allgemeine Leistungsstruktur zugrunde, die den Produktkern und die wesentlichen Freiheitsgrade zur individuellen Anpassung definiert. Diese Freiräume können bei eingeschränkter Flexibilität jedoch kundenspezifisch erweitert werden.
- Durch die kundenspezifische Erweiterung der vordefinierten Leistungsstruktur wird allmählich ein Leistungspotenzial aufgebaut, das aus individuellen Produktkomponenten und zugeordneten Leistungserstellungsprozessen besteht und auf das im Rahmen zukünftiger Auftragsabwicklungsprozesse zugegriffen werden kann. Der Aufbau des Leistungspotenzials erfolgt bedarfsorientiert.
- Der kundenspezifische Leistungserstellungsprozess ist durch flexible und durchgängige Prozessketten in Entwicklung und Herstellung gekennzeichnet. Bei der Definition und Erstellung der kundenindividuellen Leistung spielen moderne Informations- und entsprechende Folgetechnologien eine herausragende Rolle.

Das vorrangige Ziel ist dabei eine deutliche Steigerung der Effektivität, Effizienz *und* Flexibilität der Leistungserstellung auf Basis einer fokussierten Leistungsgestaltung und durchgängiger Prozessketten. Wie in den vorangegangenen Kapiteln gezeigt wurde, ist die Produktindividualisierung dabei eine Strategie, die zwar eine Reihe von Nutzenpotenzialen, aber auch Einschränkungen aufweist, und die im Rahmen der Umsetzung erhebliche Veränderungen auf Anbieter- und Abnehmerseite hervorruft. Gleichzeitig ist der technische und wirtschaftliche Erfolg der Individualisierung höchst unsicher, da nur wenige Erfahrungen

mit der Umsetzung des neuen Geschäftsmodells bestehen und das Marktpotenzial in den meisten Fällen überhaupt nicht abgeschätzt werden kann [AGRAWAL ET AL. 2001, S. 71; PILLER & IHL 2002, S. 6; ZIPKIN 2001, S. 82]. Die massenhafte Produktindividualisierung stellt daher keine „ideale Wettbewerbsstrategie“ dar, die ohne Einschränkungen empfohlen werden kann, und ihre Einführung muss sorgsam abgewogen werden [ZIPKIN 2001, S. 82].<sup>40</sup>

Vor allem auf der Ebene der Leistungserstellung sind hierbei massive Anpassungen und Veränderungen erforderlich. So besteht nicht nur die Notwendigkeit durchgängiger Prozessketten und z. B. hochflexibler Informations- und Produktionstechnologien, es muss im Rahmen der Auftragsabwicklung auch die Fähigkeit zur Kundenintegration entwickelt werden und die dabei entstehende Komplexität in allen Unternehmensbereichen (z. B. Beschaffung, Entwicklung, Produktion, Distribution) beherrscht werden. Außerdem müssen geeignete Leistungsstrukturen bereitgestellt werden, die eine effektive und effiziente kundenspezifische Leistungserstellung erlauben. Der vorrangige, in Bild 2-12 zusammengefasste, Handlungsbedarf besteht hierbei aus Sicht des Verfassers hinsichtlich einer kunden- und flexibilitätsorientierten Produkt- und Prozessgestaltung sowie der aufwandsarmen Erfassung und Umsetzung individueller Kundenanforderungen (kundenindividuelle Produktdefinition). Zudem spielen der kundenübergreifende Aufbau eines Leistungspotenzials und die Nutzung vorhandenen Wissens eine wesentliche Rolle. Auf grundlegende Ansätze zur Umsetzung dieses Handlungsbedarfes wird in den beiden nachfolgenden Kapiteln detaillierter eingegangen.

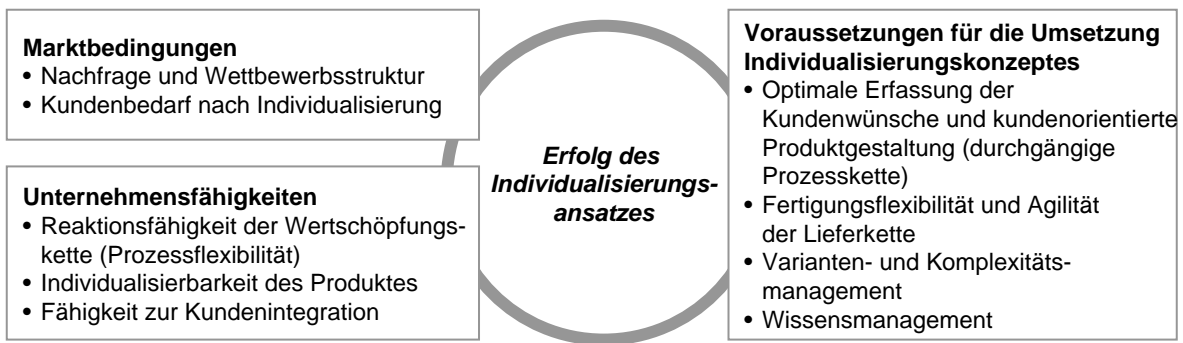


Bild 2-12. Notwendige Bedingungen einer erfolgreichen Individualisierungsstrategie [nach BLECKER ET AL. 2005, S. 31]

<sup>40</sup> Im Anhang A.2 sind wesentliche Kontextfaktoren für eine erfolgreiche Einführung aufgeführt.

### 3 Methodische Entwicklung individualisierter Produkte

*Im vorangegangenen Kapitel wurde geklärt, was unter einer Strategie der massenhaften Produktindividualisierung zu verstehen ist und welche Problemstellungen mit diesem Konzept verbunden sind. In diesem Kapitel soll darauf aufbauend die methodische Entwicklung individualisierter Produkte betrachtet werden. Hierzu werden zunächst die Grundlagen der methodischen Produktentwicklung sowie mit der Anforderungsklä rung und dem Produktentwurf zwei im Kontext der Problemstellung besonders relevante Themengebiete genauer untersucht. Anschließend erfolgt die spezifische Analyse grundsätzlicher Lösungsansätze im Bereich der Entwicklung und kundenspezifischen Definition individualisierter Produkte.*

#### 3.1 Allgemeine Grundlagen der methodischen Produktentwicklung

Übergeordnete Zielstellung des folgenden Kapitels ist die genauere Analyse von vorhandenen Vorgehensweisen und Methoden im Bereich der Entwicklung und kundenspezifischen Definition individualisierter Produkte. Hierzu werden zunächst die allgemeinen Grundlagen der methodischen Produktentwicklung untersucht, was eine Betrachtung der systemtechnischen Grundlagen, allgemeiner Vorgehensmodelle im Bereich der Produktentwicklung sowie eine detaillierte Analyse von Methoden der Anforderungsklä rung und Produktgestaltung einschließt. Zu Beginn soll jedoch geklärt werden, was unter einem Produkt und dessen Entwicklung überhaupt zu verstehen ist und welche wesentlichen Beschreibungsgrößen dabei im Kontext der Arbeit zu berücksichtigen sind.

Aus einer sehr allgemeinen Sichtweise kann ein Produkt als Vermarktungsgegenstand eines Unternehmens aufgefasst werden [vgl. GEMBRYNS 1998, S. 7], „der sich als allgemeines, von der physischen Konsistenz abstrahierendes Eigenschaftsbündel darstellt“ [MAYER 1993, S. 12].<sup>41</sup> EHRENSPIEL [2007, S. 27] präzisiert ein Produkt weiter als technisches Sachsystem, bei dem es sich um ein künstlich erzeugtes, geometrisch-stoffliches Gebilde handelt und das einen bestimmten Zweck (Funktion) erfüllt. Nach UNGEHEUER [1986, S. 158] ist ein Produkt dabei ein in sich geschlossener, aus einer Anzahl von Baugruppen und Teilen bestehender, funktionsfähiger Gegenstand. Aus der Konsumentenperspektive zeichnet sich ein Produkt vor allem durch seine Nutzen stiftende Funktion aus (vgl. Kap. 2.4). Ein Produkt dient damit als Mittel zu einer wie auch immer gearteten Erfüllung von Ansprüchen und weist bestimmte Problemlösungseigenschaften auf [vgl. ROOZENBURG & EEKELS 1995, S. 54 ff.; LINGNAU 1994, S. 18; SCHNEIDER 1998, S. 20; ZANGER 2002, S. 103]. Bezüglich des Produktnutzens kann zwischen dem Grundnutzen und dem Zusatznutzen unterschieden werden [CORSTEN 2002, S. 157; ZANGER 2002, S. 103 f.; MEFFERT 2005, S. 333]. Als **Grundnutzen** wird hier

---

<sup>41</sup> Ein Produkt kann folglich Sach- und Dienstleistungen umfassen, wobei die Sachleistung im Folgenden als Produkt im engeren Sinne verstanden wird. In dieser Arbeit wird z. T. auch der allgemeine Begriff der „Leistung“ verwendet, der dann aber explizit Sach- und Dienstleistungen einschließt.

der funktionale Nutzen beschrieben, der sich auf die aus den physikalisch-funktionellen Eigenschaften des Produktes (so genannter Leistungskern) resultierende Bedürfnisbefriedigung bezieht. Der **Zusatznutzen** beschreibt eine geistig-seelische und soziale Nutzenstiftung und setzt sich aus dem Erbauungsnutzen (z. B. durch Design und Verpackung, Selbstverwirklichung, Wohlbefinden) und dem Geltungsnutzen (z. B. Markenprestige) zusammen.<sup>42</sup> Weitere Nutzendimensionen ergeben sich aus ergänzenden Zusatz- bzw. Dienstleistungen [vgl. auch EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. 5-39]. Die sich daraus ergebende nutzenorientierte Produktkonzeption ist im Überblick in Bild 3-1 dargestellt.

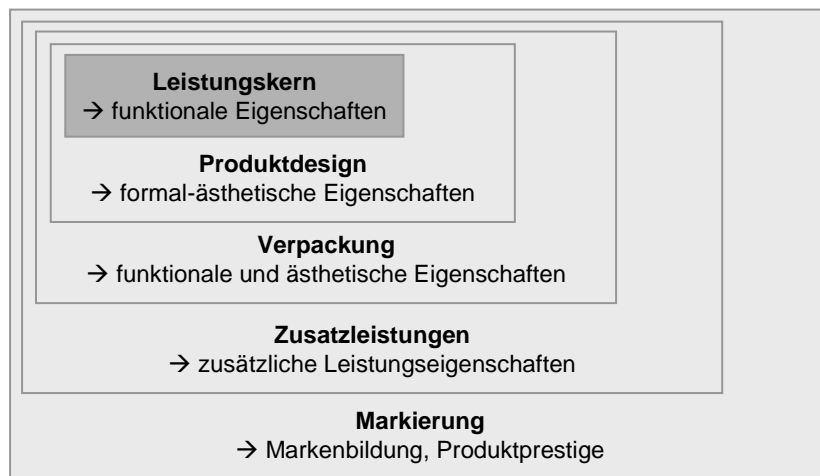


Bild 3-1. Nutzenorientierte Produktkonzeption [ZANGER 2000, S. 104]

Mit Bezug auf die oben aufgeführten Definitionen des Produktbegriffs muss folglich zwischen dem (physischen) Gegenstand selbst und seinem Nutzen unterschieden werden, wobei das Produkt der Träger von Eigenschaften ist, die Problemlösekraft besitzen [KOTLER & BLIEMEL 1995, zitiert bei SCHNEIDER 1998, S. 20]. Die Produkteigenschaften können somit als die zentralen Bestimmungsgrößen nicht nur der geometrisch-stofflichen Produktausprägung, sondern auch der damit verbundenen Nutzendimensionen aufgefasst werden. Nach PATZAK [1982, S. 32] kann die Eigenschaft einer Sache als ihre Beschaffenheit in einer bestimmten Hinsicht aufgefasst werden. Eigenschaften haben hierbei eine Bedeutung (Semantik) und eine Ausprägung (Quantität), wobei wichtige kennzeichnende Eigenschaften als Merkmale bezeichnet werden [EHRENSPIEL 2007, S. 29; vgl. auch DREBING 1991, S. 26; KOHLHASE 1997, S. 9; LINDEMANN 2007, S. 158]. Eigenschaften müssen Objekten zugeordnet werden [SCHMIDT 1996, S. 51], wobei sie auf verschiedenen Strukturierungsebenen des Systems zum Tragen kommen können, z. B. der Gesamtprodukt- oder der Einzelteilebene [vgl. KLEEDÖRFER 1999, S. 11]. Die Eigenschaften bestimmen Zustand, Funktion und Verhalten eines Produkts. Entsprechend können Zustandseigenschaften, Wirkeigenschaften und Verhaltenseigen-

<sup>42</sup> URBAN & HAUSER [1993, S. 172] stellen hierzu fest: „A new product is both a physical entity and a psychological positioning“.

schaften unterschieden werden [PATZAK 1982, S. 32].<sup>43</sup> Die **Zustandseigenschaften** kennzeichnen die unmittelbare Beschaffenheit des Produktes. Durch die Beschaffenheit werden alle weiteren Beschreibungsgrößen des Systems begründet. Die **Wirkeigenschaften** bezeichnen Funktionen, die sind auf den elementaren Zustandseigenschaften aufbauende Übertragungspotenziale des Produktes. **Verhaltenseigenschaften** sind schließlich auf den Beschaffenheits- und Funktionseigenschaften aufbauende Eigenschaften der Interaktion des Produktes mit seiner Umwelt.<sup>44</sup>

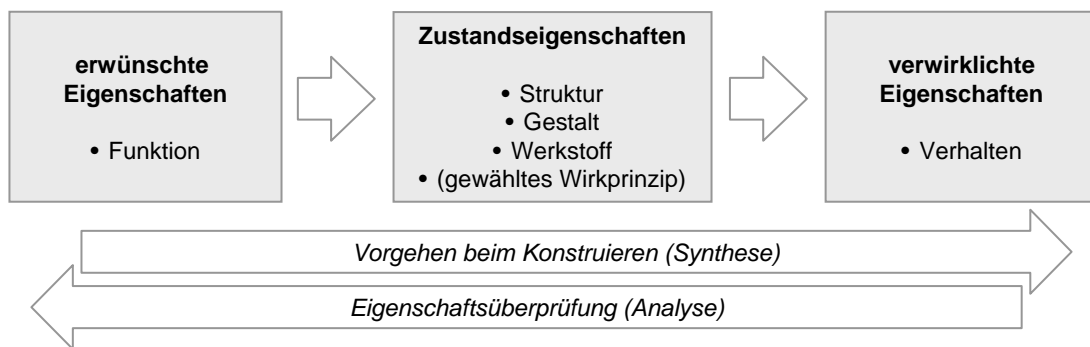


Bild 3-2. Zusammenhang zwischen den Produkteigenschaften [in Anlehnung an TJALVE 1978, S. 19]

Im Rahmen der Produktentwicklung werden nun die Zustandseigenschaften des Produktes unter Berücksichtigung der geforderten Wirk- und Verhaltenseigenschaften direkt festgelegt. Hierbei werden, wie in Bild 3-2 dargestellt, die Gestalt und der Werkstoff der Bauteile sowie die Struktur des Produkts als Ganzes (Elemente und Relationen) bestimmt und damit die für die Realisierung von Funktionen erforderlichen Effekträger und Effekträgerstrukturen geschaffen [EHRENSPIEL 2007, S. 30 TJALVE 1978, S. 18 f.; vgl. auch BIRKHOFFER 1980, S. 9; KOLLER 1994, S. 65]. Aus dieser Festlegung der Zustandseigenschaften ergeben sich alle weiteren erwünschten oder unerwünschten Produkteigenschaften. Diese Eigenschaften stellen allerdings eine unbekannt mächtige Menge der Größen dar, die dem System bzw. seinen Komponenten zugeordnet werden können. Nach HUBKA & EDER [1996, S. 109] ist es unmöglich, komplette Eigenschaftslisten für technische Produkte aufzustellen.<sup>45</sup> Allerdings ist bei der Produktentwicklung meist auch nur ein kleiner Ausschnitt der Gesamteigenschaften von Interesse [BIRKHOFFER 1980, S. 18]. Das sind entsprechend Bild 3-3 die Eigenschaften, die im

<sup>43</sup> EHRENSPIEL [2007, S. 30] unterscheidet analog Beschaffenheits-, Funktions- und Relationsmerkmale, während HUBKA & EDER [1988, S. 112] zwischen äußeren (external properties) und inneren Produkteigenschaften (internal properties) differenzieren [vgl. auch BIRKHOFFER 1980, S. 12 ff.; ROOZENBURG & EEKELS 1995, S. 56].

<sup>44</sup> Nach ULLMAN [1997, S. 22] stellt die Produktfunktion den gewünschten bzw. beabsichtigten, das Verhalten dagegen den tatsächliche Transformationsprozess in Verbindung mit einem Produkt dar.

<sup>45</sup> Allenfalls können hier allgemeine Merkmalsklassen verwendet werden, die problem- und produktspezifisch zu konkretisieren sind. Eine kleine Übersicht existierender Merkmalsklassen befindet sich im Anhang A.3.

Rahmen der jeweiligen Aufgabenstellung für die Erbringung einer bestimmten Funktion erforderlich sind [vgl. PATZAK 1982, S. 33 ff.]. Die Beschreibung der Eigenschaften muss daher nur soweit erfolgen, als es für die Festlegung und Absicherung der geforderten Eigenschaften sowie die Herstellung des Produktes notwendig ist [LINDEMANN 1980, S. 40; STEINMEIER 1999, S. 53]. Ein besonderes Augenmerk muss zudem auf der Identifikation unerwünschter Eigenschaften liegen, die durch die Produktdefinition häufig unbewusst und unbeabsichtigt festgelegt werden.

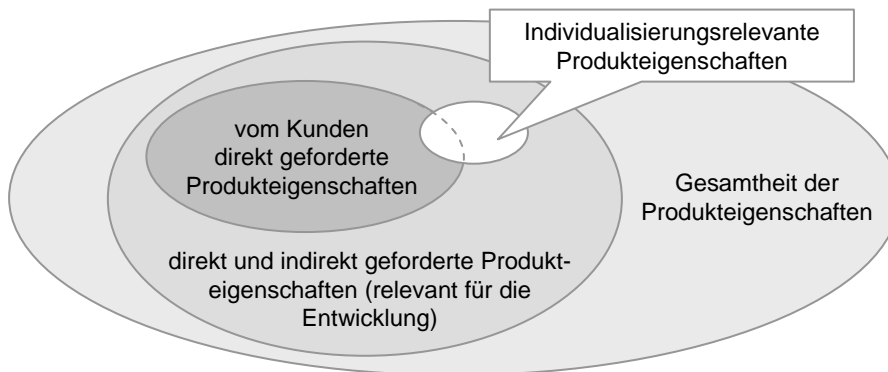


Bild 3-3. Menge geforderter und Gesamtmenge aller Produkteigenschaften [nach STEINMEIER 1999, S. 53]

Die Produktentwicklung soll damit abschließend als Prozess des Gestaltens eines, bezogen auf die Kunden- oder Marktbedürfnisse geeigneten, Produktes definiert werden. Dieser Prozess beinhaltet die Definition aller direkt oder indirekt geforderten Eigenschaften des Produktes, die zur Beurteilung der Erfüllung der an das Produkt gestellten Anforderungen sowie zur Festlegung der Herstellprozesse notwendig sind [vgl. SCHUMANN 1994, S. 5].<sup>46</sup> Dabei werden insbesondere die geometrischen und technologischen Produktmerkmale festgelegt und in Form technischer Zeichnungen, Stücklisten und anderer Produktmodelle dokumentiert. Nachfolgend werden die systemtechnischen Grundlagen dieses Prozesses sowie entsprechende Vorgehensmodelle behandelt. Außerdem wird detailliert auf die Klärung von Kundenanforderungen und den darauf basierenden Produktentwurf als im Kontext der Arbeit besonders relevante Teilaspekte des Entwicklungsprozesses eingegangen.

### 3.1.1 Systemtheoretische Grundlagen der Produktentwicklung

Die Systemtheorie bildet eine wesentliche Grundlage der methodischen Produktentwicklung. Zum einen können Produkte als mehr oder weniger komplexe Systeme aufgefasst werden, zum anderen entsprechen sich die Zielsetzungen der aus der Systemtheorie abgeleiteten Systemtechnik und der Konstruktionsmethodik weitgehend [PAHL ET AL. 2005, S. 18].

<sup>46</sup> Vgl. auch EGGERT [2005, S. 2]: „Engineering design is a set of decision-making processes and activities used to determine the form of an object given the functions desired by the customer“.



Unter einem System wird hierbei eine Entität verstanden, die aus einer Menge von Elementen (z. B. Komponenten) besteht, welche Eigenschaften besitzen (siehe oben) und welche miteinander zur Verfolgung gesetzter Ziele durch Relationen verknüpft sind [vgl. PATZAK 1982, S. 19; ULRICH & PROBST 2001, S. 34]. Generell können hier Übertragungsrelationen und Kopplungsrelationen unterschieden werden [vgl. PATZAK 1982, S. 54 ff.]. Die **Übertragungsrelation** stellt eine Beziehung zwischen Flussgrößen, d. h. zwischen Input und Output, dar. Dies wird auch als Funktion bezeichnet und charakterisiert „das Vermögen, bestimmte Eingangsgrößen in bestimmte Ausgangsgrößen überzuführen“ [ebd., S. 64]. **Kopplungsrelationen** sind dagegen Relationen zwischen Elementen, wobei weiter in Ordnungsbeziehungen (z. B. nach Inhalt oder Rang) und Flussbeziehungen (Material-, Energie- oder Informationsbeziehungen zwischen der Outputmenge eines Elementes und der Inputmenge eines anderen Elementes oder der Umwelt) unterschieden werden kann. Entsprechend der letztgenannten Relationsarten können zwei grundsätzliche strukturelle Betrachtungsweisen von Systemen unterschieden werden, das sind Aufbaustrukturen und Ablaufstrukturen. Die Struktur eines Systems stellt dabei die „Abbildung der Menge der die Komponenten eines Systems miteinander verbindenden Relationen“ dar [PATZAK 1982, S. 39]. **Aufbaustrukturen** (Hierarchien) haben statischen Charakter und enthalten Zuordnungen von Systemelementen zu anderen, über- oder untergeordneten Systemelementen, die durch Zerlegung oder Zusammenfassung entstehen. Jedes System kann hierbei als Teilsystem eines übergeordneten Systems angesehen werden. Dabei steht es als Komponente dieses übergeordneten Systems mit anderen Komponenten in Beziehung. Um ein System betrachten zu können, muss eine Abgrenzung in Form einer Zusammenfassung bestimmter Systembestandteile und der Festlegung einer Grenze zur Systemumwelt erfolgen. Das Legen der Systemgrenze wird dabei durch die Problemstellung und die Zweckmäßigkeit bestimmt [vgl. PATZAK 1982, S. 24 ff.]. **Ablaufstrukturen** bilden dagegen zeitliche oder logische Anordnungen und damit die dynamischen Zusammenhänge ab. Sie enthalten Quellen und Senken als Anfangs- und Endpunkte sowie eine Ablaufrichtung und weisen einen Ablaufcharakter (z. B. stochastisch, deterministisch) auf [ebd., S. 42 ff.]..

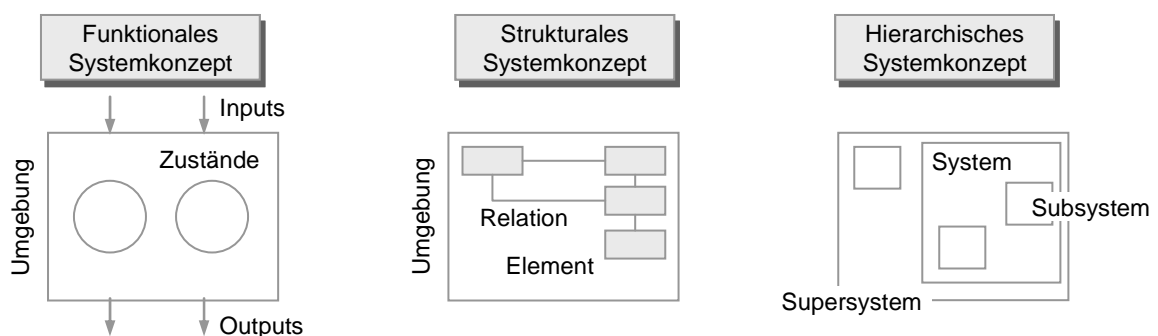


Bild 3-4. Systemkonzepte [in Anlehnung an ROPOHL 1999, S. 76]

Nach ROPOHL [1975, S. 26 ff.] können damit drei Aspekte des Systembegriffes unterschieden werden, das sind das funktionale, das strukturelle und das hierarchische Systemkonzept (Bild 3-4). Die drei Systemkonzepte entsprechen drei Sichtweisen auf ein und dasselbe System, das

auf einem bestimmten Rang von seiner Umgebung abgegrenzt wird (hierarchischer Aspekt), das Beziehungen bzw. Transformationen zwischen Attributen aufweist (funktionaler Aspekt) und das aus miteinander verknüpften Teilen besteht (struktureller Aspekt). Neben diesen grundsätzlichen Systemsichtweisen können im Kontext der Arbeit zudem drei Arten von (technischen) Systemen unterschieden werden, das sind Sachsysteme, Handlungssysteme und Zielsysteme [vgl. ROPOHL 1975, S. 32 f.]. **Sachsysteme**, z. B. Produkte, Bauteile oder andere technische Gebilde, stellen den Bearbeitungsgegenstand der Produktentwicklung dar und sind als Artefakte (Erzeugnisse) das Produkt menschlicher Arbeit und Absicht. Der Zweck eines Sachsystems ist es, eine beabsichtigte Funktion mit Hilfe bestimmter Inputs und unter bestimmten Randbedingungen bereitzustellen [vgl. ROPOHL 1999, S. 117 ff.]. Sachsysteme können zudem auf verschiedenen Hierarchie- bzw. Komplexitätsstufen betrachtet werden, z. B. auf Anlagen-, Produkt-, Baugruppen- oder Einzelteileebene [vgl. HUBKA & EDER 1988, S. 97; KOLLER 1994, S. 26; PAHL ET AL. 2005, S. 37, ROPOHL 1999, S. 122]. Die Struktur von Sachsystemen bezieht sich auf die enthaltenen Teilsysteme (die Teilfunktionen verwirklichen) und deren materielle, energetische und informationelle Kopplung [ROPOHL 1975, S. 41]. **Handlungssysteme** repräsentieren demgegenüber die Maßnahmen und Einrichtungen technischer Arbeit [ROPOHL 1975, S. 32]. Sie sind am Zielsystem orientiert und dienen der systematischen Strukturierung von Maßnahmen und Einrichtungen zur Erstellung des Sachsystems [ROPOHL 1975, S. 47 f.]. Handlungssysteme bestehen aus einer Menge von Handlungen (Tätigkeiten) und einer Menge von Handlungsträgern (Menschen, Sachmitteln). Entsprechend können Handlungssysteme als Systeme von Handlungen, Vorgängen und Prozessen betrachtet werden (Ablaufstruktur) oder als Systeme personaler und technischer Subsysteme (Aufbaustruktur) [ROPOHL 1975, S. 48 f.].<sup>47</sup> Die hierarchische Betrachtung von Handlungssystemen führt bei ablaufstruktureller Betrachtung zu Gesamtprozessen, Teilprozessen und Vorgängen/Aktivitäten bzw. bei aufbaustruktureller Betrachtung zu individuellen Handlungssystemen, Mesosystemen (Handlungseinheiten mittlerer Größe und Reichweite, z. B. Unternehmen) und Makrosystemen (z. B. verfasste gesellschaftliche Systeme) [ROPOHL 1999, S. 107 f.]. **Zielsysteme** beschreiben schließlich die Menge an Vorgaben (Anforderungen) und deren Verknüpfungen. Ein Ziel besteht hierbei aus der Beschreibung eines Sachverhaltens und der Forderung, diesen Sachverhalt herbeizuführen [ROPOHL 1975, S. 59]. Es dient als Grundlage für die Bewertung von Sachsystemen (Alternativen) sowie für die Planung von Handlungen, die darauf ausgerichtet sind, diese Ziele zu erreichen. Zielsysteme stellen im Gegensatz zu Handlungs- und Sachsystemen nur abstrakte Struktursysteme ohne eigene Funktion dar. Strukturbestimmende Relationen sind dabei Indifferenz-, Konkurrenz-, Komplementaritäts- und Präferenzrelationen [ROPOHL 1975, S. 64]. Bei **Zielindifferenz** sind die Ziele unabhängig voneinander. **Zielkonkurrenz** kennzeichnet den Fall, dass sich die Erfüllung eines Ziels verschlechtert, sobald ein anderes Ziel verfolgt wird, während bei **Zielkomplementarität** die bessere Erfüllung eines Ziels auch die bessere Erfüllung des anderen Ziels bewirkt. Gilt dieser Sachverhalt nur einseitig, wird dies als Zweck-Mittel-Relation (oder Instrumentalrelation) bezeichnet, die eine logische oder zeitliche Reihenfolge für die Zielerfüllung vorschreibt [ebd., S. 64 f.]. **Präferenzrelationen** sind der vorgenommenen Unterscheidung übergeordnet und

---

<sup>47</sup> In der Literatur findet sich häufig eine weitergehende Differenzierung von Handlungssystemen in Aufgaben- und Wirksysteme [KLEEDÖRFER 1999, S. 56; NEGELE 1998, S. 53 ff.; PATZAK 1982, S. 30 ff.; PUHL 1999, S. 13 f.].

kennzeichnen die Wichtigkeit bzw. Priorität eines Ziels gegenüber einem anderen. Eine hierarchische Betrachtung von Zielen führt schließlich von Gesamtzielen zu Teil- und Einzelzielen, wobei die hierarchische Struktur nicht mit Zweck-Mittel-Relationen verwechselt werden darf [ebd., S. 59 f.].

Die charakterisierten Systeme weisen aber nicht nur in sich zahlreiche strukturelle Abhängigkeiten auf, sondern sind auch untereinander stark vernetzt. KLEEDÖRFER [1999, S. 59] betont daher die Notwendigkeit einer vernetzten Betrachtung dieser Teilsysteme. Diese Betrachtung ist Gegenstand der Systemtheorie. Sie beschreibt Problemlösungsmethoden für komplexe Problemstellungen im unternehmerischen und gesellschaftlichen Umfeld.<sup>48</sup> Von besonderer Bedeutung für die Produktentwicklung ist die Systemtechnik bzw. das Systems Engineering (SE), da es konkrete methodische Ansätze zur Unterstützung von Problemlösungsprozessen beinhaltet. Nach DAENZER & HUBER [1999, S. 4] sind die methodischen Hauptbestandteile des Systems Engineering die SE-Philosophie mit dem Systemdenken und dem SE-Vorgehensmodell sowie der Problemlösungsprozess mit Methoden und Techniken zur Systemgestaltung und zum Projektmanagement (Bild 3-5).

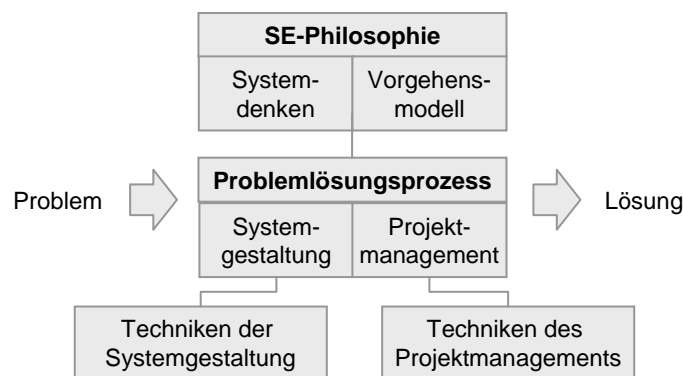


Bild 3-5. Übersicht über die Bestandteile des Systems Engineering [DAENZER & HUBER 1999, S. 4]

Das **Systemdenken** ist vor allem durch eine ganzheitliche Denkweise und die systematische Strukturierung komplexer Sachverhalte mit der Bildung von Subsystemen und Teilsystemen gekennzeichnet. Die beiden wesentlichen Bausteine des **systemtechnischen Vorgehensmodells** sind der Problemlösungszyklus (Mikrozyklus) und das Projektphasenmodell (Makrozyklus) [DAENZER & HUBER 1999, S. 37 ff.]. Der Problemlösezyklus stellt einen Leitfaden zur Behandlung von ausgegrenzten Teilproblemen oder Aufgabenstellungen dar, während das Projektphasenmodell eine Abgrenzung der Systementwicklungsphasen vornimmt. Damit soll ein stufenweiser Planungs- und Realisierungsprozess mit definierten Entscheidungspunkten

<sup>48</sup> Für eine detaillierte Einführung in die Systemtheorie und spezielle Ausprägungen sei u. a. auf [DÖRNER 1998; PULM 2004; TRIPPNER 2002, S. 98; ULRICH & PROBST 2001; VESTER 1999; WENZEL 2003, S. 8 ff.] verwiesen. Grundlegende Arbeiten auf dem Gebiet des Systems Engineering stellen u. a. [CHECKLAND 1981; DAENZER & HUBER 1999; HALL 1962; KOSSIAKOFF & SWEET 2003; PATZAK 1982; ROPOHL 1975; SAGE 1992] dar.

unterstützt werden. Beide Modelle haben Eingang in die konstruktionsmethodischen Problemlösungs- und Vorgehensmodelle gefunden und werden nachfolgend detailliert ausgeführt. Die **Systemgestaltung** bezieht sich demgegenüber auf die sachliche Problemlösung. Hier stehen Methoden zur Problem- und Anforderungsdefinition, zur Lösungssuche und zur Systemintegration im Vordergrund [DAENZER & HUBER 1999, S. 105 ff.]. Das **Projektmanagement** hat schließlich die Planung, Organisation und Kontrolle des Problemlösungsprozesses zur Aufgabe. Dies beinhaltet Methoden zur organisatorischen Projektgestaltung und -lenkung sowie zur Planung und Überwachung von Terminen und Ressourcen [DAENZER & HUBER 1999, S. 239 ff.]. Auch diese Aspekte haben Eingang in die methodische Produktentwicklung gefunden [vgl. u. a. LINDEMANN 2007; EHRENSPIEL 2007]. Im folgenden Kapitel soll der Schwerpunkt aber auf den Vorgehensweisen und zugeordneten, sachlichen Methoden der Produktentwicklung liegen.

### 3.1.2 Allgemeines Vorgehen bei der methodischen Produktentwicklung

Im folgenden Kapitel soll, aufbauend auf der systemtheoretischen Einführung, ein detaillierter Blick auf das entwicklungsmethodische Vorgehen geworfen werden, das als eine wesentliche Grundlage für die Konzeption einer Entwicklungsmethodik für die kundenspezifische Produktdefinition bei individualisierten Produkten angesehen wird. Hierzu werden ausgewählte, phasenorientierte Vorgehensmodelle betrachtet, die den Konstruktionsprozess in definierte Arbeitsschritte mit festgelegten Arbeitsergebnissen und Methoden zur Lösung spezifischer Aufgabenstellungen strukturieren und als Leitlinie für eine allgemein anerkannte, systematische Vorgehensweise bei der Produktentwicklung dienen.

Im Rahmen der Entwicklung der Konstruktionsmethodik wurde eine Reihe von Vorgehensmodellen vorgeschlagen, die zum Teil starke inhaltliche Überschneidungen aufweisen [vgl. z. B. ANDREASEN & HEIN 1987, S. 24; BAUMANN 1982, S. 15; EGGERT 2005, S. 180; HANSEN 1974, S. 72; HUBKA & EDER 1996, S. 136; KOLLER 1994, S. 75; PAHL ET AL. 2005, S. 170; PUGH 1991, S. 11; ROTH 2000, S. 24; TJALVE 1978, S. 21; ULRICH & EPPINGER 2000, S. 15].<sup>49</sup> Dabei ist grundsätzlich allen Modellen die Phaseneinteilung in

- Klären der Aufgabenstellung und Lösungsanforderungen (Planen),
- Konzipieren, d. h. Festlegen des funktionalen Zusammenhangs und Bestimmung prinzipieller Lösungen,
- Entwerfen<sup>50</sup>, d. h. Gestalten der Prinziplösung, und
- Ausarbeiten mit Entwurfsoptimierung und Erstellung der Produktdokumentation

---

<sup>49</sup> Einen Überblick und Vergleich über verschiedene Vorgehensmodelle geben z. B. [CROSS 2000, S. 29 ff.; HUBKA & EDER 1996, S. 192 ff.; LINDEMANN 2007, S. 37 ff.; ROTH 2000, S. 43].

<sup>50</sup> Insbesondere in der englischsprachigen Literatur ist hier die weitere Unterteilung des Entwurfs (embodiment) in die Phasen der Gestaltung der Grob- bzw. Baustruktur (configuration design) und der Komponentengestaltung (parametric design) gebräuchlich [vgl. u. a. EGGERT 2005, S. 147 ff.]

gleich [vgl. EHRENSPIEL 2007, S. 245 ff.; HALES 1991, S. 21; PAHL ET AL. 2005, S. 169]. Eine entsprechende Gliederung weist auch der Vorgehensplan nach VDI 2221 auf, der auf Grundlage der oben genannten Vorgehensmodelle entwickelt wurde [VDI 1993]. Die zunehmende Bedeutung elektronischer und softwaretechnischer Produktanteile spiegelt sich mit der 2004 erschienenen VDI-Richtlinie 2206 wieder, deren Vorgehensmodell die besonderen entwicklungs- und organisationsbezogenen Anforderungen mechatronischer Produkte berücksichtigt [VDI 2004A]. Eine weite Verbreitung, vor allem in der englischsprachigen Literatur, weist zudem das Axiomatic Design auf [SUH 2001]. Diese drei konstruktionsmethodischen Ansätze bzw. zugeordnete Vorgehensmodelle werden nachfolgend kurz beschrieben.

### Vorgehensplan nach VDI 2221

Die VDI-Richtlinie 2221 enthält als wesentliche Bestandteile ein Vorgehensmodell zum methodischen Entwickeln und Konstruieren (Bild 3-6) sowie den einzelnen Arbeitsschritten zugeordnete Methoden [vgl. VDI 1993 S. 7 ff.; ebd., S. 32 ff.].

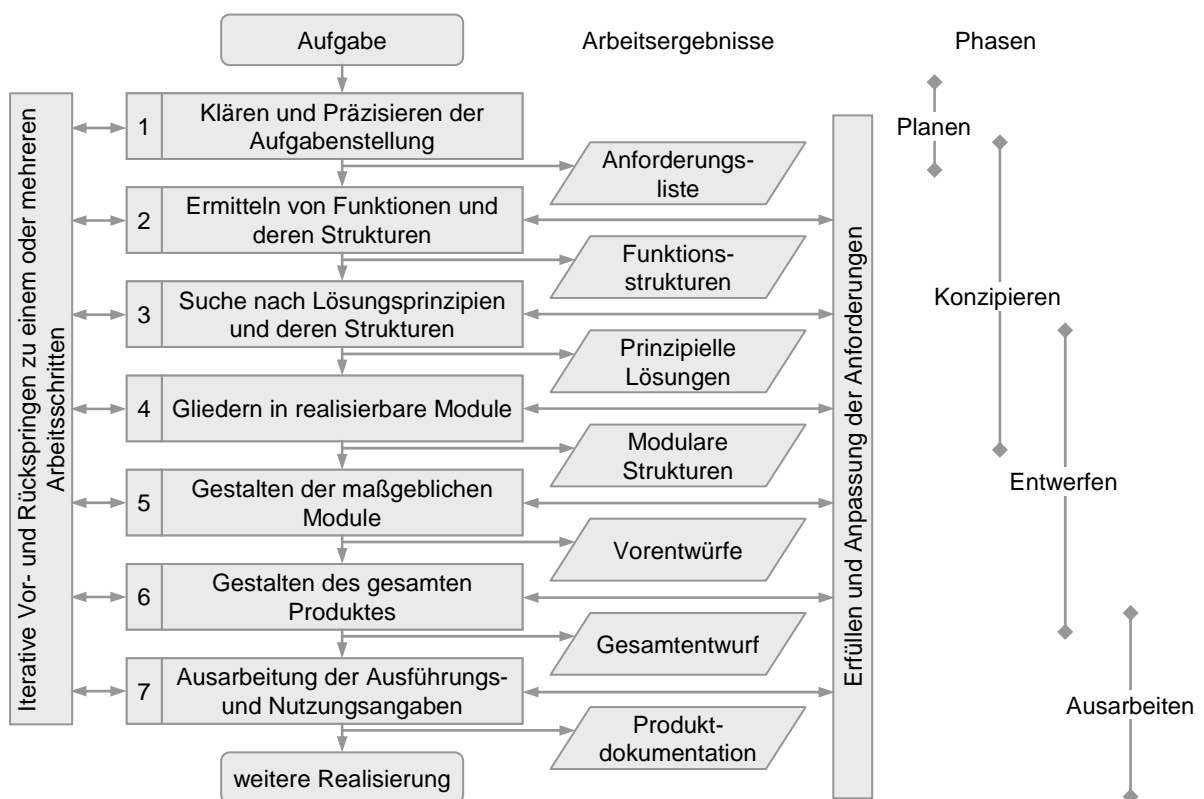


Bild 3-6. Vorgehensplan nach VDI 2221 [nach VDI 1993, S. 9]

Entsprechend den oben aufgeführten Phasen beginnt der Konstruktionsprozess mit der Klärung der Aufgabenstellung und der Festlegung der Produkthanforderungen. Ein wesentliches Arbeitsergebnis stellt hier die Anforderungsliste dar. Die Bedeutung der Anforderungsklä rung und ihr wesentlicher Einfluss auf den nachgelagerten Entwicklungsprozesses werden in der

VDI 2221 auch durch die Betonung einer phasenbegleitende Abstimmung und Anpassung der Anforderungen hervorgehoben. Davon ausgehend werden anschließend die zu erfüllenden Produktfunktionen präzisiert und Lösungsprinzipien zu deren Verwirklichung gesucht (Konzipierung). Ergebnis ist ein qualitatives, im Prinzip funktionsfähiges Konzept. Dieses Konzept wird im anschließenden Entwurf in ein körperlich gestaltetes Gebilde (Baustuktur) überführt, das quantitativ funktionsfähig und produzierbar ist. Hierbei werden zunächst die Grob- bzw. Organstruktur [HUBKA & EDER 1988, S. 69] festgelegt (Produktarchitektur mit Baugruppen und Bauteilen), deren detaillierte Gestaltung anschließend erfolgt. Im Zuge der Ausarbeitung werden schließlich endgültige Festlegungen für Form, Bemessung, Oberflächenbeschaffenheit und Werkstoffe aller Einzelteile ergänzt, Herstellmöglichkeiten geprüft und zeichnerische und sonstige Unterlagen erstellt [vgl. auch EHRENSPIEL 2007, S. 250 ff.]. Der Prozess ist dabei nicht rein sequentiell, sondern weist Iterationen und Rückkopplungen auf [VDI 1993, S. 11].

Die Richtlinie ist mit der starken Betonung der Konzeptfindungs- und Entwurfsphase sehr auf die Lösungssuche ausgerichtet und berücksichtigt insbesondere die Rahmenbedingungen für neu zu entwickelnde Produkte. Hierbei erfolgt eine weitgehend problemunabhängige sowie personen- und organisationsneutrale Vorgehensbeschreibung, die durch Beispielanwendungen konkretisiert wird [VDI 1993, S. 17 ff.]. Der Vorgehensplan gibt damit zwar Hinweise auf eine allgemeine Umsetzung von Produktanforderungen im Entwicklungsprozess, vernachlässigt aber vor allem die vorgelagerte, kundenorientierte Erhebung der Produktanforderungen und stellt hierzu auch keine methodischen Hilfsmittel bereit [vgl. auch GEISINGER 1999, S. 17]. Zudem werden die spezifischen Prozessanforderungen individualisierter Produkte, z. B. hinsichtlich einer kundenneutralen Strukturplanung oder der Vernetzung von Kundenanforderungen mit Produkteigenschaften, nicht ausreichend berücksichtigt.

#### *Vorgehensmodell zur Entwicklung mechatronischer Produkte (VDI 2206)*

Das Vorgehensmodell zur Entwicklung mechatronischer Produkte nach VDI 2206 weist grundsätzlich denselben Ablauf wie andere Phasenmodelle auf, sieht aber zusätzlich eine, durch die besonderen Rahmenbedingungen der Entwicklung mechatronischer Produkte notwendige, domänenspezifische Aufteilung der Entwurfsphase mit ausgeprägten Rückkopplungen von Systemanforderungen und realisiertem Systemverhalten vor [vgl. VDI 2004A, S. 9 ff.]. Ausgehend von den Systemanforderungen erfolgt zunächst der domainenübergreifende Systementwurf. Hier wird ein gemeinsames Lösungskonzept entwickelt. Beim anschließenden domainenspezifischen Entwurf wird das entwickelte Konzept fachspezifisch konkretisiert und ausgearbeitet. Dabei kommen die jeweiligen fachrelevanten Entwurfsmethoden und Beschreibungsmittel zum Einsatz [vgl. hierzu GAUSEMEIER 2001, S. 218 ff.]. Anschließend werden die einzeln entwickelten Teillösungen zu einer Gesamtlösung integriert. Dabei werden die Eigenschaften und das Verhalten des Gesamtsystems analysiert und an den aufgestellten Anforderungen gemessen. Das beschriebene Vorgehen kann mehrfach, auch mit zunehmenden Konkretisierungsgrad, durchlaufen werden (vgl. Bild 3-7).

Im Vorgehensmodell nach VDI 2206 erfolgt eine sehr starke Betonung des gemeinsamen Systementwurfs in den frühen Phasen der Entwicklung sowie der späteren Systemintegration. Insbesondere der Systementwurf mit der Festlegung einer gemeinsamen Produktstruktur er-

scheint vor dem Hintergrund der unterschiedlichen einzubeziehenden Fachdisziplinen, aber auch der Komplexität mechatronischer Produkte (hohe Vernetztheit, starke Wechselwirkungen aufgrund von Integration und Miniaturisierung) von besonderer Wichtigkeit. Auch bei der Entwicklung individualisierter Produkte liegt ein wesentlicher Schwerpunkt auf der gemeinsamen Strukturplanung, diese ist jedoch hauptsächlich vor dem Hintergrund einer variantoptimalen Produktgestaltung motiviert. Gleichzeitig ist aber kritisch anzumerken, dass eine getrennte Ausarbeitung während des domainenspezifischen Entwurfs sowie die späte Integration und Eigenschaftsabsicherung der entwickelten Teilsysteme in der Praxis zu gravierenden (Qualitäts-) Problemen führen kann.

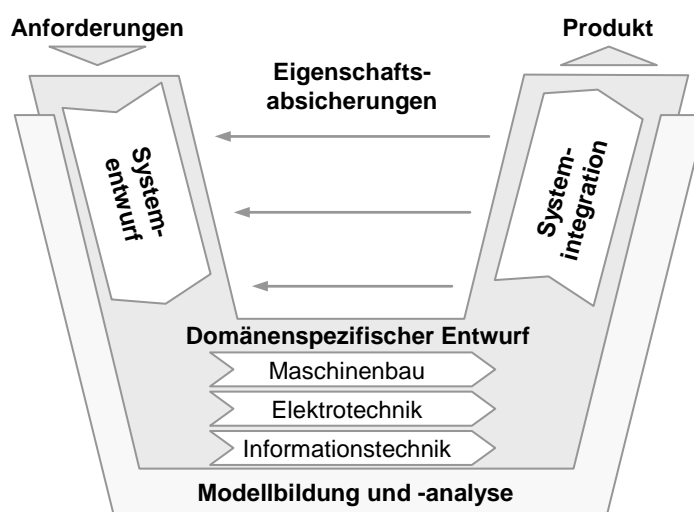


Bild 3-7. Vorgehensmodell zur Entwicklung mechatronischer Produkte [VDI 2004A, S. 29]

### Axiomatic Design

SUH [2001, S. 10 ff.] entwickelt mit dem Axiomatic Design eine vergleichsweise eigenständige Konstruktionsmethodik, die vor allem im amerikanischen und asiatischen Raum einige Verbreitung gefunden hat. SUH verzichtet hier zwar auf ein Vorgehensmodell im eigentlichen Sinn, beschreibt den Entwurfsprozess aber über vier Gestaltungsfelder (domains), das sind

- die Kundendomäne (customer domain),
- die Funktionsdomäne (functional domain),
- die physische Domäne (physical domain) und
- die Prozessdomäne (process domain).

In der **Kundendomäne** werden die Kundenanforderungen abgebildet. Die **Funktionsdomäne** enthält die funktionalen Produkthanforderungen und einschränkende Randbedingungen. Mit der **physischen Domäne** werden die Gestaltungsparameter des Produktes beschrieben, die zur Erfüllung der funktionalen Anforderungen notwendig sind. Mit der **Prozessdomäne** wird

schließlich der Bezug zu den Herstellungsprozessen hergestellt (Bild 3-8). Jeder Bereich wird hierbei durch charakteristische Vektoren beschrieben, die über Matrizen systematisch verknüpft werden (so genanntes Mapping).

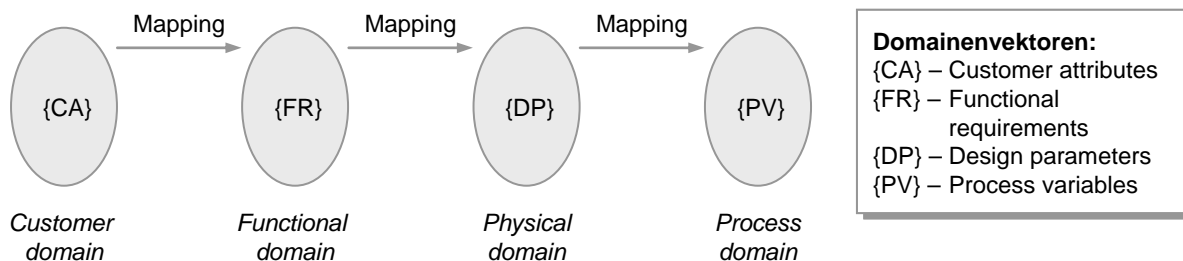


Bild 3-8. Darstellung des Entwicklungsprozesses als Verknüpfung von vier Domänen [SUH 2001, S.11]

Die Matrix zur Verknüpfung der funktionalen Anforderungen {FR} mit den Gestaltungsparametern {DP} wird hierbei als Designmatrix A bezeichnet, wobei die folgende mathematische Beziehung zugrunde liegt [SUH 2001, S. 18]:

$$\{FR\} = [A]\{DP\}.$$

Über diese formale Beschreibung des Entwicklungsprozesses hinaus werden Gestaltungsgrundsätze postuliert, die bei der Gestaltung des Produktes und des Entwurfsprozesses beachtet werden sollen. Die zwei wesentlichen Grundsätze werden hier als Axiome bezeichnet, dies sind der Unabhängigkeitsgrundsatz (independence axiom) und der Informationsgrundsatz (information axiom). Der **Unabhängigkeitsgrundsatz** fordert die unabhängige Betrachtung der funktionalen Anforderungen, d. h. eine funktionale Anforderung soll möglichst ohne Beeinträchtigung einer anderen erfüllt werden, wozu eine bestimmte Zuordnung von Funktionen zu Gestaltungsparametern notwendig ist (so genanntes uncoupled oder decoupled design)<sup>51</sup> [SUH 2001, S. 16 ff.]. Der **Informationsgrundsatz** dient der Auswahl der besten Lösung bei mehreren aus funktionaler Sicht akzeptablen Gestaltungsalternativen sowie zur Gestaltoptimierung. Hierbei wird diejenige Alternative als die beste angesehen, die die höchste Wahrscheinlichkeit zur Erfüllung aller Funktionsanforderungen aufweist. Auf Basis dieser Axiome werden weitere detaillierte Gestaltungsregeln (corollaries) abgeleitet.

Insgesamt weist der Ansatz von SUH starke Parallelen zur klassischen Konstruktionsmethodik auf. Die vier vorgeschlagenen Domänen finden sich z. B. auch im Vorgehensmodell nach VDI 2221 wieder, ebenso wie die Betonung eines iterativen, teilproblemorientierten Vorgehens, das hier als „zigzagging“ bezeichnet wird [SUH 2001, S. 21 f.]. Auch die enthaltenen Gestaltungsregeln, z. B. zur Aufteilung von Funktionen auf Komponenten, sind prinzipiell

<sup>51</sup> Beim „uncoupled design“ ist die Designmatrix eine Diagonalmatrix, d. h. jeder Funktion ist genau ein Gestaltungsparameter zugeordnet. Beim „decoupled design“ liegt eine hierarchische Abhängigkeit vor, die eine entsprechende Reihenfolge des Entwurfsprozesses determiniert. Beim „coupled design“ existieren dagegen vielfältige Abhängigkeiten zwischen funktionalen Anforderungen und Gestaltungsparametern [SUH 2001, S. 19 f.].



Bestandteil der Konstruktionsmethodik [vgl. z. B. EHRENSPIEL 2007; PAHL ET AL. 2005]. Allerdings stellt das Axiomatic Design hierzu insbesondere durch die Verknüpfung mit Matrizen ein sehr formal-logisches Vorgehen bereit, das jedoch bei der praktischen Umsetzung auch Probleme bereitet. Insbesondere bei komplexen Produkten mit einer Vielzahl zu betrachtender Anforderungen, Funktionen und Komponenten wird die Methode schnell unhandlich. Zudem weist der Ansatz eine große inhaltliche Nähe zur Methode des Quality Function Deployment auf. Die Entwicklung individualisierter Produkte und deren kundenspezifische Anpassung wird vom Axiomatic Design zwar nicht direkt unterstützt – so wird z. B. die Erfassung, Strukturierung und Gewichtung von Kundenforderungen überhaupt nicht weiter betrachtet – die Methodik und die Axiome weisen aber dennoch ein hohes Anwendungspotenzial zum einen in der Strukturplanung und zum anderen bei der Übertragung von individuellen Kundenanforderungen in anzupassende Gestaltparameter und (Entwicklungs-) Prozesse auf. Hierzu muss jedoch eine Erweiterung der Methodik um entsprechende Methodenelemente, z. B. zur individuellen Kundenintegration, vorgenommen werden.

Zusammenfassend kann damit festgehalten werden, dass die bestehenden Vorgehensmodelle jeweils spezifische Aspekte von Entwicklungsprozessen abbilden und hier durch Bereitstellung eines strukturierenden Rahmens Hilfestellung bei der Planung von Entwicklungsprozessen bieten. Eine spezifische Betrachtung der Entwicklung individualisierter Produkte unterbleibt jedoch aus Gründen der angestrebten Allgemeingültigkeit. Zudem sind die Vorgehensmodelle auf einer sehr abstrakten Betrachtungsebene angesiedelt, so dass die spezifische methodische Unterstützung nicht bewertet werden kann. Im Folgenden sollen daher die beiden Phasen der Anforderungsklä rung und des Produktentwurfs, die im Kontext der kundenspezifischen Produktdefinition individualisierter Produkte eine besonders hohe Relevanz aufweisen, hinsichtlich der zum Einsatz kommenden Methoden näher untersucht werden.

### 3.1.3 Grundlagen der methodischen Anforderungsklä rung

Die Bestimmung der Ansprüche der potentiellen Abnehmer einer Leistung stellt ein Hauptproblem des Entwicklungsprozesses wie auch eine Motivation für die Entwicklung individualisierter Produkte dar. Hier sind die Entwickler meist auf Vermutungen hinsichtlich der erwarteten Bedürfnisse des häufig unbekanntem Verwenders angewiesen [MAYER 1993, S. 15]. Zugleich existiert aber eine Reihe von Methoden zur Unterstützung der Anforderungsklä rung, die Gegenstand des folgenden Teilkapitels sein sollen.

Nach HUMPERT [1995, S. 7] beschreibt eine Anforderung die Wunschvorstellung der Eigenschaften eines beliebigen Objektes sowie deren Wichtigkeit [vgl. auch PATZAK 1982, S. 165; SCHIENMANN 2002, S. 31]. Eine Anforderung wird hierbei durch das Bezugsobjekt, die Eigenschaft und die Eigenschaftsausprägung charakterisiert [vgl. HUMPERT 1995, S. 74]. Das **Bezugsobjekt** kann jedes Element sein, welches das (zukünftige) System beschreibt. Die **Bezugseigenschaft** ist ein Kennzeichen der Beschaffenheit, der Wirkung oder des Verhaltens des Objektes. Die **Bezugsausprägung** ordnet diese Eigenschaft schließlich einer spezifischen Kategorie zu, wobei die Eigenschaften mit mehr oder weniger exakten Ausprägungen beschrieben werden [vgl. HUMPERT 1995, S. 75 f.; DREBING 1991, S. 33 f.]. Eine Auswahl weiterer, präzisierender Definitionen des Anforderungsbegriffs ist in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Definitionen des Anforderungsbegriffs

Autoren	Definition
BIRKHOFER 1980, S. 8	„Anforderungen sind Soll-Eigenschaften, die ein Produkt entsprechend dem jeweiligen Erkenntnisstand des Konstrukteurs aufweisen soll.“ Anforderungen präzisieren hierbei hypothetische Objekte, während Eigenschaften existierende Objekte identifizieren [ebd.].
DAHLMAN 1986, S. 105	„A requirement expresses something which is desirable and indicates how to certify that the desire has been fulfilled by stating a method of evaluation and a level of satisfaction.“
EHRENSPIEL 2007, S. 89	Ziele sind z. T. unscharf formulierte Soll-Vorstellungen des Auftraggebers oder Kunden. Anforderungen stellen dagegen daraus abgeleitete Soll-Eigenschaften des Produktes dar, die präzise beschrieben werden müssen.
GRADY 2000, S. 115	„A requirement is simply a statement in the chosen language that clearly tells an expectation placed on the design process“. Anforderungen schränken auf diese Weise den möglichen Lösungsraum in vielfältiger (und notwendiger) Weise ein.
KRUSE 1996, S.11	„Eine Anforderung ist ein definiertes Verhalten oder eine bestimmte Eigenschaft, anzunehmen von einem Objekt, einer Person oder einer Aktivität zur Sicherstellung einer Leistung im Wertschöpfungsprozess.“
SAGE & ROUSE 1999, S. 178	„Requirements are the necessary attributes defined for a system before and during design. The customer's need is the ultimate system requirement from which all other requirements flow. (...) Requirements should state what the system is to do, but they should not specify how the system is to do it“

Anforderungen können dabei als Führungsgröße des Produktentwicklungsprozesses angesehen werden [GEISINGER 1999, S. 8 f.]. So kann bereits die richtige Problemformulierung das zweckmäßige Vorgehen bei der Problemlösung determinieren [EGGERT 2005, S. 38]. Zudem bilden die Anforderungen einen wesentlichen Maßstab für die Bewertung von Lösungskonzepten und Produkten. Der Anforderungsklä rung kommt damit eine zentrale Bedeutung für den gesamten Produktentwicklungsprozess zu.

Anforderungen können nach inhaltlichen und formalen Kategorien unterschieden werden. Nach **inhaltlichen Kategorien** können Anforderungen beispielsweise in Kundenanforderungen, Unternehmensanforderungen und Rahmenbedingungen unterschieden werden [EGGERT 2005, S. 51; REINHART ET AL. 1996, S. 46 ff.]. Detaillierter unterscheidet GRADY [2000, S. 118 ff.] in leistungsbezogene, schnittstellenbezogene, umweltbezogene und disziplinenbezogene Produktanforderungen. Leistungsbezogene Anforderungen definieren, welche Funktionen das System in welcher qualitativen und quantitativen Ausprägung erfüllen muss. Schnittstellenbezogene Anforderungen beziehen sich auf die Identifikation und Charakterisierung von zu beachtenden Schnittstellen und beschreiben das Zusammenwirken der einzelnen Systembestandteile. Umweltbezogene Anforderungen haben ihren Ursprung in Schnittstellen zur Systemumwelt. Sie beschreiben die Bedingungen, unter denen das System arbeiten soll. Dabei werden jedoch nur die im jeweiligen Kontext relevanten Umweltschnittstellen betrachtet. Disziplinenbezogene Anforderungen ergeben sich schließlich aus Anforderungen am Produktentstehungsprozess beteiligter Disziplinen an das Produkt (z. B. Fertigungsanforderungen). Dabei werden die drei letztgenannten Anforderungstypen auch als einschränkende Randbedingungen (constraints) aufgefasst, innerhalb derer eine zufrieden stellende Funktionserfüllung realisiert werden soll [vgl. auch GÖPFERT 1998, S. 72 f.; KLÄGER 1993, S. 104 f.; RINZA 1998, S. 48 ff.; SAGE & ROUSE 1999, S. 201; SCHIENMANN 2002, S. 50]. **Formal** können Anforderungen zudem in Mussanforderungen (feste, Minimal-, Maximal- und Bereichsanforderungen), Sollanforderungen (auch graduelle Erfüllung möglich) und Wünsche (müssen

nicht erfüllt werden) differenziert werden [vgl. EHRENSPIEL 2007, S. 369; HUBKA & EDER 1988, S. 155; PATZAK 1982, S. 166]. Außerdem können direkte/explicite und latente/implizite, zeitlich unveränderliche und variable sowie allgemeine und kundenspezifische Anforderungen unterschieden werden [vgl. OTTO & WOOD 2001, S. 116 f.].

Die Aufgabe der Produktentwicklung wird nun darin gesehen, die geforderten Funktionen zu erfassen und unter Berücksichtigung der einschränkenden Bedingungen in ein Produkt umzusetzen [GÖPFERT 1998, S. 73].<sup>52</sup> Dabei ist eine Transformation der funktionalen Produktbeschreibung in eine physische Produktbeschreibung zu leisten. Die grundlegenden Aufgaben bei der Anforderungsklä rung sind nach HUMPERT [1995, S. 26]

- die Anforderungserhebung,
- die Bildung eines Anforderungsmodells,
- die Weiterverarbeitung der Anforderungen sowie
- die Überprüfung und Weiterentwicklung des Anforderungsmodells.<sup>53</sup>

Die **Anforderungserhebung** schließt die Identifizierung der Kunden und anderer betroffener Interessensbereiche sowie die Erhebung und Interpretation der Anforderungen ein. Entsprechend der oben vorgenommenen inhaltlichen Anforderungskategorisierung kann dabei grundsätzlich zwischen Bedarfsanalyse und Umweltanalyse unterschieden werden [vgl. PATZAK 1982, S. 143 f.]. Gegenstand der Bedarfsanalyse ist die Identifikation und Beschreibung spezifischer Bedarfe (Funktionen) sowie die Definition bedarfsbezogener Beschränkungen. Gegenstand der Umweltanalyse ist die Erfassung relevanter Randbedingungen der Problemumwelt, die Klärung deren Einflusses und die Bestimmung von sich daraus ergebenden Restriktionen der Problemstellung. Mit der **Bildung des Anforderungsmodells** erfolgt anschließend eine qualitative und quantitative Operationalisierung, Ordnung bzw. Strukturierung, Gewichtung und Darstellung der Anforderungen. Bei der Ordnung und Strukturierung des Anforderungsfeldes erfolgen die Überprüfung auf hierarchische und semantische Abhängigkeiten zwischen Anforderungen sowie ggf. die Zuordnung zu Merkmalskategorien. Bei der **Weiterverarbeitung der Anforderungen** werden die Kundenanforderungen in Produkthanforderungen transformiert. Dies erfolgt durch Identifikation relevanter Produktparameter und deren quantifizierte Beschreibung einschließlich der Angabe der jeweiligen Funktions-, Prinzip- oder Gestaltrelevanz und der Zuordnung zu den Bezugsobjekten, d. h. Komponenten, Baugruppen oder Gesamtprodukt. Im Rahmen des Entwicklungsprozesses erfolgt zudem die laufende **Überprüfung, Abstimmung und Weiterentwicklung des Anforderungsmodells** entsprechend des Entwicklungsfortschrittes oder bei Änderungen. Diese Aufgaben spielen jedoch im Rahmen der nachfolgenden Betrachtung keine Rolle, sondern sind dem Bereich des Anforderungsmanagements zugeordnet. Die nachfolgende Methodenanalyse im Bereich der

---

<sup>52</sup> Zur Einordnung der Anforderungsklä rung in den Entwicklungsprozess sei auf [AHRENS 2000, S. 24 ff.; JUNG 2006, S. 25 ff.] verwiesen.

<sup>53</sup> Analoge Darstellungen finden sich auch bei [AHRENS 2000, S. 118; DAHLMAN 1986, S. 93; KLÄGER 1993, S. 114; PAHL ET AL. 2005, S. 196; SCHIENMANN 2002, S. 33 f.; ULLMAN 1997, S. 100].

Anforderungskklärung soll daher entsprechend für die Bereiche Anforderungserhebung, Anforderungsmodellierung (einschließlich Strukturierung, Gewichtung und Dokumentation) und Anforderungsverarbeitung erfolgen.

### *Anforderungserhebung*

Die Erhebung von Anforderungen ist einer der kritischsten Schritte im Rahmen der Anforderungskklärung, da dieser Prozess nicht nur eine wesentliche Schnittstelle zu internen und externen Informationsquellen darstellt, sondern die erhobenen Anforderungen auch die Basis für die weitere Produktentwicklung bilden. Den Methoden zur Anforderungserhebung kommt damit eine große Bedeutung im Entwicklungsprozess zu. Sie müssen eine strukturierte Erhebung unterstützen, um keine wichtigen Anforderungen zu vergessen. Außerdem soll die Anforderungserhebung möglichst zielgerichtet und aufwandsarm erfolgen. Die entscheidenden Kriterien für die Auswahl geeigneter Erhebungsmethoden sind dabei nach HAMMANN & ERICHSON [2000, S. 53] der Informationsbedarf (Art, Qualität und Ausmaß der Informationen) sowie die Form der Informationsbeschaffung (Art, Umfang, Häufigkeit). Ein weiterer wesentlicher Aspekt der Anforderungsermittlung ist die Quelle. Hier müssen nach DANNER [1996, S. 5] sowohl interne als auch externe Quellen berücksichtigt werden. Eine wesentliche „externe Quelle“ stellt der Kunde dar, dessen Maß an Einbindung in den Prozess der Anforderungskklärung direkt mit der Qualität und Vollständigkeit der Erfassung von Kundenanforderungen zusammenhängt [AHRENS 2000, S. 12]. Weitere Quellen sind z. B. Normen und Gesetze sowie Vorgänger- und Wettbewerbsprodukte. Eine Übersicht hierzu findet sich bei LINDEMANN [2007, S. 95]. Die überwiegende Menge der in der konstruktionsmethodischen Literatur beschriebenen Methoden der Anforderungserhebung bezieht sich auf eine kundenneutrale Produktentwicklung, d. h. es geht hier um die Erhebung von Durchschnittsansprüchen an das Produkt. Im Folgenden soll der Betrachtungsfokus allerdings auf Methoden liegen, die vor allem für eine kundenspezifische Anforderungskklärung geeignet sind. Diese Festlegung hat entscheidenden Einfluss auf die in Frage kommenden Quellen und damit auch Erhebungsmethoden. So werden beispielsweise gruppenorientierte Methoden der Anforderungsklärunen, wie z. B. Fokusgruppen, ausgeklammert [vgl. hierzu z. B. GAUSEMEIER ET AL. 2001, S. 75]. Aufgrund des fehlenden direkten Kundenbezugs werden auch Methoden der Sekundärerhebung nicht weiter betrachtet.<sup>54</sup>

---

<sup>54</sup> *Methoden der Primärerhebung zielen auf die Gewinnung entscheidungsrelevanter Informationen durch Erhebung eigens auf den Untersuchungsgegenstand abgestimmter neuer Datenquellen. Mit Hilfe der Sekundärmethoden werden dagegen entscheidungsrelevante Informationen durch Rückgriff auf intern oder extern bereits vorhandene Datenquellen beschafft [vgl. WEIBER & JACOB 2000, S. 537 ff.; MEFFERT 2005, S. 152 f.]. Hierzu zählt z. B. die Inventurmethode, bei der vorliegende Dokumente, z. B. Versuchsberichte, Garantiedaten, Qualitätsberichte und allgemeine Marktstudien, ausgewertet werden [HUMPERT 1995, S. 39]. Einen detaillierten Überblick über Methoden zur Erhebung von Kundenanforderungen geben [COURAGE & BAXTER 2005; DAHAN & HAUSER 2002; GOCHERMANN 2004, S. 58 ff. HAMMANN & ERICHSON 2000, S. 75 ff.; WEIBER & JACOB 2000, S. 532 ff.]; sowie aus entwicklungsmethodischer Sicht [GEISINGER 1999; AHRENS 2000; SCHMIDT 1996, S. 129 ff.]. Eine Auswahlhilfe für Methoden der Anforderungserhebung findet sich bei HUMPERT [1995, S.114].*

Als grundsätzliche Erhebungsmethoden kommen bei der kundenspezifischen Anforderungsklä rung die Befragung sowie die Beobachtung in Frage. Bei der **Befragung** müssen sich die Befragten zum Erhebungsgegenstand äußern. Formen der Befragung sind die schriftliche Befragung (mit Fragebögen), die mündliche Befragung (Interview) und die (computergestützte) Bildschirmbefragung [HAMMANN & ERICHSON 2000, S. 96 f.]. Durch Befragung können Kundenbedürfnisse und -anforderungen direkt ermittelt werden. Die Kunden müssen sich dazu ihrer Bedürfnisse aber bewusst sein und diese auch artikulieren können [RUPP 2004, S. 94]. Um die Befragung zu erleichtern, können geschlossene Fragen mit vorgegebenen Antworten verwendet werden. Insbesondere mit Fragebögen und durch Bildschirmbefragung kann eine große Zahl an Kunden aufwandsarm erreicht werden. Außerdem besteht hier die Möglichkeit zur automatisierten Auswertung [RUPP 2004, S. 94]. Problematisch ist jedoch die mangelnde Rückkopplung zum Befragten [WEIBER & JACOB 2000, S. 550; HAMMANN & ERICHSON 2000, S. 98]. Diese beiden Befragungsformen sind daher vor allem für gut strukturierte Probleme geeignet [ULLMAN 1997, S. 105]. Bei Interviews sind der Zeitaufwand und die Kosten höher, dafür kann die Gesprächssituation sehr gut und flexibel gesteuert werden und es besteht eine enge Interaktion zwischen den Interviewpartnern [vgl. HAMMANN & ERICHSON 2000, S. 99; WEIBER & JACOB 2000, S. 548 ff.]. URBAN & HAUSER [1993, S. 224 f.] sehen Interviews daher als effektivste Methode zur Erhebung von Kundenanforderungen an. Notwendig ist dazu allerdings, dass der Interviewer große Erfahrung besitzt und sehr gezielte, vom Verlauf des Interviews abhängige Fragen stellen kann. Zur besseren Strukturierung eignen sich standardisierte Interviews, die auf einem festgelegten Befragungsschema ohne Variationsmöglichkeiten basieren und damit wenig flexibel sind, oder halbstrukturierte Tiefeninterviews, die nur einen groben Ablauf (Leitfaden) vorgeben und bei denen Variationsfreiheit im Hinblick auf das Befragungsschema besteht [BAXTER & COURAGE 2005, S. 260; GEISINGER 1999, S. 42; HAMMANN & ERICHSON 2000, S. 99]. Eine sehr produktorientierte Variante des Interviews stellt die Gut-Schlecht-Analyse dar, bei der die Befragten jeweils angeben sollen, was sie an einem Produktkonzept besonders gut und schlecht finden [OTTO & WOOD 2001, S. 120]. Aus den Antworten kann abgeleitet werden, welche Eigenschaften ein Produkt in jedem Fall haben sollte bzw. welche Eigenschaften nicht. Die dieser Methode zugrunde liegenden Entscheidungsprozeduren beim Befragten kommen einer realen Kaufsituation sehr nahe. Unter **Beobachtung** wird dagegen die visuelle oder instrumentelle Erhebung von Anforderungen verstanden [HAMMANN & ERICHSON 2000, S. 117]. Hier steht die Wahrnehmung und Interpretation von Sachverhalten am Beobachtungsgegenstand im Mittelpunkt [vgl. BURGHARDT 2002, S. 577; HAMMANN & ERICHSON 2000, S. 117 ff.; WEIBER & JACOB 2000, S. 548 ff.]. Beispielsweise werden Nutzer, teilweise in ihrem eigenen Umfeld, beim Produktgebrauch beobachtet, deren Arbeitsschritte und Handgriffe sowie die zeitlichen Zusammenhänge dokumentiert und vom Produkt zu unterstützende Handlungen ggf. auch durch zusätzliche Befragung oder Nutzerkommentare ermittelt (so genannte Aktivitäten- bzw. Gebrauchsanalyse) [DAHLMAN 1986, S. 101; EGGERT 2005, S. 76 ff.; OTTO & AHRENS 1997, S. 19 ff.; RUPP 2004, S. 92; SCHMIDT 1996, S. 131 f.; TJALVE 1978, S., 148 ff.]. Als Ergänzung schlägt SALEIN [1999, S. 95] die Erstellung einer nutzerorientierten Funktionsstruktur vor. Diese bildet im Gegensatz zur flussorientierten Funktionsstruktur die Funktionserwartungen des Nutzers ab und stellt keine abstrakte Lösungsbeschreibung dar [vgl. LINDEMANN 2007, S. 117 f.]. Es werden dabei nur die Teilfunktionen dargestellt, an denen der Nutzer beteiligt ist oder die aus seiner Sicht den Produktzweck ausmachen [vgl. auch LINDEMANN 2007,

S. 118 f.]. Da die durch Beobachtung ermittelten, vor allem verhaltensbezogenen und gesamtfunktionalen, Produkthanforderungen stark subjektiv geprägt sind und sich zudem auf existierende Produkte beziehen, sind die beschriebenen Methoden gut zur Ermittlung kundenspezifischer Anforderungen geeignet, jedoch eher aufwendig [vgl. ULLMAN 1997, S. 105].

Eine weitere Methode der individuellen Anforderungserhebung stellt die Umfeldanalyse dar. Diese Methode kann auch ohne direkte Einbindung des Nutzers angewendet werden. Dabei werden die gewünschten Reaktionen des Produktes mit seinem Umfeld analysiert und daraus resultierende Anforderungen hinsichtlich Funktionen und Verhalten beschrieben. Nach ROTH [2000, S. 67 ff.] sollen hierbei die Systeme betrachtet werden, auf die durch das Produkt eine Wirkung ausgeübt wird (passive Systeme) und die auf das Produkt wirken (aktive Systeme) sowie das handelnde Befehlssystem (z. B. der Nutzer), der Wirkungs- und der Aufbewahrungsort. Die Ableitung von Anforderungen erfolgt durch Beschreibung der einzelnen Systeme (Ausgangszustände, Transformationen, Systemumgebung, Wirkbeziehungen).<sup>55</sup>

### *Anforderungsstrukturierung*

Ergebnis des zuvor beschriebenen Prozesses der Anforderungserhebung ist meist eine große Anzahl von unstrukturierten Einzelanforderungen. Diese ungeordnete Menge muss nun mit geeigneten Methoden strukturiert werden, um eine bessere Einordnung und Verarbeitbarkeit der Anforderungen im Entwicklungsprozess zu gewährleisten. GEISINGER [1999, S. 44] unterscheidet hierbei grundsätzlich die beiden Strukturierungsansätze der Klassifizierung nach unterschiedlichen Merkmalsarten und die hierarchische Aufgliederung. Die **Klassifizierung** strebt hauptsächlich eine Ordnung der Anforderungen nach bestimmten Merkmalen an. Sie kann z. B. nach den oben aufgeführten Anforderungskategorien erfolgen. Ein verbreiteter Ansatz hierzu ist z. B. die Hauptmerkmalsliste nach PAHL ET AL. [2005, S. 193 f.], die auf einer produktbezogenen Eigenschaftsaufzählung basiert (s. Anhang A.3). Vergleichbare Klassifikationen finden sich u. a. auch bei [BAUMANN 1982, S.308 ff.; KOLLER 1994, S. 16; PUGH 1991, S. 46 ff.; ULLMAN 1997, S. 109]. Derartige Checklisten können aber auch schon im Rahmen der Anforderungserhebung eingesetzt werden, um das Vergessen wichtiger Anforderungen zu vermeiden [EVERSHEIM 1998, S. 17]. Ein anderer bekannter Klassifizierungsansatz zur Strukturierung von Anforderungen stammt von KANO ET AL. [1984, zitiert bei GEISINGER 1999, S. 45; ZANGER 2002, S. 117 f.; REINHART ET AL. 1996, S. 46 f.], der Basis-, Leistungs- und Begeisterungsanforderungen unterscheidet. Unter Basisanforderungen (expected attributes) werden hier Forderungen verstanden, die auch bei einem hohen Erfüllungsgrad keine zusätzliche Kundenzufriedenheit hervorrufen. Leistungsanforderungen (desired attributes) beeinflussen die Kundenzufriedenheit dagegen in direkter Abhängigkeit von ihrem Erfüllungsgrad und Begeisterungsmerkmale (exciting attributes) helfen sogar wesentlich, sie zu erhöhen. Diese Klassifizierung kann u. a. bei der Festlegung von Individualisierungsoptionen unterstützen, die eher im Bereich von Leistungs- und Begeisterungsanforderungen angesiedelt werden sollten. Die

---

<sup>55</sup> Zur Analyse von Umwelt- und Systemeinflüssen wird von BAUMANN [1982, S. 46 f.] eine umfangreiche Checkliste bereitgestellt. Diese differenziert u. a. nach geographischen (z. B. Lage, Anbindung etc.), klimatischen (z. B. Temperaturbereiche, Luftfeuchtigkeit, Luftzusammensetzung etc.), geologischen (z. B. Bodenverhältnisse etc.) und technischen Gegebenheiten (z. B. Aussetzung von Staub, Erschütterungen, chemische Substanzen).

**hierarchische Aufgliederung** zielt demgegenüber auf eine Reduzierung bzw. Bündelung einer großen Anzahl von Forderungen ab. Dies soll durch Verdichtung der Anforderungen erreicht werden, indem ein Zielsystem aufgebaut und Teilziele jeweils einer nächsthöheren Zielstufe zugeordnet werden. Zugeordnete Methoden sind beispielsweise der Group Consensus bzw. Customer Sort and Cluster Process [GRIFFIN & HAUSER 1993, zitiert bei GEISINGER 1999, S. 49] und die KJ-Methode [SCHLICKSUPP 1980, S. 77 ff.].

### *Gewichtung der Anforderungen*

Neben der Strukturierung erfolgt im Rahmen der Bildung des Anforderungsmodells auch eine Gewichtung der Anforderungen. Diese dient u. a. der Prioritätensetzung im Entwicklungsprozess, der Beschreibung des gewünschten Ausmaßes der Eigenschaftserfüllung und der Entscheidungsunterstützung bei Zielkonflikten [GEISINGER 1999, S. 51]. PATZAK [1982, S. 273] differenziert Verfahren der Prioritätensetzung grundsätzlich in Gewichtung und Präferenzbildung, die beide auf eine Bestimmung der Vorrangigkeit innerhalb einer geschlossenen Menge von Objekten abzielen. Bei der **Gewichtung** im engeren Sinne besteht das Ziel dabei in einer Schwerpunktbildung hinsichtlich einer Menge von Sowohl-als-auch-Objekten. Anforderungen sollen also gleichzeitig berücksichtigt werden. Bei der **Präferenzbildung** soll dagegen eine Vorzugs- bzw. Auswahlentscheidung innerhalb einer Menge von Entweder-oder-Objekten getroffen werden. Entsprechend dieser Einteilung ist der Gegenstand der Anforderungsgewichtung die Extraktion der vom Kunden als mehr oder weniger wichtig erachteten Forderungen aus der Gesamtheit aller Forderungen. Ein detaillierter Überblick über Methoden zur Messung von Eigenschaftswichtigkeiten findet sich bei SCHMIDT [1996, S. 156 ff.]. Hierbei können direkte und indirekte Methoden der Anforderungsgewichtung unterschieden werden. **Direkte Methoden** erfordern eine unmittelbare Angabe der empfundenen Wichtigkeiten. Hierzu zählen z. B.

- die direkte Skalierung (den Anforderungen werden entsprechend ihrer Bedeutung direkt Gewichtswerte auf einer linearen absoluten Skala zugewiesen),
- das Rangordnungsverfahren (Eigenschaften werden entsprechend ihrer Bedeutung ohne Angabe der absoluten Wichtigkeit in eine Rangfolge gebracht),
- der singuläre Vergleich (Eigenschaften werden mit einer ausgewählten Eigenschaft, z. B. der wichtigsten, verglichen),
- der Paarvergleich (Eigenschaften werden paarweise, z. B. mit Hilfe einer Bewertungsmatrix, miteinander verglichen, woraus eine Rangfolge abgeleitet wird) oder
- die Konstantsummenskala (eine festgelegte Punktesumme wird auf alle betrachteten Eigenschaften verteilt).

Die direkten Methoden der Anforderungsgewichtung sind dabei zwar durch eine relativ einfache Durchführbarkeit, aber, zumindest bei größeren Objektmengen, auch geringe Validität

und Reliabilität gekennzeichnet.<sup>56</sup> Vor allem der Paarvergleich gelangt abhängig von der Zahl der zu bewertenden Objekte sehr schnell an die Grenzen seiner quantitativen und kognitiven Durchführbarkeit. Ein weiterer Aspekt ist, dass Eigenschaftskombinationen häufig anders wahrgenommen und bewertet werden als einzeln auftretende Eigenschaften. Dies kann bei den direkten Methoden der Eigenschaftsgewichtung dazu führen, dass generell alle Eigenschaften als wichtig angesehen werden [vgl. GEISINGER 1999, S. 52 f.; HUMPERT 1995, S. 35 f.; PATZAK 1982, S. 274; SCHMIDT 1996, S. 150, 281]. Indirekte Methoden versuchen dagegen, die gesuchten Gewichtungen aus dem Verhalten der Befragten abzuleiten [GEISINGER 1999, S. 52]. Dazu zählen z. B. die Conjoint Analyse und die Multidimensionale Skalierung, wobei vor allem die Conjoint Analyse im vorliegenden Kontext relevant ist. Diese befasst sich mit der Erklärung und Prognose von Auswahlentscheidungen, d. h. Entscheidungen zwischen konkurrierenden Alternativen bei individuellen Personen [HAMMANN & ERICHSON 2000, S. 373].<sup>57</sup> Hier wird nicht direkt nach der Wichtigkeit einzelner Produkteigenschaften gefragt, sondern eine reale Kaufsituation simuliert, bei der der Kunde mehrere Produkteigenschaften gegeneinander abwägen muss. Typischerweise muss der Befragte dabei festgelegte Produkteigenschaftskombinationen in eine Rangfolge bringen oder zwischen verschiedenen angebotenen Produktalternativen auswählen. Die Einzelwichtigkeit (Nutzenwerte) der Eigenschaften und die Preisbereitschaft können anschließend aus der Präferenz des Kunden bezüglich bestimmter Eigenschaftskombinationen abgeleitet werden [BACKHAUS et al. 2006, S. 559]. Dabei wird ein dekompositioneller Ansatz verfolgt, d. h. gemessene Präferenzen werden zerlegt und der Nutzenbeitrag einzelner Merkmale zum Gesamtnutzen ermittelt [vgl. BACKHAUS ET AL. 2006, S. 561 ff.; HAMMANN & ERICHSON 2000, S. 398; SCHMIDT 1996, S. 199 ff.]. Auf Basis dieser Teilnutzenwerte lassen sich nutzenmaximale Produkte konstruieren [SCHMIDT 1996, S. 205]. Wichtig ist dazu, dass die Merkmalsausprägungen unabhängig voneinander variiert werden können. Zudem sollten nur die wesentlichen kundenrelevanten und nicht mehr als vier bis fünf Eigenschaften mit unterschiedlichen Ausprägungen paarweise verglichen werden [vgl. GAUSEMEIER ET AL. 2001, S. 69; SCHMIDT 1996, S. 225; SEIDENSCHWARZ 1993, S. 207]. Bei der Multidimensionale Skalierung (MDS) wird im Gegensatz dazu nicht die Präferenz, sondern die subjektive Wahrnehmung des Kunden bestimmt [BACKHAUS ET AL 2006, S. 620], Hierbei sollen die besonders relevanten Wahrnehmungsdimensionen identifiziert werden und vor allem eine zielgruppengerechte Produktpositionierung unterstützt werden. Die MDS ist damit weniger zur Analyse der Wichtigkeit einzelner Eigenschaftsausprägungen geeignet [vgl. GEISINGER 1999, S. 53 f.; HAMMANN & ERICHSON 2000, S. 358 ff.; SCHMIDT 1996, S. 250 ff.].

---

<sup>56</sup> Die Validität gibt den Zusammenhang zwischen gemessenem Wert und dem tatsächlich zu messenden Sachverhalt an. Die Reliabilität ist ein Maß dafür, ob bei aufeinander folgenden Messungen desselben Sachverhaltes unter gleichen Bedingungen auch gleiche Resultate erzielt werden [WEIBER & JACOB 2000, S. 560].

<sup>57</sup> Eine sehr umfassende Darstellung der Conjoint Analyse und deren methodischer Varianten findet sich bei [BACKHAUS ET AL. 2006, S. 557 ff.; HAMMANN & ERICHSON 2000, S. 373 ff.; SCHMIDT 1996, S. 191 ff.].



### *Anforderungsdokumentation*

Die Darstellung bzw. Dokumentation der Anforderungen stellt den abschließenden Teilschritt der Anforderungsmodellierung dar. Hierbei erfolgt die strukturierte und problemadäquat aufbereitete Präsentation der Forderungen an das zu entwickelnde Produkt. Dazu verwendete Darstellungstechniken können nach RUPP [2004, S. 156] mehr oder weniger formal sein, angefangen bei natürlichsprachlicher Beschreibung bis hin zu einer festgelegten Notation. Ziel der Dokumentation ist vor allem, das Verständnis zwischen Kunden und Entwicklern sowie anderen Prozessbeteiligten zu erleichtern. In Anlehnung an RUPP [2004, S. 156 f.] können vier Arten von Dokumentationstechniken unterschieden werden:

- Verhaltensorientierte Dokumentationstechniken, die Prozesse und Funktionsabläufe beschreiben, z. B. Ablaufpläne, Funktionsstrukturen, Petrinetze
- Kontextorientierte Dokumentationstechniken, die äußere Schnittstellen des Systems zu seiner Umwelt beschreiben, z. B. Use-Case-Diagramme
- Strukturorientierte Dokumentationstechniken, die den inneren Aufbau des Systems beschreiben sowie relevante Elemente und deren Beziehungen festhalten, z. B. Entity-Relationship-Modelle, Baustrukturen, Design Structure Matrizen
- Sonstige Dokumentationstechniken, z. B. natürliche Sprache.

Eine sehr gebräuchliche Form der Dokumentation von Anforderungen im Bereich der Produktentwicklung ist die Anforderungsliste<sup>58</sup>. Damit wird eine Zusammenstellung sämtlicher Anforderungen an das Produkt bezeichnet, die neben den qualitativen Anforderungen in der Regel auch die entsprechend quantifizierten Zahlenwerte, Dimensionen und Toleranzen, die Angabe der Anforderungswichtigkeit (Forderung, Wunsch), die Anforderungsquelle und ein Datum (auch zur Überwachung von Änderungen) enthält. [CROSS 2005, S. 91 ff.; EHRLENSPIEL 2007, S. 380; LINDEMANN 2007, S. 106 ff.; PAHL ET AL. 2005, S. 188 ff.].

### *Anforderungsverarbeitung*

Die Kundenanforderungen stellen eine wesentliche Arbeitsgrundlage für den Entwicklungsprozess dar. Entsprechend ist es notwendig, die erhobenen Anforderungen in diesem Prozess weiterzuverarbeiten [vgl. AHRENS 2000, S. 17]. Wichtige Aspekte sind dabei die Nutzung und Handhabung der Anforderungen im Prozess. Die **Nutzung** bezieht sich auf deren produktbezogene Weiterverarbeitung, während die **Handhabung** die Anforderung selbst betrifft (z. B. Abbildung und Bewertung des Erfüllungsgrades, Pflege, Konsistenzsicherung). Letztere wird meist in ein umfassenderes Anforderungsmanagementkonzept einbezogen und durch Rechnerwerkzeuge unterstützt. Dies ist jedoch nicht Gegenstand der Arbeit. Einen Überblick über Ansätze zur Rechnerunterstützung der Anforderungshandhabung gibt AHRENS [2000, S. 82].

Bezüglich des Prozesses der produktbezogenen Weiterverarbeitung von Anforderungen sind vor allem die Herstellung des Objektbezugs [vgl. KRUSE 1999, S. 82], die Zuordnung zu Produktmerkmalen und die Umsetzung in Entwicklungsprozessen im vorliegenden Kontext rele-

---

<sup>58</sup> bzw. *product design specification* [vgl. EGGERT 2005, S. 64; PUGH 1991, S. 65; HALES & GOOCH 2004, S. 111]

vant. In diesem Zusammenhang wird auch von Übersetzung bzw. Transformation von Kunden- in technische Anforderungen bzw. Produkteigenschaften gesprochen [AHRENS 2000, S. 122]. Eine grundlegende Methode stellt hierbei die Verknüpfungsmatrix dar, mit der die gegenseitige Beeinflussung von Kundenanforderungen und technischen Merkmalen des Produktes und deren Stärke abgebildet werden können [vgl. LINDEMANN 2007, S. 121 f.].

Die Verknüpfungsmatrix ist als so genanntes „House of Quality“ (vgl. Bild 3-9) auch zentraler Bestandteil der Methode Quality Function Deployment (QFD), die einen vollständigen, systematischen Prozess der Anforderungsverarbeitung unterstützt.<sup>59</sup> Die beiden zentralen Fragestellungen bei QFD lauten [HAUSER & CLAUSING 1988, S. 65 ff.; REINHART ET AL. 1996, S. 55]:

- Was will der Kunde?
- Wie kann das Gewünschte erreicht werden?

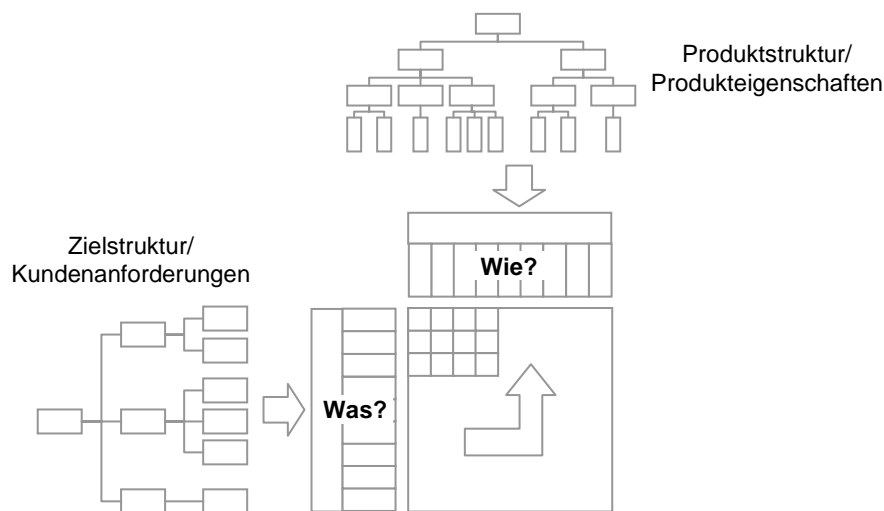


Bild 3-9. Verknüpfung von Kundenanforderungen und Produkteigenschaften bei QFD [REINHART 1996, S. 55]

Die Relationen zwischen beiden Fragestellungen werden im „House of Quality“ abgebildet und gewichtet. Über diese Verknüpfung hinaus bietet die Methode auch Unterstützung bei der Festlegung von Zielgrößen (z. B. auf Basis eines Wettbewerbsvergleichs) und erlaubt durch Integration der methodischen Einzelschritte schließlich das Setzen von Entwicklungsschwerpunkten, die Festlegung von technischen Zielgrößen und die Bestimmung des Schwierigkeits-

<sup>59</sup> AKAO [1990, S. 3] beschreibt die Zielstellung der Methode dabei folgendermaßen: „(QFD) is a method for developing a design quality aimed at satisfying the customer and then translating the customer demands into design targets and major quality assurance points to be used throughout the production process“. Für eine detaillierte Darstellung der Methode und der verschiedenen Konzeptionen sei auf [AKAO 1990; DANNER 1996, S. 52 ff.; REINHART ET AL. 1996, S. 59 ff.] verwiesen.

grades der Umsetzung. Zudem werden Wechselwirkungen zwischen technischen Merkmalen erfasst, die Hinweise auf Abstimmungsbedarfe während der Produktplanung und -entwicklung geben [vgl. GAUSEMEIER ET AL. 2001, S. 65 ff.; HERRMANN & HUBER 2000, S. 10; REINHART ET AL. 1996, S. 58]. Die Methode QFD setzt hierzu vorhandene Bedürfnis- und Produktstrukturen voraus. Die Methode eignet sich weniger für eine Anwendung bei sehr komplexen Produkten oder innovativen Neuentwicklungen.

Insgesamt zielt QFD auf eine allgemeine, sehr qualitätsorientierte Übersetzung von Kundenwünschen in Produkt- und Prozessanforderungen ab – die Unterstützung eines kundenindividuellen Transformationsprozesses steht dabei nicht im Betrachtungsfokus. Zudem ist QFD sehr aufwendig, insbesondere dann, wenn der vollständige Transformationsprozess bis zur Produktionsplanung durchlaufen wird [SCHMIDT 1996, S. 317]. Weitere Kritikpunkte der Methode sind, dass die Erfassung und Gewichtung von Kundenanforderungen nicht unterstützt, konkrete produkt- oder komponentenbezogene Anforderungen zu wenig berücksichtigt und die hinter den Kundenbedürfnissen liegenden Nutzenmotive nicht mit abgebildet werden. Zudem mangelt es an Unterstützung bei der Übersetzung von Kundenforderungen in konkrete Produktmerkmale, vor allem mit Bezug auf das Auffinden bzw. die Generierung dieser Merkmale, und es fehlen Hinweise, wie mit identifizierten Wechselwirkungen zwischen technischen Produktmerkmalen zu verfahren ist [vgl. HERRMANN & HUBER 2000, S. 11 ff.; SCHMIDT 1996, S. 317 ff.]. Die angeführten Kritikpunkte führten zu einer Reihe von methodischen Erweiterungen, die auch im vorliegenden Kontext interessant erscheinen. So erweitert SCHMIDT [1996, S. 324 ff.] die Methode QFD zu einem umfassenden Ansatz der integrierten Produktkonzeptfindung, in den er u. a. Methoden der Marktforschung und Konzeptfindung einbindet. Hier wird vorgeschlagen, die Kundenbedürfnisse, Eigenschaftsausprägungen und deren Nutzenwerte mittels Conjoint-Analyse zu ermitteln [vgl. auch GUSTAFFSON & HUBER 2000, S. 182]. Zudem wird ein mehrstufiger Ansatz gewählt, der durch zunehmende Produktdekomposition gekennzeichnet ist. Hieraus wird schrittweise abgeleitet, wie wichtig einzelne Komponenten zur Erfüllung der Kundenanforderungen sind. HERRMANN & HUBER [2000, S. 11 ff.] schlagen dagegen eine Erweiterung der Methode QFD um Aspekte der so genannten „means-end“-Theorie vor. Zunächst werden dabei im sogenannten vertikalen „Laddering“ die übergeordneten Werthaltungen des Nachfragers erfasst und mit den produktbezogenen Nutzensvorstellungen und Konsummotiven verknüpft. Anschließend erfolgt eine Zuordnung zu kaufentscheidungsrelevanten Eigenschaftsausprägungen als Ausgangspunkt der QFD-gestützten Produktgestaltung. Letztendlich handelt es sich damit um den Aufbau eines erweiterten Zielsystems und die deduktive Ableitung von Teilzielen aus übergeordneten Zielen, wie es auch von PATZAK [1982, S. 218 ff.] im Rahmen der Relevanzbaum-Methode vorgeschlagen wird. Über diese methodischen Erweiterungen hinaus, ist mit Blick auf die vorliegende Problemstellung bei QFD vor allem die systemtheoretisch fundierte Betrachtung von Relationen zwischen Kundenanforderungen und Produktmerkmalen im „House of Quality“ sowie zwischen einzelnen Produktmerkmalen und ggf. Kundenanforderungen (jeweils durch Einflussmatrizen) interessant. Diese Art der Betrachtung kann auch auf Beziehungen zwischen individuellen Kundenanforderungen und betroffenen Produktkomponenten angewendet werden und hilft hier, die notwendigen Anpassungsbedarfe zu identifizieren und zugeordnete Entwicklungsprozesse abzuleiten. Das methodische Grundschema von QFD wird daher in Kapitel 7.2.1 im Rahmen der Prozessplanung wieder aufgegriffen.

Zusammenfassend kann auf Basis der Analyse und Bewertung vorhandener Methoden im Kontext der Anforderungsklä rung festgestellt werden, dass die untersuchten Methoden zwar prinzipiell zur Erhebung, Bewertung und Verarbeitung individueller Anforderungen geeignet sind, in den bestehenden Ansätzen aber nicht explizit deren Anwendung im Rahmen einer kundenspezifischen Produktdefinition beleuchtet wird. Hier ist zu kritisieren, dass die meisten vorhandenen Erhebungsmethoden zu wenig den individuellen Kunden und dessen spezifische Situation einbeziehen. Es mangelt so an Freiräumen zur Erfassung individueller Bedürfnisse. Die vorhandenen Methoden basieren vielmehr auf der Vorlage festgelegter Stimuli (Fragen, Testprodukte) und der Erfassung der Reaktionen der Kunden. Folglich müssen vor allem die Methoden der Anforderungserhebung stärker auf eine direkte Kundenintegration ausgelegt werden, bei der die Kunden auch die Möglichkeit erhalten, die vorgelegten Stimuli flexibel zu modifizieren [vgl. auch LÜTHJE 2000, S. 76]. Es existiert dabei jedoch ein Zielkonflikt zwischen individuellem Detaillierungsgrad (Flexibilität) und Aufwand der Anforderungserhebung (z. B. Tiefeninterview vs. Fragebogen). Eine geeignete Strukturierung erscheint hier als ein gutes Mittel der Aufwandsreduktion; die vorhandenen Strukturierungskriterien sind jedoch zu allgemeingültig und weisen nur wenig Bezug zur kundenspezifischen Produktpassung auf. Zudem erscheint im Hinblick auf die Planung kundenindividueller Entwicklungsprozesse eine stärkere Verknüpfung von Kundenanforderungen, konkreten Gestaltobjekten (Wirkungsbereich der Anforderung, Komponenten) und resultierenden Entwicklungsprozessen angeraten. Die bestehenden Methoden der Anforderungsverarbeitung (QFD) realisieren hier vor allem eine Transformation von Kundenanforderungen in Produktpassungen bzw. -ziele und unterstützen damit das Setzen von Entwicklungsprioritäten – nicht jedoch die eigentliche Prozessplanung in der Produktentwicklung. Im Gesamtblick auf die kundenspezifische Anforderungsklä rung wird damit eine Durchgängigkeit von der Erfassung individueller Kundenwünsche, über die Identifikation relevanter Entwicklungsbereiche bis zur Ableitung entsprechender Entwicklungsprozesse vermisst. Diese Einschätzung deckt sich mit der Auffassung von HUMPERT [1995, S. 3], der allgemein feststellt, dass die Methoden der Anforderungsklä rung nicht ausreichend in Entwicklungsmethodiken integriert sind.

### 3.1.4 Grundlagen des methodischen Produktentwurfs

Auch die Festlegung der Gestalt (Produktentwurf) ist von elementarer Bedeutung im Produktentwicklungsprozess, da sich letztlich jede Anforderung und Eigenschaft des Produktes hier niederschlagen muss.<sup>60</sup> In der VDI-Richtlinie 2223 wird Gestalten definiert als „Tätigkeit, bei der der Konstrukteur die Gestalt- und Werkstoffeigenschaften von Gestaltungselementen auf Grund einer prinzipiellen Lösung, eines Vorgängerentwurfs und einer Anforderungsliste festlegt und sie in Produktmodellen (z. B. Skizzen, Zeichnungen, Stücklisten) dokumentiert“ [VDI 2004B, S. 87]. Gestaltungselemente sind dabei alle Elemente technischer Produkte, die gestaltet werden können [ebd.]. Neben den direkten Gestaltparametern Form, Abmessungen, Werkstoff und Struktur des technischen Gebildes werden hier auch Fertigungs- bzw. Montageverfahren determiniert [EHRENSPIEL 2007, S. 255; PAHL ET AL. 2005, S. 276]. Tabelle 4

---

<sup>60</sup> Diese zentrale Bedeutung der Produktgestaltung stellt auch EGGERT [2005, S. 6], indem er schreibt: „Form is the solution to a design problem“.

nimmt eine weitere Konkretisierung des Gestaltbegriffs vor. Der Gestaltungsprozess und die hier angewendeten Methoden sind Gegenstand des folgenden Teilkapitels. Dabei soll der anforderungsorientierten Produktgestaltung besondere Beachtung geschenkt werden.

Tabelle 4: Definitionen des Gestaltbegriffs und des Gestaltungsprozesses

Autoren	Definition
EHRENSPIEL 2007, S. 433	Unter Gestalt eines materiellen Produktes wird die Gesamtheit seiner geometrisch beschreibbaren Merkmale verstanden. Ein Produkt kann dabei als System von Gestaltelementen aufgefasst werden.
FRANKE 1992, S. 65	Gestalten ist das „Festlegen von Anzahl, Form, Lage, Abmessungen und Werkstoff fester Körper zum Zwecke der Realisierung gewünschter Funktionen“.
KOLLER 1994, S. 123	Unter Gestalten wird die Festlegung der qualitativen und quantitativen Parameterwerte der Gestalt technischer Gebilde (Bauteile, Baugruppen) verstanden. Unter die qualitativen Parameter fallen alle veränderlichen Größen von Funktions-, Effekt-, Effekträger- (Werkstoff) und Gestaltstrukturen [ebd. S. 318].
REFA 1985, S. 20	Gestalten stellt das schöpferische Formen und Ordnen von Objekten, ihrer Elemente und ihrer Beziehungen untereinander dar.

Beim Gestalten sind vielfältige Einflussgrößen zu beachten. Nach FEICHTER [1992, S. 78] sind dies neben direkten Kundenanforderungen (Funktionen) u. a. allgemeine, produktbezogene Anforderungen (Gesetze, Kosten, Stückzahlen), bisherige Festlegungen und Teilergebnisse des Konstruktionsprozesses (z. B. gewählte Wirkprinzipien, Berechnungsergebnisse) sowie individuelle und äußere Einflüsse (z. B. verfügbares Wissen, Werksnormen) [vgl. auch TJALVE 1978, S. 115]. Zudem treten vielfältige Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Gestaltparametern auf. Diese grundsätzlichen Abhängigkeiten sind in Bild 3-10 angedeutet.

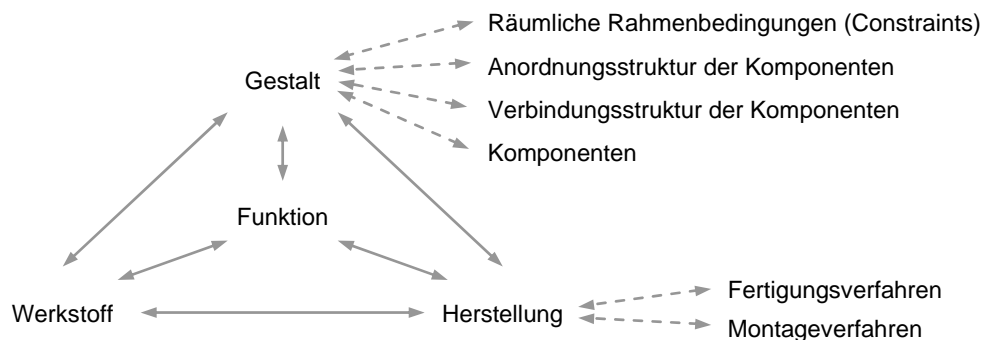


Bild 3-10. Grundelemente der Produktgestaltung und deren Abhängigkeiten [ULLMAN 1997, S. 185]

Demnach haben die gewünschten Produkt- bzw. Bauteilfunktionen einen zentralen Einfluss auf die Gestalt, den Werkstoff und die Produktherstellung, wobei sich diese Parameter zusätzlich wechselseitig beeinflussen. Die Produktgestalt wird zudem wesentlich durch die räumlichen Gegebenheiten bzw. Randbedingungen beeinflusst. Außerdem müssen Beziehungen zu anderen Produktkomponenten in Form von Anordnungs- und Verbindungsstrukturen berücksichtigt werden [ULLMAN 1997, S. 184 f.; vgl. auch BALDWIN & CLARK 2000, S. 36; HALES &

GOOCH 2004, S. 180 ff.].<sup>61</sup> Als schwierig erweist sich hierbei zudem, dass verschiedene Produktmerkmale zu einer bestimmten Produkteigenschaft beitragen bzw. ein Gestaltparameter auf mehrere Produkteigenschaften wirkt [HERRMANN & HUBER 2000, S. 9].

Wie aus den vorangegangenen Ausführungen deutlich geworden ist, stellen die Gestaltparameter des Produktes die zentralen Entscheidungsgrößen im Gestaltungsprozess dar. Mit ihrer Hilfe lässt sich die Gestalt von Bauteilen, Baugruppen und Maschinen erzeugen, beschreiben und ändern, um sie an gegebene Bedingungen anzupassen [KOLLER 1994, S. 128]. Eine vollständige Beschreibung des Produktes ist jedoch erst durch die Verknüpfung der Gestaltparameter mit den einzelnen gestaltbaren Elementen auf den verschiedenen hierarchischen Komplexitätsebenen des Produktes möglich. Das sind Einzelteilflächen (Wirk- und Ergänzungsflächen)<sup>62</sup>, Einzelteile sowie Einzelteilverbände (Baugruppe und Gesamtprodukt), die allgemein als Gestaltungselemente bezeichnet werden. Teilverbände setzen sich hierbei aus Einzelteilen zusammen, Einzelteile (Körper) bestehen aus Konturflächen und Werkstoff [vgl. FIRCHAU 2003, S. 24; FRANKE 1992, S. 66; KOLLER 1994, S. 128; VDI 2004B, S. 78, 87]. Auf den verschiedenen Komplexitätsebenen sind dabei unterschiedliche Gestaltparameter relevant (vgl. Bild 3-11 sowie Anhang A.4).

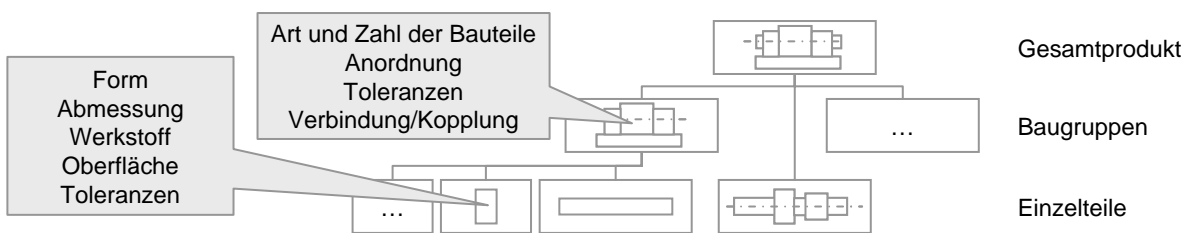


Bild 3-11. Zuordnung von Gestaltparametern zu Produktebenen

So wird die Gestalt der Einzelelemente durch die Parameter Form (als mathematische Klasse von Flächen oder Körpern), Abmessung (Größe), Oberfläche und Toleranz bestimmt. Zusätzlich wird das Einzelteil durch seine Werkstoffbeschaffenheit (Art, Behandlung)

<sup>61</sup> BALDWIN & CLARK [2000, S. 46] unterscheiden bezüglich der Beziehungen zwischen Gestaltparametern zwischen hierarchischen Abhängigkeiten (Parameterwerte entstehen in der Folge von anderen Parameterwerten) und wechselseitigen Abhängigkeiten (Änderungen an Parametern führen zu Änderungen an anderen Parametern). Zur Darstellung dieser Abhängigkeiten wird die Modellierung mit Hilfe einer Design Structure Matrix (DSM) vorgeschlagen [ebd., S. 39 ff.]. Auch EHRENSPIEL [2007, S. 436] verweist auf die vielfältigen Beziehungen insbesondere zu den Anforderungen und erklärt, dass eine bestimmte Gestaltung immer einen Grund hat. Die Menge aller wechselseitigen Beziehungen zwischen Anforderungen, Produkteigenschaften und Gestaltparametern (auch untereinander) wird hier als Produktlogik bezeichnet [vgl. auch WEINBRENNER 1993, S. 22].

<sup>62</sup> Wirkflächen spielen eine zentrale Rolle bei der Gestaltung von Einzelteilen. Darunter versteht TJALVE [1978, S. 64] eine Fläche, „die im Gebrauch eine aktive Funktion hat“. Bei der Gestaltung müssen diese Wirkflächen festgelegt und durch Konturflächen bzw. Werkstoffanhäufung miteinander „verbunden“ werden [ebd., S. 65].

gekennzeichnet. Der Elementverband (Baugruppe, Gesamtprodukt) ist durch seine räumliche Struktur (auch Produktarchitektur bzw. -konfiguration) charakterisiert, die durch Art, Zahl und Anordnung (relative Lage, Abstand und Toleranz) sowie Verbindung (Kopplung) seiner Elemente definiert wird [BALDWIN & CLARK 2000, S. 25 f.; BAUMANN 1982, S. 205; EHRENSPIEL 2007, S. 433; FIRCHAU 2003, S. 24; FRANKE 1992, S. 66; KOLLER 1994, S. 318; TIALVE 1978, S. 37 ff.; WEINBRENNER 1993, S. 46].<sup>63</sup>

Aufgrund der angedeuteten vielfältigen Abhängigkeiten ist Gestalten ein komplexer Vorgang, der allgemeingültig nicht als determinierter Prozess beschrieben werden kann. Vielmehr stellt Gestalten einen vielschichtigen Optimierungsprozess dar [vgl. VDI 2004B, S. 14], für den es nach GRÖBER [1992, S. 26; vgl. auch FRANKE 1992, S. 61] zudem an methodischer Unterstützung mangelt. So können allenfalls übergeordnete Strategien zum Produktentwurf beschrieben werden. Da sind u. a. die Aufgliederung in Teilprobleme, das Vorgehen vom Wesentlichen zum Unwesentlichen und vom Abstrakten zum Konkreten sowie die Variantenbildung [vgl. CROSS 2000, S. 58; DYLLA 1990, S. 22 ff.; FRANKE 1992, S. 67; GAUSEMEIER ET AL. 2004, S. 26; KLÄGER 1993, S. 99; LINDEMANN 1980, S. 43; RUDE 1991, S. 111]. Für Neuentwicklungen empfiehlt sich hierbei ein aus folgenden Schritten bestehendes Vorgehen [PAHL ET AL. 2005, S. 277 f.; LINDEMANN 1980, S. 95 ff.; ULLMAN 1997, S. 186 ff.; VDI 2004B, S. 17 ff.]:

- Identifikation und Erarbeitung der primär gestaltbestimmenden Anforderungen (d. h. abmessungsbestimmende, anordnungsbestimmende, werkstoffbestimmende Anforderungen sowie Fertigungsstückzahlen)
- Klären der gestaltbestimmenden und begrenzenden räumlichen Bedingungen
- Entwicklung einer Baustruktur und Grobgestaltung, d. h. vorläufige Auslegung der gestaltungsbestimmenden Hauptfunktionsträger
- Grobgestaltung weiterer Hauptfunktionsträger
- Identifikation, Festlegung und Gestaltung der notwendigen Nebenfunktionsträger
- Feingestaltung der Hauptfunktionsträger (d. h. genaue Berechnung und Dimensionierung, Gestaltung von Schnittstellen und Zonen, die durch Nebenfunktionen beeinflusst werden, Festlegung aller Einzelheiten, ggf. Zuordnung von Normteilen)
- Feingestaltung der Nebenfunktionsträger

---

<sup>63</sup> Form und Abmessung (des Volumenkörpers) werden dabei als Makrogestalt bezeichnet. Diese entspricht der mathematisch idealen Gestalt. Nach BAUMANN [1982, S. 198] dienen Flächen, Punkte und Linien hierbei der Repräsentation der Gestalt im Sinne eines mittelbaren Gestaltmodells. Innerhalb dieses Modells weisen diese Gestaltelemente eine innere Struktur auf, die über Anzahl, Zuordnung, Abstand, Winkel oder Größenverhältnisse zur Körpergestalt führt [ebd., S. 199]. Oberfläche (Rauheit, aber auch Gewinde, Gravuren, Beschichtung, Schmierung etc.) und Toleranzen (Form-, Maß- und Lagetoleranzen) bestimmen zudem die Mikrogestalt, mit der die zulässigen Abweichungen von der idealen Gestalt beschrieben werden [EHRENSPIEL 2007, S. 433; HORSTMANN 1992, S. 22; RUDE 1991, S. 76].

- Optimierung der Gestaltung und Kontrolle auf Funktion, räumliche Verträglichkeit, Qualität, Kosten etc.
- Dokumentation (Erstellung vorläufiger Entwurfszeichnungen).

An den Entwurfsprozess schließt sich die Ausarbeitung an, deren Schwerpunkt die Detailoptimierung des Entwurfs und die Ausarbeitung der Fertigungsunterlagen darstellt. Insbesondere bei der hier betrachteten individuellen Produktpassung muss jedoch in der Regel nicht der gesamte Gestaltungsprozess durchlaufen werden. Vielmehr ist ausgehend von einem konkreten Anpassungsbedarf die Anforderungsklä rung durchzuführen, anschließend zu bestimmen, in welchem Umfang ein Eingriff in den bestehenden Entwurf notwendig ist (Festlegung von Gestaltungszonen) und die entsprechende Anpassungskonstruktion vorzunehmen [PAHL ET AL. 2005, S. 282].<sup>64</sup>

Zusammenfassend wird Gestaltungswissen eher durch Beispiele „guter Gestaltung“ als durch eine geschlossene Methodik vermittelt [FIRCHAU 2003, S. 29; FRANKE 1992, S. 61].<sup>65</sup> Zudem ist die Produktgestaltung durch einen stark iterativen Optimierungsprozess und weniger systematisches Vorgehen gekennzeichnet. Zur Unterstützung dieses Prozesses wird, insbesondere mit Blick auf die kundenspezifische Produktpassung, eine stärkere Vernetzung von Kundenansprüchen, resultierenden Produkteigenschaften und betroffenen Produktparametern als notwendig angesehen [vgl. auch KLEINALTENKAMP & JACOB 2006, S. 43 ff.]. Dies entspricht der bereits oben angesprochenen durchgängigen Behandlung von Entwicklungsprozessen von der Erfassung individueller Kundenwünsche, über die Identifikation relevanter Gestaltungsbe reiche bis zur Ableitung entsprechender Entwicklungs- und Konstruktionsprozesse. Ein integrierender Ansatz hierzu ist die *Eigenschaftsgetriebene Entwicklungsmethodik* (Property-Driven-Development) nach WEBER [2005]. Grundsätzlich wird hier zwischen direkt festlegbaren Produktmerkmalen und Produkteigenschaften (als gewünschtes/unerwünschtes Produktverhalten) unterschieden, die durch vielfältige Relationen miteinander verknüpft sind (Bild 3-12). Das sind z. B. wechselseitige Abhängigkeiten zwischen Merkmalen (z. B. geometrische, räumliche, stoffliche Abhängigkeiten) sowie Beziehungen zwischen Eigenschaften und Merkmalen (z. B. Konflikte, wenn geforderte Eigenschaften unterschiedliche Merkmalsausprägungen bedingen).

---

<sup>64</sup> Nach EHRENSPIEL [2007, S. 436, vgl. auch DYLLA 1990, S. 95 f.; PAHL ET AL. 2005, S. 71 f.] kann hier zwischen generierender und korrigierender Gestaltung unterschieden werden. Die generierende Gestaltung erfolgt vor allem bei Neukonstruktionen und basiert auf einer abstrakten Teil funktionsbestimmung und der Wahl von Lösungsprinzipien. Die korrigierende Gestaltung wird vorrangig bei Anpassungskonstruktionen gewählt. Hier wird ein vorhandener Entwurfs durch gezielte Variation bestimmter Gestaltungsmerkmale verändert/angepasst [vgl. hierzu auch EHRENSPIEL 2007, S. 439; KOLLER 1994, S. 124; TJALVE 1978, S. 64 ff.].

<sup>65</sup> Dabei wird der konstruktive Entwurf z. B. durch Gestaltungsprinzipien (Lösungsmuster) und anforderungsbezogene Gestaltungsrichtlinien („Design for X“) unterstützt [PAHL ET AL. 2005, S. 285 ff.; vgl. auch HUANG 1996, KOLLER 1994, S. 166 ff.].



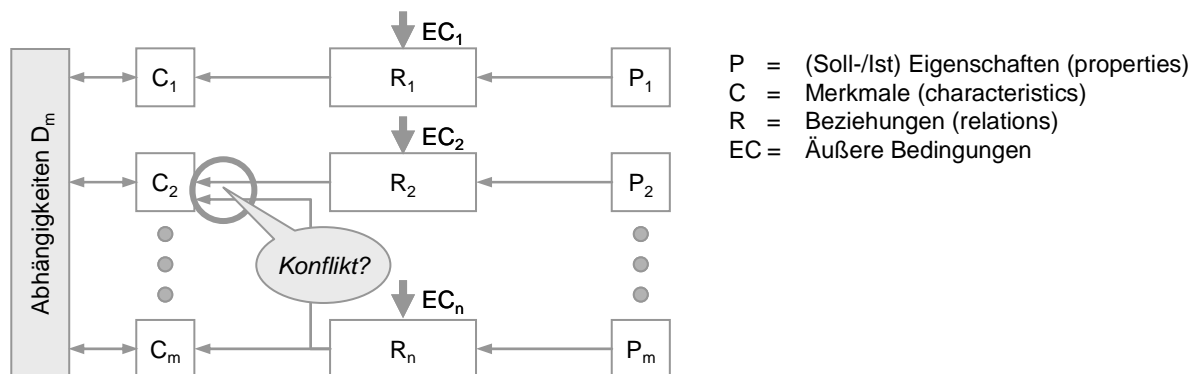


Bild 3-12. Syntheseprozess bei der Eigenschaftsgetriebenen Produktentwicklung [nach WEBER 2005, S. 165 ff.]

Der von WEBER [2005, S. 169 ff.] präsentierte Ansatz ordnet die wesentlichen Grundlagen des Gestaltungsprozesses dabei in einen konsistenten Modellrahmen ein und gibt durch Abgleich von geforderten Soll- und bereits realisierten Ist-Eigenschaften Hinweise auf Entwicklungsbedarfe. Die Planung notwendiger Entwicklungsprozesse wird allerdings nicht unterstützt. Zudem ist die Erfassung, Darstellung und Verarbeitung aller angesprochenen Relationen sehr aufwendig. In Bezug auf eine kundenspezifische Prozessplanung bei individualisierten Produkten bietet der Ansatz dennoch Potenzial, zumal die abzubildende Zahl an Relationen hier aufgrund der vordefinierten Produktstruktur wesentlich geringer ist. Das Konzept müsste jedoch um eine anforderungsbezogene Prozessplanung erweitert werden.

## 3.2 Grundlagen der Entwicklung individualisierter Produkte

Im vorangegangenen Kapitel wurden allgemeine, im Kontext der Arbeit relevante Grundlagen der methodischen Produktentwicklung dargestellt und bewertet. Dabei wurde deutlich, dass in weiten Teilen Parallelen zwischen der Entwicklung variantenreicher Serienprodukte und individualisierter Produkte, aber teilweise auch erhebliche Unterschiede bestehen. Diese Differenzen sind im Wesentlichen auf die geänderten Rahmenbedingungen und Abläufe wie auch grundsätzliche konzeptionelle Besonderheiten zurückzuführen und sollen im folgenden Kapitel diskutiert werden. Dazu wird eine Abgrenzung der Entwicklung variantenreicher Serien- und individualisierter Produkte vorgenommen, deren wesentlicher Unterschied im Zeitpunkt und der Form der Kundeneinbindung besteht. Die hat jedoch weit reichende Konsequenzen für den Ablauf und die Charakteristika der jeweiligen Entwicklungsprozesse.

### 3.2.1 Wesensmerkmale der Entwicklung individualisierter Produkte

Der Entwicklungsprozess von konventionellen Serienprodukten ist durch Sukzessivität der Entwicklungsaktivitäten gekennzeichnet. Zunächst werden auf breiter Basis (z. B. durch Marktforschung, Kundenbefragungen) allgemeine Nachfragerbedürfnisse erfasst und daraus

ein optimales, marktadäquates Produktkonzept abgeleitet. Anschließend erfolgt die Entwicklung des entsprechenden Produktes und seiner Varianten, jedoch für eine anonyme Kundenschaft. Die einzelnen Varianten werden dann letztendlich mehr oder weniger erfolgreich an einzelne Nachfrager abgesetzt. Diese wählen aus dem vorhandenen Variantenspektrum die Variante aus, die ihren Anforderungen am nächsten kommt. Die Serienentwicklung ist damit durch einen der Akquisition komplett vorgelagerten Produktentwicklungsprozess gekennzeichnet [vgl. JACOB 1995, S. 9].

Im Gegensatz dazu sind individualisierte Produkte auch durch einen akquisitionssynchronen Produktentwicklungsprozess gekennzeichnet. Ein Teil der Entwicklungsleistungen wird erst erbracht, nachdem der Kunde im Rahmen eines konkreten Akquisitionsprozesses in den Gestaltungsprozess integriert und seine spezifische Nachfragerbedürfnisse erfasst wurden [ebd.]. Die Produktentwicklung erfolgt damit nicht ausschließlich kundenanonym, sondern zumindest in Teilen kundenspezifisch und auftragsabhängig. Es kann sich dabei um eine kundenspezifische Neuentwicklung oder die Modifikation und Anpassung einer bestehenden Grundkonzeption handeln, wobei sich die Art und der Umfang der Entwicklungsaktivitäten nach dem Neuigkeitsgrad und der Spezifität der Kundenanforderungen richten [vgl. FRANKEN 1998, S. 6 ff.; JACOB & KLEINALTENKAMP 1994, S. 7]. Die Kundeneinbindung in den auftragsbezogenen Entwicklungsprozess hat dabei weit reichende Folgen. So sind nach RAUF-EISEN [1999, S. 93 ff.] Entwicklungsprozesse kundenspezifischer Produkte durch eine hohe Anforderungsvariabilität, hohe Aufgabenspezifität und damit eine hohe Anzahl unterschiedlichster Aufgaben gekennzeichnet. Die Folge ist vor allem eine geringe Planbarkeit des Prozesses. Resultierende Probleme sind ein geringer Strukturierungsgrad der Aufgaben und Tätigkeiten, häufige Iterationen (z. B. aufgrund ungenügend geklärter Aufträge) und Störungen (z. B. durch neu hinzukommende oder veränderte Kundenanforderungen) [vgl. auch HIRSCH 1992, S. 23 ff.; KEHR 1995, S. 18 f.; KUHLMANN 1994, S. 16 ff.; MUNTSLAG 1993, S. 6 ff.; WORTMANN 1992, S. 84]. Jede individuelle Produktanforderung kann dabei einen konstruktiven Aufwand verursachen. In Abhängigkeit von der Neuigkeit der individuellen Anforderung sind unterschiedliche Konstruktionsphasen zu durchlaufen. Der konstruktive Aufwand kann sich dabei auf Einzelteile beschränken, aber auch eine weitgreifende Änderung an vielen Bauteilen oder die Neudefinition der räumlichen Anordnung notwendig machen [KUHLMANN 1994, S. 16 ff.]. Dennoch werden hier in einer sehr frühen Phase des kundenspezifischen Entwicklungsprozesses Aussagen bezüglich Realisierbarkeit, Lieferzeit und Kosten erwartet.

Um die kundenspezifische Anpassung bei individualisierten Produkten nun möglichst aufwandsarm und damit kostengünstig zu gestalten, werden nur die Produkteigenschaften bzw. -komponenten individuell ausgeprägt, die auch eine hohe Kundenbedeutung haben. Ansonsten soll die Leistungserstellung im Wesentlichen auf standardisierten Leistungskomponenten und Geschäftsabläufen beruhen [vgl. KLEINALTENKAMP 2000, S. 209; PILLER & STOTKO 2003, S. 32]. Im Rahmen der so genannten Produktstrukturplanung werden die Freiheitsgrade des Produktes geplant und ein entsprechend strukturierter Interaktions- bzw. Spezifikationsprozess entworfen. Die Strukturplanung zielt dabei in erster Linie auf die Bereitstellung einer unter wirtschaftlichen Erwägungen optimalen Produktflexibilität ab. Diese grundlegende Definition der standardisierten Leistungsanteile wird auch als Vorkombination bezeichnet [KLEINALTENKAMP 2000, S. 209]. Der Vorbereitungsgrad, das heißt der Anteil der fertig entwickelten Komponenten innerhalb dieser Struktur, ist im Vergleich zu variantenreichen Se-

rienprodukten aber eher gering [vgl. MUNTSLAG 1993, S. 16 ff.]. Die endgültige Gestaltung der Gesamtleistung erfolgt nämlich erst auf Basis der kundenindividuellen Spezifikation. Hierbei werden individualisierte Produkte nicht nur aus vordefinierten Bausteinen konfiguriert. Die individuelle Leistungsgestaltung schließt nach LINDEMANN ET AL. [2003B, S. 11] z. B. auch die gestalterische Anpassung oder bei Bedarf die Entwicklung neuer Leistungselemente ein. Die kundenspezifischen Entwicklungsprozesse sind damit durch eine Kombination aus Konfiguration und Konstruktion mit einem anfänglich höheren Anteil an Neu- und Variantenkonstruktionen charakterisiert. Dabei erfolgt erst allmählich der Aufbau des kompletten Produktspektrums. Die im Rahmen der individuellen Leistungsgestaltung jeweils notwendigen Prozesse hängen hierbei entscheidend vom Vorbereitungsgrad der Produktstruktur sowie vom bereits aufgebauten Leistungspotenzial ab [LINDEMANN ET AL. 2003B, S. 14]. Das nachfolgende Kapitel behandelt den aus diesen Randbedingungen resultierenden Entwicklungsprozess individualisierter Produkte.

### 3.2.2 Entwicklungsprozess individualisierter Produkte

Entsprechend der Trennung der Leistungsgestaltung und -erstellung in eine Vorkombination bzw. Produktstrukturplanung und eine kundenspezifische Endkombination findet der Entwicklungsprozess individualisierter Produkte auf den zwei, in Bild 3-13 dargestellten Ebenen statt [vgl. HILDEBRANDT 1997, S. 33; PILLER 2001, S. 270; PILLER & STOTKO 2003, S. 52].

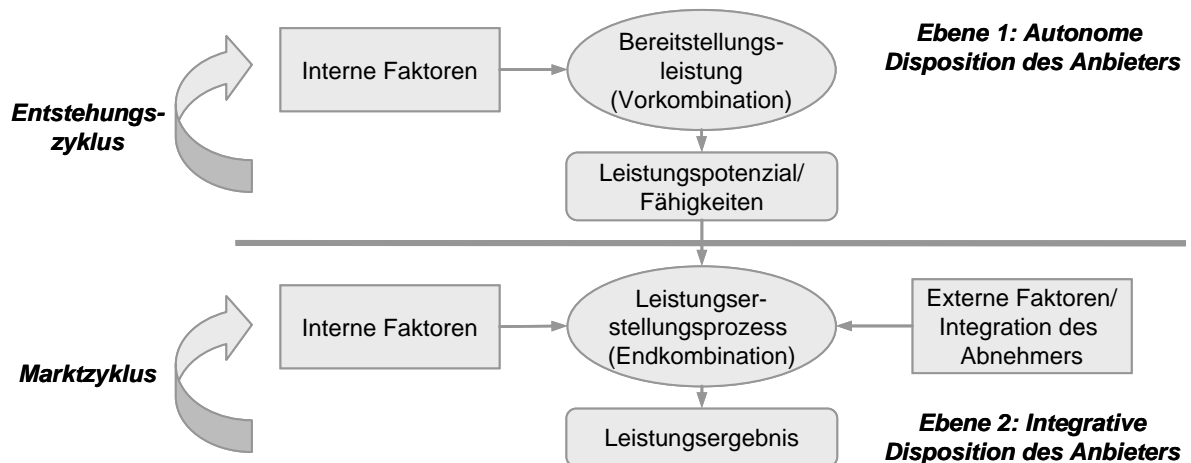


Bild 3-13. Ebenen der Leistungserstellung bei individualisierten Produkten [nach HILDEBRANDT 1997, S. 33]

Zunächst werden hierbei einmalig und kundenanonym eine zugrunde liegende Produktarchitektur und elementare Leistungsbestandteile entwickelt (**Entstehungszyklus**). Ebenso werden die notwendigen Leistungserstellungsprozesse definiert. Damit erfolgt die grundlegende Festlegung des Leistungspotenzials.<sup>66</sup> Dieses definiert die Fähigkeiten, die ein Anbieter am Markt

<sup>66</sup> Ein anderer Terminus für dieses Leistungspotenzial ist „solution space“ [vgl. PILLER 2004, S. 23].

offeriert [KLEINALTENKAMP 2000, S. 219; PILLER & STOTKO 2003, S. 52]. Es besteht aus einer Kombination von internen Potenzial- (z. B. Maschinen und Mitarbeiter) und Verbrauchsfaktoren (z. B. Materialien und Betriebsstoffe) und manifestiert sich bei individualisierten Produkten in Interaktions-, Gestaltungs- und Herstellungsprozessen, zugeordneten Werkzeugen sowie der Produktstruktur mit ihren Individualisierungsmöglichkeiten und teilweise vorentwickelten Komponenten. Die später zu erbringende, individuelle Kundenleistung existiert in der Ebene der Vorkombination lediglich als konzeptionelle Ausprägung. Die Vorkombination erfolgt hierbei spekulierend, d. h. ohne Vorliegen eines konkreten Kundenauftrages auf Basis angenommener Kundenbedürfnisse und -bedarfe [KLEINALTENKAMP 2000, S. 220]. Sie ist Teil der strategischen Produktplanung, in der u. a. Breite und Tiefe des Produktprogramms festgelegt werden [LINGNAU 1994, S. 106].<sup>67</sup> Der zweite Teil des Entwicklungsprozesses (**Marktzyklus**) besteht aus der kundenspezifischen Zusammenstellung (Endkombination) des Endproduktes. Dies schließt die Anpassung oder Entwicklung spezifischer Leistungskomponenten entsprechend der Bedürfnisse eines Abnehmers ein, entspricht also einer operativen Programmgestaltung.<sup>68</sup> Die vorhandenen internen Faktoren werden dabei zur Leistungserstellung genutzt [KLEINALTENKAMP 2000, S. 220]. Informationen, die der Kunde als externer Faktor zur Verfügung stellt, werden mit dem bestehenden Leistungspotenzial und gegebenenfalls weiteren internen Produktionsfaktoren kombiniert [HILDEBRANDT 1997, S. 33 f.]. Dieser Prozess wird allgemein auch als Auftragsabwicklung bezeichnet [FRESE & NOETEL 1992, S. 3] und beinhaltet die Auftragsklärung sowie die auftragsabhängige Konstruktion und Erstellung der Fertigungsunterlagen, an die sich Beschaffung und Herstellung der benötigten Komponenten, Endmontage, Prüfung, Versand und ggf. Inbetriebnahme anschließen. Teilweise erfolgt dabei eine Aufspaltung und parallele Bearbeitung des Auftrags in mehrere Teilaufträge, z. B. in kundenneutrale und kundenspezifische Teile [GROß 1990, S. 10; MUNTSLAG 1993, S. 48 f.; SCHARS 1999, S. 21; WILDEMANN 1999, S. 13]. Im Folgenden werden in erster Linie die konstruktiven Leistungserstellungsprozesse sowie deren Planung bei individualisierten Produkten behandelt.<sup>69</sup>

Zusammenfassend ist der Entwicklungsprozess individualisierter Produkte durch den in Bild 3-14 dargestellten, zweiteiligen Verlauf gekennzeichnet, der sich fundamental von dem variantenreicher Serienprodukte unterscheidet [vgl. auch PULM 2001, S. 9]. Der **Entwicklungsprozess bei variantenreichen Serienprodukten** ist dabei durch eine relativ kurze Vorentwicklungsphase gekennzeichnet, in der ausgehend von der vorgenommenen Marktsegmentierung eine grundsätzliche Anforderungsklä rung und Konzeptbeschreibung erfolgt. Diese enthält eine grobe Definition des Produkts und der benötigten Varianten. Daran schließt sich, unter Anwendung der in Kapitel 3.1.2 beschriebenen, entwicklungsmethodischen Vorgehensmodelle, eine relativ lange Phase der Detailentwicklung und Serienreifmachung an, in der kundenanonym annähernd alle vorgesehenen Produkt- und Bauteilvarianten ausgearbeitet und

---

<sup>67</sup> Eine detaillierte Klärung der Begriffe zur Definition des Leistungsprogramms erfolgt im Anhang A.5.

<sup>68</sup> Innerhalb der durch die strategische Programmstruktur vorgegebenen Grenzen kann hierbei eine Anpassung bzw. Erweiterung des festgelegten Leistungsprogramms erfolgen [LINGNAU 1994, S. 108].

<sup>69</sup> Mit dem Prozess der Auftragsabwicklung und seinen Ausprägungen beschäftigen sich u. a. [DEUTSCHLE 1994; EVERSHEIM 1990; FRESE & NOETEL 1992; FRINGS 2000; GROß 1990; WILDEMANN 1999] detailliert.

abgesichert werden. Ergebnis dieser Phase ist ein vollständig entwickeltes und abgesichertes Variantenspektrum, auf dessen Basis sich der Kunde später seine gewünschte Produktvariante durch Konfiguration zusammenstellen kann. An diesen Prozess schließt sich die Entwicklung einer neuen Produktgeneration an, die häufig parallel zur Vermarktung der vorherigen Produktgeneration stattfindet und in die hier gemachte Erfahrungen einfließen. Dieses Vorgehen ist nach LINDEMANN ET AL. [2003A, S. 19] durch hohe organisatorische Komplexität, lange Entwicklungszeiten und hohe (Vorlauf-) Kosten für die Bereitstellung des gesamten Variantenspektrums, gleichzeitig aber auch ein erhebliches Marktrisiko gekennzeichnet.

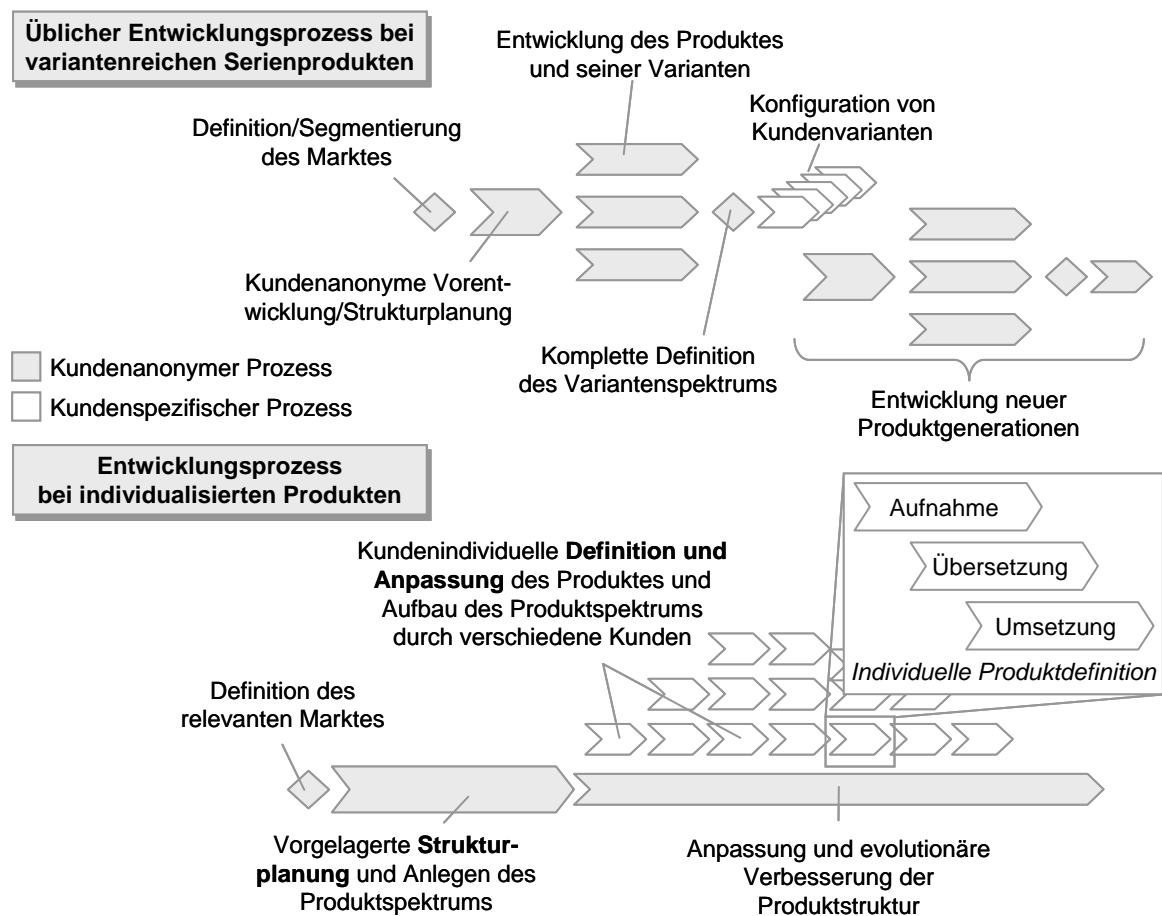


Bild 3-14. Entwicklungsprozesse bei variantenreichen Serienprodukten und individualisierten Produkten [in Anlehnung an LINDEMANN & BAUMBERGER, 2006, S. 13]

Der **Entwicklungsprozess individualisierter Produkte** ist dagegen durch eine relativ lange Vorentwicklungsphase – die Produktstrukturplanung – gekennzeichnet, in der die grundlegende Produktarchitektur definiert sowie einzelne Baugruppen und in sehr eingeschränktem Umfang auch Varianten (Optionen) entwickelt werden. Im Gegensatz zu variantenreichen Serienprodukten wird jedoch kein komplettes Variantenspektrum kundenanonym vorentwickelt, sondern vielmehr ein Leistungspotenzial festgelegt, das nur teilweise ausgearbeitet wird. Die endgültige Definition der kundenindividuellen Produkte findet in, sich an die Strukturplanung

anschließenden, kundenspezifischen Entwicklungsprozessen statt. Diese sind durch die Integration des individuellen Kunden charakterisiert und bestehen aus den Phasen Aufnahme der Kundenbedürfnisse, kundenindividuelle Produktdefinition und -erstellung. Da hier konkrete Variantenausprägungen entwickelt werden, findet ein allmählicher, „inkrementeller“ Aufbau des Produktspektrums statt, bei dem das nur konzeptionell angelegte Leistungsspektrum durch „Produktinstanzen“ ausgefüllt, aber auch erweitert wird [vgl. auch ANDREASEN ET AL. 2001, S. 18 f.; SCHARES 1999, S. 22].<sup>70</sup> Die dabei gewonnenen Erfahrungen und die realen Produktausprägungen können wiederum in anderen Adaptionsprozessen genutzt werden und tragen zu einer verbesserten Abwicklung bei. Außerdem findet eine permanente, evolutionäre Anpassung und Optimierung der Produktstruktur statt. Für innovative Entwicklungen, z. B. neuer Produktgenerationen, muss allerdings ein neuer Strukturplanungsprozess initiiert werden [LINDEMANN 2003A, S. 20]. Der wesentliche Vorteil dieses Vorgehens gegenüber der Entwicklung variantenreicher Serienprodukte ist eine erhebliche Reduktion des Marktrisikos durch bedarfsorientierte Verlagerung von Realisierungsaufwand in sehr späte, kundenspezifische Phasen. Allerdings müssen Unternehmen in der Lage sein, diese Konkretisierung und kundenspezifische Anpassung des Leistungsspektrums sehr schnell und effizient vorzunehmen. Hierzu ist die Betonung der frühen (Struktur-) Planungsphasen essentiell.

Zur Unterstützung der kundenspezifischen Entwicklung in späten Phasen soll im Folgenden ein Beitrag geleistet werden. Hierzu werden zunächst Maßnahmen der vorgelagerten Strukturplanung individualisierter Produkte zusammengefasst, mit denen die Basis einer effizienten und aufwandsarmen individuellen Leistungsentwicklung geschaffen wird. Anschließend wird der Prozess der kundenindividuellen Produktdefinition behandelt und der Handlungsbedarf für eine Unterstützung dieser Phase abgeleitet.

### **3.3 Strukturplanung individualisierter Produkte**

Eine von Grund auf kundenspezifische Entwicklung ist vor allem bei Konsumprodukten hinsichtlich Zeit- und Kostenaufwand nicht machbar und auch nicht sinnvoll. Wie gezeigt, erfolgt die kundenspezifische Produktdefinition bei individualisierten Produkten daher auf Basis einer vorgeplanten Produktstruktur. Diese Strukturplanung ist ein grundlegender Bestandteil des Konzeptes der massenhaften Produktindividualisierung und Gegenstand des folgenden Kapitels.

Ziele einer Produktstrukturplanung sind nach SCHUH [2005, S. 119] u. a. die strukturelle Gliederung des Produktes, die Strukturierung des Konstruktionsprozesses, die Vereinheitlichung des Zeichnungs- und Stücklistenaufbaus, die Steigerung der Mehrfachverwendung von Baugruppen und Einzelteilen, die Reduzierung der Produktionsdaten und die Optimierung der Materialdisposition. Übergeordnetes Ziel ist dabei nach UNGEHEUER [1986, S. 44] die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Unternehmens. Dies wird durch eine direkte Reduzierung der Kosten, z. B. aufgrund eines höheren Wiederverwendungsgrades, und durch indirekte Effekte, wie Senkung der Auftragsabwicklungs- und Lieferzeiten oder Verbesserung der Kapa-

---

<sup>70</sup> Das Innovationstempo wird dabei wesentlich durch die Kunden mitbestimmt [KALKOWSKI 1997, S. 88].

zitätsauslastung, erreicht. Außerdem soll durch bessere Konfigurierbarkeit die Berücksichtigung von individuellen Kundenwünschen möglich sein, gleichzeitig aber durch Definition eines Grundproduktes der Konstruktionsaufwand gesenkt werden [ebd., S. 57]. Im Hinblick auf die massenhafte Produktindividualisierung ist die Aufgabe der Strukturplanung der Entwurf einer Produktstruktur, die die zentralen Individualisierungsanforderungen an das Produkt berücksichtigt, gleichzeitig aber der Forderung nach kostengünstiger individueller Produktanpassung sowie interaktions-, fertigungs- und montagebezogenen Belangen gerecht wird. Hier sind vor allem der Vorentwicklungs- und Vorfertigungsgrad, die Mehrfachverwendung von Bauteilen und der Varietätsgrad einzelner Komponenten wesentliche Einflussgrößen [PILLER 2001, S. 272]. Bevor hierzu jedoch die wesentlichen Kernelemente diskutiert werden, soll zunächst eine inhaltliche Abgrenzung des Themas erfolgen.

### 3.3.1 Inhaltliche Abgrenzung der Produktstrukturplanung

In Tabelle 5 sind ausgewählte Begriffserklärungen zur Produktstruktur zusammengefasst.

Tabelle 5: Definitionen der Produktstruktur

Autoren	Definition
DIN 199	Produktstruktur ist definiert als „ein Produktdarstellendes Modell, das die Gesamtheit der nach bestimmten Gesichtspunkten (z. B. Funktion, Montage) festgelegten Beziehungen zwischen den Baugruppen und Einzelteilen eines Produktes beschreibt“ [zitiert bei JESCHKE 1997, S. 23; RIEPE 2003, 30].
EIGNER & STELZER 2001, S. 15	Produktstrukturierung besteht in der Zuordnung von Produktkomponenten (Material, Halbzeuge, Einzelteil, Baugruppe, Erzeugnis) zueinander, wobei die Zuordnung durch Beziehungen der Art „besteht aus“ (Komponentenauflösung) oder „gehört zu“ (Komponentenverwendung) gebildet werden kann. Die Beziehung kann weitere Informationen enthalten (z. B. zur Menge).
REFA 1985, S. 89	Eine Struktur stellt die innere Gliederung eines Systems dar. Mit ihr werden die Beziehungen zwischen den Systemelementen nach Zahl und Art beschrieben.
ULRICH 1995, S. 420	„The architecture of the product is the scheme by which the function of the product is allocated to physical components. I define product architecture more precisely as: (1) the arrangement of functional elements; (2) the mapping from functional elements to physical components; (3) the specification of the interfaces among interacting physical components.“
HUBKA & EDER 1988, S. 133	Die Struktur („Anatomie“) eines technischen Systems ist die Menge von Elementen (auf verschiedenen Abstraktionsstufen) und deren Beziehungen untereinander. Dabei erfüllen die Teilsysteme in vorgesehenen Kombinationen die Teil- und Elementarfunktionen des Produktes und bestimmen auf diese Weise unter Berücksichtigung der verschiedenen Kopplungen zwischen den Elementen das Systemverhalten. Kopplungen können u. a. mechanischer/geometrischer, elektrischer, thermischer, chemischer, magnetischer, zeitlicher oder örtlicher Art sein.
SCHUH 2005, S. 119 F.	„Unter einer Produktstruktur versteht man die strukturierte Zusammensetzung des Produktes aus seinen Komponenten. Baugruppen und Einzelteile führen dabei zu Strukturstufen, indem sie Komponenten auf tieferer Ebene in der Produktstruktur zusammenfassen“

Zusammenfassend stellt eine Produktstruktur damit die funktionalen, strukturalen und hierarchischen Zusammenhänge eines Produktsystems und seiner Bestandteile dar. Damit schafft die Produktstruktur den logischen Zusammenhang zwischen dem Produkt und den Bestandteilen, aus denen es sich zusammensetzt [BREXEL 1997, S. 4]. Produktstrukturen können nach verschiedenen Schwerpunkten gebildet bzw. unter verschiedenen Aspekten („Sichten“) betrachtet werden, das sind beispielsweise funktions-, montage- oder konfigurations- bzw.

vertriebsorientierte Produktstrukturen [vgl. BREXEL 1997, S. 103; EIGNER & STELZER 2001, S. 15; EVERSHEIM 1998, S. 17 ff.; GÖPFERT 1998, S. 74 f.; KOHLHASE 1997, S. 35; NILLES 2001, S. 48 ff.; RAPP 1999, S. 128; WIENDAHL 2005, S. 141 f.].<sup>71</sup>

Im Rahmen der Produktstrukturplanung werden entsprechend die funktionalen, strukturalen und hierarchischen Zusammenhänge eines Produktsystems und seiner Bestandteile festgelegt. Bei variantenreichen und individualisierten Produkten erfolgt diese Festlegung vor allem unter dem Gesichtspunkt eines Kosten-Nutzen-optimalen Standardisierungs- bzw. Individualisierungsverhältnisses sowie der Schaffung einer robusten Produktstruktur, die individuelle Änderungsauswirkungen weitmöglich begrenzt. Analog können zwei grundsätzliche Strategietypen der Produktstrukturierung unterschieden werden [vgl. NILLES 2001, S. 138 ff.], das sind Standardisierungsstrategien und Komplexitätsstrategien. Durch **Standardisierungsstrategien** sollen die Vielfalt und Kosten der verwendeten Teile durch Erzeugung von Gleichteilen und -systemen reduziert werden. Dies kann auf verschiedenen Ebenen des Produktprogramms erfolgen. So sind die Gleichteile- und die Baukastenstrategie primär produktbezogen, während die Plattformstrategie eine produktübergreifende Verwendung gleicher Komponenten und Systeme verfolgt. **Komplexitätsstrategien**, deren zentraler Vertreter die Modulstrategie ist, zielen dagegen auf eine Beherrschung der Produkt- und Prozesskomplexität ab. Dies wird durch Zerlegung (Dekomposition) und Entkopplung der Produktstruktur in autonome Einheiten erreicht. Im folgenden Teilkapitel werden die, aus Sicht des Verfassers wesentlichen, strukturbezogenen Fragestellungen bei der Strukturplanung individualisierter Produkte näher beleuchtet. Ein Überblick über den Prozess der Produktstrukturplanung sowie zugeordnete Strategien und Methoden findet sich im Anhang A.6. Für eine sehr detaillierte Zusammenstellung und Bewertung von Methoden zur variantenoptimalen Produktgestaltung sei u. a. auf [FIRCHAU 2003, S. 70 ff.; NILLES 2001, S. 111 ff.] verwiesen.

### 3.3.2 Aspekte der Produktstrukturierung

Die wesentlichen Fragestellungen im Rahmen der Produktstrukturplanung bei individualisierten Produkten beziehen sich nach Meinung des Verfassers auf die Festlegung und Umsetzung

- eines geeigneten Modularisierungsgrads (flexibilitätsorientierte Gestaltung der Produktarchitektur durch Verknüpfung von Funktions- und Baustrukturen),
- eines wirtschaftlich optimalen Individualisierungsgrads (Bestimmung des Verhältnisses von Standardisierung und Freiräumen bei den einzelnen Komponenten) und
- eines angemessenen Vorbereitungsgrads (Entscheidung über Ausarbeitung oder Verlagerung („Postponement“) von Entwicklungsleistungen in die Auftragsabwicklung).

---

<sup>71</sup> In engem Zusammenhang dazu steht die Repräsentation von Produktstrukturen in Produktmodellen, die in dieser Arbeit jedoch nicht weiter behandelt werden. Mit Produktmodellen beschäftigen sich u. a. [GRABOWSKI ET AL. 1993; RIEPE 2003; SUHM 1993; WELLNIAK 1995; WEINBRENNER 1994] ausführlich. Für einen Überblick weiterer Abbildungsmethoden insbesondere bei variantenreichen Produkten sei zudem auf [BREXEL 1997; JESCHKE 1997, S. 47 ff.; HERLYN 1990; SCHALLER 1980; SCHUH 1989, S. 47; SCHUH 2005, S. 140 ff.] verwiesen.



Insbesondere die Entscheidungen bezüglich des Modularisierungsgrads und des Individualisierungsgrads hängen dabei eng zusammen und haben massiven Einfluss auf die varianteninduzierte Komplexität. Der Vorbereitungsgrad stellt dagegen eine eher übergeordnete strategische Entscheidung dar.

### *Modularisierungsgrad*

Die Frage nach dem geeigneten Modularisierungsgrad ist eine allgemeine und keine spezifisch individualisierungsbezogene Problemstellung der Produktstrukturierung, auch wenn sie hier aufgrund des starken Bezuges zur Konfiguration individueller Leistungen von besonderer Relevanz ist. Sie ist auch nicht primär mit der Bildung von Modulen verbunden, sondern bezieht sich auf den grundlegenden Aufbau des Produktes und den Zusammenhang zwischen Funktions- und Baustruktur.

Dieser Zusammenhang zwischen Funktions- und Baustruktur wird nach GÖPFERT [1998, S. 91 ff.] durch Betrachtung der jeweiligen hierarchischen und relationalen Strukturen hergestellt. Auf Funktionsebene werden dabei die Produkt- und zugeordnete Teilfunktionen sowie die funktionalen Beziehungen zwischen den Teilfunktionen betrachtet und den physischen Produktkomponenten (Baugruppen, -teile) zugeordnet. Zudem müssen die Schnittstellen zwischen den physischen Produktkomponenten beachtet werden [GÖPFERT 1998, S. 97 f.]; das können beispielsweise Befestigungs- (z. B. Verbindungen von Komponenten), Übertragungs- (z. B. Energieströme), Daten- (z. B. Informationsströmen), räumliche (z. B. Raumbeziehungen, Einbaumaße) oder Umweltschnittstellen (Hitze, Magnetfelder etc.) sein [NILLES 2001, S. 54]. Die funktionale und physische Dekomposition erfolgt nach GÖPFERT [1998, S. 93] solange, bis physische Komponenten zur Erfüllung der geforderten Teilfunktion identifiziert werden können, was z. B. entscheidend von der Neuartigkeit der Entwicklungsaufgabe und der Verfügbarkeit entsprechender technischer Komponenten abhängt. Dazu stellt jedoch LINDEMANN [1980, S. 32 f.] fest, dass Bauteile zwar immer Funktionen wahrnehmen, die aus Sicht des Produktzweckes relevanten Teilfunktionen im Allgemeinen aber nicht eindeutig mit den Produktteilen übereinstimmen. Ein Produkt oder eine Baugruppe mit einer bestimmten Zahl an Funktionen kann demzufolge aus einer oder mehreren Bauteilen und Baugruppen bestehen. Diese Zuordnung von Funktionen und Bauteilen wird von KOLLER [1994, S. 264] als Festlegung der Funktionsbauweise bezeichnet. Hierbei wird „das Verhältnis zwischen der Zahl an Funktionen (Fähigkeiten) und der Zahl der Bauteile eines technischen Gebildes bestimmt“ [ebd.]. Dieses Verhältnis soll im Folgenden als Modularisierungsgrad bezeichnet werden und ist im Wesentlichen durch vertriebliche, technische und wirtschaftliche Überlegungen bestimmt. KOLLER [1994, S. 265 ff.] unterscheidet hier drei grundsätzliche Ansatzmöglichkeiten für Funktionsbauweisen, das sind mit reinem Bezug auf die Baustruktur Total- oder Partialweise und mit Bezug auf die Zuordnung von Funktionen zu Bauteilen Differenzial- oder Integralbauweise und Mono- oder Multifunktionalbauweise (vgl. Bild 3-15). **Total- bzw. Partialbauweise** bezeichnet dabei die Art der Bauteilzusammensetzung pro Funktion. Die **Differenzial- bzw. Integralbauweise** bezieht sich auf die Aufgliederung eines Bauteiles in mehrere bzw. die Zusammenfassung mehrerer Bauteile gleicher oder unterschiedlicher Funktionen zu einem Bauteil. Mit **Mono- oder Multifunktionalbauweise** ist schließlich die Möglichkeit zur Übernahme einer oder mehrerer Funktionen durch ein Bauteil zu verstehen, was auch als auch Funktionstrennung oder -vereinigung bezeichnet wird [EHRENSPIEL 2007,

S. 470]. Weitere Grundsatzentscheidungen der Architekturgestaltung beziehen sich auf Redundanz (mehrere Komponenten nehmen disjunkt eine Funktion wahr) und Zentralität bzw. Dezentralität von Teilsystemen [vgl. BAUMANN 1982, S. 207].

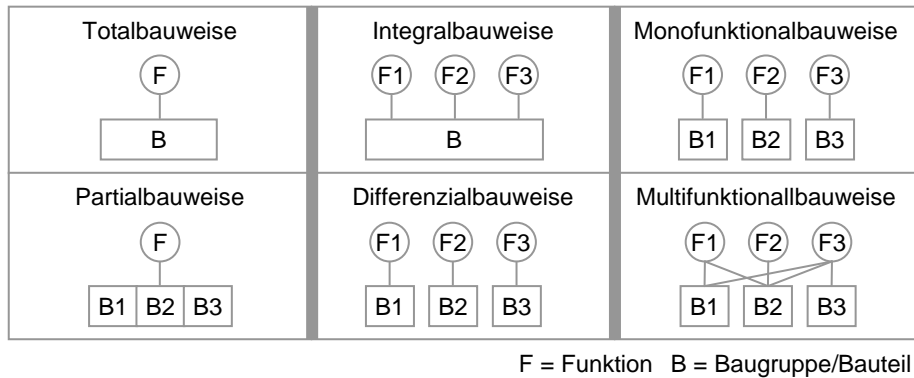


Bild 3-15. Funktionsbauweisen von technischen Produkten [KOLLER 1994, S. 266]

Im Rahmen der Strukturplanung individualisierter Produkte ist dabei vor allem die grundsätzliche Entscheidung zwischen Differenzial- und Integralbauweise von Bedeutung, da hiermit festgelegt wird, welche kundenrelevanten Funktionen einzeln an spezifische Anforderungen angepasst werden können. So können bei einer ausgeprägten **Differenzialbauweise** die Variantenentstehung in die Montage verlagert sowie höhere Raten für Gleich- und Wiederholteilverwendung erreicht werden, was sich günstig auf die Kostenposition bei komplexeren Produkten mit niedriger Stückzahl auswirken kann. Allerdings entstehen bei der Differenzialbauweise im Vergleich zu Integralbauweise vor allem höhere Fertigungskosten [vgl. SCHUH 2005, S. 125 ff.]. Die **Integralbauweise** wiederum ist nach FIRCHAU [2003, S. 95] vor allem bei einfachen Produkten mit hoher Stückzahl geeignet. Eine „Zwischenform“ zwischen Differenzial- und Integralbauweise stellt jedoch die **Modulbauweise** dar [SCHUH 2005, S. 129 ff.], die eine große Relevanz für die Strukturplanung individualisierter Produkten hat (vgl. Anhang A.6). Die Modulbauweise ist durch Subsysteme, so genannte Module, gekennzeichnet, die abgegrenzte Funktionen ausführen und eine, im Vergleich zur inneren Struktur, geringe Außenvernetzung über definierte Schnittstellen aufweisen. Dadurch sind Module relativ unabhängig voneinander und ohne Kenntnis des inneren Aufbaus austauschbar [GÖPFERT 1998, S. 27; RIEPE 2003, S. 36]. Dies wirkt sich günstig auf Fertigung und Montage aus (Vorproduzier- und -prüfbarkeit), gleichzeitig können eine höhere Teilewiederverwendung als bei der Integralbauweise und damit Mengeneffekte realisiert werden. Andererseits gehen mit der Modulbauweise höhere Entwicklungskosten und meist höhere Einzelkosten einher, z. B. durch Schnittstellenkosten. Der Vorteil der Modulbauweise bei individualisierten Produkten besteht vor allem darin, dass kundenspezifische und standardisierte Module getrennt behandelt werden können und Änderungsauswirkungen an Komponenten im Fall kundenspezifischer Anpassungen meist auf das Modul beschränkt bleiben. Durch individuelle Konfiguration des Gesamtproduktes auf Basis von Modulen sollen zudem eine große Varianz und Flexibilität auf Kundenseite bei gleichzeitig geringer unternehmensbezogener Varianz erreicht werden.

### *Individualisierungsgrad*

Entsprechend der Feststellung von SCHUH [2005, S. 121], dass die Strukturoptimierung (Modularisierung) in enger Abstimmung mit der Leistungsoptimierung, also der Bestimmung der angebotenen Vielfalt, erfolgen soll, muss im Rahmen der Strukturplanung individualisierter Produkte jedoch auch geklärt werden, welche Leistungskomponenten überhaupt kundenspezifisch ausgeprägt sein sollen und zu welchem Ausmaß. Dazu ist die Spezifikation von Variantenstrukturen gefordert, mit denen der Gleichteile-, Unterschiedsteile- und der mögliche Sonderwunschumfang des Produktes definiert wird [SCHALLER 1980, S. 3].

Die Festlegung dieses so genannten Individualisierungsgrades [WORTMANN 1992, S. 87] umfasst im Wesentlichen die Ermittlung der potenziellen Kundenwünsche und ihres Beitrags zum Kundennutzen sowie, darauf aufbauend, die Beschreibung von Standardumfängen und Individualisierungsmöglichkeiten. Wesentliche Aufgabe ist hierbei die Bestimmung von Freiheitsgraden<sup>72</sup> und deren Gestaltungstiefe innerhalb der Funktions- und Teilestruktur [vgl. GRÄBLER 2004, S. 71; MUNTSLAG 1993, S. 18 ff.; RIEPE 2003, S. 45; SCHNEIDER 1998, S. 159]. Einen grundsätzlichen Strukturierungsansatz stellt dazu UNGEHEUER [1986, S. 14 f.] vor: Hier wird der kundenneutralen Baustruktur eine Erzeugnisgliederung überlagert, die eine Charakterisierung der Teile hinsichtlich ihrer Kundenspezifität vornimmt, wobei Gleichteile, variantenspezifische Muss- und Kann-Teile sowie Kundenwünsche unterschieden werden [vgl. auch NILLES 2001, S. 71; PAHL ET AL. 2005, S. 636; RAPP 1999, S. 26 ff.; SCHUH 2005, S. 138; ebd., S. 250]. **Gleichteile** sind grundsätzlich in allen Varianten des Produkttyps in identischer Weise enthalten. Sie bilden gemeinsam mit den jeweiligen Muss-Teilen das Grundprodukt. **Variantenspezifische Muss-Teile** können in den Varianten unterschiedlich sein, sind jedoch für die Funktion unerlässlich. **Variantenspezifische Kann-Teile** sind vorgesehene Varianten, die optional hinzugenommen werden können (Anbauteile). **Kundenwünsche** (bzw. Sonderelemente) sind Teile, die auftragsspezifisch entwickelt werden, um bestimmte vom Kunden geforderte Funktionen oder andere Anforderungen zu erfüllen. Bezüglich einzelner Produktparameter sind ebenso verschiedene Eingrenzungen denkbar, z. B. die Definition mehrerer zulässiger Werte, die Festlegung oder der Ausschluss eines Wertebereiches ober-, unter- oder innerhalb definierter Grenzen sowie frei wählbare Werte [vgl. auch FIRCHAU 2003, S. 52 f.; WORTMANN 1992, S. 87]. Nach WORTMANN [1992, S. 87; vgl. auch BENETT 1999, S. 78] wird in diesem Zusammenhang zudem das Spektrum jeweils notwendiger, individueller Entwicklungsaktivitäten bestimmt.

Als Ausgangsbasis für die Festlegung des Individualisierungsgrades kann eine so genannte (kunden-) neutrale Produktstruktur dienen [vgl. EVERSHEIM 1995, S. 8; HVAM ET AL. 2002], mit der das Produkt in standardisierte und individualisierbare Elemente aufgeteilt wird (vgl. Bild 3-16).<sup>73</sup> Anschließend werden die Produktelemente identifiziert, die individualisierungsrelevant sind bzw. die als Standardumfänge ausgeführt werden können. Kritisch ist dabei der

<sup>72</sup> *Freiheitsgrade sind allgemein alle Variablen, die gestaltet werden können und zugleich dem zu gestaltenden System angehören [PATZAK 1982, S. 149].*

<sup>73</sup> *PILLER & STOTKO [2003, S. 106] verwenden hier den Begriff der „generischen Produktarchitektur“.*

richtige Detaillierungsgrad der Strukturierung. Eine Produktindividualisierung sollte nur bei „unabhängig gestaltbaren Einheiten“ möglich sein [SCHNEIDER 1998, S. 169].<sup>74</sup>

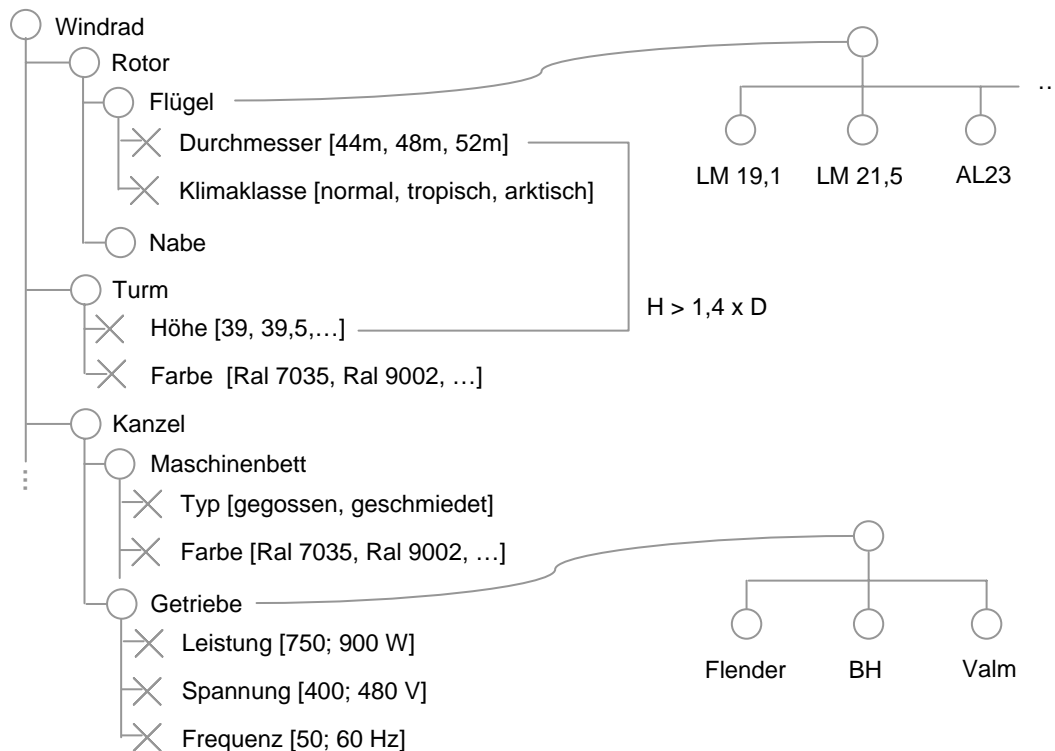


Bild 3-16. Kundenneutrale Produktstruktur zur Abbildung von Individualisierungsmöglichkeiten [in Anlehnung an HVAM ET AL. 2002, S. 34]

Für die Bestimmung eines optimalen Individualisierungsgrades sollte durch die Strukturplanung sichergestellt werden, dass eine Individualisierung nur bei aus Kundensicht besonders relevanten Produktumfängen vorgenommen werden kann. Hierbei müssen das in der Individualisierung begründete Nutzensteigerungspotenzial (komparativer Nutzenszuwachs) sowie der Anteil des Merkmals an der Kaufentscheidung (Wichtigkeit für den Kunden) berücksichtigt werden [SCHNEIDER 1998, S. 160 ff.]. Außerdem wird die Entscheidung hinsichtlich der Individualisierungsbereiche von komplexitätsbedingten (z. B. einfache Austauschbarkeit oder geringe Änderungsauswirkungen) und wirtschaftlichen Erwägungen (Rentabilitätsrechnung) geleitet. Tendenziell gilt dabei nach SCHNEIDER [1998, S. 178 f.], dass Produktelemente mit hoher Bedeutung für die Kaufentscheidung und geringem Aufwand bzw. Kosten für die Bereitstellung der geforderten Varianz individualisiert, Produktelemente mit niedriger Bedeutung für die Kaufentscheidung und hohem Aufwand bzw. Kosten für die

<sup>74</sup> Beispielsweise sollte eine Auswahl zwischen zwei Motortypen, aber nicht hinsichtlich Zylinder oder Ventilanzahl getroffen werden.

Bereitstellung der geforderten Varianz dagegen standardisiert werden sollten. Produktelemente mit sowohl einer hohen Bedeutung für die Kaufentscheidung als auch hohem Aufwand bzw. Kosten für die Bereitstellung der geforderten Varianz können wettbewerbsstrategisch besonders bedeutsam sein. Eine Individualisierung sollte hier intensiv geprüft werden.

Mit der Entscheidung über die Zuordnung von Funktionen zu Bauteilen, die Bildung entsprechender Module und der Festlegung, welche Funktionen bzw. Produktkomponenten dabei in welchem Umfang individuell ausgeführt werden können, sind nun die wesentlichen Parameter der Produktstruktur festgelegt. Dabei wurden jedoch noch nicht die Produktkomponenten bestimmt, die bereits im Rahmen der Produktstrukturplanung zu entwickeln sind bzw. die erst bei Auftreten eines entsprechenden Bedarfs während der kundenspezifischen Produktdefinition ausgearbeitet werden. Auch hier sind verschiedene Abstufungen dieses so genannten Vorbereitungsgrades denkbar, die im folgenden Abschnitt diskutiert werden.

### *Vorbereitungsgrad*

Im Gegensatz zu anderen, in Kapitel 2.3.1 erörterten Konzeptionen der massenhaften Produktindividualisierung soll im Rahmen des hier diskutierten Ansatzes bei der kundenspezifischen Leistungsdefinition nicht nur auf vorentwickelte und -produzierte Leistungskomponenten zurückgegriffen werden. Vielmehr soll diese Leistungsdefinition auch die kundenspezifische Anpassung und Entwicklung von Funktionen/Komponenten einschließen. Diese konzeptionelle Festlegung macht allerdings eine Entscheidung im Rahmen der Produktplanung darüber notwendig, welche Komponenten bis zu welchem Ausarbeitungsgrad entwickelt bzw. „vorbereitet“ werden.<sup>75</sup> Hierbei kann grundsätzlich in einen allgemeinen und einen speziellen Vorbereitungsgrad unterschieden werden [JACOB 1995, S. 70]. Der **allgemeine Vorbereitungsgrad** bezeichnet ein Leistungspotenzial, das nicht auf die Erstellung eines spezifischen Erzeugnisses ausgerichtet ist, sondern für die Durchführung verschiedener Tätigkeiten bzw. Erzeugung verschiedener Produkte zu verwenden ist (z. B. sehr flexible Produktionseinrichtungen oder eine allgemeine Entwicklungskompetenz). Der **spezielle Vorbereitungsgrad** bezieht sich demgegenüber auf ein Leistungspotenzial, das auf die Erstellung eines bestimmten Produktes bzw. einer bestimmten Gruppe von Produkten ausgerichtet ist. Der allgemeine Vorbereitungsgrad kennzeichnet daher die Bandbreite, innerhalb derer Produkthanpassungen vorgenommen werden können, während der spezielle Vorbereitungsgrad den notwendigen Aufwand zur Anpassung bestimmt.

Wie Bild 3-17 zeigt, verhalten sich die beiden Vorbereitungsgrade grundsätzlich reziprok zueinander, d. h. ein erhöhter spezifischer Vorbereitungsgrad verringert zwangsläufig den allgemeinen Vorbereitungsgrad. Demnach weisen Standarderzeugnisse einen hohen speziellen bei entsprechend geringem allgemeinen Vorbereitungsgrad auf. Auch Baureihen, Baukästen und parametrisierte Produkte weisen aufgrund des vollständig entwickelten Produktspektrums noch einen hohen speziellen Vorbereitungsgrad auf. Standardprodukte und Module des Baukastens können sogar kundenunabhängig vorproduziert werden. Durch einen geringen speziellen bei hohem allgemeinen Vorbereitungsgrad sind demgegenüber z. B. generische Pro-

---

<sup>75</sup> Der Vorbereitungsgrad dient zur Beschreibung des „zu einem bestimmten Zeitpunkt vollzogenen Umfanges der Produktionsvorbereitung“ [WAGNER 1981, zitiert bei JACOB 1995, S. 70].

duktmodelle oder Rahmenkonzepte gekennzeichnet. Hier werden nur ein Teil der Produktparameter festgelegt (z. B. Wirkprinzipien und Komponentenstruktur eines Moduls), die Definition anderer Merkmale (z. B. Werkstoffausführung oder Dimensionierung einzelner Komponenten) jedoch auf den einzelnen Anwendungsfall verlegt [vgl. auch MUNTSLAG 1993, S. 80 f.]. Die Art der Gestaltung von Produkten bestimmt damit wesentlich beide Ausprägungen des Vorbereitungsgrades und determiniert die dem Produktsystem immanente Flexibilität [vgl. JACOB 1995, S. 70 f.].

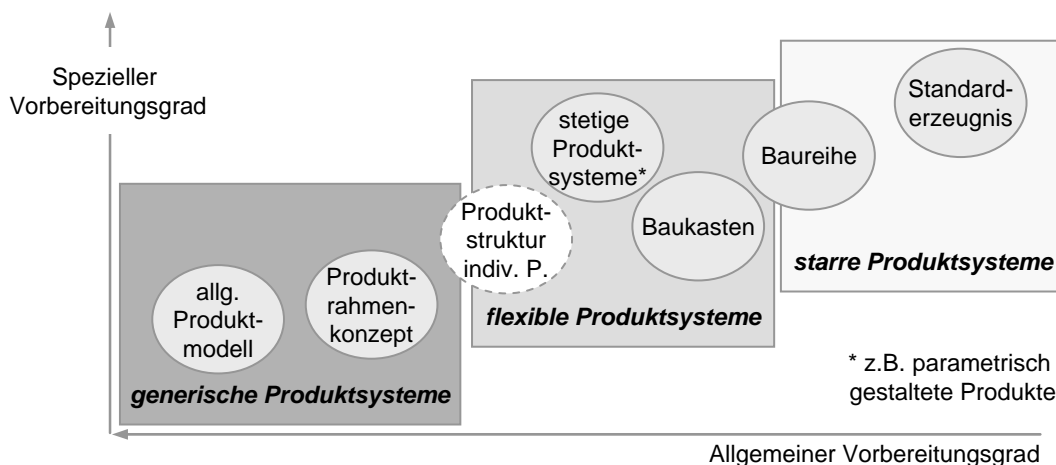


Bild 3-17. Allgemeiner und spezifischer Vorbereitungsgrad von Produktsystemen [nach JACOB 1995, S. 71]

Die Frage nach einem angemessenen allgemeinen bzw. speziellen Vorbereitungsgrad ist damit weniger eine strukturbezogene Problemstellung, als vielmehr eine strategische Investitionsentscheidung. Die Entscheidung darüber, welche Komponenten in welchem Ausmaß entwickelt werden, kann sich nach deren Verwendungshäufigkeit und Wert richten. So können Bauteile, die eine hohe Verwendungshäufigkeit bzw. Wahrscheinlichkeit des Auftretens entsprechender Kundenanforderungen („X-Teile“) und einen niedrigen Entwicklungsaufwand („C-Teile“) haben, einen hohen spezifischen Vorbereitungsgrad aufweisen und auftragsunabhängig entwickelt werden.<sup>76</sup> Bauteile mit einem hohen Entwicklungsaufwand und einer niedrigen Verwendungshäufigkeit sollten aufgrund der geringeren Kapitalbindung auftragspezifisch ausgearbeitet werden. Zudem hängt die Entscheidung über den Vorbereitungsgrad von der notwendigen Reaktionsfähigkeit im Bedarfsfall und anderen Faktoren (z. B. Auslastung) ab. Entsprechend gibt es bei individualisierten Produkten Komponenten, die durch einen hohen speziellen Vorbereitungsgrad gekennzeichnet sind, z. B. Standardkomponenten oder parametrisch anzupassende Bauteile. Andere Komponenten, z. B. ein individuell gestaltbares Gehäuse, weisen dagegen einen höheren allgemeinen Vorbereitungsgrad auf und manche Bereiche, in denen allgemeine, d. h. nicht festgelegte Individualisierungsfreiräume bestehen, sind schließlich durch einen minimalen spezifischen Vorbereitungsgrad gekennzeichnet.

<sup>76</sup> Eine detaillierte Darstellung der ABC- und XYZ-Analyse findet sich z. B. bei [CORSTEN 2004, S. 402 ff.]

In Bild 3-18 sind die drei diskutierten Aspekte der Strukturplanung individualisierter Produkte in einem Metastrukturmodell zusammengefasst. Das Modell dient dabei nicht der Abbildung tatsächlicher Produktstrukturen im Sinne eines Produktstrukturmodells, sondern stellt als Metamodell die wesentlichen Elemente einer Produktstruktur individualisierter Produkte im Überblick und vor dem Hintergrund der gezeigten strukturellen Zusammenhänge hinsichtlich Modularisierungs-, Individualisierungs- und Vorbereitungsgrad dar. Es bietet damit eine methodische Hilfestellung bei der Strukturplanung und ist zudem eine wichtige Grundlage für die Planung von kundenspezifischen Entwicklungsprozessen (vgl. Kap. 7.2.1).

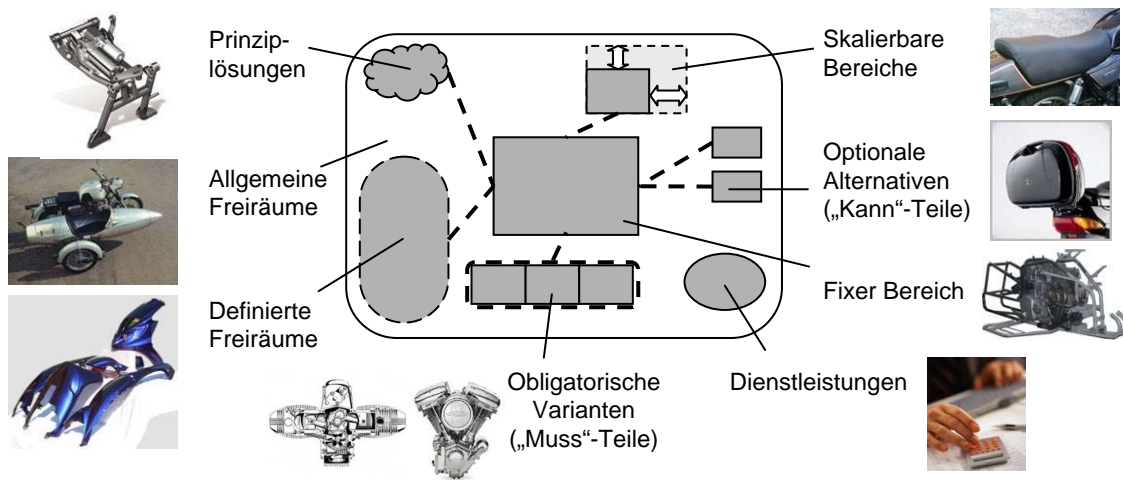


Bild 3-18. Metastrukturmodell individualisierter Produkte [nach BAUMBERGER & LINDEMANN 2006, S. 249]

Das Metastrukturmodell in Bild 3-18 bildet am Beispiel eines Motorrades die wesentlichen Strukturelemente individualisierter Produkte ab, das sind fixe Bereiche, obligatorische und optionale Alternativen, skalierbare Bereiche, Prinziplösungen, definierte und allgemeine Freiräume sowie Dienstleistungen [vgl. BAUMBERGER & LINDEMANN 2006, S. 249 f.; LINDEMANN & MAURER 2006, S. 46 f.]. Der **fixe Bereich** stellt den unveränderlichen Kern der Produktstruktur dar. Hier sind die nichtvariablen Grundfunktionen und zugeordnete Komponenten enthalten (z. B. das Gestell bzw. der Rahmen). Aufgrund weit reichender Änderungsauswirkungen oder hoher Kosten sind kundenindividuelle Anpassungen in diesem Bereich nicht erlaubt. Eine vergleichsweise einfache Anpassung kann dagegen durch Auswahl bzw. Austausch von alternativen Komponenten (Modulen) erfolgen. Hier können obligatorische Muss-Alternativen und optionale Kann-Alternativen unterschieden werden. Bei einer **obligatorischen Alternative** ist eine Auswahl zwingend (z. B. eine Antriebsvariante), eine **optionale Alternative** kann dagegen zusätzlich gewählt werden (z. B. Zubehör, hier ein Gepäckkoffer). **Skalierbare Bereiche** beziehen sich auf Produktkomponenten, die nach definierten Regeln und innerhalb festgelegter Wertebereiche kundenspezifisch angepasst werden können (z. B. die Maanpassung des Sitzes oder der Griffe). Dies betrifft vor allem geometrische Produktparameter, kann sich aber z. B. auch auf Leistungsgrößen beziehen. Dabei ist eine kontinuierliche Ausnutzung des zulässigen Wertebereiches möglich und es ist keine Stufung

der zulässigen Parameterausprägungen im Sinne des Baureihenansatzes vorgesehen.<sup>77</sup> Bei **Prinziplösungen** existieren im Gegensatz dazu keine exakt vordefinierte Anpassungsregel und kein zulässiger Wertebereich. Die individuellen Gestaltungsfreiräume werden hierbei durch die Vorgabe eines Gestaltungs- oder Wirkprinzips eingeschränkt. Die Anpassung erfolgt durch kundenspezifische Ausarbeitung der vordefinierten Prinziplösung, was eine aufwandsarme Produkthanpassung vor allem bei Produktkomponenten unterstützt, die zwar häufig, aber in jeweils unterschiedlicher Ausprägung verwendet werden (z. B. bestimmte Funktions- oder Verbindungselemente, hier der Ständer). Schließlich werden im Rahmen der Strukturplanung auch Produktkomponenten bzw. Strukturbereiche spezifiziert, in denen eine sehr ausgeprägte kundenspezifische Anpassung möglich ist. Diese werden als Freiräume bezeichnet. Der Gestaltungsfreiraum wird hierbei nicht durch definierte Konstruktionsregeln, aber natürlich durch Naturgesetze, die technische Machbarkeit und die festgelegten Grenzen des Freiraums eingeschränkt. Ein **definierter Freiraum** liegt vor, wenn eine Produktkomponente innerhalb eines zulässigen Bereiches frei gestaltet werden kann und die Gestaltungsmöglichkeit vorgesehen und strukturell hinterlegt ist. Dies betrifft vor allem Bereiche, in denen ein kundenindividueller Anpassungsbedarf erwartet wird (z. B. die individuelle Gestaltung des Gehäuses). Ein **allgemeiner Freiraum** bezeichnet dagegen Freiheitsgrade in der Produktstruktur, bei denen individuelle Modifikationen der Produktkomponenten oder auch der -struktur ohne massive Auswirkungen auf das Produkt möglich sind, die jedoch nicht vorgeplant sind (z. B. die nachträgliche Ergänzung von Produktfunktionen oder -komponenten, hier ein Seitenwagen). Nichtsdestotrotz können im Rahmen der Strukturplanung derartige Bereiche gezielt angelegt werden. **Dienstleistungen** ergänzen das individualisierte Sachprodukt schließlich um immaterielle Leistungsbestandteile (z. B. Wartung, Finanzierung).

Mit dem beschriebenen Modell wird vor allem eine grundsätzliche Einteilung der Komponenten nach ihrem Individualisierungsgrad vorgenommen. Hier werden, mit steigendem Individualisierungsgrad, Standardumfänge (Elemente des fixen Bereichs), austauschbare Module, parametrische und individuell zu entwickelnde Umfänge (Freiräume) unterschieden [vgl. LINDEMANN ET AL. 2003B, S. 4]. Im Rahmen der Anwendung des Modells muss dabei noch die Ebene festgelegt werden, auf der die Individualisierung vorgenommen wird, also z. B. auf Produkt-, Baugruppen-, Bauteil- oder Gestalt-/Materialebene [ebd., S. 5]. Die Festlegung des Modularisierungsgrads wird dabei nur indirekt unterstützt, diese kann allerdings auch erst vor dem Hintergrund tatsächlich vorliegender Funktions-Komponenten-Zusammenhänge vorgenommen werden. Tendenziell sind hier aber vor allem (austauschbare) Alternativen sinnvoll als Module zu gestalten, während der fixe Bereich auch eine höhere Funktions- und Komponentenintegration aufweisen kann bzw. als Plattform auszuführen ist. Auch Gestaltungsfreiräume können durch gezielte Modularisierung (Entkopplung) oder Differenzierung geschaffen werden. Schließlich lassen sich auch bezüglich des Vorbereitungsgrads Empfehlungen auf Basis des Modells ableiten. So weisen fixe und obligatorische sowie teilweise auch optionale Bereiche in der Regel einen hohen speziellen Vorbereitungsgrad auf, während skalierbare Bereiche und Prinziplösungen durch einen mittleren und Freiräume durch einen sehr geringen Vorbereitungsgrad gekennzeichnet sind. Durch Ausprägung und Entwicklung von Produktbe-

---

<sup>77</sup> Eine Baureihe wäre vielmehr ein bestimmtes Set an vordefinierten Alternativen.



standteilen in diesen Bereichen entstehen aber z. B. wiederum optionale Alternativen, die das Leistungspotenzial erweitern und den Vorbereitungsgrad damit schrittweise anheben.

### 3.4 Individuelle Produktdefinition und -anpassung

Auf Basis der Produktstruktur, die kundenanonym definiert wurde, kann nun die kundenspezifische Produktdefinition vorgenommen werden. Hierbei werden die Kundenanforderungen aufgenommen, der notwendige individuelle Anpassungs- und Entwicklungsbedarf bestimmt und die entsprechenden Produktadaptionprozesse ausgeführt.<sup>78</sup> Im folgenden Teilkapitel werden abschließend allgemeine Ansätze und Methoden zur Unterstützung der kundenindividuellen Produktdefinition diskutiert. Dabei sollen der für individualisierte Produkte charakteristische starke Bezug zur Strukturplanung verdeutlicht und die Grenzen bestehender Ansätze aufgezeigt werden.

#### 3.4.1 Allgemeine Ansätze der kundenspezifischen Produktadaption

Zur aufwandsarmen Adaption eines Produkts auf Basis der vordefinierten Produktstruktur und eines vorhandenen Leistungspotenzials existieren verschiedene konzeptionelle Ansätze. Diese Ansätze leiten sich vor allem aus dem bereits diskutierten Individualisierungsgrad des Produkts bzw. den in der Produktstruktur vorgesehenen Anpassungsmöglichkeiten ab. So sieht PINE [1993, S. 171; vgl. auch ANDERSON 2003, S. 277 ff.; JACOB 1995, S. 72; SCHNEIDER 1998, S. 157] als grundsätzliche Möglichkeiten einer aufwandsarmen individuellen Produktanpassung

- die Ergänzung des Produktes um individuelle Zusatzdienstleistungen (was keine Produktadaption im eigentlichen Sinn darstellt),
- die Anpassung des Produktes bei Auslieferung durch einen finalen Produktionsschritt innerhalb oder außerhalb des Unternehmens (so genannte Point-of-delivery-Customization [PILLER 1998, S. 154]),
- die individuelle Einstellung anpassbar gestalteter Standardprodukte bzw. die automatische Anpassung mittels „intelligenter“ Produkte oder adaptiver Systeme [vgl. auch GRÄBLER 2004, S. 171 ff.; PILLER 1998, S. 143])<sup>79</sup>,
- die individuelle Konfiguration eines modular gestalteten Produktes<sup>80</sup> oder

---

<sup>78</sup> Nach HUBKA & EDER [1988, S. 103] stellt die Produktadaption eine begrenzte Änderung der funktionalen Leistungsfähigkeit, der Dimensionen (z. B. Anschlussmaße) oder der Werkstoffe zur Anpassung des Systems an seine Aufgabe dar, die jedoch nicht die Grundfunktionalität, -konzeption und die -struktur des Produkts betrifft.

<sup>79</sup> ANDERSON [2003, S. 277 ff.] unterscheidet bei dieser individuellen Einstellung die reversible und die irreversible Produktanpassung. Bei der irreversiblen Produktanpassung erfolgt eine endgültige Festlegung bestimmter Produktparameter, z. B. durch „Cut-to-fit“.

- die immediate Realisierung individueller Kundenanforderungen im Rahmen eines kundenspezifischen Entwicklungs- und Produktionsprozesses.<sup>81</sup>

Die genannten Möglichkeiten schließen sich dabei nicht gegenseitig aus, sondern können in Kombination angewendet werden. Insbesondere die beiden letztgenannten Ansätze – Konfiguration und Konstruktion – werden im Folgenden weiter betrachtet, da hier eine konstruktive Anpassung mit Bezug auf die individuelle Produktstruktur und -gestalt erfolgt. Dabei wird durch **Konfiguration** ein komplexeres Produkt durch Kombination vorhandener Objekte geringerer Komplexität (Baugruppen, Bauteile) geschaffen [SCHARES 1999, S. 22]. Die vorgedachten Gestaltungselemente werden dabei nicht verändert, sondern lediglich neu angeordnet [VDI 2004B, S. 88]. Das **Konstruieren** beinhaltet demgegenüber auch schöpferische Anteile, bei dem der funktionale und strukturelle Aufbau von Komponenten neu festgelegt und gestalterisch ausgearbeitet oder zumindest verändert wird.<sup>82</sup>

Mit den verschiedenen Ansätzen einer aufwandsarmen Produkthanpassung sind schließlich auch verschiedenartige Anpassungs- bzw. Adaptionprozesse verknüpft. Diese unterscheiden sich z. B. in ihrem Anteil konstruktiver Tätigkeiten bzw. den durchlaufenen Konstruktionsphasen. Entsprechend werden Neu-, Varianten-, Prinzip- und Baukastenkonstruktion unterschieden [vgl. z. B. GRÄBLER 2004, S. 168 f.]. Bei der **Neukonstruktion** werden alle Phasen des Konstruktionsprozesses durchlaufen, während bei der **Variantenkonstruktion** nur Gestaltungs- und Detaillierungsprozesse und bei der **Prinzipkonstruktion** nur Dimensionierungsprozesse auftreten. Die **Baukastenkonstruktion** beruht schließlich auf einer reinen Zusammenstellung der Elemente des Baukastens (Konfiguration). Analog unterscheiden LINDE-

---

<sup>80</sup> DU, TSENG & JIAO [2003, S. 137] behandeln drei grundsätzliche Ansätze für eine individuelle Leistungsanpassung auf Basis der Konfiguration, das sind das Hinzufügen/Entfernen von Modulen zur Realisierung optionaler Funktionen, der Austausch von Modulen zur Anpassung identischer Funktionen mit z. B. unterschiedlichen Leistungsniveaus oder die gestalterische Anpassung einzelner Module (z. B. Größenanpassung).

<sup>81</sup> Nach ANDERSON [1997, S. 215] sind zu dieser Art der Produktindividualisierung vor allem ein agiler Produktentwicklungsprozess und eine drastische Reduzierung der Durchlaufzeiten erforderlich. BULLINGER ET AL. [1997, S. 52 ff.] sprechen in diesem Zusammenhang von Rapid Product Development und sehen als wesentliche Ansätze einer fundamentalen Verkürzung der Entwicklungszeiten eine konsequente Prozessorientierung und den integrierten Einsatz von Rechnerhilfsmitteln und Rapid Prototyping-Verfahren.

<sup>82</sup> Daher sind Konfigurationsaufgaben gegenüber Konstruktionsaufgaben durch einen geschlossenen Lösungsraum gekennzeichnet. Hier wird im Rahmen der Problemlösung nur auf vorhandene Komponenten zurückgegriffen. Konfigurationsergebnisse liegen daher immer innerhalb eines vordefinierten Lösungsspektrums, das durch die Kombinationsvielfalt der zur Verfügung stehenden Strukturen und Komponenten beschrieben wird [SCHARES 1999, S. 7; SUHM 1993, S. 43]. Bei Konstruktionsaufgaben ist der Lösungsraum dagegen offen bzw. nur durch einige Restriktionen eingeschränkt. Nach FIRCHAU [2003, S. 68] sollte eine kundenindividuelle Anpassung der Produktfunktionalität aus Sicht einer variantenoptimierenden Produktgestaltung eher durch Konfiguration als durch Konstruktion erreicht werden. Dies setzt jedoch auch den vollständigen Aufbau eines entsprechenden Leistungsspektrums voraus, was bei der hier propagierten, bedarfsorientierten Produktentwicklung gerade vermieden werden soll.

MANN ET AL. [2003A, S. 25] die sehr stark auf dem in Kapitel 3.3.2 vorgestellten Metaproduktstrukturmodell beruhenden Adaptionsprozesse [vgl. auch WORTMANN 1992, S. 87]

- individuelle Neuentwicklung,
- Konkretisierung von Prinziplösungen,
- konstruktive Änderung/Anpassung vorhandener Elemente,
- Definition von parametrisierten Komponenten (nach vordefiniertem Schema) und
- Auswahl von Modulen/Komponenten (Konfiguration).

Die Adaptionsprozesse können dabei auf verschiedenen Erzeugnisebenen auftreten. Es muss daher geklärt werden, welche Produktebene bzw. jeweiligen Elemente (Produkt, Baugruppen/Module, Bauteile, einzelne Parameter) durch individuelle Kundenwünsche betroffen sind.

### 3.4.2 Durchführung der kundenspezifischen Produktdefinition

Auf Basis der beschriebenen Adaptionsprinzipien sind die wesentlichen Aufgaben der individuellen Produktdefinition bei individualisierten Produkten die Erhebung der kundenindividuellen Anforderungen und die darauf aufbauende Produkthanpassung. Hier müssen auf Basis der vom Kunden erhobenen Informationen eine endgültige Festlegung der bis dahin noch nicht vollständig spezifizierten Leistung erfolgen und die notwendigen Prozesse zur Konfiguration, Produkthanpassung oder -entwicklung definiert werden [vgl. KHALID & HELLANDER 2003, S. 257; WEIBER & JACOB 2000, S. 529]. Die kundenspezifische Produktdefinition basiert hierbei im Gegensatz zur Einzelfertigung auf relativ konkreten Vorgaben in Form der vorgeplanten Produktstruktur und darin enthaltener Anpassungsmöglichkeiten [PILLER 2001, S. 278; BENETT 1999, S. 80].

Die kundenspezifische Produktdefinition beginnt mit der Erfassung individueller Kundenanforderungen und der Zuordnung dieser zum bestehenden Leistungsspektrum [vgl. EVERSHEIM 1998, S. 17; SVENSSON & JENSON 2003, S. 334]. Ziel der Kundeninteraktion muss es sein, die abnehmerseitig wahrgenommene Komplexität so weit wie möglich zu reduzieren [PILLER 2001, S. 278]. Dabei müssen dem Kunden nicht nur die Möglichkeiten zur individuellen Gestaltung des Produktes in möglichst einfacher und verständlicher Form aufgezeigt, sondern auch die sich daraus ergebenden funktionalen Veränderungen und deren Auswirkungen auf die Bedürfnisbefriedigung des Kunden vermittelt werden [SCHNEIDER 1998, S. 84]. Allerdings können die Kundenwünsche dabei in sehr unterschiedlicher Form vorliegen. Sie können eher unscharf formuliert sein („soll sportlich aussehen“) oder definierte Freiheitsgrade („Sportpaket“) betreffen und sie können sich auf Funktionen (Realisierung einer bestimmten Funktion), Baugruppen (Auswahl eines Moduls), Bauteile oder einzelne Eigenschaften (Farbe, Länge) beziehen [LINDEMANN ET AL. 2003A, S. 21].

Zu den verbreiteten Methoden, die im Rahmen der individuellen Anforderungsklärung eingesetzt werden, zählen speziell im Industriegüterbereich Interviews und Kundenbeobachtung (Kap. 3.1.3). Die Kundeninformationen werden häufig durch geschulte Mitarbeiter oder entsprechende Vertriebsabteilungen erfasst und in Lastenheften dokumentiert [BLECKER ET AL.

2005, S. 64 ff.; WEIBER & JACOB 2000, S. 565 ff.] Spezielle Methoden sind auch die Erfassung von Maßgrößen durch Messung (z. B. Bodyscanner) und der Musteraustausch, z. B. auf Basis von Prototypen [vgl. ZIPKIN 2001, S. 83]. Eine stark wachsende Bedeutung haben hier rechnergestützte Systeme, mit denen der Kunde nicht nur durch die einzelnen Schritte der kundenspezifischen Leistungsdefinition geführt, sondern der gesamte Prozess der Produktdefinition (einschließlich der Produktadaption) und die Kopplung zu nachfolgenden Wertschöpfungsprozessen unterstützt wird. Mit Konfiguratoren und Toolkits sollen zwei dieser Systeme kurz vorgestellt werden.

### *Konfiguratoren*

Der Prozess der Produktdefinition muss nach PILLER [2001, S. 278] möglichst automatisiert ablaufen, um zusätzliche Kosten durch die Interaktion zwischen Anbieter und Kunde weitgehend zu senken. Hier bietet sich der Einsatz von Produktkonfigurationssystemen an. Diese unterstützen die Zusammenstellung von Produkten nach Kundenspezifikation auf der Grundlage einer Wissensbasis, welche die Konfigurationselemente und gespeicherte Konfigurationsregeln enthält [SCHUH 2005, S. 240]. Dabei führen diese Systeme den Anwender durch alle Schritte, die zur Definition des individuellen Produktes notwendig sind, prüfen gleichzeitig die Konsistenz und Fertigungsfähigkeit der vorgenommenen Konfiguration und generieren automatisch die Fertigungsunterlagen. Außerdem kann unmittelbar eine Aussage über den zu erwartenden Preis gemacht werden [PILLER 2001, S. 278 f.]. Mit Produktkonfiguratoren lassen sich nach SCHUH [2005, S. 241 ff.; vgl. auch SVENSSON & JENSEN 2003, S.338] außerdem gut die Variantenstrukturen und das vorhandene Leistungspotenzial bzw. Variantenspektrum abbilden und dem Kunden präsentieren. Voraussetzung für die Verwendung von Konfiguratoren ist allerdings das Vorhandensein von „Konfigurationsmodulen“, definierten Schnittstellen zwischen den Modulen und hinterlegten Regeln zur zweckmäßigen Konfiguration [SVENSSON & JENSEN 2003, S. 339 f.].

Der Konfigurationsprozess und die Hauptaufgaben von Konfigurationssystemen sind in Bild 3-19 zusammengefasst. Bei der Konfiguration werden GRÄBLER [2004, S. 150 ff.] zufolge zunächst die alternativen Merkmals- bzw. Optionsausprägungen in einer definierten Schrittfolge angeboten. Eine Unterstützung der Auswahlentscheidungen kann durch gezielte Zusatzinformationen oder beispielsweise auf Basis der erfassten Kundeninformationen und daraus abgeleiteten Empfehlungen erfolgen. Diese Empfehlungen werden mit Hilfe der Wissensbasis generiert, in der die einzelnen Optionen, die Konfigurationsregeln und das Wissen aus vorherigen Konfigurationsprozessen hinterlegt sind [BLECKER ET AL. 2005, S. 81]. Hierbei gibt es verschiedene Ansätze des Zugriffs auf diese Wissensbasis, z. B. in Form prozeduraler, entscheidungsregelbasierter oder wissensbasierter Systeme [BLECKER ET AL. 2005, S. 81 ff.; PILLER 2001, S. 283; PILLER & ROGOHL 2002, S. 76 ff.; PILLER & STOTKO 2003, S. 139; SCHUH 2005, S. 248 f.]. Durch fortschreitende Auswahl und resultierende Kombinationszwänge und -ausschlüsse werden die Auswahlmöglichkeiten im Verlauf des Konfigurationsprozesses immer weiter eingeschränkt. Dazu ist der Abgleich mit so genannten Code-Regeln erforderlich, mit denen die technisch und vertriebspolitisch zulässigen Kombinationen abgebildet wer-

den.<sup>83</sup> Den Abschluss des Konfigurationsprozesses bilden die Auftragserteilung und Weitergabe der Konfiguration an die unternehmensinterne Ressourcenplanung und Auftragsbearbeitung [vgl. auch HOLTHÖFER & SZILÁGYI 2001, S. 22; ROGOHL & PILLER 2002, S. 25]. Für eine Übersicht am Markt erhältlicher Konfigurationssysteme sei auf [HOLTHÖFER & SZILÁGYI 2001, S. 33 ff.; PILLER & STOTKO 2003, S. 145; ROGOHL & PILLER 2002, S. 82 ff.] verwiesen.

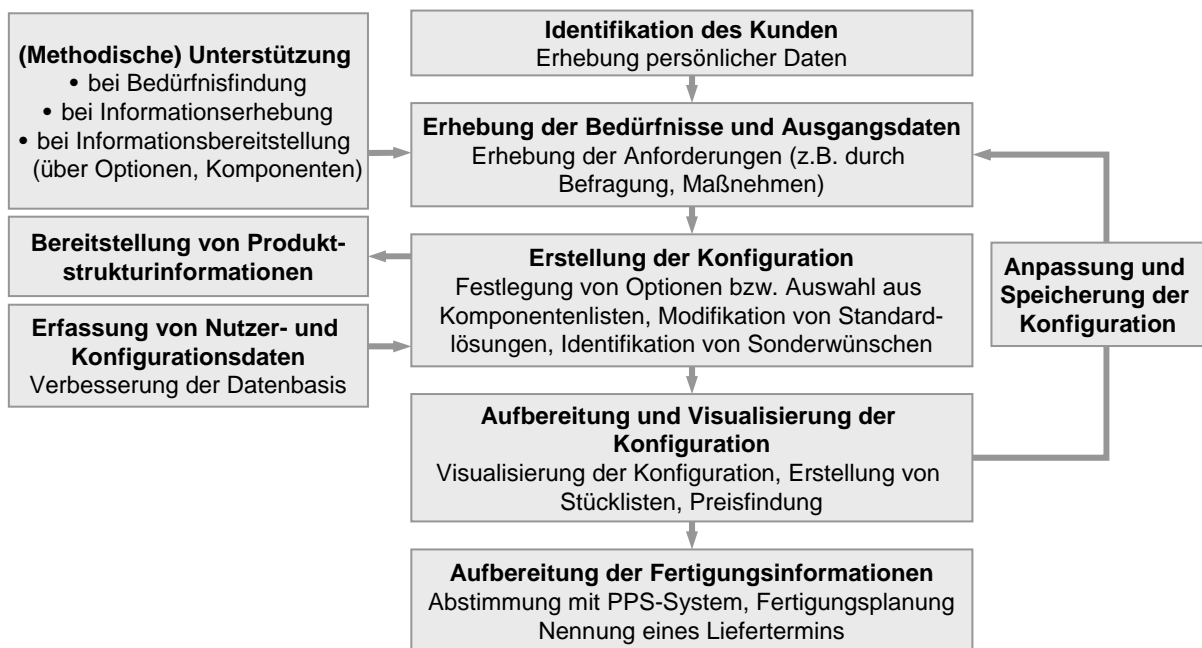


Bild 3-19. Funktionen eines Konfigurationssystems [in Anlehnung an PILLER 2001, S. 280]

Zusammenfassend sind Konfigurationssysteme ein sehr gutes und ausgereiftes Hilfsmittel zur Unterstützung der Produktdefinition bei individualisierten Produkten, allerdings mit eingeschränktem Anwendungspotenzial. So sind viele Konfigurationssysteme sehr produktorientiert und fokussieren auf die Auswahl von Komponenten. Sie unterstützen dabei nicht hinreichend die komplexen Entscheidungsprozesse des Kunden. Zudem erlauben die meisten Konfiguratoren nur eine strukturelle Konfiguration vordefinierter Optionen. Die Erfassung von Kundenbedürfnissen und deren direkte Umsetzung in Produktlösungen bei nicht vorhandenem Leistungspotenzial werden nicht unterstützt.

### Toolkits

Eine weitergehende Hilfestellung bei der kundenspezifischen Produktdefinition sollen so genannte Toolkits leisten. Mit diesen Systemen wird nicht nur die Auswahl von Leistungskomponenten, sondern auch deren strukturelle und gestalterische Konzeption und Anpassung

<sup>83</sup> Solche Code-Regeln bilden die Wissensbasis des Konfigurators und liegen meist in Form von Entscheidungsbäumen, -tabellen, Constraints oder Merkmalsausprägungstabellen vor [GRÄßLER 2004, S. 153 ff.].

unterstützt [PILLER & STOTKO 2003, S. 131 f.]. VON HIPPEL [2005, S. 147] beschreibt Toolkits als „integrated sets of product design, prototyping, and design-testing tools intended for use by end users. The goal of a toolkit is to enable non-specialist users to design high-quality, producible custom products that exactly meet their needs“. Mit Toolkits sollen folglich auch kundenspezifische Neuentwicklungen und kreative Produktvariationen ermöglicht werden.

Toolkits basieren nach PILLER & STOTKO [2003, S. 146] im Wesentlichen auf der Modifikation eines Ausgangsproduktes bzw. einer vorgegebenen Leistungsarchitektur. Sie erlauben allerdings größere Änderungsumfänge und die Leistungsarchitektur weist im Vergleich zu Konfiguratoren in der Regel mehr Freiheitsgrade auf. Nach VON HIPPEL [2005, S. 154] sollen Toolkits hierbei vorrangig ein Versuch-und-Irrtum-Vorgehen auf Nutzerseite unterstützen. Dazu ist eine sofortige Rückmeldung über das Ergebnis des Gestaltungsvorganges notwendig, z. B. durch Visualisierung oder direkte Produkt- oder Prototypenerstellung. Dem Nutzer soll so die Möglichkeit gegeben werden, seine Gestaltung, gegebenenfalls in mehreren Iterationsschleifen, zu überarbeiten. Die individuelle Berücksichtigung von Nutzerbedürfnissen steht damit bei Toolkits noch stärker im Vordergrund. Allerdings stellen Toolkits auch erhebliche Anforderungen an die Systemarchitektur und -gestaltung, insbesondere wenn sie für Nutzer ohne spezifische Konstruktionserfahrung geeignet sein sollen. Generell werden Toolkits daher eher im Industriegüterbereich eingesetzt und sind (noch) kein „massentaugliches“ Interaktionswerkzeug. Hilfestellungen können aber u. a. Wissensbasen (z. B. Konstruktionsbibliotheken) geben, in denen Gestaltungsmodule oder Lösungen anderer Nutzer gespeichert werden und die als Ausgangspunkt für eigene Modifikationen zu Verfügung stehen.

Beispiele zu Toolkitanwendungen finden sich bei [VON HIPPEL 2005, S. 147 ff.; PILLER & STOTKO 2003, S. 144 ff., THOMKE & VON HIPPEL 2002, S. 74]. Ein Toolkit auf Basis konventioneller CAD-Systeme wird von [JANITZA 2004] vorgestellt. Hierbei sollen Konfigurations- und Konstruktionsvorgänge auf Produkt-, Bauteil- und Featureebene unterstützt werden, z. B. durch Auswahl oder Austausch von Komponenten, deren variable Anordnung oder die Variation von Bauteilform, -abmessungen und -werkstoff [JANITZA 2004, S. 53]. Allerdings wird der Kunde hierbei nicht weiter unterstützt, z. B. durch Bereitstellung von Gestaltungswissen oder bei der Anforderungsprüfung. Es muss daher stark bezweifelt werden, dass der Kunde das konzipierte Gestaltungswerkzeug eigenständig sinnvoll verwenden kann und es damit einen Mehrwert zu konventionellen CAD-Systemen bietet.

### **3.5 Zusammenfassung**

Die Produktentwicklung ist ein wesentlicher Bestandteil des Konzeptes individualisierter Produkte. Hierbei erfolgt nicht nur die grundsätzliche Festlegung des Leistungsspektrums und damit die Vorbereitung der individuellen Leistungserstellung, sondern sie ist auch integraler Bestandteil dieser individuellen Leistungserstellung. Die Bedeutung der Produktentwicklung ist bei dem gewählten Ansatz der Produktindividualisierung umso größer, als auf eine vollständige Definition des Leistungsspektrums verzichtet und dieses schrittweise über den Zeitverlauf aufgebaut werden soll.

Im Kapitel 3 wurden wesentliche Grundlagen der methodischen Produktentwicklung erörtert und mit Bezug auf die Entwicklung und kundenspezifische Definition individualisierter Pro-

dukte bewertet. Ausgehend von der Systemtechnik wurden hierbei grundsätzliche Vorgehensmodelle und die ausgewählten Phasen der Anforderungsklä rung und des Produktentwurfs detailliert untersucht. Dabei wurde insbesondere die Notwendigkeit einer durchgängigen Prozessgestaltung von der Anforderungsklä rung über die Definition der Produkteigenschaften bis zur Zuordnung entsprechender Gestaltparameter herausgestellt. Anschließend wurde der Entwicklungsprozess bei individualisierten Produkten untersucht und Parallelen wie auch Unterschiede zum Entwicklungsprozess variantenreicher Serienprodukte herausgestellt. Der Entwicklungsprozess individualisierter Produkte ist hier vor allem durch ein zweistufiges Vorgehen gekennzeichnet. Auf der ersten Stufe erfolgt die grundsätzliche Definition und Entwicklung des Leistungspotenzials (Produktstrukturplanung). Auf der zweiten Stufe sind die einzelkundenbezogenen Prozesse der individuellen Leistungsdefinition angesiedelt, die auf das in der ersten Stufe entwickelte Leistungspotenzial zurückgreifen und dieses sukzessive ausfüllen und erweitern. Sowohl die Produktstrukturplanung als auch die kundenindividuelle Produktdefinition wurden in Kapitel 3 detailliert diskutiert. Die Produktstruktur individualisierter Produkte wurde anhand des Modularisierungsgrads, des Individualisierungsgrade und des Vorbereitungsgrads charakterisiert. Auf deren Basis wurde ein Metamodell abgeleitet, das auf einer übergeordneten Ebene eine Einteilung der Strukturelemente hinsichtlich ihres Individualisierungsgrads vornimmt und auch eine Abschätzung über den notwendigen Grad der Ausarbeitung (Vorbereitungsgrad) im Rahmen der Strukturplanung erlaubt. Dieses Modell spezifiziert so auch grundsätzlich die entsprechenden komponentenbezogenen Prozesse der individuellen Produktdefinition. Diese sind, wie gezeigt wurde, im Bereich der konstruktiven Produktadaptation vor allem Konfigurations- und Konstruktionsprozesse. Konfigurationsprozesse sind hierbei weitestgehend systematisiert und werden auch durch Rechnerwerkzeuge (Konfiguratoren) gut unterstützt. Sie basieren jedoch zu stark auf der Zusammenstellung vordefinierter Module. Es treten damit grundsätzlich dieselben Probleme wie bei variantenreichen Serienprodukten auf, z. B. die Notwendigkeit des Vorhaltens eines kompletten Leistungsspektrums und die Überforderung des Kunden aufgrund einer unüberschaubaren Optionenanzahl. Konstruktionsprozesse werden im Rahmen der individuellen Produktdefinition bei individualisierten Produkten dagegen nur wenig systematisch behandelt. Die Notwendigkeit der individuellen Leistungsgestaltung wird zwar betont [vgl. z. B. PINE 1993, S. 171; Anderson 2003, S. 215]. Hinweise zur Umsetzung bleiben aber unpräzise und verweisen in der Regel auf ein allgemeines konstruktionsmethodisches Vorgehen [vgl. z. B. GRÄBLER 2004, S. 168 f.]. Dieses ist aufgrund der besonderen Rahmenbedingungen der kundenspezifischen Produktdefinition aber nicht ohne weiteres übertragbar. In der Folge werden die Abwicklung von nicht vorhergesehenen Kundenanforderungen und die Erweiterung des Produktspektrums nur unzureichend unterstützt. Das Potenzial des Konzepts der massenhaften Produktindividualisierung liegt aber gerade im schrittweisen Aufbau des Leistungspotenzials im Rahmen der einzelkundenbezogenen Leistungserstellungsprozesse und den damit verbundenen ökonomischen Effekten.

Zusammenfassend fehlt damit ein integriertes Gesamtkonzept der kundenindividuellen Produktdefinition, das den kompletten Prozess von der kundenindividuellen Anforderungserhebung bis zur konstruktiven Umsetzung (Produktdefinition) durchgängig und mit adäquaten Methoden darstellt. Nach Meinung des Verfassers sind hierbei wesentliche Defizite, dass

- individuelle Kundenanforderungen nicht ausreichend flexibel erkannt und verarbeitet werden und, darauf aufbauend,
- eine systematische Ableitung notwendiger Entwicklungs- und Adaptionprozesse im Rahmen der Umsetzung individueller Produktanforderungen bisher methodisch noch gar nicht unterstützt wird.

Hierbei mangelt es vor allem an einer geeigneten Strukturierung der im Rahmen der Individualisierung relevanten Anforderungsbereiche und der Systematisierung eines methodischen Vorgehens, um eine solche Struktur zu verarbeiten. Dies schließt die Zuordnung von Kundenanforderungen zu relevanten Gestaltungsobjekten und Gestaltparametern (Produkteigenschaften) sowie Adaptionprozessen ein. Im Rahmen der Arbeit soll daher ein durchgängiges methodisches Konzept erarbeitet werden, das eine ausreichend flexible Ermittlung und produktbezogene Verarbeitung individueller Kundenanforderungen gewährleistet und diese mit den erforderlichen Entwicklungsprozessen verknüpft. Eine flexible Prozesskonfiguration entsprechend der vorliegenden Kundenanforderungen und auf Basis von Prozessmodulen wird hier als ein geeigneter Lösungsansatz angesehen. Die zur Ausarbeitung dieses Ansatzes notwendigen Grundlagen der Prozessorientierung werden im folgenden Kapitel untersucht.



## 4 Management von Entwicklungsprozessen

*In der weiteren Arbeit wird ein prozessorientiertes Konzept zur kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten erarbeitet. Hierzu müssen jedoch die Grundlagen der prozessorientierten Produktentwicklung geklärt werden. Im folgenden Kapitel erfolgt daher zunächst eine inhaltliche Einordnung prozessbezogener Organisationsansätze, wobei die Problemstellungen im Bereich von Produktentwicklungsprozessen besonders berücksichtigt werden sollen. Anschließend werden existierende Ansätze aus dem Bereich des Managements von Produktentwicklungsprozessen bewertet und auf Übertragbarkeit für das zu entwickelnde Konzept geprüft. Hier liegt der Schwerpunkt auf der Prozessmodellierung und -planung, da diesen beiden Themen vor dem Hintergrund einer flexiblen Konfiguration kundenspezifischer Adaptionprozesse die höchste Bedeutung zukommt.*

### 4.1 Allgemeine Grundlagen der Prozessorganisation

Unter „Organisation“ kann zum einen die Tätigkeit des Organisierens und zum anderen das Ergebnis dieser Tätigkeit, d. h. das entstandene Gebilde, verstanden werden. Im ersten Fall wird auch vom instrumentellen, im zweiten Fall vom institutionellen Organisationsbegriff gesprochen [vgl. TRÄNCKNER 1990, S. 13]. Im folgenden Kapitel sollen die Grundlagen der Tätigkeit des Organisierens betrachtet werden. Der Schwerpunkt liegt hierbei auf der ablaufbezogenen Prozessorganisation und es soll geklärt werden, was unter Prozessen zu verstehen ist und durch welche Parameter diese beschrieben werden können.

Das Grundelement der Organisationsgestaltung ist im Grunde jedoch nicht der Prozess, sondern die Aufgabe. Sie stellt eine formale Handlungserwartung bzw. -verpflichtung im Hinblick auf ein zu erfüllendes, aus den Unternehmenszielen abgeleitetes Handlungsziel dar [HEMMERT 1985, S. 10; HILL ET AL. 1994, S. 122 f.]. Nach PATZAK [1982, S. 164; vgl. auch KOSIOL 1976, S. 43] ist eine Aufgabe das einem belebten System (Individuum, Gruppe) auferlegte Funktionsbündel einschließlich der Definition von Randbedingungen, Durchführungsrichtlinien und Leistungsvorgaben. Eine Aufgabe kann grundsätzlich anhand der Merkmale

- Zweck- bzw. Funktionsbereich der Aufgabe (z. B. Entwicklungsaufgabe, Vertriebsaufgabe),
- Aufgabenobjekt (an dem die Aufgabe ausgeübt wird),
- auszuführende Aktivitäten (Verrichtungen),
- einzusetzende Sach- bzw. Hilfsmittel,
- Ort der Aufgabe,
- Phase innerhalb des Problemlösungsprozesses (z. B. Analyse-, Durchführungs-, Kontrollaufgabe),

- Häufigkeitscharakter der Aufgabe (Routine- oder Einmalaufgabe),
- Rang der Aufgabe (Leitungs- oder Ausführungsaufgabe) sowie nach
- Qualität, Quantität und Zeit

beschrieben werden [vgl. KOSIOL 1976, S. 43 ff.; HILL ET AL. 1994, S. 123 f.]. Da die Gesamtaufgabe eines Unternehmens in der Regel zu komplex ist, als das sie von einem einzelnen Entscheidungsträger alleine gelöst werden kann, wird sie in handhabbare Teilaufgaben aufgeteilt (Prinzip der Arbeitsteilung). Dies ist Gegenstand der **Aufgabenanalyse**, die die Feststellung der Teilaufgaben zum Inhalt hat, die eine Gesamtaufgabe ausmachen [KOSIOL 1976, S. 45 f.]. Die Gliederung der Teilaufgaben kann sich hier u. a. an den oben genannten Merkmalen Zweck, Objekt, Verrichtung, Rang oder Phase orientieren [KOSIOL 1976, S. 49]. Mit der Differenzierung der Unternehmensaufgaben ist jedoch auch eine Beeinträchtigung der Gesamtzieelerreichung verbunden, da die verschiedenen Aufgaben über vielfältige Interdependenzbeziehungen miteinander verbunden sind und bisher gemeinsam genutzte Potenziale getrennt werden. Die identifizierten Teilaufgaben werden daher im Rahmen der Organisationsgestaltung durch **Aufgabensynthese** gemäß bestimmter Koordinationsmechanismen (z. B. Hierarchiebildung) wieder miteinander verknüpft. Diese Abstimmung zwischen notwendiger Differenzierung (d. h. Einräumung von Entscheidungsautonomie) und Koordination interdependenter Teileinheiten (d. h. Integration) stellt einen zentralen Gegenstand der Organisationsgestaltung dar [EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. 3-1]. Die Zusammenfassung von Teilaufgaben wird dabei als Funktion, die ablauforganisatorische Zusammenfassung als Prozess bezeichnet [EVERSHEIM 1995, S. 14 f.]. Entsprechend kann, wie in Bild 4-1 dargestellt, in eine funktions- bzw. aufbau- und eine ablaufbezogene Aufgabensynthese unterschieden werden [HERMMERT 1985, S. 11]. Bei der Organisationsgestaltung müssen zwar beide Aspekte gleichermaßen berücksichtigt werden, d. h. Organisationsstrukturen umfassen immer sowohl aufbau- als auch ablauforganisatorische Komponenten, jedoch kann die Gestaltungspriorität unterschiedlich gelegt werden.<sup>84</sup> In der Vergangenheit wurde hier der Gestaltung der **Aufbauorganisation** eine Vorrangstellung eingeräumt, bei der die Stellenbildung im Vordergrund steht. Dabei erfolgt solange eine deduktive Untergliederung von Aufgaben (Aufgabenanalyse), bis ein Zerlegungsgrad erreicht ist, bei dem die Aufgabenteile von einem Aufgabenträger erfüllt und diesem zugeordnet werden können (Aufgabensynthese, vgl. Bild Bild 4-1) [KOSIOL 1976, S. 45 ff.; HEMMERT 1985, S. 17 f.; GAITANIDES 1983, S. 26]. Der Übergang zur Ablauforganisation ergibt sich, indem eine Folge von Handlungen zu Arbeitsgängen zusammengesetzt wird, die von so genannten Erfüllungseinheiten, das sind Personen und zugeordnete Ressourcen/Hilfsmittel, an einem Arbeitsobjekt in einem zeitlichen und räumlichen Rahmen vollzogen werden können (personale, temporale und lokale Arbeitssynthese) [KOSIOL 1976, S. 212 ff.; GAITANIDES 1983, S. 27 ff.].

---

<sup>84</sup> „Die begriffliche Trennung von Aufbau- und Ablauforganisation wird indessen nur als gedanklich-analytische verstanden, der kein Äquivalent realer Strukturierung gegenübersteht. (...) Es handelt sich auch so gesehen um zwei unterschiedliche Betrachtungsmöglichkeiten eines Gestaltungsobjektes“ [GAITANIDES 1983, S. 23]. Nach EVERSHEIM & SCHUH [1996, S. 3-2] führt daher die Dominanz einer Perspektive immer auch zur Einschränkung der Gestaltungsspielräume der anderen.

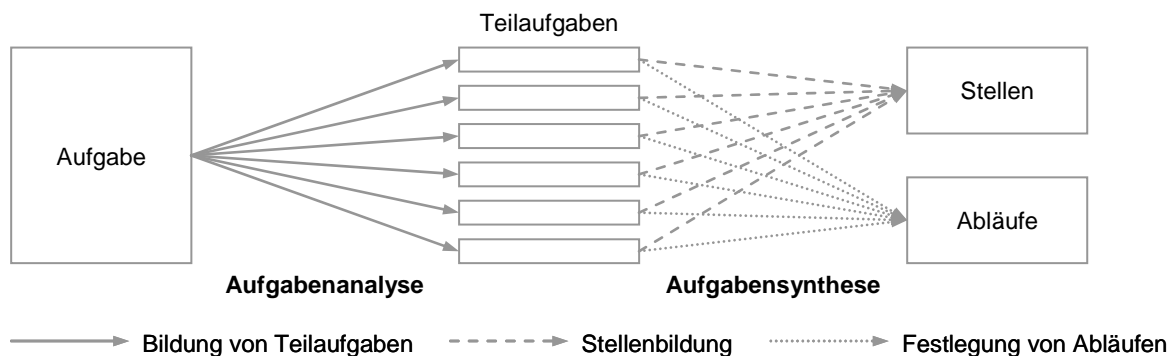


Bild 4-1. Klassisches Grundkonzept der betriebswirtschaftlichen Organisationslehre [HEMMERT 1985, S. 10]

Bei der **ablauforganisatorischen Sichtweise** werden dagegen, basierend auf einer allgemeinen Aufgabenanalyse, die notwendigen Aktivitäten induktiv abgeleitet, die zur Erfüllung der Soll-Leistung ergriffen werden müssen [HILL ET AL. 1994, S. 123; GAITANIDES 1983, S. 63 ff.]. Im Mittelpunkt stehen hier nicht mehr die Erfüllungseinheiten, sondern eine integrative Struktur von Prozessabläufen oder so genannten Erfüllungssituationen [HEMMERT 1985, S. 25]. Diese können zwar Erfüllungseinheiten (Stellen) zugeordnet werden, im Fokus steht jedoch die Verknüpfung der Vorgänge zur Erfüllung der Oberaufgabe [vgl. HEMMERT 1985, S. 26].<sup>85</sup> Die Stellen- und Abteilungsbildung erfolgt hier unter Berücksichtigung der spezifischen Erfordernisse des Ablaufs betrieblicher Prozesse, was von GAITANIDES [1983, S. 62] als Prozessorganisation bzw. Prozessorientierung bezeichnet wird.<sup>86</sup> In jüngerer Zeit gewinnt diese Sichtweise zunehmend an Bedeutung, was vor allem auf die, mit einer starken aufbauorganisatorischen Perspektive einhergehenden, Schnittstellenprobleme bei komplexen Unternehmensaufgaben zurückzuführen ist. Diese Probleme sind gerade auch bei individualisierten Produkten relevant und hier in der starken Kundenintegration, häufigen Änderungen und der notwendigen Vernetzung der Unternehmensbereiche bei der kundenindividuellen Auftragsabwicklung begründet. Im Folgenden soll daher eine vertiefende Charakterisierung des Prozesskonstruktes vorgenommen werden, da dieses das zentrale Strukturierungskriterium für den Prozess der kundenindividuellen Produktdefinition darstellt.

<sup>85</sup> Nach STRIENING [1988, S. 28] liegt bei ablauforganisatorischer Betrachtung der Schwerpunkt auf der Gestaltung der Beziehungen zwischen Subjekten, Betriebsmitteln, Objekten und auszuführenden Verrichtungen.

<sup>86</sup> GAITANIDES [1983, S. 65] versteht Prozessorientierung als „Denken in inhaltlich abgeschlossenen Erfüllungsvorgängen, die in einem aus der Erstellung betrieblicher Leistungen hervorgehenden logischen Zusammenhang stehen“. Allerdings schreibt bereits NORDISECK [1972, S. 9]: „Wer sich die Gliederung der Betriebsaufgabe als eine Struktur vorstellt und dabei im Geiste die Hierarchie einer Stufenfolge vor sich sieht, muss sich darüber im klaren sein, dass er eine Vereinfachung, eine Abstraktion, vorgenommen hat. Er hat nämlich weggelassen die Tatsache, dass der Betrieb in Wirklichkeit ein fortwährender Prozess, eine ununterbrochene Leistungskette ist“.

### 4.1.1 Charakterisierung von Unternehmensprozessen

Unternehmensprozesse können sehr verschiedene Ausprägungen annehmen und auf unterschiedlichen Gestaltungsebenen angesiedelt sein. Prozesse stellen hierbei nicht nur ein zentrales Strukturierungskriterium der Organisationsgestaltung dar, sondern können zugleich als elementare Beschreibungsgröße der Unternehmensorganisation dienen. In diesem Teilkapitel sollen die einzelnen Prozessparameter aufgezeigt werden, anhand derer eine solche Beschreibung erfolgen kann. Zunächst soll der organisationsbezogene Prozessbegriff mit Tabelle 6 inhaltlich weiter abgegrenzt werden.

Tabelle 6: Definitionen von Unternehmensprozessen

Autoren	Definitionen
ALLGAIER 1993, S. 23	Ein Prozess ist ein Vorgang mit definiertem Anstoß und Ende, in dessen Verlauf ein Objekt durch verschiedene Aktivitäten zur Erreichung einer vorgegebenen Leistung transformiert wird. Hierbei wird ein bestimmtes Ausgangsobjekt durch die Kombination verschiedener materieller und immaterieller Einsatzfaktoren zielgerichtet verändert und in ein definiertes Endprodukt überführt.
BECKER ET AL. 2002, S. 6	„Ein Prozess ist eine inhaltlich abgeschlossene, zeitliche und sachlogische Folge von Aktivitäten, die zur Bearbeitung eines prozessprägenden betriebswirtschaftlichen Objektes notwendig sind“. Eine Aktivität ist dabei ein Arbeitsschritt, der zur Erbringung einer Leistung durchgeführt werden muss.
DAVENPORT 1993, S. 5	„A process is simply a structured, measured set of activities designed to produce a specified output for a particular customer or market. It implies a string emphasis on <i>how</i> work is done within an organisation (...). A process is thus a specific ordering of work activities across time and place, with a beginning, an end, and clearly identified inputs and outputs: a structure for action.“
GROBE-OETRINGHAUS 1974, S. 84 FF.	Ein Prozess ist eine Folge von Be- und Verarbeitungstätigkeiten. Er bildet eine Aktionsstruktur. Die grundsätzlichen Aktionselemente sind dabei die Tätigkeiten (Aktionen). Zwischen diesen treten Folgebeziehungen (Ablaufbeziehungen) zur Sachleistungserstellung auf. Weitere Aktionselemente sind Aktionsträger und Aktionsobjekte (Stoffeinheiten, Informationseinheiten).
HAMMER & CHAMPY 1994, S. 35	„We define a business process as a collection of activities that takes one or more kinds of input and creates an output that is of value to the customer.“
HARRINGTON 1991, S. 9	Ein Prozess ist hier definiert als „any activity or group of activities that takes an input, adds value to it, and provides an output to an internal or external customer“. In Abgrenzung wird eine Funktion als Gruppe innerhalb der Unternehmensorganisation gekennzeichnet.
STAUD 2006, S. 9	„Ein Geschäftsprozess besteht aus einer zusammenhängenden abgeschlossenen Folge von Tätigkeiten, die zur Erfüllung einer betrieblichen Aufgabe notwendig sind. Die Tätigkeiten werden von Aufgabenträgern in organisatorischen Einheiten unter Nutzung der benötigten Produktionsfaktoren geleistet.“

Zusammenfassend sind Prozesse also dadurch gekennzeichnet, dass sie

- einen definierten Auslöser und ein definiertes Ende haben und damit inhaltlich und zeitlich abgeschlossen sind,
- aus einer logischen Aneinanderreihung vernetzter Teilschritte (Aktivitäten) bestehen und eine zeitliche und räumliche Struktur besitzen,
- spezifische Ergebnisse/Ausgangsgrößen in einem festgelegten Zielzustand durch Transformation von Eingangsgrößen und Bearbeitungsobjekten über verschiedene Zwischenzustände erzeugen und

- damit eine zweckgerichtete Handlung darstellen, d. h. einen Beitrag zur Wertschöpfung erbringen oder eine notwendige betriebliche Aufgabe erfüllen.

WILDEMANN [1999, S. 9] zufolge sind Prozesse durch ein systematisches Fließen von Material und Informationen charakterisiert. Dieser „Fluss“ führt nach BLASER & MEILER [1996, S. 22] von einem (internen oder externen) Lieferanten zu einem Kunden, der das Prozessergebnis wiederum für die eigene Prozessdurchführung benötigt [vgl. auch BECKER ET AL. 2002, S. 7; REINHART ET AL. 1996, S. 18; SCHMELZER & SESSELMANN 2004, S. 46; TÖPFER 1996, S. 6]. Schließlich hat ein Prozess eine bestimmte strategische oder operative Bedeutung für das Unternehmen und bindet Ressourcen. Dabei sind Prozesse häufig funktions- bzw. stellenübergreifend auszuführen. Unter Prozessorientierung wird hierbei verstanden, dass alle Vorgänge, die der Erfüllung von bestimmten Unternehmenszielen dienen, zu ebensolchen Prozessen zusammengefasst werden.<sup>87</sup>

Entsprechend der vorgenommenen Prozessdefinition lässt sich ein Prozess allgemein durch seinen Zweck, den Prozessinhalt (Funktion) und die Aktivitäten, seine Eingangs- und Ausgangsgrößen/Ergebnisse bzw. Anfangs- und Endereignisse, seinen sachlichen Bezug (Objekt), seinen zeitlichen Bezug (Zeitpunkt, Reihenfolge, Gültigkeit), seinen räumlichen Bezug (Ort), seinen personellen Bezug (Prozessdurchführende, -verantwortliche, Entscheidungsträger) und die einzusetzenden Mittel (Verfahren und Ressourcen) beschreiben. Mit Blick auf die Durchführung ist er zudem durch seinen Bearbeitungsstatus charakterisiert [vgl. MURR 1999, S. 100; PATZAK 1982, S. 182; SCHUMANN 1994, S. 13; STAUD 2006, S. 15]. In diesem Zusammenhang wurde eine Reihe von Beschreibungssystematiken entworfen, mit denen Prozesse als abgeschlossene Einheiten (Module) charakterisiert werden können [vgl. z. B. GAITANIDES ET AL. 1994, S. 22 ff.; SCHMELZER & SESSELMANN 2004, S. 46]. Ein solches, allgemeingültiges Modell stellt das Konstrukt der so genannten Aufgabenerfüllungssituation nach HEMMERT [1985, S. 50 ff.] dar, mit dem die Transformation eines Ausgangs- in ein Zielobjekt im Kontext einer gemeinsamen Obergabe beschrieben werden kann (vgl. Bild 4-2). Die wesentlichen Modulelemente sind die Teilaufgaben, die wiederum in Ausgangsobjekte (Input), Einrichtungen und Zielobjekte (Output) unterteilt werden können, und die Erfüllungsfaktoren, das sind Aufgabenträger und Sachmittel. **Ausgangs- und Zielobjekte** können materielle Gegenstände (z. B. Werkstücke, Dokumente) oder immaterieller Natur (z. B. Informationen, Dienstleistung) sein. Es kann sich hierbei auch um Objektkombinationen handeln. Ob ein Objekt ein Ausgangs- oder ein Zielobjekt darstellt, kann jedoch nur im Kontext der jeweiligen Teilaufgabenerfüllungssituation beurteilt werden. So können Zielobjekte eines Vorganges Ausgangsobjekte eines anderen Vorganges sein. Die **Verrichtung** stellt die Transformationskomponente dar. Sie kann nach HEMMERT [1985, S. 56] durch Art (allgemeine Kategorie) und Verlauf (tatsächliche Durchführung) charakterisiert werden. **Aufgabenträger** sind einzelne Personen oder Arbeitsgruppen, die sich mit der Erfüllung der Teilaufgaben befassen. Aufgabenträger sind aktiv handelnd und verantwortlich für ihr Tun. Sie können durch weitere Kenn-

---

<sup>87</sup> Projekte stellen gegenüber Prozessen ein zielorientiertes Vorhaben zur Gestaltung eines Projektergebnisses dar, während ein Prozess ein Vorgehen, d. h. den systematischen Ablauf von für die Zielerreichung erforderlichen Aktivitäten, kennzeichnet [BURGHARDT 2002, S. 21]. Ein Projekt kann allerdings verschiedene Prozesse enthalten und diese auslösen [VAJNA 2005, S. 369].

größen wie Kenntnisse, Fähigkeiten und Motivation beschrieben werden [HEMMERT 1985, S. 63]. **Sachmittel** (bzw. allgemeiner Transformationsmittel) stellen alle Mittel dar, die den Transformationsprozess ermöglichen oder beschleunigen, und dabei nicht oder nur unwesentlich verbraucht werden. Hierbei kann wiederum zwischen materiellen (Maschinen, Gebäuden) und immateriellen Transformationsmitteln (z. B. Methoden, Arbeitsanweisungen) unterschieden werden.

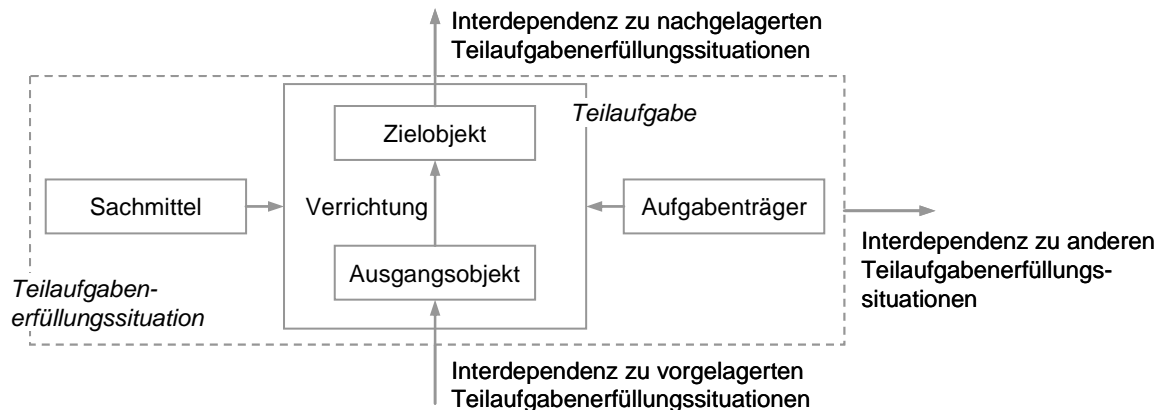


Bild 4-2. Aufgabenerfüllungssituation [nach HEMMERT 1985, S. 75]

Zwischen den Modulen bestehen Verknüpfungsbeziehungen, die sich grundsätzlich in Aufgabenfolgeinterdependenzen und stellenbezogene Interdependenzen unterscheiden lassen [HEMMERT 1985, S. 71 ff.]. Die **Aufgabenfolgeinterdependenz** beschreibt die Einbindung der dem Modul zugeordneten Teilaufgabe in die Erfüllungsfolge einer zugehörigen Oberaufgabe. Damit werden im Sinne einer logischen Bearbeitungssequenz Beziehungen zu Modulen betrachtet, die zur Erfüllung der Oberaufgabe beitragen. **Stellenbezogene Interdependenzen** kennzeichnen dagegen kapazitätsbezogene Abhängigkeiten zu anderen Aufgabenerfüllungssituationen, die dadurch entstehen, dass eine Arbeitsstelle in der Regel mehrere Aufgaben wahrnimmt. Derartige Beziehungen entstehen also zwischen Aufgabenerfüllungssituationen, die dieselben Ressourcenkombinationen als Erfüllungsfaktoren beinhalten.

Jede Aufgabenerfüllungssituation kann schließlich durch Zusatzkenngrößen charakterisiert werden. Hier steht meist eine leistungsbezogene Betrachtungsweise im Vordergrund, die durch die qualitative (Güte) und quantitative Komponente (Menge) des Leistungsergebnisses sowie die zugeordnete Zeiteinheit bestimmt wird. Güte und Menge (z. B. Losgröße) des Leistungsergebnisses beziehen sich auf das Zielobjekt. Hinsichtlich der Güte kann auf die notwendige Qualität und Genauigkeit, bezüglich der Menge auf die erforderliche Anzahl an Ausgangsobjekten sowie die entsprechende Wiederholung der Verrichtungsschritte geschlossen werden. Eine wichtige zeitliche Größe ist die Durchlaufzeit, die sich aus der Differenz zwischen den Austrittszeitpunkten der Zielobjekte aus dem Modul und den Eintrittszeitpunkten der Ausgangsobjekte in das Modul ergibt. Sie setzt sich aus den Liegezeiten von Ausgangs- und Zielobjekten innerhalb des Moduls und der Verrichtungszeit zusammen. Weitere zeitbezogene Kenngrößen des Moduls sind terminbezogene Angaben und die Vorkommenshäufig-

keit, mit der die Häufigkeit des Anfalls einer bestimmten Teilaufgabenerfüllungssituation pro Zeiteinheit charakterisiert wird. Entsprechend ihrer modularen Ausprägung können die Teilaufgabenerfüllungssituationen als Grundelemente von Prozessen jeglicher Art aufgefasst werden und es lassen sich darauf aufbauend komplexe Ablaufsysteme (Strukturen) konzipieren. Die Betrachtung solcher Strukturen ist Gegenstand des folgenden Teilkapitels.

#### 4.1.2 Identifikation und Beschreibung von Prozessstrukturen

GAITANIDES [1983, S. 65] zufolge steht ein Prozess bei der Erstellung und Verwertung betrieblicher Leistungen immer im Zusammenhang mit anderen vor- oder nachgeordneten, parallelen und übergeordneten Prozessen, gliedert sich also in eine Struktur ein. Um einen Prozess detailliert betrachten zu können, ist es jedoch notwendig, diesen zu isolieren. Dazu müssen die Strukturen, in die er eingebettet ist, durchdrungen werden. Gleichzeitig ist aber zur Gestaltung von Prozessen, beispielsweise durch Kombination elementarer Module, die Kenntnis der strukturellen Zusammenhänge unerlässlich.

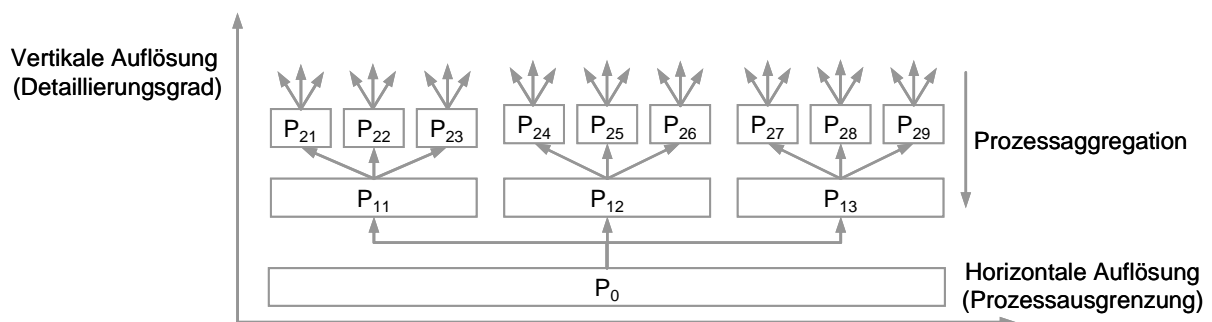


Bild 4-3. Vertikale und horizontale Auflösung von Prozessen [GAITANIDES 1983, S. 80]

Die Erfassung der strukturellen Zusammenhänge erfolgt hierbei in zwei Ebenen durch horizontale und vertikale Auflösung (vgl. Bild 4-3). Zunächst erfolgt durch **horizontale Auflösung** bzw. so genannte Ausgrenzung eine Isolierung von Prozessstrukturen. Diese wird durch Abgrenzung logisch zusammenhängender und inhaltlich abgeschlossener Erfüllungsvorgänge zu vor-, neben- und nachgelagerten Vollzugsstrukturen vollzogen. Hierbei werden die Prozessgrenze und das Spektrum der zu untersuchenden Einzelprozesse festgelegt [SCHOLZ 1999, S. 111]. Abgegrenzte Prozessstrukturen können durch Erfassung realer Prozesssituationen oder auf Basis betrieblicher Funktionen (z. B. Beschaffungs-, Entwicklungs-, Produktions-, Verwaltungsprozesse) gebildet werden [GAITANIDES 1983, S. 65; vgl. auch PORTER 1998, S. 36 ff.]. Hinweise auf abzugrenzende Unternehmensprozesse liefern dabei allgemeine Prozesskategorien, wie z. B. die Unterscheidung in Leistungsprozesse, sekundäre Unterstützungsprozesse und Steuerungs- bzw. Führungsprozesse [BECKER ET AL. 2002, S. 7; BLASER & MEILER 1996, S. 23; FISCHERMANN & LIEBELT 2000, S. 37; SCHEER ET AL. 2006, S. 16; SCHMELZER & SESSELMANN 2004, S. 55 ff.; TÖPFER 1996, S. 9]. Für eine detaillierte Betrachtung der Ansätze zur Prozessausgrenzung sei auf GAITANIDES [1983, S. 65 ff.] verwiesen. Die isolierten

Unternehmensprozesse werden im Rahmen der **vertikalen Prozessauflösung** anschließend in Teilprozesse zerlegt und damit eine hierarchische Abstufung vorgenommen. Eine übliche Einteilung ist hierbei die Unterscheidung von Geschäftsprozessen, Subprozessen, Prozessaktivitäten und Arbeitsschritten [vgl. z. B. EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. 5-44; HARRINGTON 1991, S. 30; SCHMELZER & SESSELMANN 2004, S. 84 ff.]. Bei der Zerlegung der Prozesse in Teilprozesse müssen Entscheidungen hinsichtlich der anzuwendenden Gliederungskriterien (z. B. Objekt- oder Verrichtungsgliederung) sowie der vorzunehmenden Detaillierung und Konkretisierung getroffen werden [BÖHM 2000, S. 92 f.]. Je höher dabei der **Detaillierungsgrad** gewählt wird, umso vollständiger ist die Prozesserfassung, aber es sind weder eine präzise Ausgrenzung der Prozesse noch Aussagen über anfallende Tätigkeiten möglich. Eine zu weitgehende Auflösung des Prozesses verhindert dagegen die Einsicht in die Funktionsweise des Gesamtprozesses, ermöglicht es aber, präzise Entscheidungen auf Basis der Prozessdefinition vorzunehmen [GAITANIDES 1983, S. 75 ff.; HEMMERT 1985, S. 85; HILL ET AL. 1994, S. 122; SCHOLZ 1993, S. 108 ff.].<sup>88</sup> Mit steigendem bzw. sinkendem **Konkretisierungsgrad** entsteht zudem eine, mehr oder weniger von einer spezifischen Situation abhängige Prozessbeschreibung. Nach SCHMIDT [1997, S. 1 f.] können hier wenigstens zwei Konkretisierungsebenen unterschieden werden, das sind die Typ- und die Ausprägungsebene. Der Prozessstyp repräsentiert eine generische Beschreibung des Prozesses (Prozessfunktion), während die Ausprägung die Realisierung eines Prozesses im Rahmen einer Anwendung darstellt. Entsprechend kann die Planung von Prozessen auf wenigstens zwei Ebenen erfolgen. Das sind der grundlegende Prozessentwurf und die Auftragsplanung, in deren Rahmen die Ausführung des Prozesses spezifiziert und mit anderen Prozessen koordiniert wird. Hier werden aus den im Prozessentwurf festgelegten Prozessstypen im Einzelfall konkrete Verrichtungen abgeleitet sowie auslösende und Zielereignisse definiert.

Die Gesamtheit aller Prozessschritte auf den verschiedenen Hierarchiestufen stellt schließlich die Prozessstruktur [GAITANIDES ET AL. 1994, S. 39] bzw. Prozessarchitektur [STRIENING 1988, S. 202] dar. Entsprechend der zwei Auflösungsebenen kann hier zwischen einer vertikalen und einer horizontalen Prozessstruktur differenziert werden [SCHOLZ 1993, S. 99 ff.]. Die **vertikale Prozessstruktur** stellt die Aggregation einzelner Prozessaktivitäten zu einem Prozess im Sinne der Prozesshierarchie dar, während die **horizontale Prozessstruktur** den Prozessablauf, d. h. die zeitliche oder logische Anordnung der Aktivitäten während der Leistungserstellung (Vorrangbeziehungen, Material- bzw. Informationsflüsse), abbildet. SCHOLZ [1993, S. 99] zufolge ergibt sich erst aus diesen beiden Perspektiven die Möglichkeit, mit dem Konstrukt „Prozess“ umzugehen, denn „eine Menge von ungegliederten Aktivitäten bzw.

---

<sup>88</sup> Dies wird damit begründet, dass eine vermehrte vertikale Auflösung tendenziell zu einer relativen Verengung der horizontalen Perspektive führt, da sich die umfassende Einsicht in die Funktionsweise des Gesamtprozesses vermindert [GAITANIDES 1983, S. 79 f.]. Die Wahl der vertikalen Auflösungsstufe muss vor dem Hintergrund einer zweckmäßigen und wirtschaftlichen Prozessgestaltung erfolgen und ist u. a. vom organisatorischen Kontext, von der Bedeutung der Prozesselemente (Prozesskosten, Zeitbedarf), von der Wiederholungshäufigkeit des Prozesses bzw. der Vertrautheit der einzusetzenden Aufgabenträger mit den zu realisierenden Prozessen sowie von der Determiniertheit (Planbarkeit) und Varianz (Änderungshäufigkeit) der Prozesselemente abhängig [vgl. FISCHERMANN & LIEBELT 2000, S. 30; GAITANIDES 1983, S. 81 ff.].



Tätigkeiten ist ohne Sinn“.<sup>89</sup> Für die Erfassung der horizontalen Struktur bzw. des Ablaufs ist dazu über die hierarchische Zerlegung hinaus die Analyse des Prozessflusses erforderlich [SCHOLZ 1993, S. 109 ff.]. Hier werden die Beziehungszusammenhänge zwischen vor- und nachgelagerten Aktivitäten erfasst.<sup>90</sup>

Mit der vorgenommenen Charakterisierung von Unternehmensprozessen sowie deren Einordnung in eine übergeordnete Prozessstruktur wurden die wesentlichen Beschreibungsobjekte der prozessorientierten Organisation definiert. In den nachfolgenden Teilkapiteln sollen diese für den Anwendungsbereich der prozessorientierten Produktentwicklung konkretisiert werden, wobei der Fokus entsprechend der vorgenommenen Einschränkung der Themenstellung der Arbeit auf der Modellierung und Planung von Entwicklungsprozessen liegen soll.

## 4.2 Produktentwicklung als Prozess

Auch die Produktentwicklung wird vor dem Hintergrund sich schnell ändernder Marktbedingungen und zunehmender Kundenorientierung immer weniger funktional, sondern zunehmend prozessorientiert betrachtet [GOEBEL 1996, S. 7; vgl. auch BENEKE 2003]. So sehen SPUR & KRAUSE [1997, S. 46] verstärkte Bemühungen, eine durchgängige Unterstützung der Prozesskette Gestaltung, Berechnung und Simulation, Prototypenherstellung und Fertigung durch organisatorische und technologische Maßnahmen zu ermöglichen. Von der Prozessorientierung werden sich in diesem Zusammenhang eine Strukturierung der Vorgehensweise und erhöhte Kunden- und Wertschöpfungsorientierung, verringerte Schnittstellen und Potenziale zur Parallelisierung, eine Verkürzung der Entwicklungszeiten, eine integrierte Produkterstellung (Vermeidung von Änderungen, Fehlern) sowie eine durchgängige informationstechnische Unterstützung (anstelle von Insellösungen) erhofft [ebd.].

Als Entwicklungsprozess kann dabei eine Reihe von aufeinander folgenden Entwicklungstätigkeiten bezeichnet werden, „welche, von der gestellten Aufgabe ausgehend, ein Produkt voraus denken und beschreiben“ [HUBKA & EDER 1976, S. 3; vgl. auch EHRENSPIEL 2007, S. 241; O'DONOVAN ET AL. 2005, S. 62].<sup>91</sup> Dabei wird, wie Bild 4-4 zeigt, eine gegebene Aufgaben- bzw. Problembeschreibung in eine vollständige Beschreibung eines technischen Systems

---

<sup>89</sup> Auch HILL ET AL. [1994, S. 123] stellen fest, dass sich aus der Analyse von Aktivitäten nichts über ihre Funktion und ihren Zweck aussagen lässt. Diese werden erst im Aufgaben- oder im Prozesszusammenhang deutlich.

<sup>90</sup> Dies ist insbesondere bei der Darstellung von Ist-Abläufen nicht trivial, da die Abbildung von Bearbeitungsschleifen (Iterationen und Rückkopplungen) schnell an die Grenze der Darstellbarkeit führt. Gängige Ansätze hierzu sind die Angabe von Wahrscheinlichkeiten für alternative Prozesspfade oder die Belegung der Pfade mit Entscheidungsregeln [vgl. z. B. GOLM 1996; RAUPACH 2000; TRÄNCKNER 1990].

<sup>91</sup> In Abgrenzung dazu stellen Methoden allgemein definierte, präskriptive Handlungsanweisungen zur Erreichung bestimmter Ziele oder Durchführung spezifischer Aktivitäten dar, z. B. der Lösung eines bestimmten Problems. Methoden basieren auf elementaren Arbeitsprinzipien, die im Gegensatz zu Prozessen einen universellen Handlungs- und Entscheidungsplan für eine allgemeine Problemsituation bereitstellen [HALES 1991, S. 5; HUBKA & EDER 1996, S. 132; MÜLLER 1990, S. 17; ROOZENBURG & EEKELS 1995, S. 39].

als Träger der gewünschten Fähigkeiten (Funktionen) und Eigenschaften transformiert.<sup>92</sup> Weitere Eingangsgrößen des Prozesses stellen Informationen sowie Verfahren und Methoden dar. Einen Einfluss auf den Prozess haben dabei aber auch situative Randbedingungen (Umstände, Beschränkungen) auf die in Kapitel 4.2.3 detaillierter eingegangen wird. Als Ausgangsgrößen liegen (technische) Lösungen bzw. ein weitgehend präzisiertes und in bestimmter Weise beschriebenes Produktmodell<sup>93</sup>, gewonnene Erfahrungen und Erkenntnisse sowie gegebenenfalls weitere Nebeneffekte des Prozesses vor [HUBKA & EDER 1996, S. 126; MÜLLER 1990, S. 16; SCHUMANN 1994, S. 5; WALLACE 1990, S. 209; WILDEMANN 2005, S. 31].

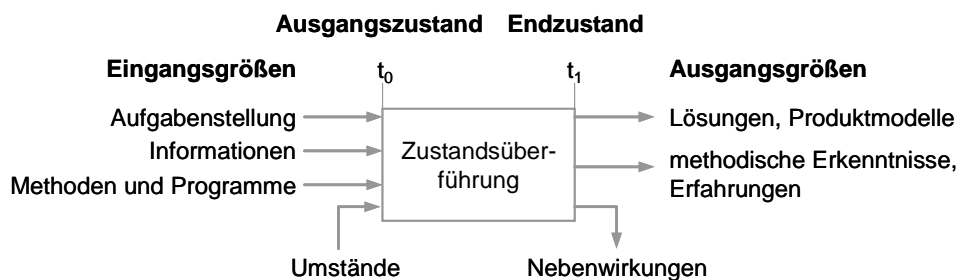


Bild 4-4. Produktentwicklung als Prozess [nach MÜLLER 1990, S. 16]

Im Entwicklungsprozess findet vorrangig eine Transformation von Informationen statt [HUBKA & EDER 1976, S. 7; PAHL ET AL. 2005, S. 65]. Hauptschritte dieses informationsumsetzenden Prozesses sind die Informationsbeschaffung (z. B. durch Anforderungsklä rung, Recherche), die Informationsverarbeitung bzw. -generierung (z. B. Lösungssuche, Versuche, Berechnung) und die Informationsaus- bzw. -weitergabe (Zeichnungen, Protokolle, Besprechungen) [EHRENSPIEL 2007, S. 241; WELLNIAK 1995, S. 21]. Um den Informationsfluss im Entwicklungsprozess zu organisieren, werden nach EHRENSPIEL [2007, S. 164 f.] weiterzugebende Informationen in Dokumenten bzw. „produktdarstellenden Modellen“ [BIRKHOFFER 1980, S. 20 ff.] „eingefroren“. Beispiele für Dokumente im Entwicklungsprozess sind Anforder-

<sup>92</sup> Eine sehr formale Sichtweise stellen hier BALDWIN & CLARK [2000, S. 42 f.] vor, nach der im Entwicklungsprozess die Transformation von nicht festgelegten Gestaltparametern in definierte Gestaltungsparameter erfolgt. Der Prozess beginnt mit der Definition der gewünschten Parameter und endet mit der Festlegung der kompletten Produktgestalt. Anschließend müssen die jeweiligen Gestaltparameter unter Beachtung physikalischer und logischer Restriktionen sowie wechselseitiger Abhängigkeiten und Wechselwirkungen festgelegt werden. Die elementaren Bestandteile des Gestaltungsprozesses sind dabei die Gestaltungshandlungen bzw. -vorgänge („acts“). Auch diese sind zahlreichen Abhängigkeiten unterworfen, zum einen durch die logische Abfolge der Handlungen selber (z. B. benötigte Ergebnisse als Eingangsgrößen anderer Prozessschritte) und zum anderen durch die Abhängigkeiten der jeweils betrachteten Objekte (vgl. auch PDD-Ansatz nach WEBER in Kap.3.1.4).

<sup>93</sup> Nach WELLNIAK [1995, S. 41] ist ein Produktmodell die Beschreibung eines nicht notwendigerweise existierenden Produkts. Das physische Produkt, das dann Erzeugnis genannt wird, ist in der Regel erst das Ergebnis eines produktiven Herstellungsprozesses [vgl. HERLYN 1990, S. 11; WIENDAHL 2005, S. 139].

derungslisten, Entwurfszeichnungen, Berechnungs- und Versuchsprotokolle etc. Die Information kann damit wie ein Werkstück im Materialfluss behandelt werden und ist durch zunehmende Konkretisierung gekennzeichnet. Nach COLLIN [2001, S. 86 ff.] können Dokumente hier sowohl Elementen der Prozess- als auch der Produktstruktur zugeordnet werden.

Analog zu dem in Kapitel 4.1.1 vorgestellten Prozessmodul nach HEMMERT [1985] kann ein einzelner Entwicklungsschritt mit dem in Bild 4-5 dargestellten, allgemeinen Modell für Entwicklungsprozesse beschrieben werden [vgl. EVERSHEIM & SCHUH 2005, S. 60].

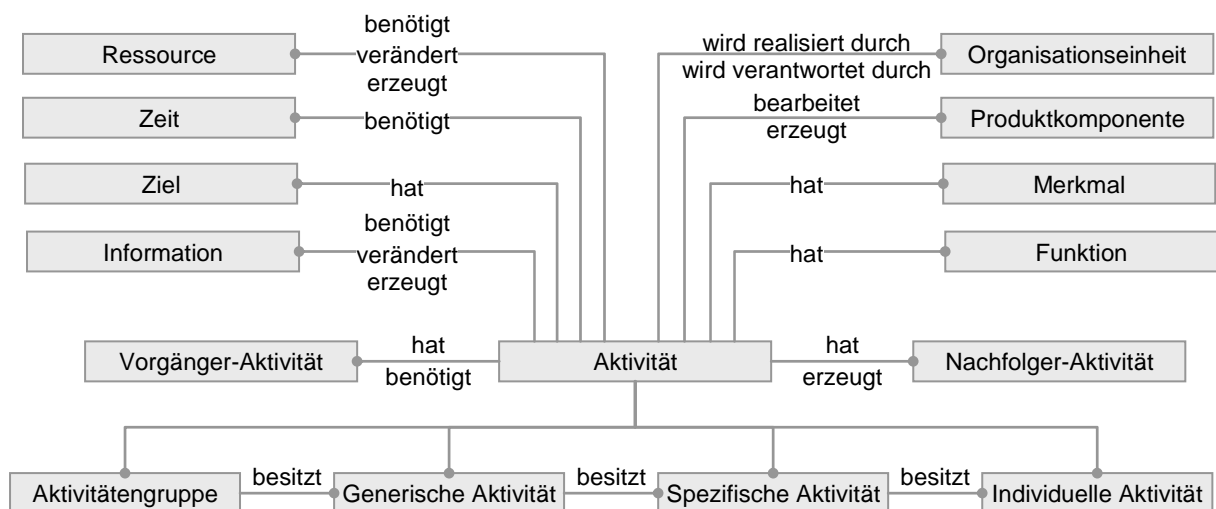


Bild 4-5. Generisches Schema des Entwicklungsprozesses [nach EVERSHEIM & SCHUH 2005, S. 60]

Das zentrale Element stellt hierbei die Entwicklungsaktivität dar. Je nach Spezifität (Konkretisierungsgrad) kann diese durch eine allgemeine Aktivitätengruppe, eine generische Aktivität oder eine spezifische Aktivität beschrieben werden bzw. gehört als untergeordnete Aktivität einem Element der jeweiligen Oberkategorie an. **Aktivitätengruppen** stellen dabei übergeordnete Prozesskategorien dar. **Generische Aktivitäten** bilden das grundsätzliche Schema eines Ablaufes bzw. einer Aktivität ab und sind damit eine Zusammenfassung aller individuellen Aktivitäten, die diesem Schema genügen [SPUR & KRAUSE 1997, S. 551]. Sie beziehen sich auf ähnliche Produkte oder Prozesse. **Spezifische Aktivitäten** schränken den Betrachtungsfokus weiter ein und beziehen sich auf bestimmte Produkt- oder Prozessstypen. Eine **individuelle Aktivität** bezieht sich dagegen auf eine konkrete Produkt- bzw. Prozessausprägung. Sie stellt die Instanz einer generischen Aktivität dar. Alle Freiheitsgrade der generischen Aktivität (z. B. Verrichtungen, Termine und Ressourcenzuordnung) sind hier definiert.

Jede Aktivität kann direkte Vorgänger und Nachfolger besitzen sowie (z. B. kausale) Beziehungen zu anderen Aktivitäten aufweisen. Sie hat zudem Ziele sowie eine Funktion und benötigt, erzeugt oder verändert spezifische Informationen. Sie bezieht sich auf Komponenten der Produktstruktur (Parameter, Bauteil, Baugruppe), wird durch Organisationseinheiten bearbeitet bzw. verantwortet (z. B. Stelle, Abteilung, Team, Entwicklungspartner) und benötigt zur Durchführung Ressourcen (Material, Betriebsmittel, Energie, Finanzmittel etc.).

Aktivitäten können zudem durch ihren Zeitbedarf sowie weitere Merkmale, wie z. B. die Eintrittswahrscheinlichkeit, beschrieben werden.

### 4.2.1 Struktur des Entwicklungsprozesses

Wie auch allgemeine Unternehmensprozesse weisen Entwicklungsprozesse eine Struktur auf, d. h. sie ordnen sich in eine übergeordnete Prozessstruktur ein bzw. können weiter ausgedehnt werden. So stellt der Entwicklungsprozess gleichzeitig ein Element des komplexen Produktlebenszyklus, das sind die Entstehungs- und Betriebsphasen eines Produktes, sowie der unternehmensbezogenen Prozesse der Leistungserstellung dar. Die innere Struktur bezieht sich dagegen auf die im komplexen Produktentwicklungsprozess enthaltenen Phasen und Einzelprozesse. Im folgenden Kapitel sollen diese Strukturen genauer untersucht und eine angemessene Betrachtungsebene für die vorliegende Arbeit festgelegt werden.

Auf einer übergeordneten Ebene ist der Produktentwicklungsprozess Teil des (zyklischen) marktbezogenen Produktentstehungsprozesses, der neben der Produktentwicklung auch die Strategieplanung und die Planung der Produktherstellung umfasst, und seinerseits Bestandteil des Produktlebenszyklus ist. Wie schematisch in Bild 4-6 dargestellt wird, kann der Entwicklungsprozess in Abhängigkeit von der Stückzahl (Fertigungsart) in mehreren Optimierungsschleifen durchlaufen werden. Er weist hierbei vielfache Verknüpfungen zu anderen Prozessen auf, z. B. Führungs-, Planungs-, Beschaffungs-, Herstellungs-, Distributions-, Nutzungs-, Entsorgungsprozessen [ANDREASEN & HEIN 1985, S. 27; GAUSEMEIER ET AL 2001, S. 43 ff.; SCHUMANN 1994, S. 7; SPATH ET AL. 2000, S. 48 ff.; SPUR & KRAUSE 1997, S. 20 ff.].

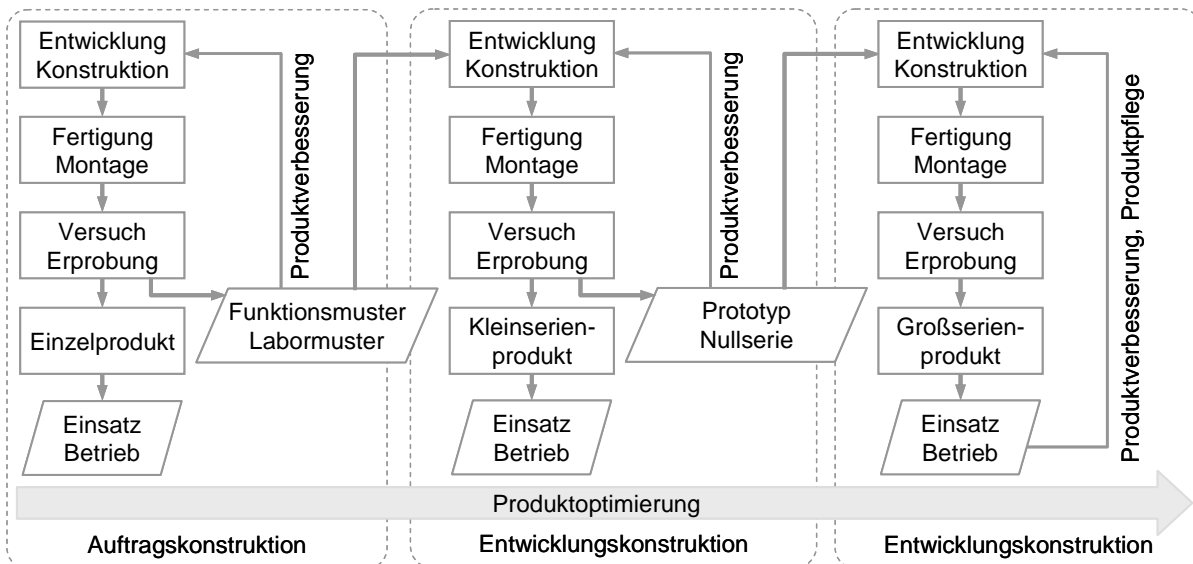


Bild 4-6. Phasen der Produktentstehung [in Anlehnung an VDI 1993, S. 8]

Der Produktentwicklungsprozess selbst kann nach SPUR & KRAUSE [1997, S. 10 ff.] in einen Produktplanungsprozess, einen Konstruktionsprozess und einen Erprobungsprozess unterteilt

werden. Der **Produktplanungsprozess** beinhaltet die Festlegung des Gestaltungsrahmens für ein herzustellendes Produkt und der zur Abwicklung der Produktentwicklung erforderlichen Aufgaben. Der **Konstruktionsprozess** schließt die Gestaltung von Teilfunktionen bzw. Einzelteilen und deren Zusammensetzung zu einer Gesamtfunktion bzw. einem Gesamtprodukt ein. Den Kern dieses Konstruktionsprozesses bildet die oben charakterisierte Transformation einer in der Produkteigenschaftsplanung festgelegten Konstruktionsaufgabe in ein Modell stofflich-geometrisch gestalteter Produktfunktionen. Der **Erprobungsprozess** bildet den Abschluss des Produktentwicklungsprozesses. Abhängig von der Fertigungsart werden hier Prototypen (Funktionsmuster), Nullserien-, Vorserien- oder Serienprodukte hergestellt und Versuche durchgeführt.

Der Konstruktionsprozess lässt sich nun wiederum in eine Reihe von Phasen, Teilprozessen und Einzeloperationen zerlegen [vgl. HUBKA & EDER 1996, S. 134; LINDEMANN 2007, S. 37 ff.]. Die oberste Ebene kann dabei durch die bereits in Kapitel 3.1.2 behandelten Vorgehenspläne bzw. Phasenmodelle abgebildet werden (mit den Phasen Konzipieren, Entwerfen und Detaillieren). Darunter liegende Prozessebenen können nach [HUBKA & EDER 1976, S. 9 ff.; HUBKA & EDER 1996, S. 135] beschrieben werden durch

- Konstruktionsoperationen, deren Inhalt die Festlegung der elementaren Produkteigenschaften ist (z. B. Wirkprinzip festlegen, Material auswählen),
- Grundoperationen, die innerhalb von Konstruktionsoperationen an Problemlösemechanismen orientiert sind (z. B. Lösungsfindung, Analyse bzw. Prüfung, Bewertung und Selektion [vgl. KOLLER 1994, S. 68 f.]<sup>94</sup>,
- Elementartätigkeiten, die im Rahmen der Grundoperationen ausgeführt werden (z. B. Produkt darstellen, Stückliste ausarbeiten, Berechnen, Versuche durchführen, aber auch Informationen sammeln, Besprechungen durchführen etc.)<sup>95</sup>, und
- Elementaroperationen (z. B. Lesen, Schreiben, Rechnen, Zeichnen), die die universale Basis der komplex zusammengesetzten Elementartätigkeiten bilden.<sup>96</sup>

---

<sup>94</sup> Modelle solcher Problemlösungszyklen sind u. a. der Entwicklungszyklus nach WHEELWRIGHT & CLARK [1992, S. 224], der Problemlösungszyklus des Systems Engineering [DAENZER & HUBER 1999, S. 48], der allgemeine Lösungsprozess nach PAHL ET AL. [2005, S. 166], der Vorgehenszyklus [EHRENSPIEL 2007, S. 86 f.] und das Münchner Vorgehensmodell [LINDEMANN 2007, S. 46].

<sup>95</sup> Hierbei kann zwischen laufend durchgeführten Grundtätigkeiten und begleitenden Tätigkeiten unterschieden werden. Die Grundtätigkeiten sind für das Konstruieren unverzichtbar, die begleitenden Tätigkeiten wirken unterstützend und sind v. a. für die Informationsverarbeitung notwendig [EHRENSPIEL 2007, S. 245]. Im Rahmen konstruktionswissenschaftlicher Untersuchungen wurde eine Vielzahl von Klassifikationen und Sammlungen solcher elementaren Konstruktionsoperationen konzipiert. Beispiele finden sich u. a. bei [EHRENSPIEL 2007, S. 246; HUBKA & EDER 1976, S. 9 ff.; MÜLLER 1990, S. 107; ZANKER 2000, S. 62] sowie zusammengefasst im Anhang A.9.

<sup>96</sup> HUBKA & EDER [1976, S. 13] unterscheiden hier Operationen für die Aufnahme und Speicherung, die Verarbeitung und die Ausgabe von Informationen sowie allgemeine Denkopoperationen und Heuristiken.

Auf einer Ebene darunter sind dann elementare menschliche Handlungsabläufe angesiedelt, die jedoch keine vollständigen Handlungsoperationen mehr beschreiben. Solche Grundmuster menschlichen Handelns können z. B. durch VVR-Einheiten (Vorwegnahme, Veränderung, Rückkopplung) [HACKER 2002, S. 219 ff.] oder das TOTE-Schema beschrieben werden [MILLER ET AL. 1970, S. 21 ff.]. Letzteres wurde als Gegenmodell zu rein reflexbasierten Verhaltensmodellen konzipiert und stellt eine regelkreisartige Struktur dar, die aus einem Veränderungsprozess und einem Prüfprozess besteht (vgl. Bild 4-7). Dabei wird postuliert, dass jeder Handlungsoperation (Synthese) eine Prüfoperation (Analyse) vorausgeht, mit der die Ausgangssituation analysiert wird. Anschließend erfolgt auf Basis der Analyse und der Zielstellung eine Veränderung der Situation, die abschließend wiederum auf Kongruenz zur Zielsituation analysiert wird. Ist die Veränderung zufrieden stellend, wird die Handlungseinheit verlassen, andernfalls beginnt einer neuer Handlungszyklus. Komplexe menschliche Handlungen setzen sich aus einer Vielzahl solcher, ineinander verschachtelten Elementarzyklen zusammen [vgl. RUTZ 1985]. Als Grundmuster können hierbei Iterationen und Rekursionen unterschieden werden. Iterationen bezeichnen eine Wiederholung von Operationen auf der gleichen Problemebene mit ggf. anderen Eingangsinformationen, während Rekursionen eine Wiederholung von Operationen bzw. Handlungszyklen auf unterschiedlichen Problemebenen darstellen [RUTZ 1985, S. 111 ff.].

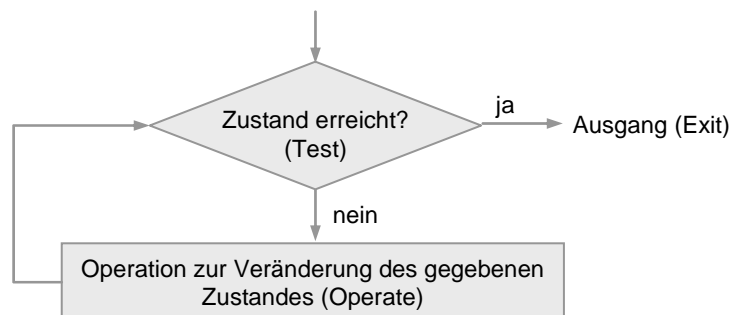


Bild 4-7. TOTE-Schema [nach MILLER ET AL. 1970, S. 26]

Auf diese Weise ergibt sich eine hierarchische Prozessstruktur, bei der Operationen auf untergeordneten Ebenen (so genannte Mikrologik) Bestandteile von Operationen oder Teilprozessen auf übergeordneten Prozessstufen (so genannte Makrologik) sind [vgl. z. B. BLESSING 1994, S. 175; EHRENSPIEL 2007, S. 272; KLÄGER 1993, S. 7; LINDEMANN 2007, S. 38]. Die in Bild 4-8 dargestellte, hierarchische Prozessstruktur zeigt dabei nicht nur die Verschachtelung der Elementarprozess-, Vorgehens- und Phasenmodelle auf, sondern erlaubt auch eine Differenzierung hinsichtlich der betrachteten Konstruktionsumfänge, der entsprechenden Bearbeitungszeiten und der involvierten Organisationseinheiten [vgl. EHRENSPIEL 2007, S. 272 ff.; HALES 1991, S. 21; SCHWERMER 1998, S. 112].

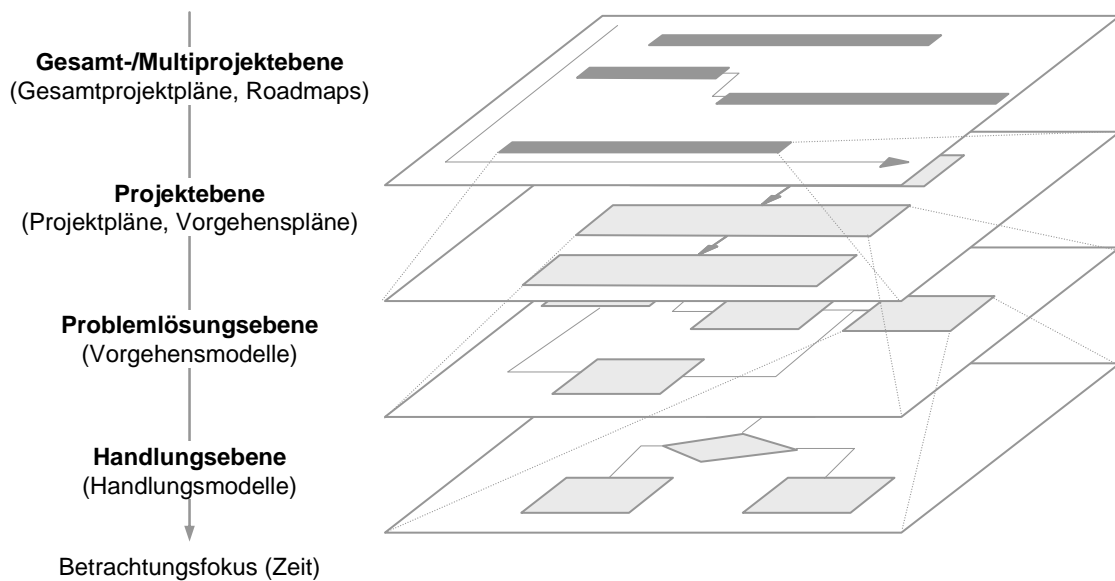


Bild 4-8. Hierarchische Struktur von Entwicklungsprozessen

So laufen einzelne **Konstruktionsschritte**, z. B. die Festlegung einer begrenzten Gestaltzone, im Sekunden- bis Minutentakt ab und können demnach mit elementaren Handlungsmodellen abgebildet werden. Diese Konstruktionsschritte finden vorrangig auf individueller oder Gruppenebene statt. Die übergeordnete **Konstruktion von Bauteilen und einzelnen Baugruppen** dauert Stunden bis (wenige) Wochen und kann durch Vorgehensmodelle beschrieben werden. Auch die Bauteilkonstruktion ist auf individueller oder Gruppenebene angesiedelt. Die Problemlösungszyklen bilden hierbei den Vorgehensrahmen. Die **Konstruktion ganzer Produkte** dauert Monate bis Jahre und stellt den Einsatzbereich von Vorgehensplänen dar. Der gesamte **Produkterstellungsprozess** kann mehrere Jahre dauern und wird aufgrund vielfältiger sachlicher und organisatorischer Vernetzungen durch Projektpläne abgebildet. Dieser Prozess ist auf Projektebene (Einbeziehung mehrerer Teams und Fachbereiche, z. T. Kooperation mit externen Zulieferern) angesiedelt. Übergeordnet ist die **strategische Programmentwicklung** (Betrachtung über mehrere Produktgenerationen) bzw. das **Management mehrerer Entwicklungsvorhaben**, das einen Betrachtungshorizont von vielen Jahren hat und beispielsweise durch Roadmaps beschrieben werden kann. Diese Prozesse sind auf der Unternehmensebene angesiedelt und stellen die Schnittstelle zur technischen Evolution als prozessbezogenem Außenbereich der Unternehmung dar.

Die Wahl der richtigen Prozessebene bzw. des *Detaillierungsgrads* der Prozessdarstellung bestimmt damit wesentlich den Abbildungsumfang eines entsprechenden Entwicklungsprozessmodells. Dies sollte TRÄNCKNER [1990, S. 39] zufolge so gestaltet sein, dass die wesentlichen, d. h. relevanten, Merkmale des realen Systems erfasst werden können. Eine zu hohe Detaillierung (Granularität) des Prozessmodells bedeutet eine Überkomplexität des Modells und einen unnötigen Modellierungsaufwand, eine zu geringe Detaillierung mitunter Unvollständigkeit [BENEKE 2003, S. 167; TRÄNCKNER 1990, S. 39]. Nach HOFER-ALFEIS [1999,

S. 28; vgl. auch BENEKE 2003, S. 55 ff.; VEH 2002, S. 25] bestehen hinsichtlich des angemessenen Detaillierungsgrads bei Entwicklungsprozessen enge Beziehungen zwischen Produkt- und Prozessstruktur. So stellen die im Produktmodell abgebildeten (Produktdaten-) Zustände einen bestimmten Entwicklungsstand dar, der innerhalb der Aktivitäten des Prozessmodells, z. B. durch Veränderung von Produktdaten, manipuliert wird [vgl. auch SCHMITT 2001, S. 47; SCHUMANN 1994, S. 14 f.]. Der notwendige Detaillierungsgrad bestimmt sich demnach in erster Linie aus der jeweiligen Aufgabenstellung (z. B. einer individuellen Kundenanforderung) und liegt in dem Bereich, innerhalb dessen sinnvolle Bezüge zwischen Produkt- und Prozessstruktur hergestellt werden können, d. h. die relevanten produkt- bzw. komponentenbezogenen Gestaltungsaktivitäten abgebildet werden können (vgl. Bild 4-9).<sup>97</sup>

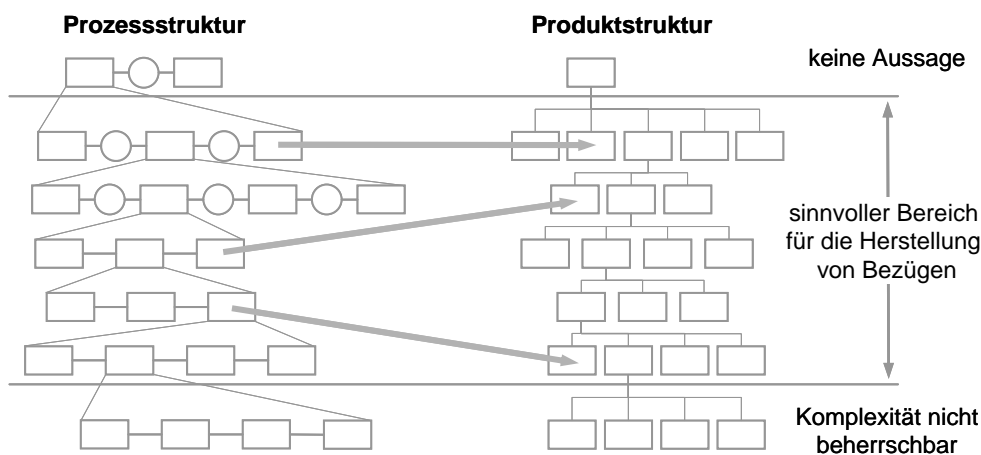


Bild 4-9. Bezüge zwischen Prozess- und Produktstruktur [HOFER-ALFEIS 1999, S. 28]

Die Strukturierung von Entwicklungsprozessen wird jedoch nicht nur durch die Wahl eines angemessenen Detaillierungsgrades, sondern auch durch die charakteristischen Eigenschaften des Entwicklungsprozesses in Bezug auf sein „Verhalten“ erschwert. So unterliegt der Prozess zahlreichen situativen Einflussfaktoren, die seine inhaltliche und ablaufbezogene Ausprägung noch während der Ausführung bestimmen. Daher muss auch hinsichtlich des bereits in

<sup>97</sup> Auf einer sehr abstrakten Ebene lassen sich zwar Beziehungen zwischen Prozess und Produkt herstellen („das Produkt ist Gegenstand des Prozesses“), diese Beziehungen haben jedoch keine praktische Aussagekraft. Bei einer sehr hohen Detaillierungstiefe können sehr viele Aussagen dargestellt werden (bis hin zur Abbildung einzelner Konstruktionsentscheidungen). Die sich daraus ergebende Modellkomplexität ist jedoch nicht mehr oder zumindest nur für sehr kleine Realitätsausschnitte beherrschbar. Der Bereich, in dem eine Herstellung von Beziehungen zwischen Prozess- und Produktstruktur sinnvoll ist, liegt nach HOFER-ALFEIS [1999, S. 28] zwischen diesen beiden Extremen (vgl. Bild 4-9). BENEKE [2003, S. 168] schlägt zudem den Wechsel zwischen verschiedenen Detaillierungsstufen entsprechend der jeweiligen Planungsaufgabe vor. Um einen Prozessüberblick zu bekommen, reicht demnach eine geringere Detaillierungsstufe aus, während ein hoher Detaillierungsgrad z. B. zum Erstellen von Arbeitsanweisungen notwendig sein kann.



Kapitel 4.1.2 diskutierten *Konkretisierungsgrads* ein Kompromiss zwischen Allgemeingültigkeit und Spezifität gefunden werden. Entwicklungsprozessmodelle, die für jede Anwendung Gültigkeit besitzen, weisen zwangsläufig nur eine abstrakte Sichtweise auf.<sup>98</sup> Prozessmodelle, die bis ins Detail ausgearbeitet sind, können dagegen nur für wenige Anwendungen mit sehr ähnlichen Charakteristika Anwendung finden [HILLER 1997, S. 46; PONN 2007, S. 104]. Einen Lösungsansatz stellen hierbei generische Entwicklungsprozessmodelle dar („Prozesshülsen“), die von spezifischen Besonderheiten freigehalten werden, jedoch die Anpassung an eine konkrete Ausgangssituation durch „Tailoring“ erlauben [HILLER 1997, S. 47]. Ein ähnlicher Ansatz, mit dem hohe Spezifität bei gleichzeitiger Flexibilität des Prozessmodells erreicht werden kann, ist die Verwendung von Prozessbausteinen. Allgemeingültige Prozessaktivitäten werden hierbei situationsspezifisch zu Gesamtprozessen zusammengestellt bzw. konfiguriert [vgl. z. B. FREISLEBEN 2001, S. 57 ff.; GRUNWALD 2002, S. 75; MEIBNER & BLESSING 2006, S. 73 f.; MURR 1999, S. 59 ff.; NEGELE 1998, S. 154 ff.].

Die spezifischen Charakteristika von Entwicklungsprozessen sowie die situativen Einflussfaktoren, denen diese unterliegen, sollen in den beiden nachfolgenden Teilkapiteln etwas detaillierter untersucht werden, um daraus nachfolgend dann wesentliche Anforderungen an die Modellierung und Planung von kundenindividuellen Entwicklungsprozessen auf einer angemessenen Detaillierungs- und Konkretisierungsebene abzuleiten.

#### 4.2.2 Charakteristische Eigenschaften von Entwicklungsprozessen

EHRENSPIEL [2007, S. 245] zufolge ist der Entwicklungsprozess vor allem durch sein schrittweises, permanent zwischen Analyse, Synthese und Entscheidung wechselndes und iteratives Vorgehen gekennzeichnet [vgl. auch PAHL ET AL. 2005, S. 166; KOLLER 1994, S. 68 f.]. Die typischen Eigenschaften von Entwicklungsprozessen sind vor allem in dem zumeist hohen Neuigkeitsgrad von Entwicklungsaufgabe und jeweiligen Randbedingungen sowie der geringen Wiederholungshäufigkeit begründet [MÜLLER 1990, S. 9]. So sind meistens weder der Zielzustand des Entwicklungsprozesses eindeutig oder vollständig definiert, noch lässt sich der Prozess zur Erreichung dieses Zielzustandes formalisieren. Zudem gibt es nur begrenzt Vorbilder für die jeweiligen Entwicklungssituationen, z. B. in Form bereits gemachter Erfahrungen oder Lösungsspeicher. Die Menge der möglichen Lösungszustände ist unüberschaubar groß und durch eine Vielzahl von (Konstruktions-) Operationen veränderbar, gleichzeitig aber deren Überprüfung auf Eignung zur Problemlösung und Realisierbarkeit nur eingeschränkt möglich. Schließlich unterliegen Ziele und Randbedingungen des Prozesses dynamischen Veränderungen [vgl. u. a. DYLLA 1990, S. 12 f.; GRUNWALD 2002, S. 13 ff.; HOFER-ALFEIS 1999, S. 29 ff.; HUBKA & EDER 1976, S. 8; NEGELE 1998, S. 124 f.; PLATZ 1996, S. 440; SCHUMANN 1994, S. 24 ff.; STUFFER 1994, S. 9].<sup>99</sup> Der Entwicklungsprozess ist daher durch

<sup>98</sup> ROTH [2000, S. 59] formuliert dazu treffend: „Der Abstraktionsvorgang (...) erweitert zwar den Lösungsbereich, verdünnt aber den Inhalt“.

<sup>99</sup> Entwicklungsaufgaben sind demzufolge durch eine hohe Komplexität gekennzeichnet und haben Problemcharakter. Probleme sind nach DÖRNER [1987, S. 10 ff.] durch einen unerwünschten Ausgangszustand, einen erwünschten Endzustand und eine Barriere gekennzeichnet, die die unmittelbare Transformation vom Ausgangs-

eine evolutionäre, nicht deterministische Vorgehensweise charakterisiert, bei der Entscheidungen und Entwicklungsergebnisse neue Prozesse anstoßen und eine zunehmende Konkretisierung der Gestaltungsobjekte erfolgt. SCHUMANN [1994, S. 12] zufolge ist der Produktentwicklungsprozess hierbei durch den Wechsel von Entscheidungen bezüglich der Produktgestaltung (z. B. Festlegen der Funktionsprinzipien, der Produktstruktur, der geometrischen Gestalt) und der Prozessgestaltung (Vorgehensweise zur Erreichung der produktbezogenen Gestaltungsziele) gekennzeichnet. Die jeweils erreichten produktbezogenen Zwischenergebnisse bestimmen den weiteren Verlauf des Prozesses.

Im Resultat sind Entwicklungsprozesse durch eine schwierige Modellier- und Planbarkeit charakterisiert [TEUFEL 1996, S. 53; VAJNA 2005, S. 371]. Die notwendigen Entwicklungsschritte und deren Ablauf, Ergebnisse sowie Zeitbedarf lassen sich nicht präzise vorhersagen. Daher erfolgen meist die Festlegung einer allgemeinen Vorgehensstrategie und eine gleitende bzw. rollierende Prozessplanung. Ausgehend von dem übergeordneten Vorgehensplan werden hierbei die nächstgeordneten Teilziele präzisiert. Wenn dann Ergebnisse oder weitere Erkenntnisse vorliegen, werden Nachfolgeoperationen und zu beschaffende Sachinformationen geplant und detailliert [vgl. GIAPOLIS 1998, S. 101 ff.; MÜLLER 1990, S. 201]. Die geringe Determinierbarkeit von Prozessen und Ergebnissen führt auch dazu, dass Entwicklungsprozesse stark durch Versuch und Irrtum geprägt sind und meist keinen sequentiellen Verlauf aufweisen. Entwicklungsprozesse sind daher durch zahlreiche Iterationen und Vor- und Rücksprünge charakterisiert – nicht nur zur Korrektur z. B. aufgrund von Änderungen, sondern auch zur Detaillierung und Konkretisierung früherer Entwurfsentscheidungen. Diese zahlreichen Querverbindungen zwischen Teilprozessen erhöhen die Komplexität noch und erfordern eine intensive Prozesskoordination. In Tabelle 7 sind die charakteristischen Eigenschaften von Entwicklungsprozessen zusammenfassend und „normalen“ Geschäftsprozessen gegenübergestellt.

Tabelle 7: Unterschiede zwischen Geschäfts- und Entwicklungsprozessen [VAJNA 2005, S. 371]

Geschäftsprozesse	Entwicklungsprozesse
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozesse sind wohldefiniert, starr, reproduzier- und prüfbar und unterliegen keinen Änderungen</li> <li>• Prozessergebnisse sind determinierbar</li> <li>• Wahrscheinlichkeit von Störungen oder unvorhergesehenen Ereignissen ist gering</li> <li>• geringe Anforderungen an dynamische Prozesssteuerung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prozesse sind hochdynamisch, kreativ und enthalten viele Iterationen und Rücksprünge</li> <li>• Prozessergebnisse sind nicht determinierbar</li> <li>• Wahrscheinlichkeit von Störungen ist hoch, z. B. aufgrund ungeplanter Ereignisse, Änderungen, etc.</li> <li>• hohe Anforderungen an dynamische Prozesssteuerung</li> </ul>

### 4.2.3 Einflussgrößen auf den Produktentwicklungsprozess

Neben einer geringen Determinierbarkeit des Entwicklungsprozesses selbst wird dessen Planbarkeit auch durch den starken Einfluss von Rahmenbedingungen erschwert. Parameter dieser so genannten Konstruktionssituation sind unter anderem das zu bearbeitende bzw. zu

---

*in den Endzustand im Moment verhindert (z. B. nicht bekannter, gewünschter Endzustand, nicht bekannte Mittel zu Erreichung des Endzustandes). Bei der Bewältigung von Aufgaben existiert diese Barriere nicht. Sie sind durch Erfahrung oder einen Algorithmus lösbar.*

entwickelnde Konstruktionsobjekt und dessen Fertigungsart (Einzelstück, Serienprodukt), der Neuheits- und Komplexitätsgrad der Aufgabe sowie die darin enthaltenen Hauptanforderungen („Design to X“) und der vorhandene Informationsstand bezüglich des Konstruktionsproblems. Außerdem spielen die eingesetzten Methoden und die zur Verfügung stehenden Hilfsmittel, die Erfahrung, das Wissen und die Kreativität der beteiligten Entwickler, die Zusammensetzung und das Zusammenspiel des Teams sowie die organisatorischen und unternehmensbezogenen Randbedingungen eine große Rolle [EDER 2003, S. 9 f.; EHRENSPIEL 2007, S. 239; HUBKA & EDER 1996, S. 139 ff.; LINDEMANN 1996, S. 296; RAUPACH 2000, S. 8 ff.; SCHUMANN 1994, S. 8 ff.].

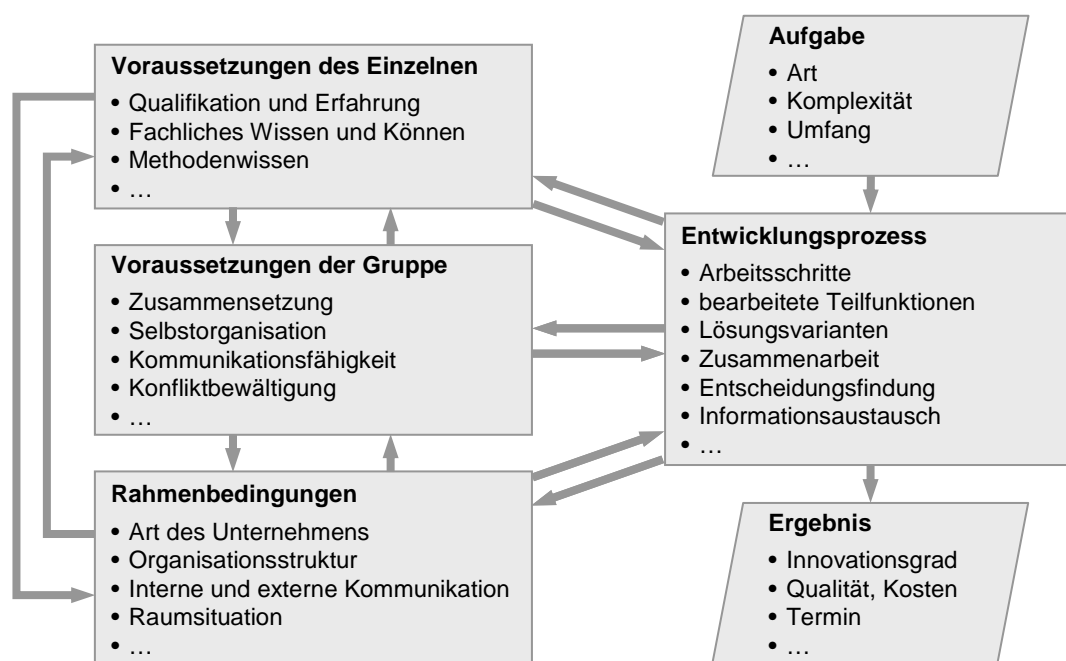


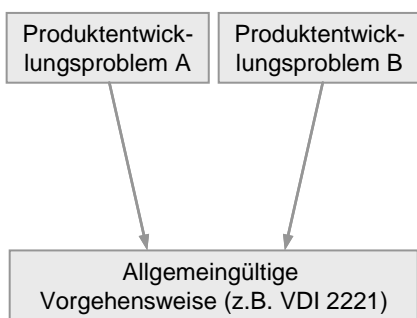
Bild 4-10. Einflussfaktoren auf den Entwicklungsprozess und das Ergebnis  
[BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 2004, S. 6]

Diese Einflüsse auf den Entwicklungsprozess können u. a. durch das in Bild 4-10 dargestellte 4PR-Modell nach GÜNTHER [1998, S. 4; vgl. auch BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 2004, S. 6; BLESSING 1994, S. 9] abgebildet werden. Die wesentlichen Einflussgruppen auf den **Prozess** sind demnach das zu behandelnde Problem bzw. die Aufgabenstellung, die beteiligten Personen und die vorliegenden Rahmenbedingungen. Das **Problem** bzw. die Aufgabenstellung wird durch das betrachtete Produkt, die Hauptanforderungen bzw. das zu realisierende Prozessergebnis sowie den Entwicklungsumfang/Zeit bestimmt. Die Aufgabe determiniert dabei wesentlich die durchzuführenden Arbeitsschritte (Prozess). **Personen** wirken sich durch individuelle Einflüsse (Wissen, Erfahrungen), aber auch in der Zusammensetzung in Gruppen auf den Prozess aus. **Rahmenbedingungen** (z. B. verfügbare Arbeitsmittel und -bedingungen, Organisationsstruktur, Unternehmensgröße etc.) haben ebenfalls einen erheblichen Einfluss vor allem auf die Prozessdurchführung. Im Folgenden werden jedoch nur aufgabenbezo-

gene Einflussfaktoren weiter betrachtet und organisations- oder individuumsspezifische Einflüsse auf den Entwicklungsprozess ausgeklammert.<sup>100</sup> Die sachinhaltliche Bestimmung der Prozessstruktur soll damit in den Vordergrund gestellt werden [vgl. BENEKE 2003, S. 167].

In der verbleibenden Vielfalt an Anforderungen und Einflussgrößen liegt aber immer noch ein grundsätzliches Gestaltungsproblem von Entwicklungsprozessen. Allgemeine Vorgehensmodelle können entsprechend der dargestellten Prozessstruktur allenfalls bei der groben Planung von Entwicklungsaktivitäten unterstützen. So berücksichtigen sie nicht die konkrete Problemstellung und Konstruktionssituation [vgl. PAHL ET AL. 2005, S. 171; SCHUMANN 1994, S. 35]. Desweiteren werden die Vorgehenschritte nur auf einem sehr abstrakten Niveau beschrieben und die einstufige Gliederung von Vorgehensplänen kann die Struktur komplexer Produktentwicklungsprozesse nicht ausreichend wiedergeben [vgl. DYLLA 1990, S. 104; GRÖBER 1992, S. 26]. Es ist damit nicht möglich, eine Entwicklungsmethodik bzw. ein allgemeines Vorgehensmodell zu definieren, das allen unternehmens-, individuum- und produktbezogenen Rahmenbedingungen gerecht wird und zudem die komplexe Struktur von Entwicklungsprozessen abbilden kann. Das Dilemma der Planung bzw. Gestaltung von Entwicklungsprozessen ist dabei die Unvereinbarkeit von hoher Allgemeingültigkeit der Methoden bzw. Modelle, die mit einem abstrakten Beschreibungsniveau einhergeht, und detaillierter Aussagekraft mit konkretem Situationsbezug [SCHUMANN 1994, S. 10]. Dieses Dilemma kann SCHUMANN [1994, S. 11] zufolge jedoch dadurch gelöst werden, das auf Allgemeingültigkeit zugunsten eines hohen Detaillierungsniveaus bei individuellen Entwicklungsprozessen verzichtet wird, was allerdings erfordert, das ein allgemeingültiges Planungsvorgehen auf einer übergeordneten Ebene bereitgestellt wird. Mit dieser so genannten Metamethodik sollen hierbei spezifische Vorgehenspläne generiert werden können (vgl. Bild 4-11).

Gestaltung des Entwicklungsprozesses mittels allgemeingültiger, abstrakter Vorgehensweise



Individuelle geplante Vorgehensweise mit hohem Detaillierungs- und Konkretisierungsgrad

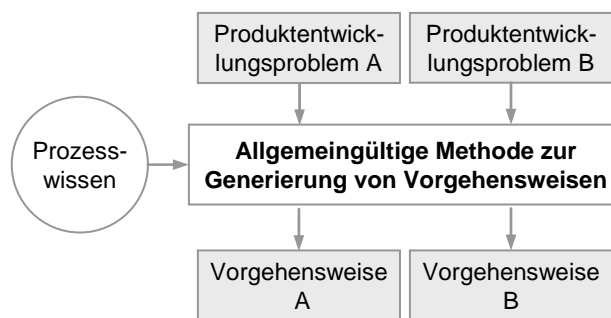


Bild 4-11. Ansätze zur Gestaltung des Produktentwicklungsprozesses [SCHUMANN 1994, S. 11]

<sup>100</sup> Hierzu sei beispielsweise auf [BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 2004; DYLLA 1990, S. 27 f.; FRICKE 1993, S. 68 ff.; GÜNTHER 1998, S. 25; HALES 1991, S. 104] verwiesen.

Zusammenfassend wird damit in Bezug auf die Problemstellung der Arbeit eine flexible Ableitung eines situations- und problemspezifischen Vorgehens auf einer angemessenen Detaillierungsstufe als eine wesentliche Anforderung an das Lösungskonzept angesehen. Hierzu soll entsprechend Bild 4-11 eine allgemeingültige Methode zur Erstellung spezifischer, produkt- und problembezogener Prozesspläne für kundenspezifische Adaptionprozesse bei individualisierten Produkten konzipiert werden. Als Detaillierungsstufe wird dabei die Ebene der Elementartätigkeiten gewählt, da hier der notwendige direkte Bezug zur Produktstruktur hergestellt werden kann. Erleichtert wird das Planungsproblem im vorliegenden Fall durch die Eingrenzung der Gestaltungsmöglichkeiten aufgrund der vordefinierten Produktstruktur, den begrenzten Umfang und Auswirkungsbereich kundenspezifischer Anforderungen mit einem hohen Anteil an Anpassentwicklungen und den vergleichsweise hohen Anteil ausgearbeiteter Komponenten. Der Prozess ist damit deutlich besser strukturierbar als bei innovativen Neuentwicklungen, kann allerdings entsprechend des jeweils festgelegten Individualisierungs- und Vorbereitungsgrades auch erhebliche Neuentwicklungsanteile enthalten [vgl. BACKHAUS 2003, S. 358; FRESE 1992, Sp. 2028 ff.; FISCHERMANN & LIEBELT 2000, S. 30]. Bevor die Konzeption einer derartigen Planungsmethode erfolgt, soll jedoch im folgenden Kapitel auf existierende Ansätze zur Gestaltung von Entwicklungsprozessen eingegangen werden. Hier liegt der Schwerpunkt auf der Modellierung und Planung von Entwicklungsprozessen, die Prozesssteuerung und -kontrolle werden dagegen aus der Betrachtung ausgeschlossen [vgl. hierzu z. B. MURR 1999, S. 106 ff.; PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 211 ff.; REFA 1985].

### 4.3 Methodische Gestaltung von Produktentwicklungsprozessen

Nach HILLER [1997, S. 8; vgl. auch VAJNA 2005, S. 370] sind die Hauptanforderungen bei der Gestaltung von Produktentwicklungsprozessen die Sicherstellung einer hohen Transparenz, Effizienz und Flexibilität des Produktentwicklungsprozesses. Diese Anforderungen ergeben sich direkt aus den oben beschriebenen Eigenschaften des Entwicklungsprozesses und beziehen sich auf die Gestaltung und Darstellung einer geeigneten Prozessstruktur, die Vermeidung unnötiger Iterationen und Rückschritte und den adäquaten Umgang mit ungeplanten Ergebnissen, Ereignissen und Änderungen während des Entwicklungsprozesses. Eine hohe **Transparenz** soll es demnach ermöglichen, sich schnell einen Überblick über die prozessrelevanten Aspekte verschaffen zu können. Dies schließt die Bereitstellung von Informationen über die zugrunde liegenden Anforderungen, den bisherigen Verlauf und den gegenwärtigen Stand des Entwicklungsprozesses sowie über den Fortgang des Prozesses und die Konsequenzen zu treffender Entscheidungen ein („Navigation“ durch den Entwicklungsprozess). Eine hohe **Effizienz** des Produktentwicklungsprozesses bezieht sich auf die Erstellung des geforderten Prozessergebnisses in anforderungsgerechter Qualität bei minimalem Zeit- und Ressourcenverzehr. Unter **Flexibilität** des Produktentwicklungsprozesses wird schließlich die Fähigkeit verstanden, eine große Vielfalt von Entwicklungsproblemen lösen und auf nicht vorhergesehene Umstände reagieren zu können. Diese Anforderungen können vor allem durch geeignete Modellierungs- und Planungsmethoden umgesetzt werden. Nachfolgend werden hierzu ausgewählte Aspekte und Ansätze präsentiert und in Hinblick auf die Konzeption einer Methode zur flexiblen Prozessplanung im Rahmen der kundenindividuellen Produktdefinition bewertet.

### 4.3.1 Modellierung von Produktentwicklungsprozessen

BECKER ET AL. [2003, S. 29] zufolge stellen Informationsmodelle eine elementare Grundlage der Prozessorganisation dar. Sie sind abstrakte Repräsentationen realer Sachverhalte zum Zwecke der Organisations- und Anwendungssystemgestaltung. Der zu beschreibende Sachverhalt wird hierbei durch Abstraktion gedanklich vereinfacht und in ein Modell überführt. Als relevant empfundene Aspekte des realen Sachverhaltes werden in das Modell aufgenommen, als irrelevant empfundene Aspekte werden dagegen vernachlässigt [ebd.]. Nach STACHOWIAK [1973, S. 131 ff.] sind Modelle daher durch drei wesentliche Charakteristika gekennzeichnet, das sind Abbildung, Verkürzung und Zweckbezug. Das **Abbildungsmerkmal** bezieht sich auf den Umstand, dass Modelle immer Repräsentationen natürlicher oder künstlicher Originale darstellen. Hier werden jedoch nicht alle Attribute des Originals abgebildet, sondern nur die im jeweiligen Modellierungskontext relevant erscheinenden, was durch das **Verkürzungsmerkmal** ausgedrückt wird. Schließlich erfüllen Modelle eine Ersetzungsfunktion in Bezug auf ihr Original. Diese Funktion ist durch den **Modellzweck** (pragmatisches Merkmal) charakterisiert.

Mit Prozessmodellen werden Prozesse bzw. die notwendigen oder durchgeführten Aktivitäten innerhalb des Unternehmens abgebildet [MERAT 1996, S. 28]. ROSEMANN [1996, S. 39] definiert Prozessmodelle als immaterielle Abbilder von Prozesstypen, die zur Erklärung und Gestaltung des Systemverhaltens herangezogen werden. „Ein Prozessmodell gibt dabei die Obermenge von Ablaufbeziehungen für eine Klasse verhaltensanaloger Prozessobjekte wieder und enthält die aus Sicht des Modellierers wichtigen Elemente und Beziehungen des Objektsystems“ [ebd.]. Über die Bestandteile und den Detaillierungsgrad eines Prozessmodells, und damit den Umfang der Abbildung des Originals, muss hierbei zweckbezogen entschieden werden [ebd.]. Zweck von Prozessmodellen ist eine transparente Darstellung der Abläufe, die Verdeutlichung von Zusammenhängen und die Ermöglichung von Terminierungs- und anderen Steuerungsaufgaben [MERAT 1996, S. 28]. Dem Modell kommen dabei eine Erkenntnis- und eine Gestaltungsaufgabe zu. Die **Erkenntnisaufgabe** liegt in der Explizierung von Struktur und Verhalten des realen Sachverhaltes sowie in der Abstraktionsleistung bei der Modellerstellung. Die **Gestaltungsaufgabe** besteht im Erkennen und der Generierung von Lösungs- oder Verbesserungsideen bei der Gestaltung oder Veränderung des modellierten Sachverhaltes. Entsprechend können Prozessmodelle nach BECKER ET AL. [2002, S. 52 ff.] beispielsweise zur Organisationsgestaltung oder zur Anwendungssystementwicklung eingesetzt werden. Unter erstere fällt die Dokumentation von organisatorischen Prozeduren, deren Reorganisation, Simulation (auch Kostenrechnung), Zertifizierung oder das Projektmanagement auf Basis von Prozessmodellen. Im Rahmen der Anwendungssystementwicklung erfolgen dagegen eine prozessbezogene Auswahl oder Entwicklung von Unternehmenssoftware oder die Implementierung rechnergestützter Arbeitsflüsse (Workflows) und Wissensmanagementsysteme. Der Ausgangszustand des modellierten Sachverhaltes wird hierbei als Istmodell, das Ergebnis eines Gestaltungsprozess (Lösungsvorschlag) als Sollmodell bezeichnet. Ein Idealmodell abstrahiert demgegenüber von realen Gegebenheiten und stellt einen idealisierten allgemeingültigen Prozessentwurf dar [BECKER ET AL. 2003, S. 29]. Der Zweck eines Prozessmodells hat dabei entscheidenden Einfluss auf die inhaltliche Gestaltung des Prozessmodells [BECKER ET AL. 2002, S. 58]. Entsprechend der unterschiedlichen Einsatzzwecke ergeben sich vielfältige methodische Ansatzpunkte bzw. Modelltypen zur Prozessmodellierung [BECKER ET AL. 2002,

S. 75; SCHWERMER 1998, S. 65].<sup>101</sup> Diese bilden den Gegenstand des nachfolgenden Abschnitts.

### *Methoden der Prozessmodellierung (Modelltypen)*

Die Anzahl verfügbarer Modelltypen ist mittlerweile beinahe unüberschaubar groß. Im Folgenden soll daher nur ein sehr kleiner Überblick über im Kontext der Arbeit relevante Modellierungsmethoden gegeben werden. An dieser Stelle erfolgen dabei lediglich eine Kurzzusammenfassung der methodischen Ansätze und eine Bewertung in Bezug auf deren Eignung als Modellierungsansatz für die Prozesse der kundenspezifischen Produktdefinition. Eine detaillierte Darstellung der hier behandelten Methoden befindet sich im Anhang A.7. Für eine tiefer gehende Analyse und Bewertung von Methoden und Werkzeugen der Prozessmodellierung sei zudem auf [BULLINGER & SCHREINER 2001; MERTINS ET AL. 1994, S. 104 ff.; O'DONOVAN 2005, S. 73 ff.; ROSEMAN 1996, S. 48 ff.] verwiesen.

Zunächst sind auf Grundlage der vorangegangenen Ausführungen zur Prozessmodellierung sowie des spezifischen Modellierungszweck jedoch die Anforderungen zu klären, auf deren Basis eine Bewertung der Modellierungsmethoden erfolgen soll. Der Modellierungszweck besteht hierbei in der Abbildung und Unterstützung der Planung von Prozessen der kundenindividuellen Produktdefinition und -anpassung auf Basis gegebener Kundenanforderungen. Allgemeine Anforderungen an die Modellierung von Produktentwicklungsprozessen stellen nach GOLDSTEIN [1999, S. 88] u. a. die Abbildung von unstrukturierten Prozessen, die Abbildung von Entscheidungen, die Abbildung benötigten Wissens und des Informationszuwachses über den Prozess, die Abbildung paralleler, vernetzter Prozesse sowie die Abbildung von Iterationen dar. Damit wird der Entwicklungsprozess allerdings bereits auf einer sehr detaillierten Ebene einzelner Konstruktionsentscheidungen beschrieben. In der vorliegenden Arbeit sollen daher andere Anforderungen verfolgt werden. So soll die Methode eine **flexible Modellierung von Entwicklungsprozessen auf einer angemessenen Detaillierungsstufe**, d.h. eine situationsangepasste Darstellung des Prozesses auf der Ebene von grundsätzlichen Entwicklungstätigkeiten, ermöglichen. Dabei kann aufgrund der besonderen Randbedingungen des Adaptionsprozesses bei individualisierten Produkten von vergleichsweise deterministischen, gut strukturierten Auftragsabwicklungsprozessen ausgegangen werden. Die Modellierungsmethode muss damit nicht in der Lage sein, einzelne Entscheidungen und Iterationen im Detail abzubilden. Vielmehr sollen die **grundsätzlichen Entwicklungstätigkeiten** abgebildet werden. Die Modellierungsmethode dient dabei jedoch nicht nur der Beschreibung von Prozessen, sondern soll vor allem die **Planung kundenspezifischer Entwicklungsprozesse unterstützen**. Hierbei soll durch die Modellierungsmethode selbst ein konkreter **Bezug zu kundenindividuellen Anforderungen und betroffenen Produktkomponenten** hergestellt werden können. Zudem soll die Modellierungsmethode den **Aufbau eines Prozessspektrums** als Teil des Leistungspotenzials unterstützen, d. h. zur Abbildung und Bewahrung von Prozesswissen geeignet sein. Um einen aufwandsarmen Modellaufbau und den strukturierten Zugriff

---

<sup>101</sup> Ein Modelltyp repräsentiert hier eine bestimmte Notation, die für die Modellierung verwendet wird [BECKER ET AL. 2002, S. 62]. Jedem Modelltyp ist eine Menge von Objekttypen, z. B. Funktionen, Ereignisse, Bearbeitungsobjekte, mit einer definierten Semantik (und meist einer festgelegten grafischen Darstellung) zugeordnet.

auf dieses Prozessspektrum gewährleisten zu können, sollen **generische Prozessbausteine** auf Basis grundsätzlicher Entwicklungsaktivitäten zum Einsatz kommen, die spezifisch ausgeprägt bzw. instanziiert sowie flexibel konfiguriert werden können. In Tabelle 8 werden die als wesentlich erachteten Modellierungsmethoden zusammenfassend dargestellt und bewertet.

Tabelle 8: Methoden der Prozessmodellierung im Überblick

Bezeichnung und Literatur	Kurzbeschreibung	Bewertung
Petri-Netze [u. a. ROSEMAN 1996, S. 52 f.]	Petri-Netze stellen eine abstrakte und formale Methode zur Beschreibung von Abläufen auf Basis der Graphentheorie dar. Hierbei werden aktive (Zustandsveränderungen) und passive Knoten (Systemzustände) sowie verbindende Kanten unterschieden. Mit der Methode werden vor allem logische Ablaufbeziehungen abgebildet.	Petri-Netze sind vor allem zur Simulation von beliebigen Abläufen geeignet. Da einzelne Zustandsübergänge modelliert werden, ist das Detaillierungsniveau der Methode sehr hoch. Es können jedoch keine Prozessbausteine gebildet werden und der Informationsgehalt der einzelnen Modellelemente ist eher gering.
Structured Analysis and Design Technique (SADT) [u. a. MARCA & MCGOWAN 1988]	Die Structured Analysis and Design Technique (SADT) ist eine graphische Beschreibungsmethode, die aus Prozessaktivitäten und verbindenden Pfeilen besteht. Mit SADT kann eine sehr präzise Modellierung der notwendigen Eingangsgrößen, Transformationsaktivitäten und Ausgangsgrößen von Prozessen vorgenommen werden. SADT basiert dabei auf einer stark hierarchischen Prozessdarstellung	SADT ist eine verbreitete Methode zur Modellierung von Entwicklungsprozessen. Die Prozessaktivitäten enthalten wesentliche Beschreibungselemente für Entwicklungsprozesse. Der Detaillierungsgrad kann hierbei flexibel gewählt werden. Allerdings ist der Modellaufbau kompliziert und wird schnell unübersichtlich. SADT stellt dennoch eine wesentliche methodische Basis auch für andere Modellierungsansätze (z. B. Prozessbausteine) dar.
Netzplantechnik [u. a. BURGHARDT 2002, S. 217 ff.]	Netzplantechniken werden vor allem im Projektmanagement zur Terminplanung eingesetzt. Die zugeordneten Methoden erlauben eine gute Darstellung von Abläufen auf vergleichsweise grobem Detaillierungsniveau. Netzpläne bilden nur Vorgänge und zeitliche Abhängigkeiten, aber keine Eingangs- und Ausgangsgrößen oder andere Prozessinformationen ab.	Die Netzplanmethoden bieten vor allem Unterstützung bei der Termin- und Kapazitätsplanung in Projekten, unterstützen aber die Modellierung von Entwicklungsprozessplänen nur unzureichend. Wesentliche Prozesselemente (z. B. unterstützende Methoden, Eingangs- und Ausgangsinformationen) können hierbei nicht abgebildet werden.
Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) [z. B. BECKER ET AL. 2002, S. 65 ff.]	Ereignisgesteuerte Prozessketten basieren auf der Methode der Petrinetze. Sie bilden vor allem Zustände und Zustandsübergänge (auch Verzweigungen, Alternativen) sowie damit verknüpfte Elemente ab (Funktionen, Informationen, Bearbeiter, Werkzeuge etc.). Die Methode kann Prozesse auf sehr detailliertem Niveau abbilden und wird vor allem zur formalen Beschreibung von Unternehmensprozessen genutzt.	Ereignisgesteuerte Prozessketten werden sehr schnell komplex, umfangreich und unübersichtlich und sind daher vor allem zur Abbildung von eng begrenzten Prozessausschnitten auf hohem Detaillierungsniveau (z. B. Workflows) geeignet. Die Darstellung von Ereignissen und Verzweigungen ist im vorliegenden Kontext weniger relevant und trägt zu einer starken Komplexitätserhöhung des Prozessmodells bei.
Objektorientierte Methode für die Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA) [FAHRWINKEL 1995]	OMEGA stellt eine objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung dar, mit der wesentliche Beschreibungsobjekte der Aufbauorganisation sowie von Geschäftsprozessen mittels einer festgelegten, graphisch unterstützten Notation beschrieben werden können. OMEGA unterstützt v. a. Reorganisationsprojekte.	Der Abbildungsumfang von OMEGA ist sehr umfangreich. Durch die vielen Vernetzungen zwischen den Prozessschritten und zwischen unterschiedlichen Detaillierungsniveaus wird die Prozessdarstellung aber sehr komplex. Die Strukturierung der Objekte ist allerdings beispielhaft und könnte in weiten Teilen übernommen werden.



<p>Prozessplan (Proplan) [TRÄNCKNER 1990]</p>	<p>Der Prozessplan stellt eine semiformale Methode zur Abbildung und Optimierung von Auftragsabwicklungsprozessen dar. Das Detaillierungsniveau ist vergleichsweise hoch und erlaubt die Verfolgung eines Auftrags/Objekts durch das Unternehmen. Für die Modellierung werden definierte Prozesselemente verwendet, die Grundfunktionen des Auftragsabwicklungsprozesses darstellen. Verknüpfungen zwischen den Prozesselementen lassen sich sehr gut abbilden und mit Ausgangswahrscheinlichkeiten belegen.</p>	<p>Die Methode erlaubt durch die vordefinierten Prozessfunktionen eine sehr strukturierte Abbildung des Prozesses auf einem angemessenen Detaillierungsniveau. Allerdings sind wesentliche Beschreibungsgrößen in den Prozesselementen nicht enthalten, z. B. detaillierte Ein- und Ausgangsgrößen. Die Prozesselemente berücksichtigen zudem keine spezifischen Entwicklungsfunktionen. Außerdem fehlt der konkrete Anforderungsbezug – der Prozess wird vielmehr auf Gesamtauftragsebene betrachtet.</p>
<p>K3-Modellierung [EGGERSMANN ET AL. 2003, S. 78 f.]</p>	<p>Auch der K3-Modellierungsansatz erlaubt eine semiformale Darstellung von Prozessen, wobei vor allem Kommunikationsbedürfnisse und die Verknüpfung betrieblicher Funktionen (Koordination) dargestellt werden sollen. Auch hier werden verschiedene generische Aktivitätentypen unterschieden.</p>	<p>Vor allem die Abbildung der Prozesse in Bearbeitungsbahnen (Swimlanes) erscheint als guter Ansatz für die Modellierung paralleler, produktbezogener Entwicklungsprozesse. Auch die zusätzlichen Notationselemente (Blobs, aggregierte Aktivitäten) können teilweise übernommen werden.</p>
<p>Konstruktionslandkarte [JAHN 2002]</p>	<p>Mit der Konstruktionslandkarte werden Hauptarbeitsschritte und Ergebnisse des Konstruktionsprozesses als Knoten dargestellt und über Pfeile miteinander verknüpft. Dies dient vor allem der anschaulich-bildhaften Protokollierung realer Konstruktionsprozesse.</p>	<p>Die Methode eignet sich vorrangig zur Abbildung realer Konstruktionsprozesse. Durch die Vorgabe von Schritten und Ergebnisse ist der Abbildungsumfang aber eher gering und spezifisch. Außerdem wird die Darstellung bei komplexen Prozessen unübersichtlich.</p>
<p>Konstruktionstechnische Ordnungsmatrix [MÜLLER 1990, S. 101 ff.]</p>	<p>Mit der konstruktionstechnischen Ordnungsmatrix erfolgt eine Abbildung von Konstruktionsprozessen durch Verknüpfung vordefinierter Eingangs- und Ausgangszustände auf Basis eines aktivitätsorientierten Graphen. Die Eingangs- und Ausgangszustände werden hier in einer Matrix dargestellt. Zur Verknüpfung wird eine Liste vordefinierter Operatoren verwendet.</p>	<p>Die konstruktionstechnische Ordnungsmatrix ist der Konstruktionslandkarte sehr ähnlich und weist damit grundsätzlich dieselben Schwachstellen auf. Allerdings ist der Abbildungsumfang größer. Die vordefinierten Operationen können als gute Ausgangsbasis für die Definition von Elementarfunktionen des Entwicklungsprozesses herangezogen werden.</p>
<p>Prozessbasiertes Konstruktionsystem PROSUS [BLESSING 1994]</p>	<p>Bei PROSUS werden Konstruktionsablauf und -ergebnisse mittels einer in Phasen und Aktivitäten vorstrukturierter Matrix aufgenommen. Dies erfolgt auf verschiedenen Produktstrukturebenen. Zudem werden Grundtätigkeiten zur Prozessstrukturierung verwendet.</p>	<p>PROSUS erlaubt eine sehr flexible Dokumentation von Prozesswissen und Ergebnissen, was vor allem auf die offene Struktur der Matrix zurückzuführen ist. Allerdings fehlt eine ablauforientierte Modellnotation und der Zugriff auf das Prozesswissen wird nur unzureichend unterstützt.</p>
<p>Entwicklungsprozessbausteine [BICHLMAIER 2000; GRUNWALD 2002]</p>	<p>Die Modellierung von Entwicklungsprozessen mittels Prozessbausteinen basiert auf der Verwendung von Prozessmodulen. Die innere Struktur der Module ist hierbei an SADT angelehnt. Die Vernetzung bzw. Konfiguration der Module erfolgt auf Basis definierter Verknüpfungsmöglichkeiten unter Angabe der jeweiligen Eingangs- und Ausgangsinformationen/-dokumente. Die Bausteine lassen sich zudem situationsspezifisch ausdragen.</p>	<p>Prozessbausteine unterstützen vor allem eine flexible Modellierung von Entwicklungsprozessen. Sie weisen eine formale Struktur auf und enthalten die wesentlichen Beschreibungselemente. Zudem erlauben sie einen konkreten Produktbezug. Prozessbausteine ermöglichen damit eine sehr genaue, aber gleichzeitig aufwandsarme Prozessmodellierung. Sie unterstützen außerdem den Aufbau eines Prozesspotenzials.</p>

In Bild 4-12 ist die Bewertung der Modellierungsmethoden kurz zusammengefasst. Entsprechend der vorgenommenen Vorauswahl der Methoden sind alle untersuchten Methoden prin-

zipiell für eine flexible Modellierung von Entwicklungsprozessen geeignet, unterscheiden sich zum Teil aber deutlich im Abbildungsumfang und in der möglichen Detaillierungsebene der Modellierung. Nach Meinung des Verfassers sind hier die Methoden auf Basis generischer Bausteine, das sind Proplan, die K3-Modellierung und Entwicklungsprozessbausteine sowie mit Einschränkungen SADT und OMEGA, am besten geeignet. Diese weisen einen angemessenen Detaillierungsgrad auf und ermöglichen zugleich eine aufwandsarme Modellerstellung. Vor allem die bausteinorientierten Methoden (OMEGA, Entwicklungsprozessbausteine) sind dabei auch zur Speicherung von Prozesswissen und zum Aufbau eines Prozessspektrums geeignet, da sie eine generische Modellstruktur vorgeben, die aber prozessspezifisch ausgeprägt werden kann. Nach Meinung des Verfassers wird durch die bestehenden Modellierungsmethoden aber kein ausreichender Bezug zu individuellen Anforderungen und der Produktstruktur unterstützt. Bei den Entwicklungsprozessbausteinen und OMEGA kann dies durch Ausprägung der Bausteine erfolgen, ist jedoch kein substantieller Bestandteil der Modellierung. Entsprechend wird auch die Planung kundenindividueller Entwicklungsprozesse durch das bestehende Methodenspektrum nur unzureichend unterstützt. Die Verwendung generischer Prozessaktivitäten bei gleichzeitig inhaltlich strukturierten Prozessbausteinen, wie z. B. bei Proplan, PROSUS und den Entwicklungsprozessbausteinen, erscheint aber als viel versprechender Ansatz, wenn auch eine Weiterentwicklung und Anpassung hinsichtlich der Randbedingungen und Anforderungen der Planung individueller Adaptionprozesse notwendig ist. Dazu sei auf Kapitel 7 verwiesen. Zunächst sollen aber bestehende Planungsansätze der Ablaufplanung als weiterer Grundlage des methodischen Konzepts untersucht werden.

	Petri-Netze	SADT	Netzplantechnik	EPK	OMEGA	Proplan	K3-Modellierung	Konstruktionslandkarte	Ordnungsmatrix	PROSUS	Prozessbausteine
<b>Hauptanforderungen</b>											
Flexible Modellierung von Entwicklungsprozessen	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Detaillierungsgrad: grundsätzliche Tätigkeiten	○	●	○	○	●	●	●	●	●	●	●
Planung kundenspez. Prozesse ermöglichen	○	○	●	○	○	●	●	○	○	●	●
Bezug zu individuellen Anforderungen und Kompon.	○	○	●	○	●	●	●	○	○	●	●
Aufbau eines Prozessspektrums unterstützen	○	○	●	○	●	○	○	○	○	●	●
Verwendung generischer Prozessbausteine	○	●	●	○	●	●	○	○	○	●	●

Bild 4-12. Bewertung der untersuchten Methoden der Prozessmodellierung

### 4.3.2 Planung von Produktentwicklungsprozessen

Die Projekt- bzw. Prozessplanung kann nach PLATZ & SCHMELZER [1986, S. 131] als „systematische Informationsgewinnung über den zukünftigen Ablauf des Projektes und die gedankliche Vorwegnahme des notwendigen Handelns im Projekt“ verstanden werden [vgl. auch PATZAK & RATTAY 2004, S. 147; EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. 6-30]. Hierbei werden alle zukünftigen Aktivitäten ermittelt, die zur Erreichung der Projektziele notwendig sind.<sup>102</sup> Den ersten Schritt bildet die Bestimmung, Detaillierung und Konkretisierung der Ziele, an die sich die Planung der Aufgaben und Mittel zur Zielerreichung anschließt. Entsprechend können die Ziel- und die Aufgabenplanung unterschieden werden, wobei letztere noch weiter in Mittel- und Ablaufplanung unterteilt werden kann [REFA 1985, S. 18; WARNECKE ET AL. 1980, S. 22]. Die **Zielplanung** legt in Form von Solldaten fest, was erreicht werden soll. Die **Ablaufplanung** (auch: Vorgehensplanung) beschreibt die zur Zielerreichung erforderlichen Aufgaben bzw. Tätigkeiten und deren Reihenfolge. Im Rahmen der **Mittelplanung** (auch: Methodenplanung) werden die Systemelemente festgelegt, die zur Durchführung der Aufgaben erforderlich sind [PATZAK 1982, S. 893 ff.; REFA 1985, S. 18; VON DER WETH & STROHSCHNEIDER 2001, S. 12]. Entsprechend der Darstellung in Kapitel 3.1.1 werden mit der Zielplanung folglich das Zielsystem und mittels Ablauf- und Mittelplanung das Handlungssystem festgelegt. Dabei sollen zukünftige Entscheidungs- oder Handlungsspielräume problemorientiert eingegrenzt und strukturiert und die Zielerreichung unterstützt werden [HALL 1962, S. 78 f.; WIENDAHL 2005, S. 53]. Durch Planung kann allerdings das Erreichen eines angestrebten Zielzustandes nicht garantiert werden, es verhindert jedoch ein unkontrolliertes Abdriften von diesem. Je vager und ungewisser eine Problemstellung ist, desto notwendiger ist Planung [PATZAK 1982, S. 78].<sup>103</sup> Planung muss jedoch von Gestaltung abgegrenzt werden, da sich erstere nur mittelbar, letztere aber unmittelbar auf ein gegenständliches Ergebnis richtet [WARNECKE ET AL. 1980, S. 21]. Dabei stellt Planung das theoretische und Gestaltung das praktische Lösen eines Problems dar [PATZAK 1982, S. 81; vgl. auch PASCHA ET AL. 2000, S. 3 f.]. Planung hat aber auch Grenzen. So bindet es Zeit und Ressourcen, wo manchmal ein-

---

<sup>102</sup> HALL [1962, S. 75] schreibt hierzu: „A plan is a projected course of action; thus planning means determining what shall be done“. Nach DÖRNER [1998, S. 235] stellt Planen „Probearbeiten“ dar. Es besteht darin, dass man sich über die Konsequenzen bestimmter Handlungen Gedanken macht und prüft, ob diese eine Annäherung an die gewünschten Ziele mit sich bringen. Im Gegensatz zur Planung zielt die Steuerung auf das gegenwärtige Handeln im Projekt ab. Ihre Aufgabe besteht darin, den aktuellen Zustand des Entwicklungsprozesses in Richtung des geplanten Zustandes zu lenken und ggf. eine Plananpassung anzustoßen [EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. 6-30]. Der Fokus der vorliegenden Arbeit soll aber auf dem Bereich der Planung liegen. Fragen zur Projektsteuerung werden daher ausgeklammert. Entsprechend der Zielstellung werden zudem Aspekte der Termin-, Ressourcen-, Kapazitäts- und Kostenplanung nicht weiter vertieft [vgl. hierzu DIETER 1991, S. 451 ff.; MURR 1999, S. 50; SPUR & KRAUSE 1997, S. 551 ff.].

<sup>103</sup> Zur Bedeutung der Planung schreibt MATOUSEK [1957, S. 19]: „Die Erfahrung lehrt, dass auf allen Gebieten der menschlichen Tätigkeit (...) nur ein methodisch planmäßiges Vorgehen den Erfolg am schnellsten verbürgt.“ Er warnt jedoch auch davor, den methodischen Arbeitsplan im Sinne einer starren Vorschrift zu verstehen und „das konstruktive Schaffen als Akkordarbeit“ aufzufassen. Im Gegensatz zu einer eingeübten Handfertigkeit lassen sich die zu einer erfolgreichen konstruktiven Tätigkeit nötigen Überlegungen nicht erzwingen [ebd.].

faches Handeln besser wäre. Außerdem können zu starre Pläne die Organisation unflexibel machen. Schließlich basieren Planungen auf Annahmen, die mit Unsicherheit behaftet sind. Pläne können sich also als falsch erweisen und müssen permanent überprüft sowie bei Bedarf geändert werden [HALL 1962, S. 78 f.].

Eine grundsätzliche Einordnung der Prozessplanung für den technischen Problemlösungsprozess erfolgt bei MÜLLER [1990, S. 20 ff.]. Demnach können drei in Wechselwirkungen stehende Handlungsebenen unterschieden werden (vgl. Bild 4-13). Auf der ersten Handlungsebene, dem materiell technischen Prozess bzw. **Produktionsvorgang**, erfolgt die Erzeugung eines materiellen Produkts. Im nicht-trivialen Fall muss dabei geplant vorgegangen werden, d. h. das anzustrebende Ziel muss durch Konstruktion und der Weg durch Verfahrensentwurf bestimmt werden. Diese Tätigkeiten sind auf der zweiten Handlungsebene, dem **Entwurfsvorgang**, angesiedelt. Sofern es sich dabei nicht um Routinetätigkeiten handelt bzw. das zweckmäßige Vorgehen nicht aus gegebenen (Erfahrungs-) Beständen aktiviert werden kann, muss auch dieser Prozess im Voraus geplant werden. Auf der dritten Handlungsebene, dem **Planungsvorgang**, werden folglich die anzustrebenden Ziele definiert und die Bedingungen formuliert, denen ein Ergebnis auf der zweiten Handlungsebene genügen muss (Zielplanung). Außerdem werden die notwendigen Tätigkeiten zur Zielerreichung bestimmt (Aufgabenplanung). Dabei muss aus vorhandenen Prozedurvorräten (Erfahrungen) selektiert werden. Sind diese Vorräte nicht ausreichend, müssen entsprechende Sach- und Prozedurinformationen beschafft oder generiert werden. Die grundsätzlichen Vorgänge auf zweiter und dritter Handlungsebene sind folglich identisch, d.h. Planen kann als Entwurfsvorgang auf abstrakter Ebene aufgefasst werden. Im Folgenden sollen ausgewählte Methoden vorgestellt werden, mit denen eine derartige Planung im Sinne eines Prozessentwurfs bzw. der Auswahl und Generierung von Prozedurinformationen erfolgen kann.

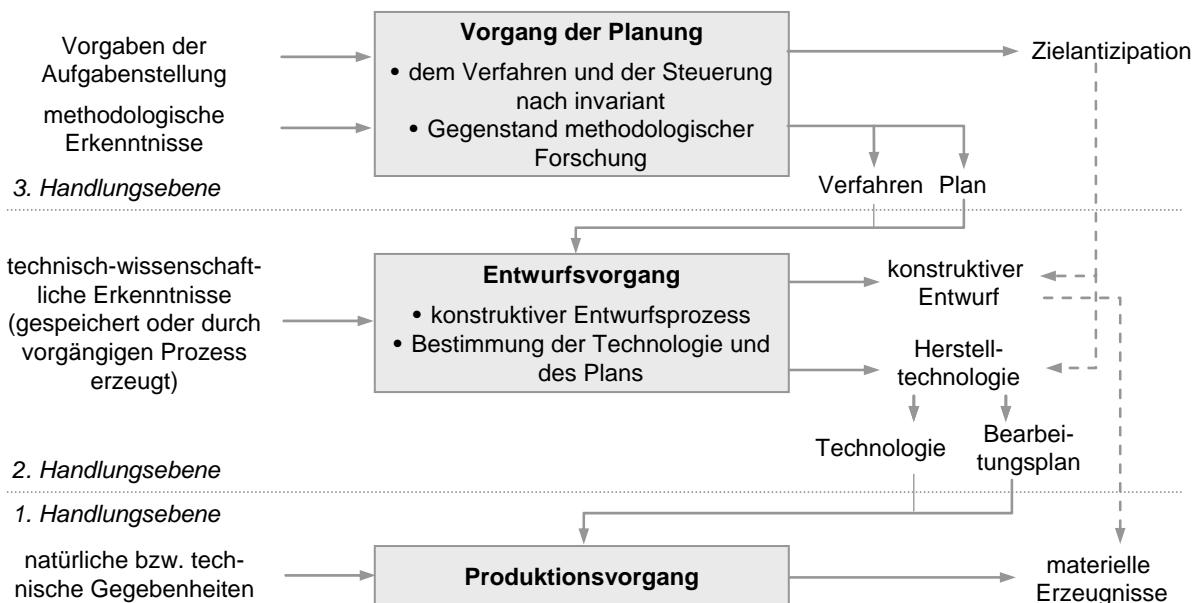


Bild 4-13. Modell der drei Handlungsebenen [MÜLLER 1990, S. 21]

### Methoden der Prozessplanung

Nach STROHSCHNEIDER & VON DER WETH [2001, S. 5] stellt eine Planungsmethodik den Versuch dar, den Prozess des Planens zu systematisieren und regulativen Strukturen zu unterwerfen. Dabei sind verschiedene Planungsfelder durch einen unterschiedlichen Grad an Formalisierbarkeit und Routinisierbarkeit gekennzeichnet [ebd.]. Die meisten Planungsansätze gehen dabei nach MURR [1999, S. 50] von einer ausreichenden Formalisierbarkeit und Planbarkeit der Prozesse aus. Diese Planungsansätze berücksichtigen jedoch nicht die hohe Dynamik und geringe Determiniertheit von Entwicklungsprozessen [ebd., S. 51]. So ist es SCHUMANN [1994, S. 31] zufolge nicht möglich, im Voraus detaillierte und vollständige Pläne von Produktentwicklungsprozessen zu erstellen [vgl. auch BICHLMAIER 2000 S. 49 f.]. Zum einen müssten alle möglichen Einflüsse auf den Verlauf des Produktentwicklungsprozesses berücksichtigt werden (und das schließt die ex ante unbekanntenen Zwischenergebnisse dieses Prozesses ein) und für jede denkbare Konsequenz alternative Pläne erstellt werden. Dies würde zu einer nicht handhabbaren Menge alternativer Pläne führen. Zum anderen können viele Einflüsse und Konsequenzen von Entscheidungen im Prozess gar nicht bestimmt noch vorhergesagt werden. Folglich muss nach SCHUMANN [1994, S. 46] entweder auf Vollständigkeit oder auf Detaillierung verzichtet werden, was beides nicht unproblematisch ist. Vollständigkeit ist für ein zielgerichtetes Vorgehen unerlässlich und ein ausreichend hoher Detaillierungsgrad macht die Ausführung des Planes erst möglich. Entsprechend unterscheidet z. B. EVERSHEIM [1995, S. 20 f.] zwischen einer ergebnisorientierten und einer abwicklungsorientierten Prozessplanung. Bei der **ergebnisorientierten Prozessplanung** werden Zwischenergebnisse definiert und terminiert sowie die dazu erforderlichen Prozessketten auf einem vergleichsweise geringen Detaillierungsgrad bestimmt. Diese Planungsform bietet sich bei komplexeren Neuentwicklungsprojekten an, bei denen nur ungenaue Aussagen über den Verlauf und die Dauer von Entwicklungsprozessen getroffen werden können. Bei der **abwicklungsorientierten Prozessplanung** erfolgt eine detaillierte Beschreibung der Prozesse. Durch genaue Abstimmung der Teilprozesse soll ein optimaler Auftragsdurchlauf sichergestellt werden. Diese Planungsform bietet sich z. B. bei Auftragsabwicklungsprozessen mit einer hohen Wiederholungshäufigkeit und jeweils ähnlichen Abläufen an. Eine weitere Möglichkeit zur Auflösung dieses Konfliktes sind das Erzeugen von Vollständigkeit auf einer abstrakten Planungsebene (z. B. durch grob geplante Meilensteine, dies entspricht einer ergebnisorientierten Planung) und die schrittweise Detaillierung und Konkretisierung entsprechend des Prozessfortschrittes durch eine parallele Ausführung von Plangenerierung und Planausführung [SCHUMANN 1994, S. 31; BICHLMAIER 2000, S. 50; GIAPOULIS 1998, S. 101 ff.]. Nach DEMERS [2000, S. 30] unterscheiden sich hierbei gut und schlecht determinierbare Prozesse nicht durch ihre Planbarkeit an sich, sondern lediglich durch den Zeitpunkt, zu dem dies sinnvoll ist. Deterministische Abläufe können demzufolge lange im Voraus vollständig geplant werden, was allerdings auch einen entsprechend hohen Planungsaufwand in der Projektvorbereitung mit sich bringt. Nicht deterministische Abläufe können im Detail erst während der Projektausführung für kürzere Zeitabschnitte geplant werden. Entsprechend kleiner ist dabei jedoch der Planungsaufwand. In der Summe ist der Planungsaufwand dann ungefähr identisch, insbesondere wenn man Planänderungen bei vorgeplanten Projekten aufgrund unvorhergesehener Änderungen mit einrechnet.

Kundenindividuelle Adaptionprozesse können in diesem Zusammenhang als vergleichsweise determiniert angesehen werden. Zudem weisen sie einen abgegrenzten Entwicklungsumfang auf und sind in der Regel durch eine gut strukturierte Aufgabenstellung gekennzeichnet. Jedoch können kundenindividuelle Adaptionprozesse in eingeschränktem Umfang auch Neuentwicklungen beinhalten. Aus diesen Randbedingungen ergeben sich die folgenden Anforderungen an eine Methodik zur Entwicklungsprozessplanung bei individualisierten Produkten: Innerhalb der Prozessplanung soll festgelegt werden, welche Prozessaktivitäten zur Umsetzung einer kundenspezifischen Anforderung in welcher Reihenfolge durchgeführt werden müssen (**inhaltliche Aktivitätenplanung**). Dazu muss berücksichtigt werden, unter welchen Randbedingungen (Kundenanforderungen, vorliegende Produktstruktur, vorhandenes Leistungspotenzial) die Aktivitäten ausgeführt werden und zu welchem anforderungsbedingtem Gestaltungsfortschritt sie führen sollen sowie welche Ressourcen und Hilfsmittel zur Ausführung notwendig sind. Es sind aber nicht alle konstruktiven Einzelschritte und -entscheidungen sowie die jeweiligen Zwischenergebnisse abzubilden, sondern es sollen nur die grundsätzlichen Entwicklungstätigkeiten auf der **Detaillierungsebene von konstruktionsbezogenen Elementartätigkeiten** und die wesentlichen (formalen) Zwischenergebnisse ermittelt werden. Die konkrete Ausgestaltung der Prozesse obliegt dann deren Ausführung während der individuellen Produktpassung.<sup>104</sup> Bei der Konzeption der Planungsmethodik sind dabei die in Kapitel 4.2.2 beschriebenen Charakteristika von Produktentwicklungsprozessen zu berücksichtigen, weshalb ein flexibler Planungsansatz erforderlich ist. Nach dem in dieser Arbeit entwickelten Verständnis und aufgrund der in den meisten Fällen vorliegenden Anpassungskonstruktion vorstrukturierter Produkte ist diese Flexibilität aber weniger hinsichtlich einer adaptiven [vgl. SCHUMANN 1994], als vielmehr einer **situations- bzw. anforderungsorientierten Planerstellung** erforderlich. Hierbei soll eine individuelle, fallweise Ablaufplanung eines konkreten Prozessdurchlaufs erfolgen, bei der in erster Linie die zu erfüllenden individuellen Kundenanforderungen und das dabei zu adaptierende Objekt betrachtet werden. Eine wesentliche Anforderung an die Prozessplanung besteht zudem im Aufbau und der Nutzung eines prozessbezogenen Leistungspotenzials, mit dem vorrangig eine aufwandsarme, wissensbasierte Planung ermöglicht werden soll. Diese Forderung umfasst zwei Teilanforderungen: Zum einen soll die **objekt- und problembezogene Definition von Prozessen**, im Folgenden auch als Prozesssynthese bezeichnet, unterstützt werden. Dies dient dem erstmaligen Aufbau und der Erweiterung des Leistungspotenzials. Zum anderen soll der **Zugriff auf das vorhandene Prozesspotenzial bei der Planung** und damit die Nutzung vorhandenen Prozesswissens ermöglicht werden. Im Sinne einer Wiederholplanung sollen bei identischen oder ähnlichen Kundenanforderungen vorhandene Adaptionprozesse ermittelt, angepasst und verwendet werden können. Die situationspezifisch angepassten Prozesse sollen ihrerseits zu einer Erweiterung des Leistungspotenzials beitragen. In Tabelle 8 werden ausgewählte Planungsmethoden zusammengefasst und entsprechend der eingeführten Anforderungen bewertet. Eine detaillierte Darstellung findet sich im Anhang A.8.

---

<sup>104</sup> Dennoch handelt es sich eher um einen abwicklungs- als einen rein ergebnisorientierten Planungsansatz, was aufgrund des begrenzten Neuigkeitsgrades zulässig und wegen der Wichtigkeit eines strukturierten Abwicklungsprozesses als Teil des Leistungspotenzials notwendig ist.

Tabelle 9: Methoden der Prozessmodellierung im Überblick

Bezeichnung und Literatur	Kurzbeschreibung	Bewertung
Projektstrukturplanung [z. B. BURGHARDT 2002; PLATZ & SCHMELZER 1986]	Auf der Basis einer aufeinander aufbauenden Strukturierung von Projektzielen, Projektgegenstand, Projektaufgaben und Projektablauf wird ein Ablaufplan erstellt, der die Grundlage der Termin-, Ressourcen- und Kapazitätsplanung bildet.	Die Planungsmethodik ist sehr aufwendig und fokussiert auf Termin- und Ressourcenplanung. Die inhaltliche Ableitung von Prozessaktivitäten entsprechend der Projektziele wird allerdings nicht methodisch unterstützt.
Adaptive Planung von Entwicklungsprozessen nach SCHUMANN [1994]	Der Planungsansatz basiert auf der schrittweisen Konkretisierung und Vervollständigung des Planungsmodells im Entwicklungsverlauf. Dazu erfolgen Prozessplanung und -ausführung simultan und auf verschiedenen Produkt- und Prozessdetaillierungsebenen. Hierbei werden nur formale und keine inhaltlichen Produkt- und Prozesszustände betrachtet.	Die Methode soll eine Planung in Abhängigkeit vom Entwicklungsfortschritt ermöglichen und damit den nichtdeterministischen Charakter von Entwicklungsprozessen berücksichtigen. Dies ist vor allem bei Neuentwicklungsprozessen relevant. Die formale Betrachtung der Produkt- und Prozesszustände reduziert die Modell- und Planungskomplexität erheblich.
Matrixbasierte Planungsansätze [u. a. BALDWIN & CLARK 2000, S. 43 ff.; BOCHTLER 1996, S. 44 ff.; EPPINGER ET AL. 1992; KUSIAK & PARK 1990]	Matrixbasierte Planungsansätze basieren auf der Verknüpfung prozessrelevanter Beschreibungsgrößen, vorrangig Ein- und Ausgangsparametern von Prozessaktivitäten sowie Prozessobjekten und -aktivitäten. Durch mathematische Operationen können Prozessstrukturen visualisiert und simuliert werden.	Mit den matrixbasierten Planungsmethoden wird in erster Linie eine Ablaufoptimierung des Entwicklungsprozesses (z. B. Vermeidung unnötiger Iterationen und Änderungen), nicht jedoch die eigentliche Aktivitätenplanung unterstützt. Hintergrund derartiger Ansätze sind v. a. Simultaneous Engineering-Konzeptionen.
Prozessplanungsmethodik nach VEH [2002]	Das hier beschriebene Planungsverfahren zielt auf eine objekt- und prozessbezogene Identifikation von Entwicklungsaktivitäten ab. Dazu werden generische Basisaktivitäten definiert und den Entwicklungsobjekten zugeordnet. Fokus der Methode ist dabei eine Priorisierung (Anordnung) von Prozessaktivitäten im Entwicklungsverlauf durch Betrachtung der Objekt- und Prozessvernetzungen.	Die inhaltliche Planung von Prozessaktivitäten durch Verknüpfung von Basisaktivitäten und Entwicklungsobjekten stellt einen viel versprechenden Ansatz dar. Die darauf aufbauende Definition von Prozessaktivitäten wird hier jedoch nicht detailliert beschrieben. Zudem erfolgt keine Vernetzung mit dem Zielsystem (Produktanforderungen).
Adaptive Prozessplanung nach DEMERS [2000]	Hier basiert die Planung des Entwicklungsprozesses auf der Aufstellung kausaler Folgebeziehungen, wobei vordefinierte Relationsarten zwischen Prozessaktivitäten und anderen Prozesselementen verwendet werden. Damit wird eine schwachstellenorientierte Prozessplanung unterstützt.	Der relationsorientierte Planungsansatz erlaubt eine sehr flexible, situationsspezifische Ableitung von Prozessaktivitäten, wobei jedoch kein spezifischer Bezug zu Anforderungen oder Entwicklungsobjekten hergestellt wird. Dennoch ist die Methode sehr produktorientiert.
Prozessplanung mittels Prozessbausteinen nach BICHLMAIER [2000] und GRUNWALD [2002]	Diese Planungsmethode basiert auf den oben beschriebenen Prozessbausteinen. Die Prozessplanung erfolgt durch Auswahl (Konfiguration) und Anpassung der Bausteine entsprechend der vorliegenden Randbedingungen. Die Auswahl der Bausteine basiert auf den Beschreibungsmerkmalen der Prozessbausteine. Diese können zudem entsprechend der vorgegebenen Struktur aufgaben- und situationsspezifisch ausgeprägt werden.	Aufgrund der zugrunde liegenden Prozessbausteine kann nicht nur eine sehr flexible Anpassung der Bausteine und Zusammenstellung von Prozessketten erfolgen, dies erfolgt auch durch Nutzung vorhandenen Prozesswissens. Allerdings wird keine Methode zur grundlegenden Definition der Bausteine beschrieben und auch die Auswahl wird vor allem auf Basis verfügbarer Ein- oder geforderter Ausgangsgrößen, nicht jedoch der zugrunde liegenden Entwicklungsaufgabe getroffen.

In Bild 4-14 sind die Ergebnisse der Bewertung der Prozessplanungsmethoden abschließend zusammengefasst. Im Rahmen der vorangestellten Untersuchung wurden vor allem Planungsmethoden untersucht, mit denen eine flexible Ablaufplanung unterstützt werden kann. Bis auf die matrixbasierten Planungsansätze unterstützen hierbei alle Methoden prinzipiell die inhaltliche Planung notwendiger Prozessaktivitäten, wobei vor allem die Methoden der adaptiven Prozessplanung nach SCHUMANN, die Prozessplanung nach VEH sowie die Prozessplanung mittels Prozessbausteinen hier ihren Schwerpunkt besitzen. Insbesondere die genannten Methoden weisen für den betrachteten Kontext der kundenspezifischen Anpassung individualisierter Produkte auch einen angemessenen Detaillierungsgrad der Planung auf. Die anforderungsorientierte Definition von Prozessaktivitäten wird jedoch durch keine der betrachteten Planungsansätze methodisch ausreichend abgedeckt. Lediglich die Prozessplanung nach VEH und die Planung mittels Prozessbausteinen weisen mit der Verknüpfung von generischen Basisaktivitäten und Entwicklungsobjekten bzw. aufgrund der definierten Baueinstruktur hierzu Ansatzpunkte auf. Nach Auffassung des Verfassers ist zudem der baueinorientierte Ansatz nach BICHLMAIER bzw. GRUNWALD besonders gut zum Aufbau und Nutzung des Prozesspotenzials geeignet. Im Fazit unterstützen jedoch alle diskutierten Methoden nicht in ausreichender Weise eine anforderungsorientierte Prozessdefinition auf Basis der Verknüpfung von individuellen Anforderungen, betroffenen Entwicklungsobjekten und der Prozessstruktur. Dies wird jedoch als notwendig nicht nur für die Planung kundenindividueller Adaptionsprozesse, sondern auch für den Aufbau eines Prozesspotenzials und die Identifikation und Auswahl vorhandener Prozessbausteine aus diesem Potenzial angesehen. Hierzu erscheint die Vernetzung generischer Basisaktivitäten (Handlungssystem) mit dem Objekt- und Zielsystem als ein geeigneter Ansatz, der im Folgenden weiterverfolgt werden soll.

	Projektstrukturplanung	Adaptive Prozessplanung nach Schumann	Matrixbasierte Prozessplanung	Prozessplanung nach Veh	Adaptive Prozessplanung nach Demers	Prozessplanung mittels Prozessbausteinen
<b>Hauptanforderungen</b>						
Planungsschwerpunkt: inhaltliche (Aktivitäten-) Planung	○	●	○	●	○	●
Planung auf Ebene von Elementartätigkeiten unterstützen	○	●	○	●	○	●
Situations- und anforderungsorientierte Entwicklungsprozessplanung	○	○	○	○	●	○
Definition neuer Prozesse (Prozesssynthese) methodisch unterstützen	○	○	○	○	○	○
Zugriff auf vorhandenes Prozessspektrum bei Planung ermöglichen	○	○	○	○	○	●

Bild 4-14. Bewertung der untersuchten Methoden der Prozessplanung



## 4.4 Zusammenfassung

Die Prozessorientierung stellt ein wesentliches organisatorisches Konzept dar, mit dem Flexibilität und Änderungseffizienz in Unternehmen erreicht werden sollen. Prozessorientierung ist gekennzeichnet durch die Ausrichtung auf Unternehmensprozesse anstelle von funktionalen Organisationseinheiten, wobei eine durchgängige Betrachtung und zweckgerichtete Verknüpfung von Unternehmensaktivitäten angestrebt wird. Wesentliche Ansätze sind hierbei die Bildung selbständiger Prozesseinheiten, die Aufgabenintegration und die Anpassung der Aufbauorganisation an die Unternehmensprozesse. Damit sollen Kunden- und Wertschöpfungsorientierung erhöht sowie Schnittstellenverluste (z. B. Iterationen, Doppelarbeit etc.), Reaktions- und Durchlaufzeiten minimiert werden. Der Ansatz der Prozessorientierung ist damit von grundlegender Bedeutung bei der Umsetzung einer massenhaften Produktindividualisierung.

In Kapitel 4 wurden die Grundlagen dieser Prozessorientierung unter besonderer Berücksichtigung der Gestaltung von Produktentwicklungsprozessen untersucht und wesentliche Fragestellungen für eine Anwendung dieses Konzeptes im Rahmen der Umsetzung einer massenhaften Produktindividualisierung erörtert. Ausgehend vom klassischen Analyse-Synthese-Konzept der Organisationsgestaltung, mit dem eine Bestimmung und Zuordnung der Unternehmensaufgaben erfolgt, wurden eine Charakterisierung und Strukturierung von Unternehmensprozessen vorgenommen. Diese werden als inhaltlich abgeschlossene Erfüllungsvorgänge betrieblicher Aufgaben angesehen, die aus einer logischen Folge vernetzter Teilschritte (Aktivitäten) bestehen. Wesentliche Beschreibungsgrößen von Prozessen sind dabei deren Auslöser, die enthaltenen Einrichtungen, die notwendigen Eingangsgrößen und produzierten Ergebnisse sowie die ausführende Organisationseinheit und andere zugeordnete Ressourcen. Hinsichtlich der Strukturierung von Prozessen kann zwischen horizontaler und vertikaler Ausgrenzung unterschieden werden, worunter eine inhaltliche Isolierung und innere Detaillierung des Prozesses zu verstehen ist. Die Ausgrenzung von Prozessen ist dabei eine Grundvoraussetzung zur Betrachtung von Prozessen. Aufbauend auf dieser grundsätzlichen Prozessbetrachtung wurden Charakteristika und Einflussgrößen von Entwicklungsprozessen untersucht. Diese können grundsätzlich durch dieselben Beschreibungsgrößen wie andere Unternehmensprozesse charakterisiert werden, haben ihren Schwerpunkt jedoch in der Verarbeitung von Informationen. Zudem sind sie durch eine geringe Strukturiertheit und Determinierbarkeit, d. h. einen stark evolutionären, ergebnisabhängigen Prozessverlauf mit zahlreichen Iterationen und Rekursionen auf unterschiedlichen Detaillierungsebenen, gekennzeichnet. Diese Faktoren machen das Management von Entwicklungsprozessen – insbesondere deren Modellierung und Planung – zu einer erheblichen Herausforderung. Als wesentliche Fragestellungen wurden hierbei die Berücksichtigung der vielfältigen Einflussgrößen auf Entwicklungsprozesse und die Definition einer angemessenen Detaillierungsebene zur Prozessbeschreibung identifiziert. Für die Modellierung und Planung kundenindividueller Adaptionsprozesse sollen ausschließlich aufgabenbezogene Einflussgrößen, d. h. Kundenanforderungen und betroffene Produktkomponenten, betrachtet werden und die Beschreibung der zugeordneten Entwicklungsprozesse auf einer grundlegenden Aktivitätenebene (Basisaktivitäten) erfolgen. Dies wird als Kompromiss zwischen einer zu detaillierten und einer zu globalen Betrachtung von Entwicklungsprozessen auf Ebene einzelner Konstruktionsentscheidungen oder übergeordneter Projektphasen angesehen. Schließlich wurden vorhandene Modellierungs- und Planungsmethoden im Kontext des Managements von kundenindividuellen Entwicklungsprozessen unter-

sucht und bewertet. Die Hauptanforderung bei der Planung kundenspezifischer Adaptionprozesse besteht in einer anforderungsorientierten Identifikation auszuführender Prozessaktivitäten. Diese sollen Freiräume für situationsspezifische Entscheidungen offen halten und eine Detaillierung während der Ausführung ermöglichen

Die Analyse vorhandener Modellierungs- und Planungsmethoden hat dabei gezeigt, dass vor allem Ansätze auf der Basis von Prozessbausteinen und generischen Prozessaktivitäten zur prinzipiellen Erfüllung dieser Anforderungen geeignet sind. Beim Prozessbausteinansatz werden relativ kleine, überschaubare Einheiten (Module) gebildet, die abgeschlossene Aufgabenumfänge umfassen. Diese zeichnen sich durch dezentrale Entscheidungskompetenz und Ergebnisverantwortung aus [vgl. PICOT ET AL. 2005, S. 230], setzen allerdings nach GÖPFERT [1998, S. 150; vgl. auch BALDWIN & CLARK 2000, S. 21] eine entsprechende modulare Gestaltung der Produktarchitektur voraus. Diese ist mit der in Kapitel 3 besprochenen Produktstrukturierung individualisierter Produkte aber gegeben. Mit Hilfe von Prozessbausteinen kann eine aufgabenspezifische Ausprägung und Konfiguration des kundenspezifischen Adaptionprozesses vorgenommen werden [GÖPFERT 1998, S. 269; GRUNWALD 2002, S. 72]. Außerdem wird der vorgesehene Aufbau eines Prozesspotenzials als Bestandteil des Leistungspotenzials des Unternehmens unterstützt, da Bausteinbibliotheken aufgebaut werden können, die gut zur Bewahrung und Wiederverwendung von Prozesswissen geeignet sind [ROSEMANN 1996, S. 224 GRUNWALD 2002, S. 72]. Hier sind jedoch auch geeignete Zugriffsmechanismen erforderlich. In engem Zusammenhang zum Prozessbausteinansatz steht die Verwendung generischer Prozessaktivitäten. Hierbei lassen sich TRÄNCKNER [1990, S. 86; vgl. auch HAARLÄNDER ET AL. 2005, S. 357] zufolge eine begrenzte Anzahl allgemeingültiger Prozesselemente definieren, die jeweils eine bestimmte Menge spezifischer Verrichtungen und Entscheidungssituationen zu einem abstrakteren Element zusammenfassen und mit deren Hilfe die Komplexität bei der Abbildung realer, unternehmensspezifischer Prozesse erheblich verringert werden kann. Die generischen Prozesselemente sollten hierbei die notwendige Varianz verschiedenartiger Prozessaktivitäten abbilden, zugleich aber auf eine endliche und überschaubare Anzahl beschränkt sein [TRÄNCKNER 1990, S. 47]. Der Prozessentwurf, d. h. die Definition von Prozessen auf Basis vorliegender Produkt- und Prozessanforderungen im Sinne eines Prozess-„Designs“, kann damit analog zur Funktionsanalyse bei technischen Produkten angegangen werden. Hierbei werden die relevanten Eingangs- und Ausgangsgrößen, das Einwirkungsobjekt und die zu vollziehende Veränderung (Transformation) bestimmt und in einem abstrakten Modell formalisiert.

Als wesentlicher Handlungsbedarf wird daher im Folgenden die Entwicklung einer solchen Methode zum systematischen Prozessentwurf angesehen. Hierbei soll auf generische Prozessaktivitäten zurückgegriffen werden, die jedoch noch für das spezifische Anwendungsfeld der Produktpassung bei individualisierten Produkten abzuleiten sind. Zudem muss die der Prozessbeschreibung zugrunde liegende Struktur der Prozessbausteine so angepasst werden, dass sie eine hinreichend genaue Darstellung bzw. Konkretisierung individueller Adaptionprozesse ermöglicht und den entsprechenden Zugriff auf das Prozesspotenzial im Rahmen der Wiederverwendung von Prozesswissen gestattet.

## 5 Fazit aus der Analyse des Forschungsstandes

*Basierend auf den in den vorangegangenen Kapiteln erörterten Grundlagen zum Wertschöpfungskonzept der massenhaften Produktindividualisierung, der Entwicklung individualisierter Produkte und dem Management von Entwicklungsprozessen soll nachfolgend der identifizierte Handlungsbedarf zusammengefasst werden. Darauf aufbauend werden die wesentlichen Hypothesen für die Konzeptentwicklung und die Bestandteile des Lösungsansatzes im Überblick dargestellt.*

### 5.1 Zusammenfassung des Handlungsbedarfes

In den vorangegangenen Kapiteln wurde entsprechend der Zielsetzung der Arbeit der Forschungsstand in den drei Themenbereichen

- massenhafte Produktindividualisierung,
- methodische Produktentwicklung und
- Modellierung und Planung von Entwicklungsprozessen

analysiert. Wesentliche Erkenntnisse waren hierbei, dass die massenhafte Produktindividualisierung unter bestimmten Voraussetzungen ein Erfolg versprechendes Wertschöpfungskonzept mit spezifischen Nutzenpotenzialen im Vergleich zur Einzelfertigung und zur variantenreichen Serienproduktion darstellt. Für eine wirtschaftliche Umsetzung sind allerdings grundlegende Veränderungen der unternehmerischen Leistungserstellung notwendig. Diese Veränderungen betreffen in starkem Maße auch den Bereich der Produktentwicklung. Diese kann immer weniger kundenanonym in einem vorgelagerten Prozess stattfinden, sondern muss in weiten Teilen kundenspezifische Anforderungen berücksichtigen und auftragsbegleitend umsetzen. Die kundenspezifische Leistungsdefinition erfordert dabei eine Integration des individuellen Kunden in bisher unbekanntem Umfang. In Bezug auf die Realisierung des dargelegten Wertschöpfungskonzepts wird hier von zwei elementaren Grundannahmen ausgegangen:

- Die gezielte Verlagerung („Postponement“) von Entwicklungsumfängen in die individuelle Auftragsabwicklung führt zu einer bedarfs- anstelle einer prognosegesteuerten Produktentwicklung. Damit sollen Effektivitätsvorteile insbesondere im Vergleich zu variantenreichen Serienprodukten erschlossen werden.
- Die dadurch notwendige aufwandsarme Leistungsentwicklung im Rahmen der kundenspezifischen Auftragsabwicklung wird zum einen durch die flexibilitätsorientierte Planung und Strukturierung des Leistungsprogramms (Produktstrukturplanung) und zum anderen durch den schrittweisen Aufbau und die Nutzung eines Leistungspotenzials (im Sinne eines Erfahrungsspeichers) erreicht. Dieses Leistungspotenzial

schließt nicht nur komponentenbezogene Lösungsalternativen, sondern auch die zu deren Erstellung notwendigen Prozesse ein.

Damit gehen vor allem im Vergleich zu variantenreichen Serienprodukten erheblich veränderte Anforderungen an Vorgehensweisen und Methoden der Produktentwicklung einher. So gewinnen kundenspezifische Konstruktionsprozesse gegenüber Konfigurationsprozessen zumindest beim Aufbau des Leistungspotenzials stark an Bedeutung. Zudem besteht die Notwendigkeit einer durchgängigen Betrachtung des Abwicklungsprozesses von der individuellen Kundenanforderung zur kundenspezifischen Produktgestalt. Für den Aufbau und die Nutzung des erworbenen Leistungspotenzials sind leistungsfähige Speicher- und Zugriffsmöglichkeiten erforderlich. Die elementare Grundvoraussetzung für die Verlagerung von Entwicklungsumfängen in die Auftragsabwicklung ist damit zusammengefasst die Fähigkeit zur schnellen und flexiblen Leistungserstellung. Nach einer Studie von KIRNER ET AL. [2006, S. 141 ff.] bestehen jedoch gerade hier häufig die größten Defizite in den Unternehmen, die sich in unklaren Zielen bei Projektbeginn, einer unzureichenden oder sich ändernden Produktspezifikation und unerwartetem technischem Anpassungsaufwand sowie Projektleitungs- und Planungsdefiziten manifestieren. Eine Methodik für die schnelle, kundenindividuelle Adaption individualisierter Produkte muss demzufolge insbesondere die Klärung der Kundenanforderungen, die Abschätzung von Änderungsauswirkungen und die Planung notwendiger Adaptionprozesse methodisch unterstützen. Hier mangelt es nach Meinung des Verfassers an einem integrierten, auf die Randbedingungen individualisierter Produkte abgestimmten Vorgehenskonzept. Zudem besteht nach der Analyse des Forschungsstandes und eigenen Erfahrungen grundlegender Handlungsbedarf hinsichtlich der methodischen Unterstützung der Erfassung von individuellen Kundenanforderungen und der Planung deren konstruktiver Umsetzung.

Zusammengefasst werden daher

- die Entwicklung eines Konzepts zur Erfassung individueller Kundenanforderungen,
- die Entwicklung eines durchgängigen Ansatzes zur systematischen Umsetzung von Produktadaptionen und
- die Unterstützung der Planung von Adaptionprozessen im Rahmen der kundenindividuellen Auftragsabwicklung

als wesentliche Handlungsschwerpunkte angesehen, die nachfolgend weiter behandelt werden sollen. Bezüglich des zu entwickelnden **Konzepts zur methodischen Erfassung individueller Kundenanforderungen** ist das bestehende und vorrangig auf die kundenanonyme Produktentwicklung ausgerichtete Methodenspektrum dahingehend zu erweitern, dass eine aufwandsarme, aber auch flexible Bestimmung unkonkreter, impliziter oder latenter Kundenbedürfnisse unterstützt wird. Dies soll im Gegensatz zu bestehenden Ansätzen im Bereich der Produktindividualisierung nicht nur durch Auswahl vorhandener Optionen geschehen, sondern die jeweilige Kunden- und Nutzungssituation berücksichtigen. Die **Verarbeitung und Umsetzung der identifizierten, kundenindividuellen Anforderungen** erfolgt anschließend in einem kundenspezifischen Auftragsabwicklungsprozess. Hierbei werden die betroffenen Leistungskomponenten identifiziert und Realisierungsmöglichkeiten konzipiert. Da die konkrete Leistungskonzeption anforderungs- und produktabhängig ist, kann eine Beschreibung

der grundsätzlichen konstruktiven Zusammenhänge und Umsetzungsmöglichkeiten nur auf einer übergeordneten Metaebene erfolgen. Dazu soll eine Konzeptionalisierung der Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge der Produktadaption vorgenommen werden. Dies schließt eine Systematisierung individueller Kundenanforderungen als Ursache sowie denkbarer Adaptionen auf Produkt- und Gestaltebene als deren produktbezogene Auswirkungen ein. Zudem soll diese Systematik innerhalb eines integrierten Vorgehensmodells verarbeitet und damit ein geschlossener Prozess von der Kundenanforderung bis zur Produktgestalt (kundenindividuelle Produktdefinition) beschrieben werden. Jede individuelle Kundenanforderung zeigt aber auch prozessbezogene Auswirkungen in Form erforderlicher **Produktadaptionsprozesse**. Dabei können individuelle Anforderungen nicht ausschließlich durch vorstrukturierte Referenzprozesse umgesetzt werden, sondern erfordern teilweise spezifisch geplante Entwicklungsabläufe – insbesondere dann, wenn der Neuigkeitsgrad hoch oder der Vorbereitungsgrad in Bezug auf das vorgeplante Leistungspotenzial niedrig sind. Der Prozessentwurf wird jedoch durch bestehende Methoden im Bereich des Prozessmanagements nur unzureichend unterstützt, da diese vor allem auf eine Modellierung bestehender Prozesse und deren Verbesserung, z. B. durch Applikationsunterstützung oder Reengineering, fokussieren. Es soll daher eine Methode zum anforderungsorientierten Prozessentwurf konzipiert werden, die aber nicht nur auf eine Planung von Adaptionsprozessen abzielt, sondern auch die Basis eines prozessbezogenen Wissensmanagements beim Aufbau und der Nutzung des Leistungspotenzials bildet. Neben geeigneten Planungsansätzen sind dazu auch geeignete Methoden zur Repräsentation des Prozesspotenzials und zum Zugriff darauf notwendig.

## 5.2 Zusammenfassung der Hypothesen für die Lösungskonzeption

Nachfolgend werden die im Rahmen der bisherigen Ausarbeitung entwickelten Hypothesen für die weitere Konzeption des Lösungsansatzes zusammengefasst. Aufbauend auf den oben dargestellten Grundannahmen und den aufgezeigten Handlungsschwerpunkten liegen im weiteren Verlauf der Arbeit folgende Hypothesen zu Grunde:

- Im Rahmen der kundenindividuellen Anforderungsklä rung sollen die tatsächlichen Bedürfnisse der einzelnen Kunden erfasst werden. Eine optionsbasierte Anforderungsklä rung bietet hierzu aufgrund der vordefinierten Auswahlmöglichkeiten zu wenige Freiräume und führt außerdem leicht zu Überforderung des Kunden. Daher werden die individuellen Kundenanforderungen aus den konkreten Anwendungsfällen mittels so genannter „Kundenszenarios“ abgeleitet. Da ein Zielkonflikt zwischen hoher Flexibilität, d. h. Berücksichtigung der individuellen Situation, und Aufwand besteht, werden potenzielle Anforderungsbereiche durch eine vordefinierte Struktur der Szenarios abgegrenzt. Diese Strukturierung verringert den Aufwand der Anforderungsklä rung, bietet zugleich aber genügend Freiräume für eine situationsspezifische Ausprägung.
- Die individuellen Kundenanforderungen werden dann im Rahmen der Produktadaption „verarbeitet“. Hierzu ist es notwendig, die relevanten Gestaltparameter des individualisierten Produkts auf Basis der Anforderungen zu identifizieren und erforder-

liche konstruktive Maßnahmen abzuleiten. Diese Ableitung basiert auf der Vernetzung von Ziel- (Kundenanforderungen) und Sachsystem (zu adaptierendes Produkt).

- Durch diese Vernetzung wird auch die Prozessplanung unterstützt. Prozesse werden als Träger der Übersetzung von Kundenanforderungen in Produktdefinitionen verstanden und bilden das Handlungssystem. Die Prozessorientierung bestimmt damit die organisatorische Ausrichtung des Unternehmens bei der individuellen Auftragsabwicklung in Form eines so genannten Case-Managements [vgl. SCHMALZ & SCHRÖDER 1998, S. 291].<sup>105</sup> Die Prozesse werden aus der Vernetzung von individuellen Anforderungen und relevanten Gestaltparametern des Entwicklungsobjektes abgeleitet, wozu eine geeignete Vorstrukturierung der Prozesse als unerlässlich angesehen wird.

Eine zentrale Hypothese der Arbeit besteht demnach darin, dass Anforderungen nicht nur das Produkt, sondern auch die zugeordneten Entwicklungsprozesse determinieren. Die innere Struktur der Prozesse bilden dabei Prozessbausteine auf der Ebene von Basisaktivitäten ab. Diese Bausteine ermöglichen nicht nur eine formale Darstellung der Prozessinhalte, sondern unterstützen aufgrund der Möglichkeit zur situationspezifischen Ausprägung und Konfiguration auch einen flexiblen, anforderungsorientierten Prozessentwurf. Die Basisaktivitäten stellen hierbei allgemeingültige generische Prozessklassen dar, mit deren Hilfe die jeweils erforderlichen Prozessaktivitäten innerhalb der Adaptionsprozesse strukturiert abgeleitet werden können.

### 5.3 Überblick über die Bestandteile des Lösungsansatzes

Aus dem identifizierten Handlungsbedarf und den postulierten Gestaltungshypothesen ergeben sich drei wesentliche Bestandteile eines im Folgenden auszuarbeitenden Lösungsansatzes, das sind ein Basismodell der kundenindividuellen Produktadaption, ein Vorgehensmodell für die kundenindividuelle Produktdefinition und ein Planungsmodell für anforderungsspezifische Produktadaptionsprozesse. Ziel ist dabei, eine methodische Unterstützung der kunden-spezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten durch Aufzeigen des grundsätzlichen Vorgehens und Planung der konkreten Ausführung zu schaffen. Wie in Bild 5-1 veranschaulicht ist, bestehen enge Beziehungen zwischen diesen drei Modellen.

Das **Basismodell der kundenindividuellen Produktadaption** stellt die Grundlage des Planungs- und Vorgehensmodells zur Umsetzung von Produktadaptionen dar. Da die konkret vorzunehmenden Produktadaptionen von den jeweils vorliegenden individuellen Kundenanforderungen und dem spezifischen Entwicklungsobjekt abhängen, ergibt sich ein breites Spektrum möglicher Individualisierungssachverhalte. Um eine allgemeingültige Beschreibung und Klassifizierung denkbarer Individualisierungssachverhalte vornehmen zu können, muss vom konkreten Sachverhalt abstrahiert werden. Dies erfolgt mit Hilfe des Basismodells,

---

<sup>105</sup> Nicht zuletzt ist diese Prozessorientierung eine wichtige Voraussetzung für die Abschätzung des Adaptionsaufwandes und beispielsweise unerlässlich für eine verursachungsgerechte Kostenkalkulation.

das als Metamodell der grundlegenden Systematisierung dieser Individualisierungssachverhalte dient und den kundenindividuellen Adaptionbedarf, dessen Ursachen (Kundenanforderungen) und Auswirkungen (konstruktive Produktpassung) auf einer abstrakten Ebene beschreibt. In Anlehnung an HILLER [1997, S. 38] steht damit weniger eine konkrete inhaltliche Beschreibung der vorzunehmenden Adaptionen als vielmehr deren Wirkbeziehungen im Mittelpunkt der Betrachtung. Für den konkreten Anwendungsfall muss das Modell entsprechend spezifiziert werden, wobei dann die konkrete inhaltliche Beschreibung des Individualisierungssachverhaltes wieder von zunehmendem Interesse ist.

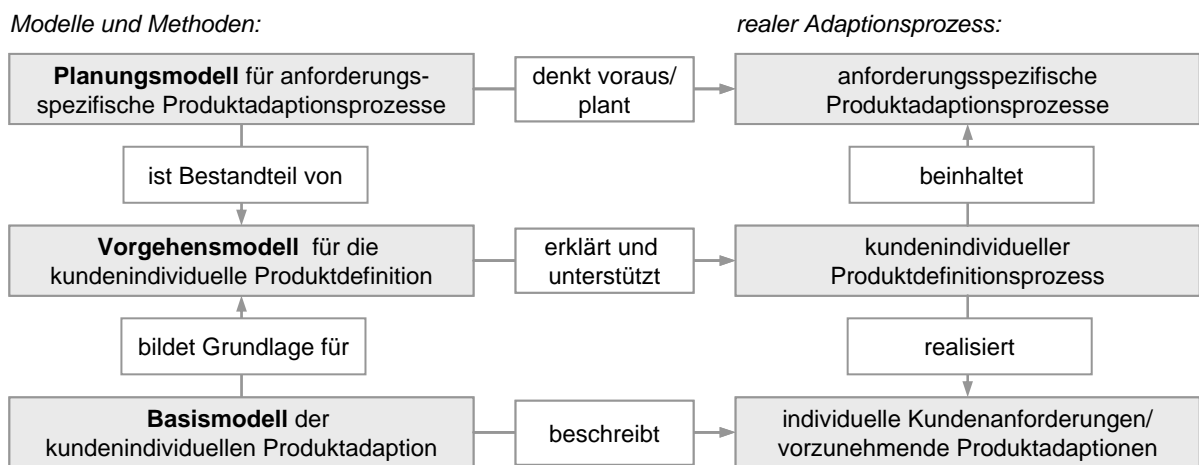


Bild 5-1. Bestandteile des Lösungsansatzes

Das **Vorgehensmodell für die kundenindividuelle Produktdefinition** stellt ein, auf den im Basismodell aufgezeigten grundsätzlichen Zusammenhängen aufbauendes, präskriptives Phasenmodell dar, das den übergeordneten Prozess der kundenindividuellen Produktdefinition beschreibt und hierbei zu durchlaufende Arbeitsschritte und einzusetzende Methoden vorschlägt.<sup>106</sup> Auch hier wird von der Umsetzung einzelner Kundenanforderungen abstrahiert und ein allgemeines methodisches Vorgehen beschrieben. Der Schwerpunkt liegt entspre-

<sup>106</sup> Der präskriptiven Konstruktionswissenschaft liegt eine bestimmte, z. B. auf Basis deskriptiver Analysen gebildete, Lehrmeinung zugrunde. Hier werden für ein bestimmtes Problem eine ideale Vorgehensweise und der Einsatz entsprechender Methoden im Sinne einer Handlungsanweisung vorgeschlagen oder gefordert. Die deskriptive Konstruktionswissenschaft erforscht dagegen Vorgehensweisen und den Einsatz von Methoden auf Basis empirischer Beobachtungen und leitet daraus den Bedarf an methodischer Unterstützung und Hilfsmitteln ab [ROOZENBURG & EEKELS 1995, S. 29 f.]. Wichtige Vertreter der deskriptiven Konstruktionsforschung sind u. a. [BADKE-SCHAUB & FRANKENBERGER 2004; BLESSING 1994; DYLLA 1990; GÜNTHER 1998; FRICKE 1993; HALES 1991]. Dem Bereich der präskriptiven Konstruktionswissenschaft sind vor allem die konstruktionsmethodischen Lehrbücher und Richtlinien zuzurechnen, wie z. B. [LINDEMANN 2007; PAHL ET AL. 2005; VDI 1993; ULLMAN 1997; ULRICH & EPPINGER 2000].

chend des identifizierten Handlungsbedarfs auf der Klärung kundenindividueller Anforderungen und deren Umsetzung in Produkteigenschaften.

Mit Hilfe des **Planungsmodells für anforderungsspezifische Produktadaptionprozesse** werden schließlich die prozessbezogenen Auswirkungen kundenindividueller Anforderungen und resultierende Adaptionbedarfe bestimmt. Das Modell bildet damit einen spezifischen Aspekt des (operativen) Vorgehens bei der kundenindividuellen Produktdefinition ab. Es basiert auf der Kopplung des Produktsystems, des Zielsystems (Anforderungen) und des Handlungssystems (Basisaktivitäten der kundenspezifischen Auftragsabwicklung). Die zugeordnete Planungsmethode denkt den kundenspezifischen Adaptionprozess und die zur Umsetzung der Anforderungen notwendigen Aktivitäten voraus. Das Planungsmodell bildet zudem die Grundlage zur Beschreibung und zum Aufbau des Prozesspotenzials sowie zur Bereitstellung diesbezüglicher Zugriffsmöglichkeiten. Wichtige Aspekte des Prozessmanagements, wie z. B. die Planung bzw. Zuordnung aufbauorganisatorischer Ressourcen oder die Kapazitäts- und Terminplanung, werden bei der Modellentwicklung jedoch ausgeklammert.

Im folgenden Kapitel 6 werden zunächst das Basismodell und das Vorgehensmodell zur kundenspezifischen Produktdefinition individualisierter Produkte beschrieben. Die Methode zur Planung kundenindividueller Adaptionprozesse ist dann Gegenstand von Kapitel 7. Eine fallweise Anwendung des Lösungsansatzes erfolgt schließlich in Kapitel 8.



## 6 Konzept zur methodischen Produktdefinition individualisierter Produkte

*Gegenstand des folgenden Kapitels ist die Ausarbeitung des Basismodells zur Beschreibung von kundenindividuellen Produktadaptionen sowie des darauf aufbauenden Vorgehensmodells für die kundenspezifische Produktdefinition. Ziel des Kapitels ist dabei die Darstellung der grundlegenden konstruktionsmethodischen Zusammenhänge und Vorgehensweisen bei der Produktdefinition individualisierter Produkte. Mit dem Basismodell wird auf einer abstrakten Ebene das Spektrum möglicher Individualisierungssachverhalte anhand denkbarer Individualisierungsbedarfe, vorzunehmender konstruktiver Anpassungen bei betroffenen Produktkomponenten sowie Folgewirkungen dieser kundenindividuellen Anpassungen charakterisiert. Das Vorgehensmodell beschreibt die Phasen der kundenindividuellen Anforderungserhebung, -verarbeitung und -umsetzung (eigentliche Produktadaption) und ordnet entsprechende Methoden zu. Hierzu wird mit der Methode der individuellen Kundenszenarios eine spezifische Methode zur Anforderungserhebung vorgestellt. Zudem wird näher auf Methoden zur Unterstützung der konstruktiven Produktadaption eingegangen.*

### 6.1 Basismodell der kundenindividuellen Produktadaption

Mit dem Basismodell der kundenindividuellen Produktadaption soll eine abstrakte Betrachtung und Systematisierung von Individualisierungssachverhalten ermöglicht werden. Das Modell kann hierbei zur Erklärung realer Produktadaptionen herangezogen werden und bildet mit den enthaltenen grundsätzlichen Beziehungsstrukturen die Basis für das anschließend präsentierte Vorgehensmodell und die in Kapitel 7 zu entwickelnde Planungsmethode.

In Anlehnung an HILLER [1997, S. 40] soll ein Individualisierungssachverhalt im Folgenden durch die Ursachen der Produktadaption, die eigentliche Anpassung des Produktes bzw. seiner Komponenten und die Auswirkungen dieser Produktadaption beschrieben werden (vgl. Bild 6-1). Die **Adaptionsursache**, das können individuelle Kundenanforderungen oder andere, vorangegangene Produkthanpassungen sein, bildet den Ausgangspunkt der Produktadaption. Sie bezieht sich auf direkte oder indirekte Produkteigenschaften und betrifft damit direkt oder indirekt einen bestimmten (Gestaltungs-) Bereich in der Produktstruktur des individualisierten Produktes. Dieser Bereich wird nachfolgend als Individualisierungsbereich bezeichnet und kann einzelne Komponenten oder komponenten- und baugruppenübergreifende Umfänge beinhalten (vgl. Bild 6-1). Aus der spezifischen Adaptionsursache ergeben sich die notwendigen Produkthanpassungen (**Adaptionsbedarfe**) innerhalb dieses Individualisierungsbereiches. Eine Produkthanpassung kann durch die erforderlichen (konstruktiven) Änderungen und den zugeordneten Individualisierungsbereich charakterisiert werden, wobei hier zunächst nur die direkt betroffenen Komponenten in die Betrachtung eingeschlossen werden. Weitere, mit der Umsetzung eines individuellen Kundenwunsches verbundene Folgeanpassungen werden im Modell durch die **Adaptionsauswirkungen** beschrieben. Diese Folgean-

passungen können ihrerseits wiederum durch einen eigenständigen Individualisierungssachverhalt abgebildet werden. Neben den Folgeanpassungen stellen auch Änderungen an Unternehmensprozessen und an abwicklungsbezogenen Zielgrößen (Terminen und Kosten) direkte Adaptionauswirkungen dar. Im Folgenden sollen die einzelnen Modellbereiche zur Beschreibung eines Individualisierungssachverhalts weiter ausgearbeitet und strukturiert werden. Hierbei besteht das Ziel zunächst im Aufstellen einer inhaltlichen Systematik (Taxonomie), der Prozess der Produktadaption ist Gegenstand des folgenden Teilkapitels.

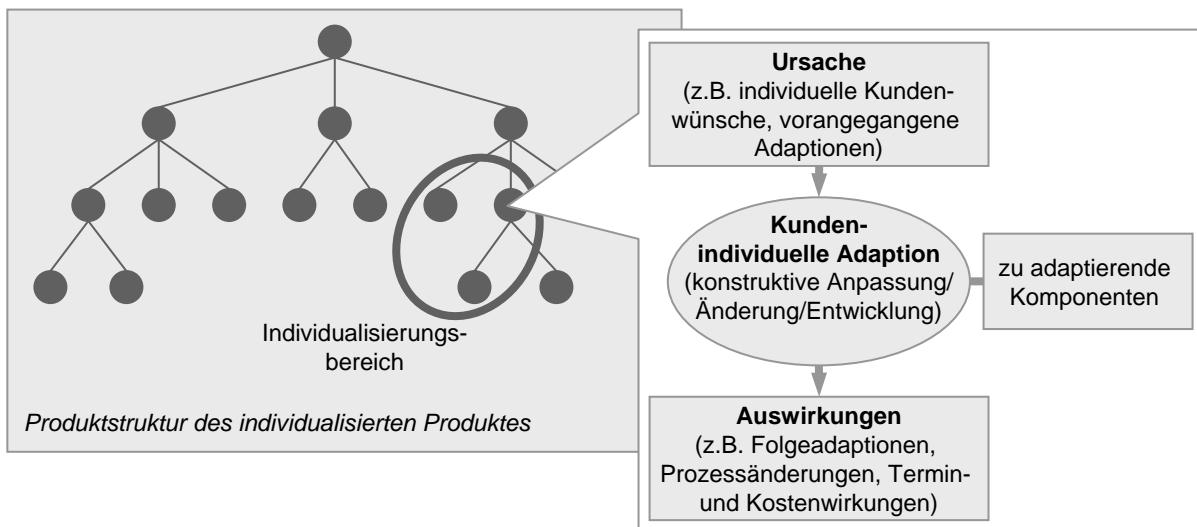


Bild 6-1. Basismodell der kundenindividuellen Produktadaption

### Charakterisierung von Adaptionsursachen

Als Ursachen kundenspezifischer Adaptionsbedarfe kommen bei individualisierten Produkten Kundenanforderungen oder eine vorausgegangene Produkt- bzw. Komponentenanpassung in Frage. Letztere werden jedoch bei den Auswirkungen kundenindividueller Produktadaptionen näher betrachtet. Nachfolgend sollen daher nur die Kundenanforderungen als Ursache individueller Produktadaptionen näher charakterisiert und die im Kontext der Produktindividualisierung besonders relevanten Anforderungsbereiche abgegrenzt werden.

Grundsätzlich kann dabei in eine kundenseitige und eine produktseitige Anforderungsdimension unterschieden werden (vgl. Bild 6-2). Die **kundenseitige Anforderungsdimension** schließt die konkreten Kundenbedürfnisse sowie elementare Werthaltungen ein, wobei mehr oder weniger abstrakte Bedürfnisebenen unterschieden werden können.<sup>107</sup> Die Kundenbedürfnisse werden durch Produktfunktionen befriedigt – hierbei kann es sich um aus der eigentlichen Produktverwendung resultierende technische Funktionen oder soziale/psychische Nut-

<sup>107</sup> Zur Erfassung der verschiedenen Bedürfnisebenen dient u. a. das so genannte „vertikale Laddering“ im Rahmen der Means-End-Theorie [BRAUNSTEIN ET AL. 2000, S. 91].

zenkomponenten handeln [BRAUNSTEIN ET AL. 2000, S. 89]. Diese Funktionen bilden den Übergang zur **produktseitigen Anforderungsdimension**, welche die konkreten Anforderungen hinsichtlich der gestaltbaren physikalisch-chemisch-technischen Eigenschaften des Produktes beinhaltet [vgl. auch ROOZENBURG & EEKELS 1995, S. 58]. Diese Anforderungen ergeben sich aus den geforderten Produktfunktionen und beziehen sich, wie in Kapitel 3.1 dargestellt, auf die Zustandseigenschaften des Produktes. Eine Grundannahme ist dabei, dass kundenindividuelle Produktadaptionen nur in Bezug auf (innere) Zustandseigenschaften vorgenommen werden können, die Notwendigkeit zu einer Anpassung einer Eigenschaft jedoch aus einem kundenspezifischen Bedürfnis resultiert. Es besteht daher im kundenindividuellen Produktdefinitionsprozess die Notwendigkeit, kundenspezifische Bedürfnisse und innere Produkteigenschaften miteinander zu vernetzen. Dies erfolgt im Rahmen der Transformation von Bedürfnissen (Kundenanforderungen) in geforderte Wirk- und Verhaltenseigenschaften sowie weiter in Zustandseigenschaften (Produktanforderungen und -eigenschaften).<sup>108</sup>

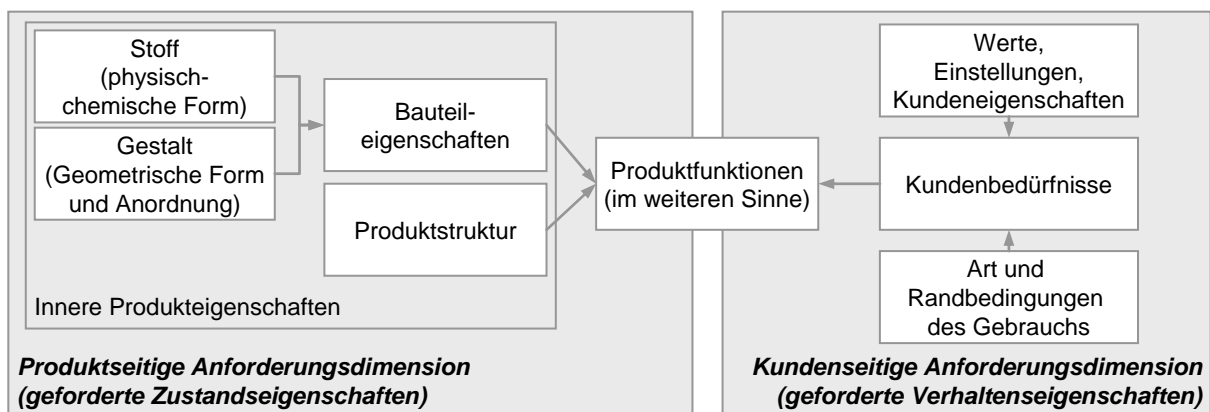


Bild 6-2. Kundenseitige und produktseitige Anforderungsdimension

Hinsichtlich der kundenseitigen Anforderungsdimension sollen mit Bezug auf die Produktindividualisierung zwei wesentliche Anforderungsbereiche unterschieden werden, das sind Anforderungen, die sich aus dem Kundenzusammenhang ergeben, und Anforderungen, die aus dem Nutzungszusammenhang resultieren [vgl. auch HALL 1962, 149 ff.; PATZAK 1982, S. 151]. Die **Anforderungen des Kundenzusammenhangs** haben dabei einen direkten Bezug zu Eigenschaften des Kunden. Sie resultieren aus persönlichen Einstellungen (z. B. ökologischer Orientierung) und (Geschmacks-) Präferenzen, persönlichen Merkmalen (z. B. anthropometrische Eigenschaften, Konstitution) sowie aus dem gesellschaftlich-sozialen Lebensumfeld des Kunden (z. B. Herkunft). Die **Anforderungen des Nutzungszusammenhangs** beziehen sich dagegen auf die unmittelbare Produktaufgabe und schließen Anforderungen hinsichtlich der Produktfunktion (Art, Intention und Intensität der Produktverwendung, einzuset-

<sup>108</sup> Dabei ist allerdings nicht ausgeschlossen, dass sich Kundenanforderungen auch auf direkte Zustandseigenschaften beziehen können, z. B. bei spezifischen Gestaltvorstellungen.

zende Technologien) und des funktionsrelevanten Produktumfelds ein (z. B. physikalische Umwelt, vorhandene Infrastruktur, gegebene Schnittstellen/Anschlüsse). Diese Anforderungen hängen zwar nicht unbedingt direkt vom individuellen Kunden ab, können aber dennoch individuelle Ausprägungen aufweisen (vgl. auch Bild 6-2). Generell sollen hierbei nicht alle Anforderungen an ein Produkt, sondern lediglich die Anforderungen betrachtet werden, die kundenspezifische Ausprägungen aufweisen. Anforderungen, die für alle Kunden identisch sind, müssen bereits im Rahmen der Produktstrukturplanung behandelt werden (z. B. allgemeine gesetzliche Regelungen, Anforderungen bezüglich der Basisfunktionen etc.).

Auch die produktseitige Anforderungsdimension mit den aus individuellen Kundenbedürfnissen resultierenden Produkthanforderungen kann grob strukturiert werden. Hierbei sollen grundsätzlich Anforderungen hinsichtlich

- (technischer) Produktfunktionen,
- der Produktschnittstellen (zum Umfeld und zum Anwender),
- der Produktgestaltung sowie
- der Produktausführung

unterschieden werden. Der **Anforderungsbereich der Produktfunktionen** umfasst alle funktions- und betriebsbezogenen Anforderungen, z. B. geforderte Leistungsumfänge und -ausprägungen. Der **Anforderungsbereich der Produktschnittstellen** schließt Anforderungen hinsichtlich Anschlüssen, Bauräumen, spezifischen Umgebungsbedingungen etc. sowie alle Mensch-Produkt-Schnittstellen (Bedienung, Handling, aber auch Produktdokumentation) ein. Der **Anforderungsbereich der Produktgestaltung** betrifft Anforderungen hinsichtlich der Produkterscheinung und -anmutung (z. B. Form- und Farbgebung). Die **Anforderungen hinsichtlich der Produktausführung** beziehen sich schließlich auf die individuelle Ausführungsqualität der gelieferten Leistung (z. B. Genauigkeit, Qualität, Ausführungsart). Die beschriebenen Anforderungsbereiche betreffen damit vor allem äußere Produkteigenschaften [vgl. HUBKA & EDER 1988, S. 112] und müssen weiter in gestaltungsfähige innere Produkteigenschaften übertragen werden. Hierbei können entsprechend Kapitel 3.1.4 strukturbezogene sowie elementbezogene Eigenschaften unterschieden werden. Zu den strukturbezogenen Eigenschaften zählen die Art, Anzahl und Anordnung der Elemente. Die Art der Elemente wird wiederum durch deren Gestalt (Form, Abmessungen, Mikrogestalt) und Werkstoff (Stoffart und Behandlung) bestimmt.

Die notwendige Transformation von Kundenbedürfnissen in Produkteigenschaften ist schematisch in Bild 6-3 zusammengefasst. Zur Abbildung der Transformationsbeziehungen können Verknüpfungsmatrizen eingesetzt werden. Eine „statische“ Vernetzung von inneren und äußeren Produkteigenschaften, wie z. B. von HUBKA & EDER [1996, S. 113] vorgeschlagen, ist aber im vorliegenden Anwendungsfall wenig sinnvoll. Die Herstellung der entsprechenden Beziehungen und die eigentliche Transformation ist vielmehr Gegenstand der individuellen Produktdefinition und muss kundenspezifisch vorgenommen werden.

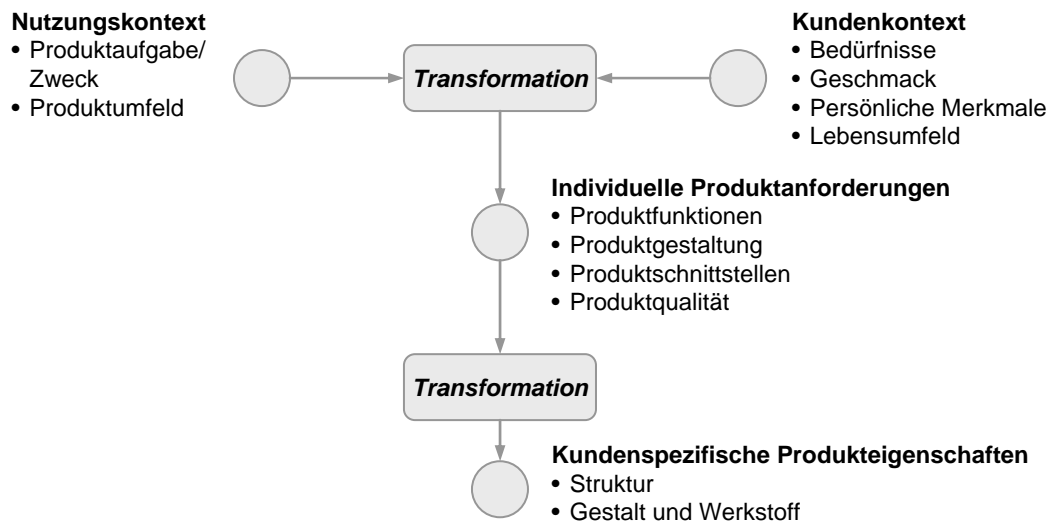


Bild 6-3. Transformation von Kundenbedürfnissen in Produkteigenschaften

### Charakterisierung der kundenindividuellen Produktadaption

Der zuletzt beschriebene Transformationsschritt von individuellen Produkthanforderungen in Produkteigenschaften stellt im Grunde genommen die eigentliche Produktadaption dar. Darunter wird in dieser Arbeit die Modifikation, konstruktive Ausarbeitung oder Neuentwicklung von Produktelementen auf Basis kundenindividueller Produkthanforderungen und entsprechend vorhandener, struktureller oder gestalterischer Freiheitsgrade verstanden. Hierbei können, wie oben dargestellt, nur innere Produkteigenschaften (Struktur, Gestalt, Werkstoff) bearbeitet werden, die geforderten äußeren Produkteigenschaften ergeben sich als Folgegrößen.

Die kundenindividuelle Adaption muss je nach vorliegender Kundenanforderung auf verschiedenen Gestaltungsebenen des Produktes vorgenommen werden. Sie kann hierbei auf Bauteil-, Baugruppen- oder übergreifender (Funktions-) Ebene angesiedelt sein und wird durch den bereits erwähnten Individualisierungsbereich beschrieben. Auf Bauteilebene erfolgt eine gestaltbezogene Anpassung, während auf Baugruppen- und übergreifender Ebene strukturelle Anpassungen vorgenommen werden. In Anlehnung an LINDEMANN & BAUMBERGER [2006B, S. 136] sowie FIRCHAU [2003, S. 27] können hier jeweils verschiedene Ansätze (Operationen) zur Produktadaption differenziert werden:

- Die gestalterische Adaption erfolgt durch Ändern der Form, Abmessung, Lage sowie des Werkstoffs von Bauteilen.
- Die strukturelle Anpassung auf Baugruppenebene erfolgt durch Ändern der Art, Anzahl, Anordnung und Kopplung von Bauteilen, z. B. durch Hinzufügen bzw. Weglassen von Elementen oder deren Integration, Aufspaltung oder Auslagerung.

- Die funktionale Anpassung auf Produktebene erfolgt durch Ändern der Art und Struktur funktionaler Module bzw. Baugruppen, z. B. mittels Hinzufügen/Weglassen oder durch Verknüpfung/Trennung von Funktionsmodulen. Die funktionale Anpassung stellt somit einen Sonderfall der strukturellen Anpassung dar.

Zur Realisierung bestimmter Kundenanforderungen können Anpassungen auch bei mehreren Bauteilen oder auf verschiedenen Ebenen erforderlich sein, je nachdem, ob komponentenbezogene oder -übergreifende (Funktions-) Eigenschaften zu verwirklichen sind. Die Identifikation der durch individuelle Kundenanforderungen betroffenen Strukturelemente ist dabei ein wesentlicher Aspekt der kundenindividuellen Produktdefinition (Auswirkungsanalyse)

Neben der strukturellen Zuordnung lässt sich der Sachverhalt der Produktadaption auch anhand der aus der Produktstrukturplanung bekannten Beschreibungsgrößen „Individualisierungsgrad“ und „Vorbereitungsgrad“ charakterisieren (vgl. Kap. 3.3.2). Der **Individualisierungsgrad** beschreibt die vorhandenen Gestaltungsfreiräume. Diese repräsentieren nach LINNER [1993, S. 63] einen zulässigen Wertebereich eines oder mehrerer Gestaltungsmerkmale, innerhalb dessen gewollte Produkteigenschaften festgelegt werden. Auf Basis der vorhandenen Gestaltungsfreiräume können jeweils die Art und der Umfang möglicher Produktadaptionen abgeleitet werden. Grundsätzlich kann hierbei zwischen

- der (diskreten) Auswahl zwischen verschiedenen Alternativen,
- der parametrischen Anpassung innerhalb definierter Wertebereiche,
- der freien bzw. individuellen Anpassung innerhalb definierter Freiräume und
- der freien bzw. individuellen Anpassung innerhalb allgemeiner Freiräume

differenziert werden. Die Auswahl aus Alternativen stellt vor allem eine strukturbezogene Produkthanpassung dar, während die parametrische Anpassung eher gestaltbezogen ist. Die freie Anpassung kann hingegen sowohl gestalt-, struktur- als auch funktionsbezogen sein. Im Unterschied zu einer freien Anpassung erfolgt die parametrische Anpassung nach festgelegten Regeln und Wertebeziehungen. In engem Zusammenhang zu diesen, sich aus den Gestaltungsfreiräumen ergebenden, Adaptionmöglichkeiten steht der **Vorbereitungsgrad** der Elemente der Produktstruktur. Dieser ist abhängig vom Neuigkeitsgrad der vorzunehmenden Produktadaption und bestimmt die dabei zu durchlaufenden Konstruktionsphasen. Der Zusammenhang zwischen Individualisierungs- und Vorbereitungsgrad ist in Bild 6-4 aufgezeigt. Entsprechend des Neuigkeitsgrads der vorzunehmenden Produktadaption können verschiedene Konstruktionsarten im Adaptionsprozess unterschieden werden, das sind

- Baukastenkonstruktion
- Konstruktion mit festem Prinzip
- Variantenkonstruktion
- Anpassungskonstruktion sowie
- Neukonstruktion [vgl. EHRENSPIEL 2007, S. 256 ff.; EVERSHEIM 1998, S. 80 f.; PAHL ET AL. 2005, S. 91; ROTH 2000, S. 39; ULLMAN 1997, S. 23 ff.].

Im Rahmen der **Baukastenkonstruktion** (Konfiguration) werden vordefinierte bzw. vorhandene Lösungselemente kombiniert, d. h. es werden nur die Produktkonfiguration, nicht jedoch die Gestalt der Einzelemente verändert. Dies ist der Fall, wenn auf Basis individueller Kundenwünsche eine Auswahl aus vorhandenen alternativen Komponenten bzw. Modulen und deren Kombination zu Produkten der gewünschten Gesamtfunktion erfolgen kann, ohne dass eine gestalterische Anpassung erforderlich ist. Bei der **Konstruktion nach festem Prinzip** werden dagegen die Abmessungen aller oder einzelner Elemente verändert, es erfolgt jedoch keine Gestaltänderung. Dies ist vor allem bei der parametrischen Anpassung innerhalb definierter Wertebereiche der Fall. Bei der **Variantenkonstruktion** können vielfältige (Gestalt-) Parameter des Entwurfs modifiziert werden. Das Lösungsprinzip und der grundlegende Produktentwurf werden aber beibehalten. Der Schwerpunkt der Konstruktion liegt auf den Phasen Gestaltung und Detaillierung. Im Rahmen der kundenindividuellen Produktadaption ist die Variantenkonstruktion vorrangig bei der individuellen Anpassung innerhalb definierter Freiräume, beim Auskonstruieren vordefinierter Prinziplösungen<sup>109</sup> sowie bei der Modifikation bestehender, ähnlicher Lösungen relevant. Auch **Anpassungskonstruktionen** basieren auf funktionalen und konstruktiven Gemeinsamkeiten mit einer Vorgängerkonstruktion. Hierbei wird das vorhandene Lösungsprinzip weitgehend übernommen, jedoch wird das Produkt bei gegebener Grundordnung in Struktur und Gestalt verändert. Bei der Anpassungskonstruktion werden daher die Entwurfs- und die Ausarbeitungsphase durchlaufen. Vereinzelt kann die Modifikation dabei den Charakter einer Neukonstruktion haben, diese ist aber auf kleine Teilbereiche des komplexen Produktes, also z. B. Bauteile und Baugruppen, beschränkt. Diese Konstruktionsart ist im Rahmen der Auftragsabwicklung bei individualisierten Produkten häufiger anzutreffen, insbesondere beim Aufbau des Leistungspotenzials sowie bei der individuellen Anpassung innerhalb allgemeiner Freiräume. Im Rahmen der **Neukonstruktion** werden schließlich völlig neue funktionale Zusammenhänge und Lösungsprinzipien erarbeitet. Die funktionale und bauliche Struktur sowie die Gestalt der Konstruktionsobjekte sind im Vorfeld nicht bekannt, sondern ergeben sich erst im Laufe des Entwurfsgeschehens. In der Regel werden dabei alle Konstruktionsphasen durchlaufen. Neukonstruktionen betreffen in der Regel weite Teile eines Produktes und erfordern hierbei umfangreiche Adaptionen auf Struktur- und Gestaltebene. Sie kommen daher bei individualisierten Produkten wegen der vordefinierten Produktstruktur, innerhalb derer sich kundenspezifische Anpassungen bewegen sollen, eher selten vor.

Trotz der vorangestellten Klassifikation ist eine genaue Abgrenzung der Konstruktionsarten und der dabei zu durchlaufenden Konstruktionsphasen, insbesondere im Hinblick auf die jeweils unterschiedlichen, von kundenindividuellen Anforderungen betroffenen Produktstrukturebenen, schwierig. Die vorgenommene Klassifikation dient daher im Rahmen der kundenindividuellen Produktdefinition in erster Linie der groben Orientierung und Aufwandsabschätzung. Die Konstruktionsarten unterscheiden sich vor allem stark hinsichtlich ihrer Planbarkeit. So sind Neu- und Anpassungskonstruktionen in der Regel schlecht im Voraus planbar und nicht durch vordefinierte Adaptionsprozesse handhabbar [vgl. EHRENSPIEL 2007,

---

<sup>109</sup> *Prinziplösungen können dabei als spezielle Form eines definierten Freiraums mit höherem Vorbereitungsgrad aufgefasst werden.*

S. 257]. Die zu entwerfende Prozessplanungsmethodik muss daher vor allem an dieser Stelle ansetzen. Die Adaptionsprozesse für Variantenkonstruktionen, Konstruktionen nach festen Prinzip und Baukastenkonstruktionen können demgegenüber bereits während der Vorkombination/Produktstrukturplanung festgelegt werden. Je nach Neuigkeitsgrad der individuellen Kundenanforderungen ist zudem mit entsprechenden Auswirkungen der Produktadaption (z. B. Folgeanpassungen) zu rechnen. Die Betrachtung dieser Auswirkungen ist Gegenstand des nachfolgenden Abschnitts.

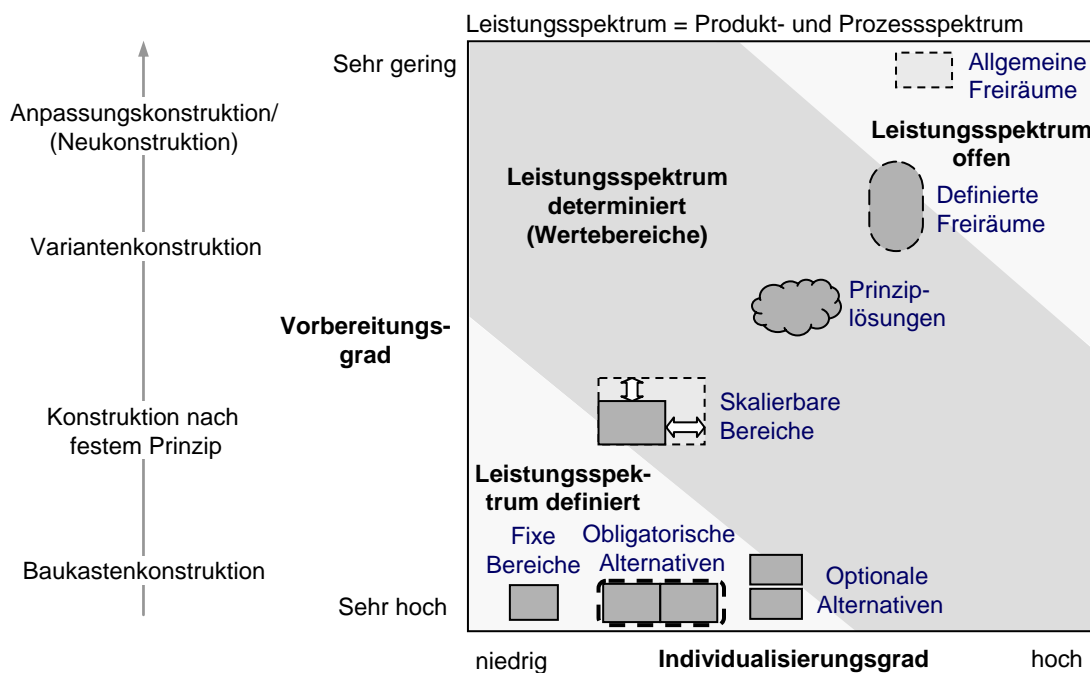


Bild 6-4. Zusammenhang zwischen Individualisierungsgrad, Vorbereitungsgrad und Konstruktionsphasen

### Charakterisierung von Adaptionsauswirkungen

Hinsichtlich der wesentlichen Auswirkungen infolge einer Produktadaption sollen produkt- und prozessbezogene Auswirkungen sowie Kosten- und Zeitwirkungen unterschieden werden. Bei den **produktbezogenen Auswirkungen** handelt es sich um Produkthanpassungen, die infolge einer Produktadaption notwendig werden. Grundsätzlich wird hier davon ausgegangen, dass eine individuelle Kundenanforderung zunächst einen spezifischen Anpassungsbedarf in einem begrenzten Produktbereich hervorruft. Die direkt von einer individuellen Kundenanforderung betroffenen Strukturelemente werden in Anlehnung an HILLER [1997, S. 52] als Ursprungskomponenten bezeichnet. Diese Ursprungskomponenten bilden den primären Individualisierungsbereich. Die hier vorgenommenen konstruktiven Anpassungen können aber aufgrund bestehender Schnittstellen und sonstiger Wechselwirkungen zu anderen Produktkomponenten zusätzlichen Anpassungsbedarf auslösen. Dies kann dazu führen, dass sich Änderungen komponentenübergreifend in der Produktstruktur fortpflanzen. Der resultierende sekundäre Individualisierungsbereich umfasst alle Produktstrukturelemente, die indirekt, d. h. in



Folge einer primären Produktadaption, betroffen sind und ebenfalls geändert werden müssen. Hier können ECKERT ET AL. [2004, S. 17 f.; vgl. auch JARRAT 2004, S. 42] zufolge endliche und „unendliche“ Änderungsketten unterschieden werden. Endliche Änderungsketten zeichnen sich durch Folgeänderungen in begrenztem Umfang aus, da diese innerhalb der Produktstruktur „gedämpft“ werden. Unendliche Änderungsketten weisen dagegen sich unkontrolliert fortpflanzende Änderungen auf. Sie werden daher auch als Änderungslawinen („avalanches“) bezeichnet und durch stark vernetzte Komponenten – so genannte Multiplikatoren [ECKERT ET AL. 2004, S. 13] – sowie durch Kreisschlüsse hervorgerufen, die das gleichzeitige Optimieren mehrerer konstruktiver Parameter bei der Änderung notwendig machen und nur schwer zu handhaben sind. Maßgeblich für die Stärke und Reichweite des Auftretens von Folgeänderungen sind daher die Komplexität bzw. Vernetztheit des Produktes sowie der Umfang und Innovationsgrad der vorgenommenen Produktadaption [JARRAT 2004, S. 56].<sup>110</sup>

Weitere Auswirkungen individueller Produktadaptionen stellen **veränderte oder zusätzlich notwendige Unternehmensprozesse**, z. B. Entwicklungs-, Beschaffungs- und Fertigungsprozesse, in Folge vorgenommener Adaptionen dar. Die Identifikation der Auswirkungen von notwendigen Produktadaptionen auf Entwicklungsprozesse wird ausführlich in Kapitel 7.2 behandelt. Auswirkungen auf Fertigungsprozesse ergeben sich, wenn z. B. konstruktive Änderungen eine Änderung oder Anpassung von Fertigungsverfahren und Abläufen notwendig machen. Änderungen an Beschaffungsprozessen betreffen vor allem den Bereich von Halbzeugen und zugelieferten Komponenten. Die Änderungen innerhalb der Produkt- und Prozessstrukturen verursachen nicht zuletzt auch erhebliche **Kosten- und Terminwirkungen**, die schon bei der Planung der Adaptionenprozesse betrachtet werden müssen. So ist z. B. auf Basis des jeweiligen Ressourcenbedarfes eine Abschätzung notwendig, welche Kosten (z. B. Entwicklungskosten, Materialkosten etc.) für eine bestimmte Adaption anfallen und welche Auswirkungen sich unter Berücksichtigung vorhandener Kapazitäten auf die Lieferzeit ergeben. Die Bewertung der Auswirkungen bildet hierbei eine wesentliche Grundlage der Bewertung individueller Kundenanforderungen und der Entscheidung für oder gegen die damit verbundene Produktadaption im Rahmen der kundenindividuellen Produktdefinition.

Zusammenfassend kann ein bestimmter Individualisierungssachverhalt damit hinreichend durch die Charakterisierung der zugrunde liegenden Ursachen (Adaptionsbedarf), der vorzunehmenden Adaptionen am Produkt und seinen Elementen sowie den sich daraus ergebenden produkt-, prozess- und zielbezogenen Folgeänderungen beschrieben werden. Die vorgenommene Charakterisierung dient dabei aber nicht nur der grundsätzlichen Klassifikation, sie determiniert zugleich das notwendige Vorgehen bei der Produktdefinition, in deren Rahmen die einzelnen Aspekte detailliert betrachtet werden müssen. Ein entsprechendes Vorgehensmodell mit engen Bezügen zum oben dargestellten Basismodell der kundenindividuellen Produktadaption soll im folgenden Teilkapitel beschrieben werden.

---

<sup>110</sup> Insbesondere modulare Produktarchitekturen sind gut geeignet, Änderungsauswirkungen zu begrenzen (vgl. Anhang A.6), solange die Änderungen auf das einzelne Modul begrenzt werden können. Eine weitere Möglichkeit, Änderungsauswirkungen zu begrenzen, sind änderungstolerante bzw. -robuste Systeme. Hier sind die Schnittstellen zwischen Systemkomponenten so ausgelegt, dass Änderungen an einer Komponente in einem bestimmten Rahmen abgefangen werden [JARRAT 2004, S. 60 f.; LINDEMANN & MAURER 2006].

## 6.2 Vorgehensmodell für die kundenindividuelle Produktdefinition

Zielstellung des nachfolgend präsentierten Vorgehensmodells ist die detaillierte Beschreibung des Gesamtprozesses der kundenindividuellen Produktdefinition bei individualisierten Produkten. Das Vorgehensmodell soll einen Handlungsrahmen zur effizienten Abwicklung kundenspezifischer Produkthanforderungen bereitstellen und setzt sich aus den beiden Hauptphasen der kundenindividuellen Anforderungserhebung und -verarbeitung sowie der darauf aufbauenden Produkthanpassung (Adaption) zusammen. Den einzelnen Phasen sind dabei detaillierte Einzelschritte, Teilergebnisse und Methoden zugeordnet. Das Vorgehensmodell strebt eine generelle Gültigkeit an, abstrahiert also von konkreten, kundenspezifischen Produktdefinitionsprozessen und deren Rahmenbedingungen (Kundenanforderungen, Produktstrukturen etc.). Es basiert auf dem oben präsentierten Basismodell der kundenindividuellen Produktadaption und verarbeitet dessen Inhalte im Rahmen eines strukturierten und methodisch unterstützten Produktentwicklungsprozesses. Im Fall eines konkreten Individualisierungssachverhalts muss das Vorgehensmodell an die vorliegende Situation angepasst werden. Hierzu müssen insbesondere eine geeignete Vorgehenswahl getroffen sowie die spezifische inhaltliche Ausprägung der einzelnen Schritte vorgenommen werden. Die Anpassung des Vorgehens kann durch Auswahl der konkret auszuführenden Methoden aus dem aufgezeigten Spektrum möglicher Methodenalternativen erfolgen. Die inhaltliche Ausprägung kann anhand der im Basismodell enthaltenen Aspekte und den jeweils zugeordneten Strukturierungsansätzen vorgenommen werden (z. B. durch Erstellung anwendungsspezifischer Checklisten). Insbesondere muss hierbei eine Zuordnung der konkreten Produktstruktur realisiert sowie der jeweilige Informationsbedarf und die zu erbringenden Prozessergebnisse, z. B. in Form definierter Dokumente oder sonstiger Arbeitsergebnisse, festgelegt werden. Außerdem werden den Teilschritten ausführende Organisationseinheiten (Stellen, Kompetenzen) und ein zeitliches Raster der Prozessdurchführung zugeordnet. Ergebnis der Anpassung ist eine detaillierte Prozessspezifikation, z. B. in Form eines Arbeitsprogramms (Workflows) mit definierter Bearbeitungsfolge und zugeordneten Applikationen.

### 6.2.1 Gesamtprozess der kundenindividuellen Produktdefinition

In Bild 6-5 ist das Vorgehensmodell für die kundenindividuelle Produktdefinition im Überblick dargestellt. Es besteht aus vier Hauptphasen, von denen die ersten drei dem Bereich der Anforderungserhebung und -verarbeitung und die letzte der eigentlichen konstruktiven Produktgestaltung zugeordnet werden können. Die Phasen beinhalten

- die Identifikation der Kundenanforderungen,
- die schrittweise Übersetzung (Transformation) der individuellen Kundenanforderungen in Produkthanforderungen,
- die Bestimmung und Bewertung des jeweiligen Adaptionbedarfs einschließlich der Ermittlung von produkt-, prozess- und zielbezogenen Folgewirkungen sowie
- die Anpassung des Produktes entsprechend des ermittelten Adaptionbedarfes.

Die einzelnen Phasen und ihre jeweiligen Ergebnisse werden nachfolgend detaillierter beschrieben. Ausgewählte Methoden der individuellen Anforderungsklä rung und Produktgestaltung werden in den folgenden Teilkapiteln behandelt.

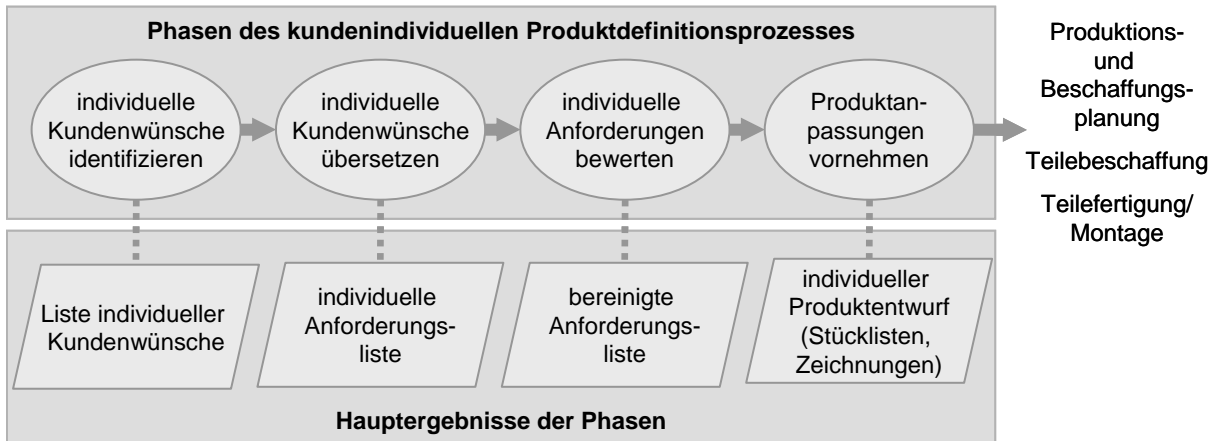


Bild 6-5. Vorgehensmodell für die kundenindividuelle Produktdefinition

Zu Beginn eines jeden kundenindividuellen Produktdefinitionsprozesses erfolgt zunächst die **Identifikation der individuellen Kundenwünsche**, da dies eine Grundvoraussetzung für die kundenspezifische Produktpassung ist. Wie in Bild 6-6 dargestellt ist, umfasst diese Identifikation die qualitative und quantitative Erhebung, die Strukturierung und die Gewichtung individueller Kundenbedürfnisse.

Phase: Individuelle Kundenwünsche identifizieren	
Zweck	Ermittlung der individuellen Kundenbedürfnisse und -wünsche
Eingangsgrößen/ Gestaltungsobjekte	Kundenpräferenzen, Produktumfeld, Produktstruktur
Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– individuelle Bedürfnisse erheben und beschreiben</li> <li>– individuelle Bedürfnisse strukturieren</li> <li>– Kundenrelevanz (Wichtigkeit) der Bedürfnisse bestimmen</li> </ul>
Methoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>– strukturierte Interviews, Fragebögen, Checklisten</li> <li>– Gebrauchsanalyse, Umfeldanalyse, Anwendungsszenarios</li> <li>– Bewertungsmethoden, Präferenzanalyse (z. B. Rangordnungsverfahren, Paarvergleich, Conjoint Analyse)</li> </ul>
Ergebnis	Liste mit individuellen Kundenwünschen und -anforderungen als Grundlage der Anforderungsverarbeitung

Bild 6-6. Inhalte der Phase „Individuelle Anforderungen identifizieren“

Im Gegensatz zur Sonderanfertigung geben dabei die vordefinierte Produktstruktur und die hier festgelegten Freiheitsgrade den Rahmen für die Bedürfnisermittlung vor. So kann z. B. entsprechend spezifischer Freiheitsgrade eine direkte Abfrage oder Ermittlung der jeweilig vom Kunden gewünschten Ausprägungen vorgenommen werden. Eine indirekte Bedürfnisermittlung erfolgt zudem auf Basis der Analyse allgemeiner Kundenpräferenzen sowie des relevanten Kunden- bzw. Produktumfelds. Insbesondere bei Kundenbedürfnissen, die innerhalb allgemeiner Produktfreiräume liegen, sind flexible Methoden zur Bedürfnisermittlung gefordert. Hier können die in Kapitel 6.1 beschriebenen Anforderungskategorien unterstützend wirken. Mit Bezug auf die entstehenden Kosten der kundenindividuellen Produktpassung bzw. daraus resultierenden Zielkonflikten muss zudem die jeweilige Wichtigkeit der Erfüllung der Kundenbedürfnisse ermittelt werden. Allgemein kommen bei der Identifikation kundenindividueller Anforderungen die in 3.1.3 beschriebenen Methoden zum Einsatz, für eine detaillierte Bewertung sei aber auf das folgende Teilkapitel verwiesen. Ergebnis dieser Phase ist eine strukturierte und gewichtete Liste individueller Kundenwünsche.

Phase: Individuelle Kundenwünsche in Produkthanforderungen übersetzen	
Zweck	Transformation der individuellen Kundenwünsche in gestaltbare Produkthanforderungen (Anforderungsverarbeitung)
Eingangsgrößen/ Gestaltungsobjekte	individuelle Kundenwünsche, Produktstruktur und einzelne Produktkomponenten
Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Transformation der individuellen Kundenbedürfnisse in Kundenanforderungen (Produktfunktionen)</li> <li>– Transformation der Kundenanforderungen in Produkthanforderungen (Produkteigenschaften) und Ermittlung des kundenspezifischen Anpassungsbedarfs, d.h. Identifikation betroffener Komponenten und Bestimmung der entsprechenden Gestaltparameter auf Produkt- und Bauteilebene</li> </ul>
Methoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Design Matrix/House of Quality (QFD)</li> <li>– Auswirkungsanalyse (Impactanalyse), Produktstrukturanalyse, Systemtechnik</li> </ul>
Ergebnis	individuelle Anforderungsliste mit quantifizierten Gestaltparametern und strukturierte Darstellung der Adaptionauswirkungen als Grundlage der Adaptionprozessplanung

Bild 6-7. Inhalte der Phase „Individuelle Anforderungen übersetzen“

Nachdem die individuellen Kundenbedürfnisse bekannt sind, müssen diese in **konkrete Produkthanforderungen übersetzt** werden. Dieser Transformationsprozess beinhaltet die schrittweise Übersetzung von Kundenbedürfnissen in funktionale Kundenanforderungen und deren Übertragung in Produkthanforderungen (Bild 6-7). Anschließend wird der kundenspezifische Adaptionbedarf, d. h. die konstruktiv anzupassenden Produktparameter, bestimmt. Dazu werden zunächst die als Eigenschaftsträger betroffenen Komponenten ermittelt. Anschließend erfolgt eine Verknüpfung der Anforderungen mit der konkreten Gestaltungsebene, wobei diese Verknüpfung abhängig von der jeweiligen Art der Kundenanforderung auf verschiedenen Hierarchieebenen des Produkts (Bauteil, Gesamtprodukt) erforderlich sein kann. Der dabei ermittelte konstruktive Adaptionbedarf bildet in der nachfolgenden Phase die Grundlage für den Vergleich mit dem vorhandenen Leistungspotenzial. Im gesamten Transformationspro-

zess kommen die in Kapitel 3.1.3 aufgeführten Methoden der Anforderungsverarbeitung zum Einsatz (vgl. auch Kap. 6.2.2). Ergebnis des Transformationsprozesses ist eine Anforderungsliste mit individuell ausgeprägten Produkteigenschaften (Parametern) und zugeordneten Eigenschaftsträgern (Produktkomponenten).

Phase: Individuelle Produkthanforderungen bewerten und Entwicklungsumfänge bestimmen	
Zweck	Bewertung der individuellen Anforderungen hinsichtlich Adaptionaufwand und Auswirkungen
Eingangsgrößen/ Gestaltungsobjekte	individuelle Anforderungsliste, Produktstruktur, vorhandenes Produktspektrum
Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bestimmung der vorzunehmenden Anpassungs- bzw. Entwicklungsumfänge (auf Basis der Produktstruktur und des vorhandenen Produktspektrums)</li> <li>– Klärung von Folgeänderungen (produktbezogene Auswirkungen der jeweiligen Produktadaptionen)</li> <li>– Kostenbewertung der Entwicklungsumfänge</li> <li>– Bewertung der Kundenwertigkeit und des Kundennutzens</li> <li>– Bewertung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses</li> </ul>
Methoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Bewertungsmethoden (z. B. Nutzwertanalyse, Vorteils-Nachteils-Vergleich)</li> <li>– Kostenkalkulation, Methoden der Investitionsrechnung</li> <li>– Kundenwertanalyse</li> <li>– Aufwands-Nutzen-Portfolio</li> </ul>
Ergebnis	bereinigte Anforderungsliste, Entwicklungsplan als Basis der Planung und Durchführung individueller Adaptionprozesse

Bild 6-8. Inhalte der Phase „Individuelle Anforderungen bewerten“

Auf Basis dieser Anforderungsliste und des ermittelten, kundenindividuellen Adaptionbedarfs erfolgt die **Bestimmung des konkret notwendigen Umfangs der Produkt- bzw. Komponenten Anpassung** (vgl. Bild 6-8). Dieser hängt vom vorhandenen Leistungspotenzial, d. h. den im vorhandenen Produktspektrum enthaltenen Lösungsalternativen, ab. Je nachdem, ob hier identische oder ähnliche Produktkomponenten existieren, kann hinsichtlich erforderlicher Adaptionprozesse (Anpassungs-, Varianten, Prinzip-, Baukastenkonstruktion) entschieden werden. Zudem können auf dieser konkreten, produktbezogenen Betrachtungsebene die notwendigen Folgeänderungen abgeschätzt werden. Hierzu erfolgt eine Betrachtung der Schnittstellen zwischen primären und eventuellen sekundären Individualisierungsbereichen (vgl. Kap. 6.2.3). Steht der gesamte Umfang der kundenindividuellen Produkthanpassung fest, kann eine Quantifizierung der damit verbundenen Aufwendungen erfolgen. Hierzu werden nicht nur die direkten produktbezogenen Auswirkungen der Adaption (z. B. zusätzliche Komponenten, veränderte Produktqualität, neue Werkstoffe etc.), sondern auch deren prozessbezogene Auswirkungen betrachtet, z. B. notwendige Entwicklungs- oder geänderte Herstellungsprozesse. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht hierbei die Bewertung von resultierenden Kostenwirkungen, die kalkuliert und entsprechenden Erträgen gegenübergestellt werden müssen. Die Kalkulation der Kosten sollte dabei verursachungsgerecht erfolgen, z. B. mit Hilfe der ressourcenorientierten Prozesskostenrechnung [vgl. SCHUH 1989] oder der Pfadkosten-

rechnung [vgl. GAHR 2006]. Die Erträge der kundenindividuellen Leistungsgestaltung können dann mittels einer Argumentebilanz oder Nutzwertbetrachtung gegenübergestellt werden [vgl. LINDEMANN 2007, S. 283]. Als die beiden hauptsächlichen Nutzenkomponenten können hier der Kunden- und der Unternehmensnutzen angesehen werden (vgl. auch Kapitel 2.4.1). Der Kundennutzen kann z. B. in einer besseren Funktionserfüllung oder einer Senkung von Betriebskosten bestehen, aufgrund derer gegebenenfalls ein höherer Preis erzielt werden kann. Zusätzlicher Unternehmensnutzen kann beispielsweise in einer Erweiterung des Leistungspotenzials durch die Erbringung der kundenspezifischen Leistung bestehen, wenn diese auch für andere Kunden relevant ist. Die bei der Leistungsentwicklung entstehenden Kosten können dann auf mehrere Kunden verrechnet werden, es müssen in die Nutzenbetrachtung also auch zukünftige Erträge mit einberechnet werden. Dabei muss nachgewiesen werden, dass sich die Investitionen in entsprechende Unternehmensleistungen „rechnen“, auch wenn die Erträge kurzfristig unterhalb eines geforderten Mindestertrags bleiben. Eine derartige Wirtschaftlichkeitsrechnung kann auf Basis gängiger Investitionsrechnungsverfahren erfolgen, z. B. der Break-even-Analyse oder des Realloptionsansatzes [THOMA 1989, S. 29; HOMMEL & PRITSCH 1999]. Daneben müssen in die Nutzenbewertung auch die Bedeutung bzw. der Wert des Kunden einbezogen und z. B. potenzielle Wieder- oder Verbundverkäufe sowie Erträge durch ergänzende After-Sales-Leistungen (z. B. Services) einberechnet werden. Hierbei unterstützen Verfahren der Kundenwertanalyse, wie z. B. Kundenumsatzanalysen, Kundenlebenszyklusrechnungen und Portfoliomodelle [vgl. dazu PEPPERS & ROGERS 2004, S. 122 f.; ZERNOTT 2004, S. 130 ff.]. Auf Basis dieser gesamthaften Aufwands-Nutzen-Betrachtung erfolgen schließlich eine Bewertung der Anforderungsliste und die Auswahl umzusetzender Kundenanforderungen. Ergebnis ist eine um nicht realisierbare oder mit ausreichendem Ertrag verbundene Kundenanforderungen bereinigte Anforderungsliste.<sup>111</sup>

Phase: Individuelle Produkthanpassungen vornehmen	
Zweck	konstruktive Anpassung der Produktes bzw. seiner Komponenten entsprechend der vorliegenden individuellen Anforderungen
Eingangsgrößen/ Gestaltungsobjekte	Anforderungsliste, Produktstruktur, vorhandenes Produktspektrum
Aktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Anpassung und Modellierung der individuellen Produktkomponenten</li> <li>– Integration in das Gesamtprodukt</li> <li>– Absicherung der individuellen Leistungsumfänge und des Gesamtprodukts</li> <li>– ggf. Bewertung und Abnahme der erstellten Leistung durch den Kunden</li> </ul>
Methoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Konstruktionsmethoden einschließlich computergestützter bzw. virtueller Darstellungs- und Simulationsmethoden</li> <li>– Methoden des Änderungsmanagements</li> </ul>
Ergebnis	individueller Produktentwurf (Zeichnungen, Stückliste) als Grundlage der Herstellung des individualisierten Produkts

Bild 6-9. Inhalte der Phase „Produkthanpassung vornehmen“

<sup>111</sup> Als ein Bestandteil des Erfahrungspotenzials sollten auch die abgelehnten Kundenwünsche und die Gründe für deren Ausschluss festgehalten werden. Damit können u. a. zukünftige Prüfungen vermieden werden.

Die verbleibenden Kundenanforderungen werden schließlich im vierten Schritt des Vorgehensmodells konstruktiv umgesetzt. Hier erfolgt die **individuelle Anpassung des Produktes** entsprechend des ermittelten Adaptionsbedarfes (vgl. Bild 6-9). Dies beinhaltet die Erarbeitung eines angepassten Produktkonzepts, dessen Detaillierung und (rechnergestützte) Dokumentation. Je nach Neuigkeitsgrad der geforderten Lösung kann hier auf bestehende Komponenten des Leistungsprogramms zurückgegriffen bzw. müssen die entsprechenden Konstruktionsphasen durchlaufen werden (vgl. Kap. 6.2.3). Ein wesentlicher Schritt ist auch die Integration der Teillösungen in eine Gesamtlösung und die Überprüfung der Lösungsverträglichkeit. Dazu können Methoden der Eigenschaftsabsicherung eingesetzt werden, z. B. Versuche oder Simulationen [vgl. BERNARD 1999; SCHWANKL 2002, S. 121]. Den Abschluss des Prozesses der kundenindividuellen Produktdefinition bildet die Abnahme des Produktes durch den Kunden und die Weitergabe der erzeugten Daten und Informationen an die Produktions- und Beschaffungsplanung.

Damit ist der Prozess der kundenindividuellen Produktdefinition vollständig erfasst und in seinen Teilschritten beschrieben. Nachfolgend sollen ausgewählte methodische Ansätze der beiden Kernprozesse Anforderungserhebung und gestalterische Umsetzung weiter detailliert werden. Der Forderung nach einer durchgängigen Vernetzung von individueller Anforderungsklä rung und deren konstruktiver Umsetzung soll hier besondere Beachtung gelten. Eine Anwendung der beschriebenen Methoden erfolgt am Beispiel eines individualisierten Konsumproduktes in Kapitel 8.1.

### 6.2.2 Methodische Unterstützung der individuellen Anforderungsklä rung

Die nachfolgende, detaillierte Betrachtung von Methoden der kundenindividuellen Anforderungsklä rung basiert im Wesentlichen auf den in Kapitel 3.1.3 dargestellten Methoden. Hierbei soll jedoch eine spezifische Ausprägung und Anpassung der Methoden unter dem Aspekt der Produktdefinition bei individualisierten Produkten erfolgen. Besonderer Anpassungsbedarf wird für die Methoden der Anforderungsidentifikation sowie der Anforderungsübersetzung gesehen. Die Herausforderung besteht darin, anstelle einer kundenanonymen Erhebung Anforderungen jedes einzelnen Kunden erfassen und strukturiert weiterverarbeiten zu können. Hinsichtlich der Methoden zur Anforderungsbewertung ist der Anpassungsbedarf dagegen nicht so gegeben, da die bestehenden Methoden der Aufwands-/Nutzens- sowie der Kundenbewertung (vgl. Kap. 6.2.1) bereits sehr einzelkundenbezogen sind. Eine spezifische Methode zur prozessbezogenen Aufwandsbewertung, z. B. als Basis der Prozesskostenrechnung, ist mit dem Planungsmodell notwendiger Adaptionsprozesse zudem Gegenstand von Kapitel 7.2.

#### *Erhebung und Strukturierung individueller Kundenbedürfnisse*

Im Rahmen der individuellen Bedürfniserhebung und -strukturierung sollen die relevanten Einflussgrößen auf die individuelle Produktausprägung identifiziert werden. Das schließt die Ermittlung relevanter Kundenbedürfnisse und -merkmale, aber auch die Ermittlung der konkret geforderten Produktfunktionen und deren Leistungsausprägungen ein. Zudem müssen die geplante Produktverwendung und die relevanten Umfeldbedingungen analysiert werden. Als Basis der Erhebung der individuellen Kundenanforderungen können die in Kapitel 6.1 definierten Anforderungsbereiche „Kundenbedürfnisse“ und „Nutzungsumfeld“ dienen. Diese

Basisstruktur und die enthaltenden Einzelaspekte müssen im Prozess der Anforderungsklä- rung jedoch durch geeignete Erhebungsmethoden verarbeitet werden. Hierbei stehen direkte und indirekte Methoden der Anforderungserhebung zur Verfügung. Bei den **direkten Erhebungsmethoden** erfolgt eine unmittelbare Abfrage der Kundenbedürfnisse und -anforderungen bzw. Aufnahme der geforderten Produkteigenschaften. Dazu zählen

- die direkte Abfrage mittels strukturierter Interviews (Leitfäden, Checklisten),
- die direkte Befragung mittels Fragebögen oder Bildschirmbefragung,
- die direkte Parameterbestimmung, z. B. durch Messen, Bodyscanning oder Objekt- digitalisierung, und
- die Auswahl aus vorbestimmten Alternativen, z. B. mittels Konfiguratoren, Mustern.

Diese Methoden können insbesondere dann eingesetzt werden, wenn die gewünschten Aus- prägungen vordefinierter Freiheitsgrade abgefragt werden sollen und der individuelle Kunde in der Lage ist, seine diesbezüglichen Vorstellungen klar zu formulieren, oder quantifizierbare Parameterausprägungen, z. B. spezifische Messwerte, gewonnen werden können. In diesen Fällen kann die erforderliche, präzise Strukturierung der Erhebung vorgenommen werden, die auch eine vergleichsweise aufwandsarme Informationsgewinnung sicherstellt. Die **indirekten Erhebungsmethoden** zielen dagegen auf eine mittelbare Anforderungsermittlung ab, z. B. auf Basis von Beobachtungen oder indirekten Fragen. Erforderliche bzw. gewünschte Eigenschaftsausprägungen werden hier zusätzlich aus „Sekundär“-Informationen abgeleitet, z. B. vorliegenden Randbedingungen oder allgemeinen Kundenaussagen. Zu den indirekten Erhebungsmethoden zählen

- halbstrukturierte oder nicht strukturierte Interviews,
- der Produkttest bzw. die Gebrauchsanalyse und
- die Umfeldanalyse.

Bei den indirekten Erhebungsmethoden besteht kein zwingender Bedarf nach einer festgeleg- ten Erhebungsstruktur, z. B. auf Basis vordefinierter Freiheitsgrade. Sie sind in der Lage, auch vage, unstrukturierte Anforderungsbereiche zu erfassen und weisen eine erhebliche Flexibili- tät hinsichtlich der Erfassung „versteckter“ Kundenanforderungen auf. Indirekte Methoden unterstützen damit eine kundenorientierte Produktdefinition in besonderem Maße. Sie sind je- doch aufwändig in der Durchführung und erfordern eine gekonnte Moderation bzw. Lenkung durch den Methodenanwender, z. B. bei der Identifikation relevanter Anforderungsbereiche. Als kritisch ist daher ein strukturierter Prozess zur Erhebung der indirekten Anforderungsbe- reiche und der darauf basierenden Ableitung von individuellen Kundenanforderungen an- zusehen. Nachfolgend soll dazu mit der Methode der szenariobasierten Anforderungsermitt- lung ein strukturierter Prozess beschrieben werden [vgl. auch BAUMBERGER 2005]. Die oben dargestellten Anforderungsbereiche individualisierter Produkte stellen hierbei eine wesentli- che methodische Basis dar, da sie eine (notwendige) Strukturierung zu erfassender Anforde- rungen ohne Kenntnis der konkreten Ausprägungen erlauben.



Die im Folgenden präsentierte Methodik der individuellen Kundenszenarios basiert dabei im Grundsatz auf der Produktfrageliste nach ROTH [2000, S. 66] sowie dem Ansatz der Relationalen Iterativen Anforderungsklärung nach JUNG [2006, S. 85 ff.], erweitert diese aber hinsichtlich spezifischer Aspekte einer kundenindividuellen Produktdefinition und zielt nicht nur auf die Identifikation von Anforderungen, sondern auch auf deren durchgängige Weiterverarbeitung bzw. Transformation in Produkteigenschaften ab. Grundansatz der Methode ist die Aufstellung von Kundenszenarios und die Ableitung von individuellen Kundenanforderungen aus diesen Szenarios. Die wesentlichen methodischen Ansatzpunkte bestehen in einem formalen methodischen Vorgehen bei der Szenarioerstellung und der strukturierten Beschreibung und Verarbeitung der in den Szenarios enthaltenen Informationen.

Nach RUPP [2004, S. 177] sind Kundenszenarios „Beschreibungen, die Situationen widerspiegeln, in denen Menschen Systeme nutzen“. Diese Modelle dienen der Abbildung des Nutzungskontextes und beschreiben eine handelnde Person (Nutzer und dessen Absichten) im Zusammenhang mit der Produktverwendung [vgl. hierzu auch GREEN ET AL. 2006; JANHAGER 2003]. Zudem wird das Szenario um individualisierungsrelevante Umfeld- oder Hintergrundinformationen ergänzt.<sup>112</sup> Kundenszenarios sind nicht mit den im Rahmen der Szenario-Technik zu entwickelnden Zukunftsszenarios als Hilfsmittel der strategischen Produktplanung zu verwechseln [vgl. GAUSEMEIER ET AL. 2001, S. 78 ff.]. Zwar sind einige Prozessschritte und deren methodische Unterstützung grundsätzlich vergleichbar (z. B. die Erfassung der relevanten Einflussfaktoren), es findet jedoch keine Prognose möglicher zukünftiger Entwicklungen, sondern lediglich die Darstellung einer bestehenden Situation statt. Eine gewisse inhaltliche Nähe besteht daher zu den von COURAGE & BAXTER [2005, S. 52 ff.] beschriebenen Anwendungsfällen. Diese werden jedoch zur Ableitung von kontextbezogenen Anforderungen und zur Konzeption von Testverfahren genutzt, dienen jedoch nicht der Ermittlung kundenindividueller Produkthanforderungen.<sup>113</sup>

Bei der hier proagierten, szenariobasierten Anforderungsermittlung wird die Position des individuellen Kunden eingenommen. Das Vorgehen ist schematisch in Bild 6-10 dargestellt.<sup>114</sup> Zunächst wird im ersten Schritt das relevante Gestaltungsfeld erfasst und charakterisiert, z. B. durch Umfeldanalyse, Kundenbeobachtung oder testweisen Produktgebrauch. Anschließend werden die grundsätzlich relevanten Einflussfaktoren auf das zu individualisierende Produkt auf Basis der oben definierten Anforderungsbereiche „Kunde/Nutzer“ und „Nutzungsumfeld“ sowie der hier zugeordneten Teilaspekte abgeleitet (Schritt 2). So wird z. B. abgefragt, in welcher Weise der Nutzer oder andere technische bzw. natürliche Systeme

---

<sup>112</sup> Szenarios sind damit vor allem zur Beschreibung von Systemen mit ausgeprägter Nutzerinteraktion und zahlreichen Umfeldwechselwirkungen von Vorteil.

<sup>113</sup> Die individuelle Situation des Produktnutzers wird dabei nicht untersucht, vielmehr wird ein bestimmter Anwendungskontext betrachtet. Eine vergleichbare Methode sind Anwendungsfall- bzw. Use-Case-Diagramme aus dem Bereich der objektorientierten Softwareentwicklung, die eine abstrakte, funktionale Sicht auf das System ermöglichen und insbesondere allgemeine Interaktionen zwischen Nutzer und System abbilden [vgl. z. B. GAUSEMEIER ET AL. 2001, S. 276; RUPP 2004, S. 161 ff.; SCHIENMANN 2002, S. 230].

<sup>114</sup> Für eine Anwendung der Methode sei auf das Fallbeispiel in Kapitel 8.1 verwiesen.

mit dem Produkt oder Teilen davon in Beziehung stehen und welcher Art diese Beziehungen sind (z. B. Bedienung, räumliche oder Wirkbeziehung). Die Erfassung dieser Einflussfaktoren kann durch produktspezifische Checklisten unterstützt werden.

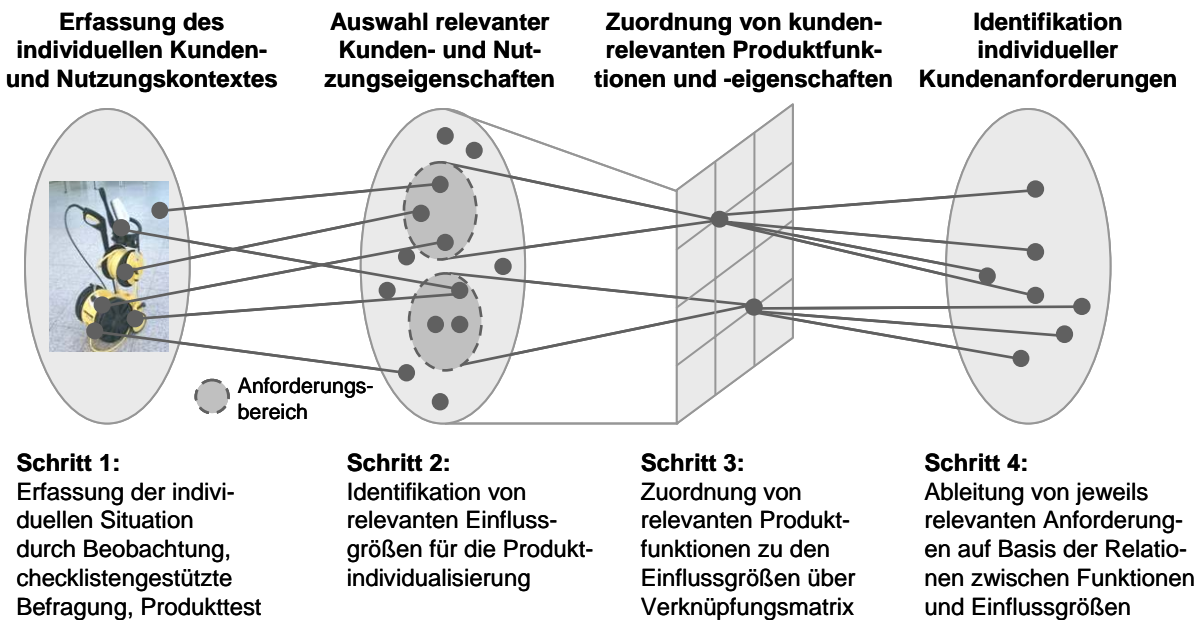


Bild 6-10. Kundenindividuelle Anforderungsklä rung mittels Kundenszenarios

Im Schritt 3 erfolgt dann mit Hilfe einer Verknüpfungsmatrix eine Bewertung bzw. detaillierte Qualifizierung und Quantifizierung dieser Einflussfaktoren hinsichtlich ihres Einflusses auf die kundenindividuellen Produktfunktionen und -eigenschaften. In diese werden die Elemente des Kundenszenarios eingetragen und systematisch auf wechselseitige Verknüpfungen (Relationen) untersucht. Die Spalten enthalten dabei die zu gestaltenden Produktfunktionen, die Zeilen die beeinflussenden Kunden- bzw. Umfeldfaktoren. Zur Ableitung der Produktfunktionen kann unterstützend die in Kapitel 3.1.3 beschriebene nutzerorientierte Funktionsstruktur herangezogen werden. Aus den einzelnen Relationen zwischen den Elementen des Kundenszenarios können im vierten Schritt kundenspezifische Produkthanforderungen abgeleitet werden.<sup>115</sup> Hierbei wird analog zu JUNG [2006, S. 95 f.] für jede Relation geprüft, ob sich aus deren Existenz Anforderungen an das individualisierte Produkt ergeben und wie diese Anforderungen ausgeprägt sind. Dabei wird die in Kapitel 6.1 entwickelte Systematik der (individualisierungsrelevanten) Produkthanforderungen zu Grunde gelegt. Diese können demnach (technische) Produktfunktionen und deren Leistungseigenschaften, Produktschnittstellen (zum Umfeld und zum Anwender), die Produktgestaltung (Erscheinung, Anmutung) sowie die Produktausführung (z. B. Verarbeitungsqualität) betreffen. Diese Struktur dient zur Prü-

<sup>115</sup> Nach JUNG [2006, S. 84] können Anforderungen nur dort entstehen, wo mindestens zwei Elemente eines oder verschiedener Systeme in Beziehung stehen.

fung der identifizierten Relationen hinsichtlich eventueller Anforderungen. Den identifizierten Anforderungen werden anschließend als Teil der Anforderungsverarbeitung konkrete Komponenten und entsprechende Gestaltungsparameter (Struktur, Gestalt, Werkstoff) der Produktstruktur zugeordnet. Die Erstellung des Kundenszenarios erfolgt in einem iterativen Prozess, d. h. die Analyse des Nutzungskontextes, die Relationenanalyse und die Anforderungsableitung werden mehrmals wiederholt, da sich jeweils neue Einflussbereiche oder individuelle Produktfunktionen ergeben können.

Im Vergleich vor allem zu Methoden der direkten Anforderungserhebung werden mit der umfassenden Beschreibung der Kundensituation durch Kundenszenarios nicht nur einzelne Anforderungen oder Ausprägungen von Produktkomponenten spezifiziert, sondern die gesamte Situation, die sich aus Nutzer, Umfeld und Produkt ergibt, integriert betrachtet. Für den Kunden mag es in bestimmten Situationen einfacher sein, solch ein Gesamtsystem, quasi bildlich, zu beschreiben, anstatt einzelne Auswahlentscheidungen zu treffen oder abstrakte technische Parameter festzulegen. Durch den explorativen Charakter der Methode wird der Anbieter in die Lage versetzt, eine sehr umfassende Analyse der relevanten Rahmenbedingungen und Gestaltungsfaktoren vorzunehmen. Damit wird auch die Gewinnung von unscharfen, „sticky“ Informationen unterstützt. Allerdings ist die Anforderungserhebung auf Basis von Kundenszenarios, wie alle indirekten Erhebungsmethoden, vergleichsweise aufwendig. Mit dem vorgestellten methodischen Rahmen sowie der zugrunde liegenden inhaltlichen Systematik der Einflussgrößen und Anforderungsbereiche kann jedoch eine erhebliche Formalisierung der Anforderungsidentifikation erreicht werden.

Zusammenfassend sind im Gesamtvergleich von direkten und indirekten Erhebungsmethoden die aufwandsarmen, direkten Erhebungsmethoden, wie Fragebögen oder Bildschirmbefragung (Konfiguratoren), prinzipiell vorzuziehen, wenn definierte Produktfreiheitsgrade vorliegen, wenige Abweichungen zwischen den einzelnen Kunden auftreten und eine Bestimmung der gewünschten Ausprägungen auch durch den Kunden selbst leicht möglich ist. Dies trifft vor allem für die massenhafte Individualisierung von wenig komplexen Konsumgütern mit definierten Individualisierungsbereichen zu. Die indirekten Methoden der Anforderungserhebung, wie halb strukturierte Interviews oder Kundenszenarios, sind dagegen besser geeignet, wenn wenig strukturierte Produktfreiheitsgrade vorliegen, das Produkt und der zugrunde liegende Individualisierungssachverhalt komplex und die Kunden nicht in der Lage sind, ihre Bedürfnisse bzw. Anforderungen an das Produkt selbständig zu spezifizieren. Zudem sollten eher inhomogene Bedürfnisstrukturen vorliegen, so dass eine intensive, einzelkundenspezifische Anforderungsklä rung erforderlich ist. Dies ist vor allem bei hochpreisigen Konsum- oder komplexen Investitionsgütern der Fall, bei denen sich zudem der mit den indirekten Methoden einhergehende Erhebungsaufwand lohnt. Tabelle 10 fasst die vorangestellten Überlegungen zur Methodenauswahl im Rahmen der kundenindividuellen Anforderungsklä rung zusammen.

Tabelle 10: Einsatzkriterien für die Methoden der kundenindividuellen Anforderungserhebung

Grundform	Methodenbeispiele	Vorteile	Nachteile	Einsatz bei
<b>direkte Erhebung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• strukturierte Interviews</li> <li>• Fragebogen, Bildschirmbefragung</li> <li>• direkte Auswahl (Konfiguratoren)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr strukturierte Anforderungserfassung</li> <li>• umfassende Vorbereitung der Erhebung möglich</li> <li>• einfache EDV-Unterstützung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• wenig flexibel</li> <li>• Kunden werden leicht überfordert, da sie sich direkt zu ihren Bedürfnissen äußern müssen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache Produkte und Einsatzbedingungen</li> <li>• geringer Grad an Produktindividualisierung (definierte Freiheitsgrade, hoher Konkretisierungs- bzw. Vorbereitungsgrad)</li> <li>• Auswahl aus vorhandenen Alternativen</li> </ul>
<b>indirekte Erhebung</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• halbstrukturierte Interviews</li> <li>• Kundenbeobachtung</li> <li>• Gebrauchsanalyse</li> <li>• Kundenszenarios</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr flexible, explorative Anforderungserhebung</li> <li>• Erfassung impliziter bzw. versteckter Anforderungen möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• sehr aufwendig</li> <li>• spezielle Moderation bei der Erhebung erforderlich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• komplexe Produkte</li> <li>• vielfältige Einsatzbedingungen</li> <li>• hoher Grad an Produktindividualisierung (geringer Konkretisierungs- bzw. Vorbereitungsgrad)</li> <li>• Definition individueller Produktbereiche</li> </ul>

### Verarbeitung der individuellen Kundenbedürfnisse

Eine wesentliche Voraussetzung für die Verarbeitung und Umsetzung der erhobenen, kundenindividuellen Anforderungen im weiteren Prozess der Produktdefinition ist die Erfassung der Beziehungen zwischen den Anforderungen. Dazu wird die Art der Vernetzung zwischen den einzelnen Anforderungen abgebildet. Entsprechend Kapitel 3.1.1 können hier verschiedene Einflussarten bzw. Anforderungsrelationen unterschieden werden. Das sind

- Indifferenzrelationen (keine Wechselbeziehung),
- Konkurrenzrelationen (Konflikt) und
- Komplementaritätsrelationen (Unterstützung).

Die Abbildung der Anforderungsrelationen kann mit Hilfe einer Einflussmatrix erfolgen, bei der die erhobenen Kundenanforderungen in Zeilen und Spalten eingetragen werden. Die jeweilige Wechselbeziehung wird dann in den entsprechenden Schnittpunkten der Matrix erfasst, wobei nur die obere Diagonale der Matrix betrachtet werden muss. Die erfassten Wechselbeziehungen sind jedoch erst im Rahmen der konstruktiven Umsetzung der individuellen Anforderungen von Bedeutung, da hier eventuelle Zielkonflikte in entsprechend integrierten Adaptionprozessen betrachtet und aufgelöst werden müssen.<sup>116</sup> Hierbei kann auch eine Priorisierung der gewünschten Produkteigenschaften helfen, da auf diese Weise eine Aussage über zu präferierende Anforderungen getroffen werden kann. Diese Priorisierung bzw. Identifikation von Präferenzrelationen erfolgt durch Ermittlung der jeweiligen kundenbezogenen

<sup>116</sup> Für eine ausführliche Diskussion des Umgangs mit Anforderungskonflikten sei u. a. auf EILETZ [1999, S. 95 ff.] und HUMPERT [1995] verwiesen.

Wichtigkeit der Produkteigenschaften im Rahmen einer Relevanz- oder Präferenzanalyse. Hierbei kommen die in Kapitel 3.1.3 ausführlich beschriebenen Methoden zur Anforderungsgewichtung zum Einsatz, z. B. der singuläre oder paarweise Vergleich, das Rangordnungsverfahren, die Konstantsummenskala oder die Conjoint Analyse. Alle vorgestellten Verfahren eignen sich sehr gut für die kundenindividuelle Relevanzanalyse, da sie allesamt auf eine individuelle Erfassung der Nutzenbeiträge abzielen. Dies gilt insbesondere für die Conjoint Analyse als einzelkundenbezogenes Instrument der Präferenzforschung [BACKHAUS ET AL. 2006, S. 559]. Die Methode ist im Vergleich zu den anderen Gewichtungsmethoden aber vergleichsweise aufwendig und unterliegt zudem den bereits diskutierten Einschränkungen.

Neben der Kenntnis der Beziehungen zwischen den Anforderungen ist für die Umsetzung der Anforderungen im Rahmen der kundenindividuellen Produktdefinition auch die Kenntnis der Beziehungen zwischen Anforderungen und Produktmerkmalen wesentlich. Die Identifikation dieser Beziehungen erfolgt durch Transformation der Kundenanforderungen in geforderte Produkteigenschaften bzw. Produkthanforderungen. Die erhobenen Kundenanforderungen können hierbei sowohl abstrakt (z. B. PKW soll geländegängig sein) als auch sehr konkret sein bzw. sich bereits auf direkte Gestaltmerkmale beziehen (z. B. Gehäuse aus Aluminium, Verstellbereich Griff 250-750 mm). Dieser Umstand muss bei der Anforderungserhebung berücksichtigt werden, z. B. in Hinblick auf die jeweils auszuwählende Erhebungsmethode. Der Konkretisierungsgrad der Kundenanforderungen determiniert zudem den Umfang der Anforderungsverarbeitung. So weisen die konkreten Anforderungen bereits einen starken Bezug zu Produkteigenschaften auf und müssen nicht weiter „übersetzt“ werden, während abstrakte Kundenbedürfnisse in konkrete Produktfunktionen und komponentenbezogene Gestaltparameter zu transformieren sind. Die Transformation kann dabei mit Hilfe von Verknüpfungsmatrizen, beispielsweise dem im Rahmen von QFD verwendeten House of Quality (vgl. Kap. 3.1.3) oder der Designmatrix des Axiomatic Design (vgl. Kap. 3.1.2), erfolgen, die eine Verknüpfung von Kundenanforderungen mit der Produktstruktur des individualisierten Produktes (Komponenten und zugeordneten Gestaltparametern) erlauben. Auf der Basis dieser Verknüpfung kann auch eine Abschätzung der notwendigen Entwicklungsumfänge vorgenommen werden, was den Übergang zur konstruktiven Umsetzung der Kundenanforderungen darstellt. Die hier eingesetzten Methoden werden im nachfolgenden Teilkapitel behandelt.

### 6.2.3 Methodische Unterstützung der individuellen Produktgestaltung

Die wesentlichen Inhalte des Prozesses der individuellen Produktgestaltung sind die Analyse von produktbezogenen Auswirkungen der individuellen Kundenanforderungen bzw. die Ermittlung des konkreten Anpassungs- und Entwicklungsbedarfs, dessen konstruktive Umsetzung sowie gegebenenfalls die Bestimmung notwendiger Folgeadaptationen.

#### *Ermittlung des kundenspezifischen Anpassungsbedarfs*

Die Identifikation direkt betroffener Produktbereiche schließt sich direkt an den abschließenden Schritt der kundenindividuellen Anforderungsklä rung, die Transformation der Kundenanforderungen in Produkteigenschaften, an und ist im Grunde genommen ein weiterer Transformationsschritt, bei dem den aus den Kundenanforderungen abgeleiteten Produkteigenschaften Eigenschaftsträger (Produktkomponenten) und konkrete Gestaltparameter zugeordnet werden.

Hierbei erfolgen, ebenfalls unter Verwendung von Verknüpfungsmatrizen, eine Bestimmung der von individuellen Anforderungen betroffenen Komponenten und die Übersetzung der mittelbaren Produkteigenschaften in unmittelbare Gestaltparameter (Struktur, Gestalt, Werkstoff).

Sind sowohl die betroffenen Produktkomponenten als auch die Gestaltparameter bekannt, kann eine Prüfung auf vorhandene Freiheitsgrade in der Produktstruktur erfolgen. Dabei wird kontrolliert, ob die erforderlichen konstruktiven Anpassungen möglich sind, d. h. ob in der Struktur des individualisierten Produktes entsprechende Freiheitsgrade zur Produkthanpassung vorgesehen sind oder (aufwandsarm) geschaffen werden können. Die Darstellung von Freiräumen und der Abgleich mit notwendigen Anpassungen kann durch die von LINNER [1993, S. 71 f.] beschriebenen Freiraumlisten unterstützt werden. Hier werden für jede Komponente der Produktstruktur die jeweiligen Freiräume sowie deren mögliche Ausprägungen bzw. Grenzen angegeben. Bei den Freiräumen kann es sich um direkt definierte Freiheitsgrade (ein Parameter), definierte Freiräume (mehrere Parameter) sowie allgemein vorhandene, aber nicht explizit definierte Freiräume handeln. Letztere sind in der Regel kein Bestandteil von (vorbereiteten) Freiraumlisten, sondern müssen im spezifischen Fall identifiziert werden. Die Listen können zudem Bestimmungsrichtlinien oder andere Anforderungen an die Freiraumfestlegung beinhalten. Produktbereiche, die innerhalb der Produktstrukturplanung nicht als Freiraum angelegt wurden, können mittels der im Anhang A.6 beschriebenen Methode zur Strukturanalyse nach LINDEMANN & MAURER [2006] auf vorhandene Gestaltungsfreiräume überprüft werden. So können auch diesbezüglich auftretende konstruktive Adaptionsbedarfe strukturell abgesichert werden.

Neben dieser Prüfung auf vorhandene Freiheitsgrade im Rahmen einer abstrakten Produktstrukturbetrachtung sollte, z. B. auf Basis von Teilesuchsystemen, auch ein Abgleich mit dem bereits aufgebauten Leistungspotenzial, d. h. dem vorhandenen Produktspektrum, erfolgen. Je nachdem, auf welcher Produktebene (Baugruppen, Bauteile) bereits Lösungen existieren, muss dann eine funktionale, strukturelle oder gestalterische Anpassung bzw. entsprechend des Vorbereitungsgrads eine Ausarbeitung vorgenommen werden (vgl. Kap. 6.1). Der Adaptionsprozess kann analog auf Produkt-, Baugruppen- oder Komponentenebene angesiedelt sein [vgl. SCHARES 1999, S. 69 f.].

Auf Basis des Abgleichs mit den konkreten Möglichkeiten des Leistungspotenzials wird so der produkt- und komponentenbezogene Konstruktionsbedarf bestimmt. Dieser kann in Anlehnung an EHRENSPIEL [2007, S. 264 f.; vgl. auch LINDEMANN & REICHWALD 1998, S. 184] als Bedarf nach

- einer spezifizierenden Produktadaption,
- einer korrigierenden Produktadaption oder
- einer generierenden Produktadaption

differenziert werden. Die der Bestimmung des produkt- und komponentenbezogenen Konstruktionsbedarfs zugrunde liegende Entscheidungslogik auf Basis der vorhandenen Gestaltungsfreiräume und des existierenden Produktspektrums ist dabei in Bild 6-11 dargestellt.

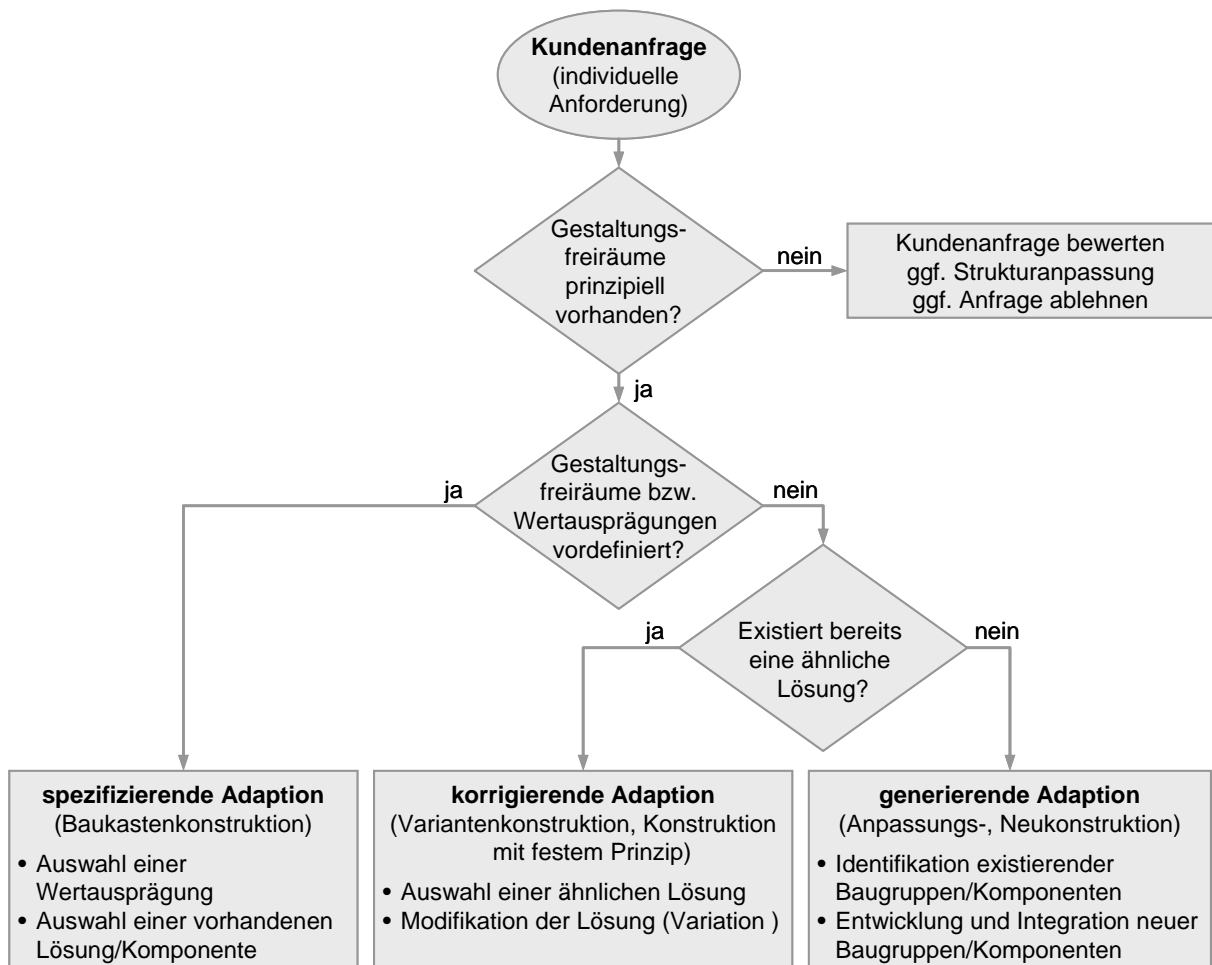


Bild 6-11. Bestimmung des Adaptionbedarfs [in Anlehnung an EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. 7-21]

Mit der **spezifizierenden Produktadaption** ist die Festlegung von Freiräumen mit vordefinierten Wertausprägungen gemeint. Die individuelle Anpassung erfolgt durch Auswahl geeigneter Wertausprägungen oder Übernahme vorhandener Lösungen – es handelt sich folglich um eine Baukastenkonstruktion (vgl. Kap. 6.2.1). Die spezifizierende Adaption kann nur vorgenommen werden, wenn individuelle Kundenanforderungen und vorgesehene Freiräume bzw. vorhandene Komponenten Kongruenz aufweisen. Sie ist die Adaptionsform mit dem geringsten Anpassungsaufwand, verlangt aber gleichzeitig den höchsten Vorbereitungsgrad (Festlegung der Freiräume, Definition der möglichen Wertausprägungen bzw. Vorhaltung konkreter Komponentenalternativen). Unter **korrigierender Produktadaption** wird die Anpassung des Produktes durch verhältnismäßig kleine, innerhalb der vorgeplanten Produktstruktur jedoch ursprünglich nicht vorgesehene Modifikationen verstanden. Aufgrund des nur geringen Neuigkeitsgrades der Produkthanforderungen kann dabei aber eine (konstruktive) Abwandlung von existierenden Bestandteilen des Produktspektrums erfolgen, z. B. durch Ausweitung von Freiräumen oder Veränderung einzelner Gestaltparameter. Die Konstruktionsar-

ten Variantenkonstruktion und Konstruktion mit festem Prinzip sind vorherrschend. Es werden vorrangig Variationsmethoden eingesetzt [vgl. EHRENSPIEL 2007, S. 439]. Der konstruktive Änderungsaufwand und das Realisierungsrisiko sind vergleichsweise gering, jedoch können gravierende Folgeänderungen z. B. bei Herstellungsprozessen auftreten. Bei der **generierenden Produktadaption** werden schließlich vollkommen neue Lösungen aufgrund neuartiger, komplexer Anforderungen (vornehmlich funktionaler Natur) entwickelt. Es kann keine Abwandlung vorhandener Produktkonzepte vorgenommen werden, vielmehr müssen neue Leistungsbestandteile konzipiert, auskonstruiert und in das bestehende Produkt integriert werden. Das Vorgehen entspricht einer Anpassungs- bzw. Neukonstruktion und ist an den klassischen Konstruktionsphasen orientiert (vgl. Kap. 3.1.2). Da komplette Produktelemente neu entwickelt und in die Produktstruktur integriert werden müssen, sind massive, auch konstruktive, Folgeänderungen zu erwarten und der Änderungsaufwand und das Realisierungsrisiko sind eher hoch.

*Durchführung der konstruktiven Anpassung*

Auf Basis des identifizierten produkt- und komponentenbezogenen Konstruktionsbedarfs kann schließlich die konstruktive Umsetzung der Produktadaption erfolgen. Dazu müssen die konkreten Adaptionprozesse bestimmt werden (vgl. Kap. 7.2.1). Der eigentliche konstruktive Adaptionprozess folgt dabei der in Bild 6-12 dargestellten Mikrologik.

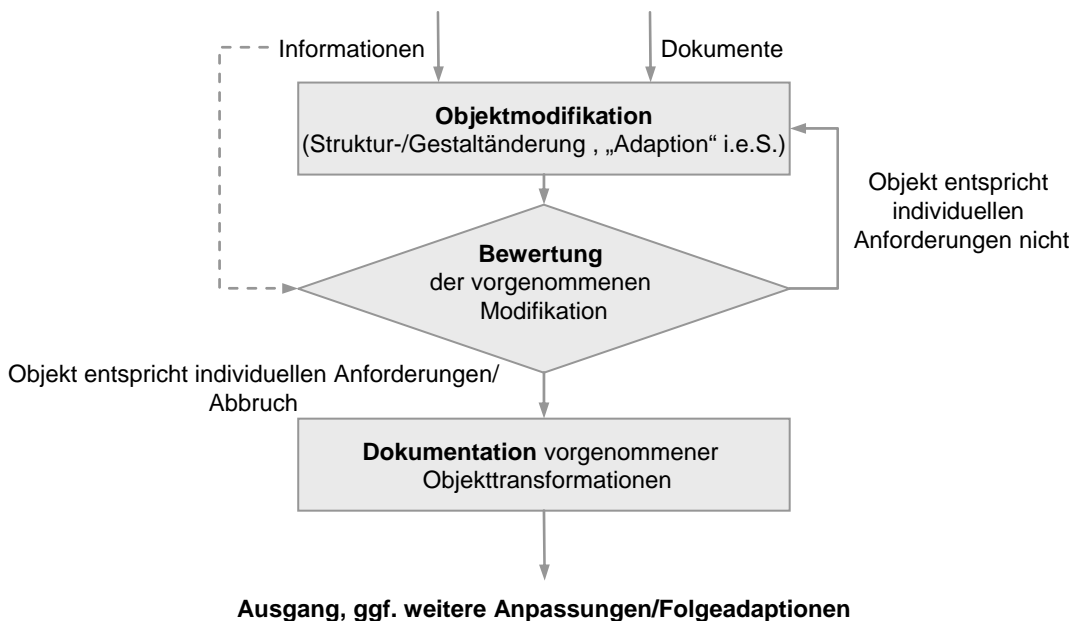


Bild 6-12. Mikrologik der kundenindividuellen Produktadaption

Auf Basis vorliegender Informationen (Produktmodelle, Anforderungen etc.) und gegebenenfalls Dokumente (Aufträge Freigaben, Zeichnungen etc.) als Eingangsgrößen werden hier konkrete Gestaltungsaktivitäten vorgenommen. Den Hintergrund der Objekttransformation bildet die Umsetzung von Kundenanforderungen, z. B. die Realisierung



einer geforderten Kundenfunktion. Die Objekttransformation bezieht sich immer auf ein konkretes Gestaltungsobjekt und zugeordnete Gestaltparameter (Struktur, Gestalt, Werkstoff, Technologie, vgl. Anhang A.4). Ergebnis dieses Prozesses sind wiederum Informationen und Dokumente (z. B. geänderte Produktmodelle, Konstruktionszeichnungen). Eine Methodik zur detaillierten Planung von Adaptionsprozessen wird in Kapitel 7.2 präsentiert.

**Bestimmung von Folgeadaptionen**

Wie aus den vorangegangenen Ausführungen deutlich geworden ist, muss bei der kundenindividuellen Produkthanpassung z. T. mit erheblichen Folgeänderungen gerechnet werden [HILLER 1997, S. 52]. Im Rahmen der individuellen Produktgestaltung müssen daher die Auswirkungen von vorzunehmenden Produktadaptionen analysiert und notwendige Folgeänderungen erkannt werden. HILLER [1997, S. 20] zufolge sind Folgeänderungen zum einen bei angrenzenden Komponenten der gleichen Erzeugnisgliederungsstufe sowie bei Komponenten untergeordneter Strukturstufen zu erwarten. Das Ausmaß der Folgeänderungen wird von der Anzahl und Vernetzung der betroffenen (Ursprungs-) Komponenten sowie dem Ausmaß (Neuigkeitsgrad) der vorzunehmenden Objekthanpassung bestimmt. Entscheidend sind dabei die Schnittstellen auf vertikaler und horizontaler Ebene, über die sich die adaptionsbedingten Änderungen verbreiten bzw. „fortpflanzen“ können. Entsprechend schlägt HILLER [1997, S. 21; vgl. auch ABMANN 2000, S. 103] zwei Suchstrategien zur Ermittlung von Änderungsauswirkungen vor, das sind die Tiefen- und die Breitensuche (vgl. Bild 6-13).

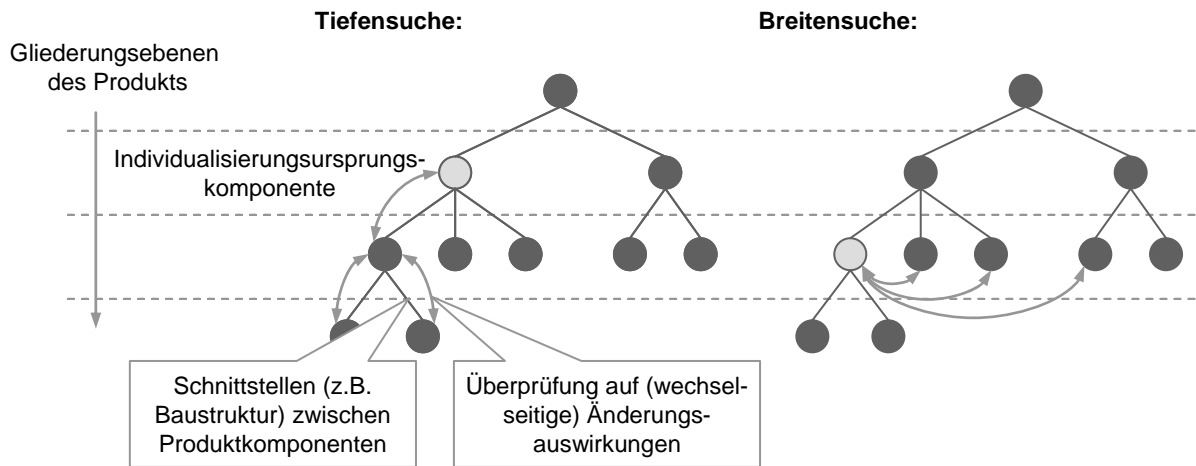


Bild 6-13. Suchstrategien zur Erfassung von Änderungsauswirkungen in der Produktstruktur  
 [in Anlehnung an ABMANN 2000, S. 103]

Im Rahmen der **Tiefensuche** erfolgt, ausgehend von der identifizierten Ursprungskomponente, eine Bestimmung betroffener Produktkomponenten durch aufwärts- und abwärtsgerichtete Suche in der Baustruktur. Dabei werden in der Regel nur Komponenten innerhalb eines bestimmten Baugruppenumfangs betrachtet. Daher ist zusätzlich noch eine **Breitensuche** erforderlich. Die hierbei betrachteten Strukturkomponenten befinden sich in der Regel auf einer

gleichrangigen Strukturebene, stehen aber nur in einem indirekten Zusammenhang zur Ursprungskomponente. Dieser Zusammenhang resultiert weniger aus direkten baulichen Schnittstellen, wie sie bei der Tiefensuche betrachtet werden, sondern ergibt sich z. B. aufgrund funktionaler, räumlicher oder physikalischer Schnittstellen. Die Auswirkungsanalyse mittels Breitensuche ist aufgrund der nicht direkt ersichtlichen Zusammenhänge zwischen den Produktkomponenten erheblich schwieriger und erfordert eine systematische Analyse der vorhandenen Schnittstellen. Diese können einerseits räumlicher Natur (Angrenzung, Orientierung), andererseits auch funktionaler, physikalischer oder ästhetischer Natur sein (z. B. Wirkzusammenhänge, Material-, Energie- oder Informationsflüsse, thermische oder elektromagnetische Wechselwirkungen, Werkstoffverträglichkeiten, Sichtkanten etc.).<sup>117</sup>

Zur Identifikation vorhandener Produktschnittstellen kann wiederum die Einflussmatrix oder Design Structure Matrix (DSM) herangezogen werden [vgl. auch PIMMLER & EPPINGER 1994]. Mit dieser Methode kann eine strukturierte Produktmodellierung, die Abbildung von Schnittstellen und Wechselwirkungen zwischen Strukturkomponenten und damit eine systematische Analyse von Produktstrukturen und Änderungsauswirkungen ermöglicht werden.<sup>118</sup> So konzipiert JARRAT [2004, S. 181 ff.] auf Basis der DSM-Methodik und Ansätzen der Risikobewertung eine Methode zur Abbildung von Änderungsauswirkungen. Zunächst muss hier ein geeignetes Produktmodell erstellt werden, z. B. eine Baustruktur in angemessener Gliederungstiefe. Anschließend werden die Schnittstellen und mögliche Wechselwirkungen zwischen den Elementen des Produktmodells erfasst. Hierbei wird unterstützend eine Klassifikation elementarer Schnittstellenarten eingesetzt [JARRAT 2004, S. 125]. Jede Schnittstelle zwischen Komponenten wird hinsichtlich der Wahrscheinlichkeit („likelihood“), mit der sich die Änderung eines Elementes auf das andere Element auswirkt, sowie der Stärke dieser Auswirkung („impact“) bewertet. Ergebnis der Bewertung ist eine allgemeine Aussage zur Änderungsrobustheit von Produktstrukturen. Die Methode ist damit weniger zur konkreten Auswirkungsanalyse im Fall vorzunehmender Änderungen geeignet.

Für eine derartige Strukturanalyse schlägt STEINMEIER [1999, S. 32 ff.] die Bildung systemtechnischer Modelle vor. Hiermit werden die Produktkomponenten und deren Beziehungen in einem graphenbasierten Systemmodell abgebildet, anhand dessen Änderungsauswirkungen nachvollzogen werden können (vgl. Bild 6-14). So können z. B. Ordnungs-, Fluss- oder sonstige Relationen modelliert werden. Im Falle von Änderungen wird dann untersucht, welche Baukomponenten durch Adaptionen der Ursprungskomponenten betroffen sind und welche erwünschten und unerwünschten Änderungsauswirkungen sich daraus ergeben können [STEINMEIER 1999, S. 130]. Zunächst werden die direkten Relationen zu anderen Komponenten untersucht (vgl. die sternförmige Struktur zur Stirnwand Oberteil in Bild 6-14 links). Durch Auswahl einzelner Komponenten (Frontscheibe in Bild 6-14 rechts) können wiederum deren Schnittstellen erfasst und weitere, indirekt betroffene Komponenten analysiert werden (z. B. Querträger Stirnwand). Der von STEINMEIER [1999] präsentierte Ansatz ist im Grund-

---

<sup>117</sup> Eine detaillierte Übersicht über häufig vorkommende Schnittstellenarten geben z. B. [JARRAT 2004, S. 125; STEINMEIER 1999, S. 39; VEH 2002, S. 28].

<sup>118</sup> „The benefit of a DSM is that it clearly displays the relationships between components of a system in a way that is easy to comprehend and one that supports analysis of the system“ [JARRAT 2004, S. 182].

satz sehr gut zur Analyse von Änderungsauswirkungen geeignet, die Navigation durch die Produktstruktur ist aber umständlich und der Überblick über direkte und indirekte Änderungsauswirkungen geht schnell verloren. Außerdem ist die Darstellung der Relationen im Systemmodell sehr allgemein (keine Angabe der Schnittstellenart) und die Stärke der Relationen wird nicht abgebildet, weshalb eine genaue Abschätzung der Änderungsauswirkungen schwierig und nur mit viel systembezogener Erfahrung vorgenommen werden kann. Die beschriebene Methodik zur Strukturanalyse wurde daher von LINDEMANN & MAURER [2006] wesentlich weiterentwickelt und um zusätzliche Analyse- und Gestaltungsmethoden ergänzt. Zudem werden hier die Vorteile matrix- und graphenbasierter Modellierungsverfahren kombiniert (vgl. Anhang A.6).

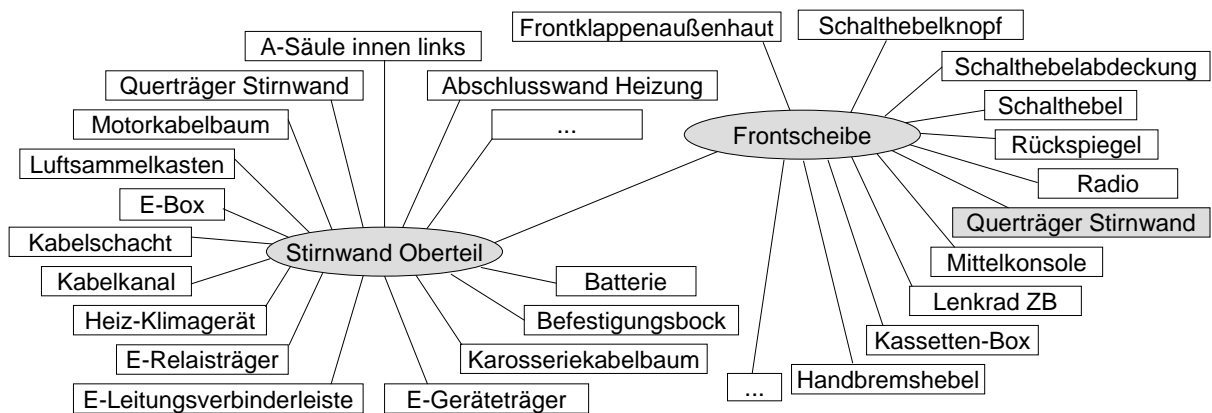


Bild 6-14. Darstellung von Änderungsauswirkungen in der Produktstruktur [nach STEINMEIER 1999, S. 134 ff.]

Auf Basis der identifizierten Änderungsauswirkungen können die erforderlichen Folgeadaptionen entsprechend der im vorangegangenen Teilkapitel dargestellten Vorgehensschritte vorgenommen werden. Um den Adaptionaufwand zu begrenzen, sollte jedoch die Anzahl der notwendigen Änderungsschleifen klein gehalten werden. Dies unterstreicht die Bedeutung einer Produktstrukturplanung mit der Schaffung robuster, entkoppelter Produktstrukturen (vgl. Anhang A.6). Im Idealfall treten hier keine Folgeänderungen auf, sondern die erforderlichen Produktadaptionen beschränken sich auf die jeweiligen Ursprungskomponenten. Die zweite Säule einer aufwandsarmen kundenindividuellen Produktadaption ist der Aufbau eines Leistungspotenzials und die Wiederverwendung vorhandener Leistungskomponenten im Rahmen der kundenindividuellen Produktdefinition. Dieser Aspekt wird nachfolgend im abschließenden Teilkapitel diskutiert.

### 6.2.4 Aufbau und Optimierung des Leistungspotenzials

Der Ansatz der massenhaften Produktindividualisierung, wie er in dieser Arbeit verstanden wird, basiert wesentlich auf der Grundvorstellung eines sich schrittweise erweiternden Leistungspotenzials. Das produktbezogene Leistungspotenzial (auch: Produktspektrum) setzt sich dabei aus der vorgeplanten Produktstruktur und den darin bereits enthaltenen Leistungs-

ausprägungen (vordefinierte Alternativen) sowie den bisher individualisierten Produkten mit den jeweils adaptierten Komponenten zusammen. Wie die Darstellung in Bild 6-15 zeigt, ist das Leistungspotenzial zunächst vergleichsweise gering und beinhaltet nur die im Rahmen der Produktstrukturplanung festgelegten Komponenten und prinzipiell angelegten Leistungsbestandteile. Im Verlauf der folgenden Auftragsabwicklungsprozesse werden schrittweise konkrete Ausprägungen des angelegten Leistungspotenzials geschaffen. Dies erfolgt entsprechend des oben geschilderten Vorgehens durch konstruktive Ausprägung und Detaillierung vorgeplanter Komponenten, durch Anpassung vorhandener sowie durch Entwicklung neuer Leistungsbestandteile. Dadurch wird das Leistungspotenzial zunehmend aufgebaut und erweitert. Eine produktbezogene Erweiterung des Leistungspotenzials findet konkret statt bei

- der Erweiterung von definierten Wertebereichen,
- der Ausarbeitung von Lösungsprinzipien,
- der Entwicklung neuer Alternativen,
- der Ausgestaltung von definierten Freiräumen sowie
- zusätzlichen Entwicklungen innerhalb allgemeiner Freiräume.

Ergebnis sind hier jeweils konkrete Produktkomponenten, die das vorhandene Spektrum optionaler und obligatorischer Alternativen erweitern (vgl. Kap. 3.3.2). Durch dieses Leistungspotenzial sinkt, wie in Bild 6-15 ersichtlich, der Aufwand bei zukünftigen Produktadaptionen, da vermehrt auf vorhandene Leistungsbestandteile zurückgegriffen werden kann.

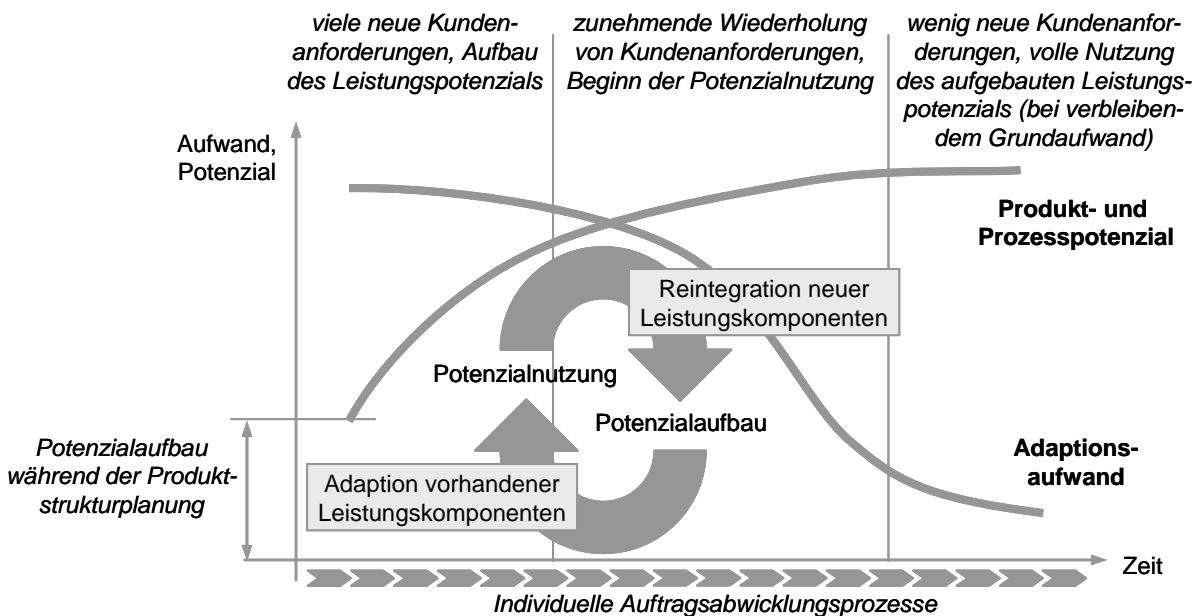


Bild 6-15. Aufbau des Leistungspotenzials bei individualisierten Produkten

Analog wird das Leistungspotenzial auch durch die im Rahmen der Produktadaptionen angewendeten Prozesse aufgebaut. Im Gegensatz zu den physischen Komponenten stellen diese Prozesse ein abstraktes Wissen über die Produktindividualisierung und nicht deren konkrete Ausprägung dar. Aufgrund des höheren Abstraktionsgrades ist das prozessbezogene Leistungspotenzial (auch: Prozessspektrum) leichter auf neue Zusammenhänge übertragbar. Es kann damit als „Kompetenz“ für zukünftige Adaptionprozesse verstanden werden. Dabei unterstützt das im Rahmen der Auftragsabwicklungsprozesse erworbene Kunden- und Prozesswissen eine zunehmend effiziente Produktindividualisierung. Beispielsweise können Kunden besser in bestimmte Anforderungsgruppen eingeordnet, notwendige Produktpassungen leichter identifiziert und durch bekannte Prozesse aufwandsarm abgewickelt werden. Die Nutzung der im Rahmen der vielfältigen, kundenspezifischen Individualisierungsprozesse gewonnenen Erfahrungen stellt somit einen wesentlichen Wettbewerbsvorteil des vorgestellten Ansatzes der massenhaften Produktindividualisierung dar.

Neben dem schrittweisen Aufbau des Leistungspotenzials ist aber auch der Aufbau einer lernenden Kundenbeziehung ein wesentlicher Ansatzpunkt des Konzepts der massenhaften Produktindividualisierung [vgl. auch PILLER 2001, S. 235]. Diesbezügliche Nutzeneffekte sind das Aufspüren aktueller Trends und Entwicklungen (z. B. durch laufenden Zugriff auf Kundeninformationen) und die kontinuierliche Verbesserung des vorhandenen Leistungspotenzials. Damit kann vor allem eine Effektivitätssteigerung der Marktbearbeitung erreicht werden. Die kontinuierliche Anpassung und Verbesserung des Leistungspotenzials basiert im Wesentlichen auf der Analyse vorgenommener Individualisierungen. Hierzu werden Arten und Häufigkeiten von individuellen Kundenbedürfnissen ausgewertet, wodurch individualisierungskritische Produktbereiche identifiziert und optimiert werden können. Dies erfolgt durch Anpassung der Produktstruktur und gezielte Erzeugung von benötigten Gestaltungsfreiräumen. Gleichermäßen kann eine Anpassung und Optimierung des Adaptionprozesses erfolgen, z. B. durch die Definition von Standardadaptionprozessen (Workflows) mit definierten Informationsflüssen und Aktivitäten sowie deren Unterstützung durch geeignete Applikationen. Eine Optimierung der Kundenbeziehung kann durch Kundenzufriedenheitsmessung und darauf aufbauende Maßnahmen erreicht werden [vgl. hierzu BRUHN 2000]. Schließlich wird die Verbesserung des Leistungspotenzials auch von Controllingmaßnahmen begleitet, in deren Rahmen die Erträge und tatsächlichen Kosten vorgenommener Adaptionen gegenübergestellt werden und gegebenenfalls eine Anpassung des Leistungsangebotes bzw. der Preisgestaltung erfolgt.

Zum hier dargestellten Aufbau, zur Nutzung und zur Optimierung des Leistungspotenzials sind jedoch die Speicherung von Produkt- und Prozesswissen in strukturierter Form und geeignete Zugriffsmöglichkeiten in den jeweiligen Anwendungssituationen erforderlich. Auf Ansätze zur Speicherung und Wiederverwendung von Produktwissen, z. B. im Rahmen der Wiederholteileverwendung, soll hier nicht eingegangen und u. a. auf [SPUR & KRAUSE 1997; EVERSHEIM 1998] verwiesen werden. Der Aufbau und die Nutzung des Prozesspotenzials werden dagegen im folgenden Kapitel 7 detaillierter adressiert.

### 6.3 Zusammenfassung

Die Zielsetzung von Kapitel 6 bestand in der Ableitung eines Konzepts zur methodischen Gestaltung von individuellen Adaptionprozessen. Hierbei sollten vor allem die grundlegenden konstruktionsmethodischen Zusammenhänge der kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten aufgezeigt werden.

Die Basis des hierbei entworfenen Vorgehens- und Methodenmodells bildet eine grundlegende Charakterisierung von Individualisierungssachverhalten. In dem hier konzipierten Basismodell der kundenindividuellen Produktadaption stehen die zu adaptierenden Produktkomponenten und die kundenspezifisch vorzunehmenden (konstruktiven) Anpassungen im Mittelpunkt. Diese werden mit Adaptionursachen und -auswirkungen als vor- und nachgelagerten Modellelementen verknüpft.

Das Modell und die enthaltenen Systematiken bilden dabei einen wesentlichen inhaltlichen Rahmen für das anschließend ausgearbeitete Vorgehensmodell der kundenindividuellen Produktdefinition und die hier zugeordneten Methoden. Die kundenindividuelle Produktdefinition stellt sich vor allem als systematischer Transformationsprozess dar, bei dem individuelle Kundenbedürfnisse erhoben, in Produkthanforderungen übersetzt und in gestaltbare Produktparameter übertragen werden. Mit der Konzeption des Vorgehensmodells ging auch eine detaillierte Betrachtung und Bewertung von Methoden der kundenindividuellen Anforderungsklä rung und Produktgestaltung einher. Hier wurde mit den Kundenszenarios ein eigenständiges methodisches Konzept zur kundenindividuellen Anforderungsklä rung präsentiert, das vor allem zur Erfassung impliziter Anforderungen geeignet erscheint und dabei mehrere Schritte der Anforderungstransformation integriert. Ebenso wurden allen anderen Vorgehenschritten geeignete Methoden zugeordnet und detailliert beschrieben. Schließlich erfolgte die Rückkopplung des Prozesses der kundenindividuellen Produktdefinition zum Ansatz des schrittweise erweiternden Leistungspotenzials als konzeptionelle Grundlage einer massenhaften Produktindividualisierung. Hierbei wurden grundlegende Zusammenhänge aufgezeigt, eine detaillierte Diskussion des Aufbaus und der Nutzung eines prozessbezogenen Leistungspotenzials erfolgt jedoch im Anschluss in Kapitel 7.

Mit dem eingeführten Vorgehensmodell wurde ein durchgängiger Prozess der Anforderungserhebung, -verarbeitung und -umsetzung aufgestellt und somit eine wesentliche Voraussetzung zur Umsetzung des Wertschöpfungskonzepts der massenhaften Produktindividualisierung aus Produktentwicklungssicht geschaffen. Wie gezeigt wurde, stehen hierbei verschiedene methodische Hilfsmittel zur Verfügung, die je nach Individualisierungssachverhalt ausgewählt, angepasst und inhaltlich ausgearbeitet werden müssen. Exemplarisch erfolgt dies in Kapitel 8 an einem Anwendungsbeispiel. Eine ergänzende tabellarische Zusammenfassung der identifizierten methodischen Ansatzpunkte der kundenindividuellen Anforderungsklä rung und Produktgestaltung einschließlich deren Zuordnung zu den Grundelementen der Produktstruktur individualisierter Produkte findet sich im Anhang A.10.

## 7 Konzept zur systematischen Planung von individuellen Adaptionprozessen

*Ein wesentlicher Aspekt der Umsetzung des Konzeptes der massenhaften Produktindividualisierung ist die Planung und Steuerung der kundenindividuellen Adaptionprozesse. Mit diesen Prozessen erfolgt nicht nur die konstruktive Umsetzung der kundenindividuellen Anforderungen, sondern sie stellen auch einen wesentlichen Bestandteil des Leistungspotenzials dar. Während das in Kapitel 6 präsentierte Vorgehensmodell zur kundenindividuellen Produktdefinition einen allgemeingültigen Rahmen für die Produktadaption aufgezeigt hat, dient die nachfolgend betrachtete Methodik der konkreten Planung und Steuerung von Adaptionprozessen im Rahmen der Auftragsabwicklung. Ziel dieser Methodik ist entsprechend des identifizierten Handlungsbedarfs die Unterstützung des anforderungsorientierten Prozessentwurfs. Die Grundlagen hierzu wurden in Kapitel 4 behandelt. Analog zur dort gewählten Struktur soll zunächst auf eine geeignete Modellierung von Adaptionprozessen eingegangen werden. Anschließend wird eine Methode zur systematischen Prozessdefinition im Rahmen der Prozessplanung konzipiert. Diese basiert auf der systemtechnisch motivierten Verknüpfung von Ziel-, Objekt- und Handlungssystem unter Verwendung generischer Basisaktivitäten. Ergänzend werden ausgewählte Ansätze zur rechnergestützten Prozessmodellierung, -planung und -steuerung erörtert, mit deren Hilfe insbesondere eine Abbildung und Speicherung des prozessbezogenen Leistungspotenzials sowie der Zugriff darauf realisiert werden können.*

### 7.1 Modellierung von individuellen Adaptionprozessen

Zielstellung des folgenden Kapitels ist die Konzeption einer Metamethodik, die dem Entwurf spezifischer Vorgehenspläne dient [vgl. SCHUMANN 1994, S. 11]. Das in Kapitel 6.2 konzipierte Vorgehensmodell der kundenindividuellen Produktdefinition ist nicht zur Unterstützung der konkreten Planung und Ausführung von Adaptionprozessen geeignet, sondern stellt lediglich einen allgemeinen, präskriptiven Methodenrahmen zur Verfügung. Mit der im nachfolgenden Teilkapitel präsentierten Methode zur Planung kundenspezifischer Adaptionprozesse sollen dagegen entsprechend des identifizierten Handlungsbedarfes der Arbeit die jeweiligen Randbedingungen berücksichtigt und eine produkt- und kundenspezifische Prozessdefinition und -abwicklung unterstützt werden. Dies soll durch einen systematischen Prozessentwurf anhand der vorliegenden kundenindividuellen Produkthanforderungen und auf Basis modularer, generischer Prozesselemente erfolgen.

Im Folgenden soll, aufbauend auf den in Kapitel 4.3.1 untersuchten Modellierungsmethoden, eine formale und inhaltliche Grundstruktur dieser Prozesselemente entworfen werden. Die **formale Struktur** beinhaltet die modularen Beschreibungselemente, d. h. die zur eindeutigen Charakterisierung des Prozesses notwendigen Objekttypen, und stellt einen allgemeinen Rahmen zur Prozessmodellierung bereit. Die **inhaltliche Struktur** beruht auf generischen Basisaktivitäten. Hierbei werden allgemeine Prozesstypen definiert, mit deren Hilfe beliebige Ent-

wicklungsprozesse ausgebildet werden können. Die zu entwickelnde Methode zur Prozessmodellierung bildet dabei nicht nur die Grundlage der Beschreibung von Adaptionsprozessen, sie determiniert zugleich die zugeordnete Planungsmethodik, da im Rahmen der Prozessplanung alle relevanten Modellelemente situationsspezifisch ausgeprägt werden müssen. Schließlich stellt die Grundstruktur des Prozessmodells auch die Grundlage für die Beschreibung des prozessbezogenen Leistungspotenzials und den Zugriff darauf dar.

### 7.1.1 Auswahl und Anpassung der Modellierungsmethode

Im Folgenden soll zunächst die formale Struktur der Prozessmodellelemente ausgearbeitet werden. Den Ausführungen in Kapitel 4.3.1 folgend, sind Modelle dadurch gekennzeichnet, dass sie entsprechend ihres jeweiligen Zwecks einen realen Sachverhalt in vereinfachter Form abbilden. Der Zweck des hier zu konzipierenden Modellierungsansatzes besteht in der Abbildung von kundenindividuellen Adaptionsprozessen als spezieller Ausprägung von Konstruktionsprozessen. Diese Abbildung dient der Repräsentation von Planungsergebnissen und der Dokumentation von Prozesswissen. Die Anforderungen an eine derartige Methode zur Modellierung von Adaptionsprozessen bestehen in erster Linie in einer hohen Flexibilität der Prozessdarstellung entsprechend der jeweils vorliegenden, individuellen Kundenanforderungen. Zudem sollen die Beschreibungselemente, die zur inhaltlichen Abwicklung eines Kundenauftrages relevant sind, im Prozessmodell enthalten sein.<sup>119</sup> Dabei soll die Prozessdarstellung auf einer sinnvollen, d. h. plan- und ausführbaren Detaillierungsebene angesiedelt sein und einen direkten Bezug zu den kundenindividuellen Anforderungen als „Auslöser“ sowie den individuell zu gestaltenden Produktkomponenten als Objekten der Prozesse herstellen. In Anlehnung an SCHUMANN [1994, S. 22 ff.] wird hierbei vom konkreten Konstruktionsvorgang und zugeordneten Entscheidungen abstrahiert, was den Modellierungsvorgang wesentlich vereinfacht und Freiräume für die eigentliche konstruktive Durchführung offen lässt.

Gemäß der Bewertung der Modellierungsansätze in Kapitel 4.3.1 kann eine hohe Flexibilität der Prozessdarstellung bei gleichzeitig hoher Strukturiertheit vor allem durch bausteinbasierte Modellierungsansätze erreicht werden. Prozessbausteine erlauben zudem eine einfache Speicherung der relevanten Modellinhalte sowie eine unkomplizierte Anpassung und Konfiguration im konkreten Planungsfall. Aufgrund ihres spezifischen Bezugs zur Darstellung von Entwicklungsprozessen werden hierbei die Entwicklungsprozessbausteine nach BICHLMAIER [2000] und GRUNWALD [2002] (vgl. Anhang A.7) als besonders geeignet zur Abbildung kundenindividueller Adaptionsprozesse angesehen, wobei jedoch eine Anpassung der Beschreibungselemente vorgenommen werden muss. Diese „Prozessobjekte“ werden nachfolgend detailliert ausgeführt. Als geeignete Modellierungsebene wurde ebenfalls in Kapitel 4.3.1 die Ebene elementarer Konstruktionstätigkeiten identifiziert, zumal hier generische Basisaktivitäten zur Unterstützung einer strukturierten Prozessmodellierung und -planung definiert werden

---

<sup>119</sup> Auf wesentliche Beschreibungselemente zur organisatorischen Abwicklung, z. B. ausführende Organisationseinheiten, Termine etc., soll hier verzichtet werden – diese können bei Bedarf jedoch ergänzt werden. Ebenso spielt die Modellierung alternativer Prozessstrukturen und Auslöserereignisse keine Rolle, da der Prozess jeweils auf Basis vorliegender Kundenaufträge (als auslösenden Ereignissen) geplant bzw. konfiguriert wird.



können (vgl. Kap. 7.2.1). Deren Abbildung lässt sich durch Prozessbausteine besonders gut realisieren. Die gemäß den vorliegenden Randbedingungen gewählte Grundstruktur eines Prozessbausteins zur Modellierung von Adaptionsprozessen ist in Bild 7-1 dargestellt und wird nachfolgend erläutert.

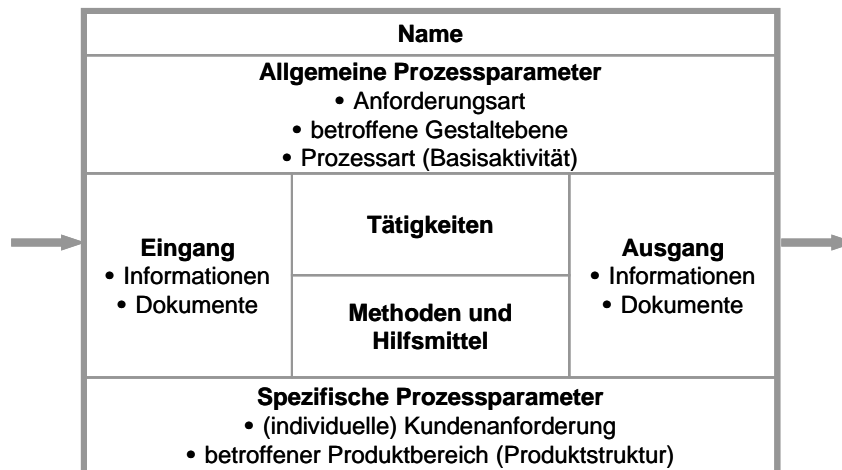


Bild 7-1. Prozessbaustein zur Modellierung von kundenindividuellen Adaptionsprozessen

In einem Adaptionsprozessbaustein werden verschiedene Prozessobjekte strukturell zusammengefasst, das sind Tätigkeiten, Eingangs- und Ausgangsobjekte sowie Methoden und Hilfsmittel. Die **Tätigkeiten** beschreiben die innerhalb des Bausteinumfangs konkret vorzunehmenden Verrichtungen bzw. Prozessaktivitäten. Sie kennzeichnen die zur Transformation der Eingangs- in Ausgangsobjekte notwendigen Schritte. Bei Konstruktionsprozessen werden hierbei in erster Linie Informationen und Dokumente als physische Informationsträger (Zeichnungen, Berichte etc.) verarbeitet. Die **Eingangsobjekte** müssen bei Aktivierung des Prozessbausteins vorliegen, d. h. es handelt sich um erforderliche Informationen oder zu bearbeitende Dokumente. Dabei müssen innerhalb des Bausteins jedoch nicht alle, sondern nur die wesentlichen Eingangsobjekte beschrieben werden. Die **Ausgangsobjekte** kennzeichnen die entsprechend der vorgegebenen (Teil-) Zielstellung geforderten Prozessergebnisse. Hier werden in erster Linie die erzeugten Informationen oder Dokumente, z. B. Versuchsergebnisse oder geänderte Dokumente, betrachtet. Die Ausgangsobjekte weisen gegenüber den Eingangsobjekten einen definierten Gestaltungsfortschritt oder Reifegradzuwachs auf. Aufgrund ihrer großen inhaltlichen Nähe zu den auszuführenden Tätigkeiten werden auch relevante **Methoden und Hilfsmittel** innerhalb des Prozessbausteins beschrieben. Auch hier sollen nicht alle potenziell möglichen, sondern die konkret einzusetzenden Verfahren aufgeführt werden. Dadurch kann eine weitere Spezifizierung der jeweiligen Eingangs- und Ausgangsobjekte notwendig werden.

Über diese prozessspezifischen Beschreibungsgrößen hinaus wird jeder Prozessbaustein durch weitere klassifizierende Parameter näher charakterisiert. Diese dienen vor allem einer übergreifenden (Ein-) Ordnung der Prozessbausteine, z. B. im Rahmen der Speicherung oder

des Zugriffs. Hierbei werden allgemeine und spezifische Prozessparameter unterschieden. Mit den **allgemeinen Prozessparametern** soll eine grundlegende Klassifikation der Prozessbausteine vorgenommen werden. Zu diesen allgemeinen Prozessparametern zählen die Anforderungsart, die betroffene Gestaltebene und die Prozessart. Die Anforderungsart und die betroffene Gestaltebene wurden bereits im Rahmen der Entwicklung des Basismodells der kundenindividuellen Produktadaption diskutiert (vgl. Kap. 6.1). Sie erlauben jeweils eine grobe Strukturierung des Individualisierungssachverhaltes. Mögliche Anforderungsarten sind hierbei Anforderungen hinsichtlich (technischer) Produktfunktionen, Produktschnittstellen, der Produktgestaltung sowie der Produktausführung. Die betroffene Gestaltebene ergibt sich aus dem jeweiligen Adaptionsbedarf des Produktes. Dieser Adaptionsbedarf ist abhängig von der individuellen Kundenanforderung und dem vorhandenen Leistungspotenzial und kann grundsätzlich auf einer übergeordneten funktionalen, der Struktur- oder der Bauteilgestaltebene angesiedelt sein. Durch die betroffene Gestaltebene wird im Wesentlichen das Spektrum notwendiger Adaptionsprozesse determiniert (vgl. Kap. 7.2.1). Die Prozessart ordnet dem Prozessbaustein schließlich eine Basisaktivität zu. Diese Aktivitäten stellen generische Verrichtungsgruppen von Konstruktionsprozessen dar, d. h. die jeweiligen bausteinspezifischen Tätigkeiten sind konkrete Ausprägungen dieser Basisaktivitäten. Durch Vorgabe generischer Basisaktivitäten wird nicht nur ein gleich bleibendes Detaillierungsniveau der Prozessbeschreibung sichergestellt, sie sind auch ein maßgebliches Hilfsmittel zur Komplexitätsreduktion. Durch Vorgabe eines Ordnungsschemas schränken sie die Vielzahl möglicher Aktivitätsausprägungen sinnvoll ein<sup>120</sup>, erleichtern aber auch die Ableitung konkreter Tätigkeiten im Rahmen der Prozessplanung. Ein Schema von Basistätigkeiten wird im folgenden Teilkapitel abgeleitet. Mit Hilfe der **spezifischen Prozessparameter** wird demgegenüber eine objekt-spezifische Ausprägung der Prozessbausteine vorgenommen und der notwendige Bezug zum konkreten Produkt und zu den jeweiligen kundenindividuellen Kundenanforderungen hergestellt. Spezifische Prozessparameter sind folglich die, für den jeweiligen Baustein prozessbestimmenden, individuellen Kundenanforderungen sowie die davon betroffenen, im Rahmen der Auswirkungsanalyse identifizierten Produktbereiche.<sup>121</sup> Eine spezifische Beschreibung des Prozessbausteins erlaubt schließlich auch sein **Name**, mit dem wesentliche Inhalte (Tätigkeiten und Objektinformationen) in komprimierter Form dargestellt werden können.

Zusammenfassend erlauben die dargelegten Beschreibungselemente des Adaptionsprozessbausteins eine strukturierte, verrichtungsorientierte Prozessdarstellung. Sie bilden jeweils einen spezifischen Prozesssachverhalt ab, der sich aus dem zugeordneten Individualisierungssachverhalt ergibt. Die Prozessbausteine weisen damit einen starken Kontextbezug auf. Die einzelnen Beschreibungselemente können dabei in der Regel nicht unabhängig voneinander betrachtet werden. So bilden Eingangs- und Ausgangsobjekte sowie deren Transformation na-

---

<sup>120</sup> „Ordnung bewältigt Komplexität.“ [ULRICH & PROBST 2001, S. 74]

<sup>121</sup> Pro Prozessbaustein werden dabei aber jeweils nur ein betroffener Produktbereich (Bauteil, Baugruppe) und eine individuelle Kundenanforderung betrachtet. Bei mehreren Anforderungen oder betroffenen Produktkomponenten muss eine entsprechende Anzahl an Prozessbausteinen definiert werden. Diese isolierte Betrachtung entspricht dem modularen Grundgedanken der Methodik und erlaubt eine vereinfachte Zuordnung der Prozessinhalte sowie eine bessere Rekonfigurierbarkeit.

turgemäß eine integrale Einheit als Prozessschritt. Die notwendige Transformation bestimmt die auszuführenden Verrichtungen bzw. Tätigkeiten. Die Ausgangsobjekte wiederum sind von den individuellen Kundenanforderungen abhängig, ebenso wie die betroffene Gestaltungsebene und der betroffene Objektbereich. Letztere weisen zudem wechselseitige Abhängigkeiten auf. Die einzelnen Prozessbausteinelemente können daher nicht isoliert beschrieben werden, sondern sind im Rahmen der Prozessplanung integriert zu betrachten. Dies soll vor allem durch die zu entwickelnde Planungsmethodik gewährleistet werden.

### 7.1.2 Ableitung von Basisaktivitäten

Im vorangegangenen Teilkapitel wurde die formale Struktur von Prozessbausteinen beschrieben. Im Folgenden soll mit der bereits angedeuteten Bestimmung generischer Basisaktivitäten auf die inhaltliche Prozessstruktur eingegangen werden. Unter Basisaktivitäten werden prozessbezogene Grundfunktionen verstanden. Sie fassen, in Anlehnung an TRÄNCKNER [1990, S. 47], auf der Ebene elementarer Entwicklungsprozessschritte eine Menge spezifischer Verrichtungen und Entscheidungssituationen zu einem abstrakten Element zusammen und geben den Rahmen vor, innerhalb dessen bei der Prozessdurchführung konkrete Schritte des Entwicklungsprozesses ausgeprägt werden können. Wie die Analyse vorhandener Prozessmodellierungs- und -planungsmethoden in Kapitel 4 gezeigt hat, sind generische Prozesstypen ein probater Ansatz zur strukturierten Darstellung und Ableitung von Entwicklungsprozessen.<sup>122</sup> Die hier vorgestellte Methodik zur Modellierung und Planung kundenindividueller Produktadaptionsprozesse soll folglich auf der Verwendung solcher generischer Basisaktivitäten beruhen. Als wesentliche Vorteile werden dabei angesehen, dass Adaptionsprozesse in angemessener Granularität beschrieben, ein ausreichender Bezug zu den kundenindividuellen Anforderungen und Produktkomponenten hergestellt und der jeweilige Gestaltungsfortschritt auf angemessene Weise abgebildet werden können. Nachfolgend werden die im Rahmen dieser Arbeit definierten Basisaktivitäten zusammengefasst.<sup>123</sup>

Grundsätzlich kann im Konstruktionsprozess zwischen direkten und indirekten Aktivitäten unterschieden werden [vgl. u. a. EVERSHEIM 1998, S. 83; PAHL ET AL. 2005, S. 169]. Die **direkten Aktivitäten** bedingen einen unmittelbaren Erkenntnisgewinn bzw. Ergebnisfort-

---

<sup>122</sup> Hier sind vor allem die Ansätze nach [BICHLMAIER ET AL. 1999; GOLM 1996; RAUPACH 1999; VEH 2002; TRÄNCKNER 1990] zu nennen (vgl. auch Anhang A.7/A.9). Die Verwendung generischer Entwicklungsaktivitäten stellt dabei den Versuch dar, Ordnung in die Vielfalt möglicher Prozessausprägungen zu bringen. Dabei werden zulässige Handlungsspielräume bestimmt, aber auch bestimmte Modellierungsfreiheiten eingeschränkt.

<sup>123</sup> Nach HAARLÄNDER ET AL. [2005, S. 357] können generische Prozessbausteine entweder durch empirische Analyse vorhandener Prozessketten oder durch theoretische Überlegung hergeleitet werden. Hier erfolgt die Bestimmung der Basisaktivitäten für kundenindividuelle Adaptionsprozesse auf Basis einer Analyse von in der Literatur diskutierten, elementaren Konstruktionsaktivitäten. Eine Übersicht zu ausgewählten Strukturierungsansätzen von Konstruktionsprozessen befindet sich im A.9. Die definierten Basisaktivitäten besitzen jedoch nicht nur für kundenindividuelle Adaptionsprozesse Gültigkeit, sondern können auch für die Modellierung allgemeiner Entwicklungsprozesse herangezogen werden. Sie können zudem um entsprechende Beschaffungs- oder Herstellungsprozesse ergänzt werden [vgl. TRÄNCKNER 1990].

schritt und weisen einen direkten Bezug zum Entwicklungsobjekt und den jeweiligen Anforderungen auf. Die **indirekten Aktivitäten** beziehen sich dagegen auf übergreifende, organisatorische Sachverhalte, z. B. Planung und Abstimmung, und tragen nur mittelbar bzw. unterstützend zum Ergebnisfortschritt bei. Der Schwerpunkt einer Basisaktivität kann dabei jeweils auf Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und/oder Informationsausgabe liegen. Als direkte Basisaktivitäten werden im Folgenden angesehen:

- Analysieren
- Konzipieren
- Gestalten
- Ändern
- Auslegen
- Integrieren (Gesamtprodukt)
- Absichern
- Optimieren.

Unter die Basisaktivität **Analysieren** fallen alle Tätigkeiten, die sich auf die Untersuchung und Klärung von bestimmten Sachverhalten, z. B. der Aufgabenstellung oder spezifischen Systemzusammenhängen, beziehen. Das Analysieren stellt damit einen Prozess der Informationsgewinnung dar. Das **Konzipieren** bezeichnet alle Tätigkeiten, bei denen bestimmte Sachverhalte, Sollgrößen oder andere Merkmale des zu realisierenden Produktes in abstrakter Form festgelegt werden, z. B. die Formulierung der Aufgabenstellung oder die Festlegung eines funktionalen oder baulichen Produktkonzepts. Es umfasst zudem die produktbezogene Planung. Der Prozessschritt **Gestalten** (auch: Konstruieren) schließt alle Aktivitäten zur qualitativen Grobgestaltung des Produktes bzw. seiner Elemente ein. Hierbei werden die Anordnung, die Form und der Werkstoff von Bauteilen festgelegt. Eine Sonderform des Gestaltens stellt das **Ändern** dar. Es handelt sich dabei um eine Modifikation bereits festgelegter Gestaltungsparameter. Beim Prozessschritt **Auslegen** (auch: Bemessen) werden die verbleibenden, quantitativen Produktparameterwerte, das sind Abmessungen, Oberflächen und Toleranzen, festgelegt. Es kann nur für Baugruppen oder Bauteile erfolgen, deren qualitative Gestalt zumindest im Grundsatz festgelegt ist und nimmt eine quantitative Feingestaltung der Einzelteile vor. Das Auslegen beruht auf den beiden Teilaktivitäten Berechnen und Dimensionieren. Beim Auslegen kommen im Gegensatz zum Gestalten vor allem Methoden zum Einsatz, die auf physikalischen und ingenieurwissenschaftlichen Gesetzmäßigkeiten basieren [vgl. KOLLER 1994, S. 328; SPUR & KRAUSE 1997, S. 429]. Das **Integrieren** stellt einen Gestaltungsschritt vor allem auf der strukturellen Ebene dar. Hierbei werden die vollständig gestalteten Einzelteile in einem funktionsfähigen Gesamtprodukt zusammengefasst und gegebenenfalls dabei auftretende Schnittstellen spezifiziert. Das Integrieren schließt sowohl die erstmalige Konfiguration des Gesamtprodukts als auch das nachträgliche Ergänzen oder Austauschen modifizierter Baugruppen/-teile ein. Die genannten Basisaktivitäten Konzipieren, Gestalten, Ändern, Auslegen und Integrieren beinhalten damit zusammengefasst alle „kreativen“ Prozessschritte, die zur konstruktiven Schaffung technischer Lösungen erforderlich sind. Es han-

delt sich hier in erster Linie um Informationsverarbeitungsprozesse, bei denen Informationen unter Einsatz vorhandenen Wissens verarbeitet werden. Im Prozessschritt **Absichern** wird dann geprüft, ob die entwickelte Lösung den Anforderungen entspricht und die geforderten Funktionen erfüllt. Hier werden Zwischen- und Endergebnisse untersucht und bewertet, wobei das Ziel in der Erkennung von Schwachstellen, Unzulänglichkeiten und Verbesserungsmöglichkeiten besteht [vgl. KOLLER 1994, S. 75]. Dies kann anhand von Berechnungen, Simulationen und Versuchen [vgl. LINDEMANN 2007, S. 163 f.; SPUR & KRAUSE 1997, S. 429], aber auch durch kritische Konstruktionsanalyse (Design Review) erfolgen. Das Absichern ist kein Konstruktionsschritt im engeren Sinne, durch Erkenntnisse aus Absicherungsprozessen können aber weitere Gestaltungs- und Auslegungsaktivitäten zur Ergebnisverbesserung angestoßen werden. Es handelt es sich um einen Informationsgewinnungs- und -verarbeitungsprozess. Das **Optimieren** hat schließlich die gesamthafte Verbesserung der Lösung im Hinblick auf bestimmte Struktur- oder Verhaltensparameter zum Ziel. Hierbei wird davon ausgegangen, dass bereits Lösungen zur Erfüllung der Aufgabenstellung vorhanden sind, und es werden darauf aufbauend Lösungen gesucht oder erzeugt, die bei Erfüllung bestimmter Randbedingungen den häufig widersprüchlichen Optimierungszielen am nächsten kommen [KOLLER 1994, S. 349]. Das Optimieren schließt mehrere der zuvor diskutierten Basisaktivitäten ein – so beinhaltet es Absicherungs-, Änderungs- und Integrationsaktivitäten. Es kann damit als aggregierter Prozessschritt angesehen werden. Die Darstellung von Optimierungsschritten im Prozess kann aber auch durch Rückschleifen erfolgen (vgl. Kap. 7.2.2).

Die indirekten Basisaktivitäten erfüllen eine Unterstützungsfunktion in Bezug auf die oben dargestellten direkten Aktivitäten im Konstruktionsprozess. Diese Unterstützung kann sich auf eine Bereitstellung oder Weitergabe von Informationen für die vornehmlich informationsverarbeitenden Prozessschritte beziehen oder generelle projekt- bzw. prozessbezogene Aspekte betreffen. Zu den indirekten Aktivitäten zählen im Rahmen dieser Arbeit:

- Informationen beschaffen
- Dokumentieren
- Koordinieren
- Planen
- Freigeben.

Die indirekte Basisaktivität **Informationen beschaffen** (auch: sich informieren) beinhaltet das Sammeln, Sichten, Bewerten und Auswählen von jeglichen Informationen, die zur Durchführung der oben beschriebenen Prozessaktivität notwendig sind. Es handelt sich selbstredend um einen Informationsgewinnungsprozess. Im Unterschied zur Analyse und zur Absicherung werden die Informationen aber nicht aus dem Individualisierungs- bzw. Entwicklungssachverhalt selbst, sondern aus anderen Quellen gewonnen. Die Basisaktivität **Dokumentieren** bezieht sich dagegen auf die „Abbildung“ der Ergebnisse des Entwicklungsprozesses. Es dient dazu, Informationen auf Trägermedien zu sichern. Dokumentieren ist damit ein Informationsspeicherungs- bzw. -ausgabeprozess. Zum Dokumentieren zählen beispielsweise die Zeichnungs- und Stücklistenherstellung. Zwar besteht hier in vielen Fällen ein direkter Produktbezug, da mit dem Dokumentieren aber in der Regel kein geplanter Lösungsfortschritt ver-

bunden ist, wird es als indirekte Aktivität angesehen. Ein weiterer Informationsausgabe-, aber auch Informationsbeschaffungs- und -verarbeitungsprozess ist das **Koordinieren**. Es dient zum Austausch von Informationen (d. h. andere informieren, z. B. mittels Besprechungen) und zur Abstimmung verschiedener Aktivitäten. Diese Koordination kann intraprozessual (z. B. mit Kunden oder vor-/nachgelagerten Prozessinstanzen, z. B. Fertigung) oder interprozessual (z. B. bei parallelen oder sonst vernetzten Prozessen) erfolgen. Die intraprozessuale Koordination weist tendenziell erhöhte fachbezogene Anteile (inhaltliche Abstimmung), die interprozessuale Koordination höhere organisationsbezogene Anteile (Ressourcenabstimmung) auf. Eine vergleichbare, jedoch auf die Zukunft ausgerichtete Basisaktivität stellt das **Planen** dar. Hier werden analog zur produktbezogenen Planungstätigkeit (Konzipieren) zukünftige Aktivitäten konzipiert und (gedanklich) miteinander abgestimmt. Das Planen ist meist dem Koordinieren zeitlich vorgelagert und bildet einen Rahmen für dieses. In engem Zusammenhang zum Koordinieren und Planen steht auch das **Freigeben**, das einen projektspezifischen Bewertungs- und Entscheidungsprozess darstellt. Planungs- und Abstimmungsprozesse sowie die direkten Gestaltungsaktivitäten bzw. deren Ergebnisse bilden die Grundlage dieser Entscheidungsschritte. Dabei werden Bewertungskriterien definiert und gewichtet, die Ist-Eigenschaften des Produkt- oder Prozesszustandes ermittelt und anhand der Bewertungskriterien verglichen. Freigabeaktivitäten sind häufig an exponierten Stellen im Prozess, z. B. Meilensteinen, angesiedelt. Koordinieren, Planen und Entscheiden bilden zusammengefasst die wesentlichen Bestandteile der Projekt- bzw. Prozessorganisation. Sie stellen damit dem eigentlichen Konstruktionsprozess übergeordnete und überlagerte Aktivitäten dar. Es handelt sich um projektbezogene Informationsverarbeitungsprozesse.

Mit den im vorangegangenen Kapitel präsentierten Prozessbausteinen und Basisaktivitäten stehen nun die formalen und inhaltlichen Grundelemente zur Modellierung von kundenindividuellen Adaptionsprozessen fest. Im nachfolgenden Kapitel soll detailliert diskutiert werden, wie diese Prozesselemente im Rahmen der Planung verarbeitet und durch Verknüpfung mit Anforderungen und Produktkomponenten konkrete Adaptionsprozesse abgeleitet werden können.

## 7.2 Planung von individuellen Adaptionsprozessen

Die Ausgangsbasis der Adaptionsprozessplanung bei individualisierten Produkten bilden die kundenindividuellen Produkthanforderungen. Im Rahmen der Auswirkungsanalyse werden zunächst die davon betroffenen, d. h. zu adaptierenden, Produktkomponenten bestimmt. Dazu wird festgelegt, auf welcher Gestaltebene die jeweiligen Elemente der Produktstruktur zu adaptieren sind. Eine konkrete Definition des Adaptionsumfanges erfolgt hier jedoch nicht, da einzelne Gestaltungsentscheidungen im Rahmen der Prozessplanung noch nicht berücksichtigt werden können, sondern der eigentlichen konstruktiven Umsetzung vorbehalten sind [vgl. SCHUMANN 1994, S. 22 ff.]. Anschließend werden im Rahmen der Prozessplanung die notwendigen Adaptionsprozesse ermittelt, die Ablaufstruktur festgelegt, der Zeit- und Ressourcenbedarf bestimmt (Festlegung der zeitlichen Anordnung, Termin- und Kapazitätsplanung) und (organisatorische) Ressourcen zugeordnet. Außerdem müssen die prozessbezogenen Koordinationsbedarfe als eine Grundlage der Prozesssteuerung festgelegt werden. Ergebnis

der Prozessplanung ist ein, gemäß der jeweils verwendeten Modellierungsmethode dokumentierter, Prozessplan. Das beschriebene Vorgehen zur Prozessplanung ist im Überblick in Bild 7-2 wiedergegeben. Hierbei können in Anlehnung an GATAINIDES [1983] die gerade aufgeführten Teilaufgaben den drei Aufgabenbereichen Prozessdefinition, Prozessverteilung und Prozesskoordination zugeordnet werden. Entsprechend des identifizierten Handlungsbedarfs der Arbeit wird im Folgenden auf die Prozessdefinition und hier vor allem auf die Bestimmung notwendiger Adaptionsprozesse fokussiert.

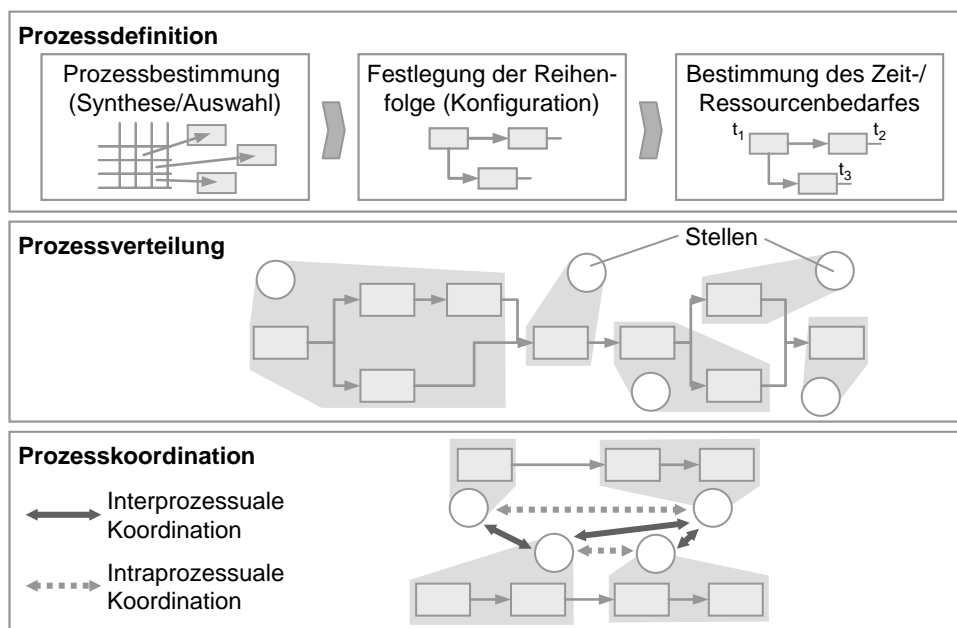


Bild 7-2. Teilaufgaben der Prozessorganisation [in Anlehnung an GAITANIDES 1983]

Diese Bestimmung der notwendigen Adaptionsprozesse wird im Folgenden als Prozessentwurf bezeichnet. Wie Bild 7-3 im Überblick zeigt, sind folgende grundsätzliche Ansätze zum Prozessentwurf vorstellbar [vgl. KIRN 1995, S. 10]:

- Neuerstellung von Prozessen
- Anpassung (Modifikation) vorhandener Prozesse
- Kombination von Prozessmodulen
- Übernahme externer Prozesse (Prozessadoption).

Bei der Neudefinition bzw. **Neuerstellung von Prozessen** erfolgt eine umfassende Konzeption (Synthese) des geforderten Unternehmensprozesses. Dabei folgen weder der Gesamtprozess noch die Mehrzahl der enthaltenen Einzelprozesse und -schritte bekannten Vorbildern. Bei der **Anpassung vorhandener Prozesse** wird analog dazu keine Neukonzeption, sondern eine Modifikation existierender Gesamt- und Teilprozesse sowie Prozessbausteine vorgenommen. Einzelne Prozesselemente werden dabei hinsichtlich ausgewählter Parameter entspre-

chend der vorliegenden Anforderungen oder Randbedingungen verändert. Hierzu zählt auch die (inhaltliche) Ausprägung vordefinierter Referenzprozesse („Prozeshülsen“). Die **Kombination von Prozessmodulen** bzw. Prozessbausteinen stellt einen strukturbezogenen Sonderfall der Prozessanpassung dar. Hierbei werden einzelne Prozessbausteine oder -module zu übergeordneten Prozessen zusammengestellt. Die Prozessanpassung bezieht sich dabei nicht auf einzelne Parameterausprägungen der jeweiligen Module, sondern auf die Ablaufstruktur des übergeordneten Prozesses. Bei der **Übernahme von Prozessen** erfolgt schließlich keine Anpassung, sondern die Auswahl geeigneter Prozesse auf Basis der vorliegenden Anforderungen. Die Grundlage dieser Prozessadoption bilden im Rahmen des Know-how-Transfers unternehmensexterne oder interne Prozesse des vorhandenen Leistungspotenzials.

● häufig ○ selten	<b>Prozessinnovation</b> (Neuerstellung)	<b>Prozessadaption</b>		<b>Prozessadoption</b> (Übernahme vorhandener oder externer Prozesse)
		Modifikation	Neukombination	
<b>Gesamtprozess</b>	○	○	●	●
<b>Prozessmodul</b>	○	●	●	●
<b>Prozessbaustein</b>	●	●	nicht anwendbar	○

Bild 7-3. Formen des Prozessentwurfs

Wie die Einteilung der Entwurfsarten zeigt, kann der Prozessentwurf grundsätzlich auf der Ebene einzelner Prozessbausteine, einzelner Prozessmodule (bzw. Teilprozesse) sowie auf der Ebene des Gesamtprozesses erfolgen. **Prozessbausteine** bilden entsprechend der Darstellung in Kapitel 7.1 einzelne Prozessschritte ab. **Prozessmodule** sind Ketten von Prozessbausteinen, die der Realisierung einer übergeordneten Zielstellung, z. B. der Umsetzung einer bestimmten Kundenanforderung, dienen. Der **Gesamtprozess**, z. B. die Abwicklung eines Kundenauftrags, stellt wiederum eine Verkettung von Prozessbausteinen und Prozessmodulen dar. Entsprechend Bild 7-3 sind auf den verschiedenen Prozessebenen nicht alle Entwurfsansätze praktikabel anwendbar. So ist eine Neudefinition und Modifikation auf Gesamtprozess- oder Modulebene eher ungewöhnlich. Hier wird der Prozessentwurf in der Regel durch Kombination oder Modifikation einzelner Prozessbausteine realisiert. Dagegen ist eine Kombination auf Ebene einzelner Prozessbausteine ausgeschlossen. Die Schwerpunkte des Prozessentwurfs liegen nach Einschätzung des Verfassers bei der Neuerstellung von Prozessbausteinen, der Modifikation von Prozessbausteinen und -modulen, der Neukombination von Prozessbausteinen zu Prozessmodulen und selbigen zu Gesamtprozessen sowie der Übernahme vorhandener Prozesse auf Modul- und Gesamtprozessebene. Im Rahmen der Planung kundenindividueller Adaptionsprozesse muss dabei entschieden werden, welche Prozesse neu definiert werden müssen und in welchen Fällen durch Konfiguration auf vorhandene Prozesse zurückgegriffen werden kann.



Im Vordergrund steht im Folgenden vor allem die Neudefinition bzw. Synthese von Prozessbausteinen auf Basis vorliegender Kundenanforderungen und Produktkomponenten. Entsprechend der Grundthese eines sich schrittweise aufbauenden Leistungspotenzials kann davon ausgegangen werden, dass dieser Form des Prozessentwurfs zumindest in der Anfangsphase des Potenzialaufbaus erhebliche Bedeutung zukommt. Zudem bildet die Neudefinition von Prozessbausteinen gemäß der obigen Darstellung eine wesentliche Grundlage für alle weiteren Formen des Prozessentwurfs. So kann die der Planungsmethodik zugrunde liegende Logik auch zur Auswahl von Prozessen aus dem vorhandenen Prozessspektrum im Rahmen der Prozessadoption herangezogen werden. Schließlich besteht hier nach Meinung des Verfassers der größte Handlungsbedarf in Bezug auf die systematische Planung von Adaptionprozessen individualisierter Produkte.<sup>124</sup> Bei der Konzeption dieser Methodik zur Synthese von kundenindividuellen Adaptionprozessen wird auf die im vorangegangenen Kapitel festgelegten Grundelemente von Adaptionprozessen zurückgegriffen.

### 7.2.1 Synthese individueller Adaptionprozesse

Die nachfolgend vorgestellte Methode zur Neuplanung kundenindividueller Adaptionprozesse beruht im Wesentlichen auf einer relationsorientierten Prozesssynthese und ist damit an das von JUNG [2006, S. 89 ff.] beschriebene, methodische Grundprinzip der relationalen Analyse – hier zur Anforderungsklä rung – angelehnt. Mit der konzipierten Methode können auszuführende Entwicklungsprozesse (als Teil des Handlungssystems) durch die strukturierte Analyse der Relationen zwischen Produktanforderungen (Zielsystem) und Produktkomponenten (Objektsystem) bestimmt werden. Die Grundannahme ist hierbei, dass Entwicklungsprozesse nur da erforderlich sind, wo kundenindividuelle Anforderungen Änderungen innerhalb der Produktstruktur, z. B. Modifikationen vorhandener Elemente oder die Neuentwicklung von Komponenten, notwendig machen. Dieser Sachverhalt kann durch Relationen zwischen Anforderungen und Produktelementen abgebildet werden. Notwendig ist zur Prozessdefinition allerdings eine geeignete Interpretation dieser Relationen. Diese soll durch eine vorgegebene Prozessstruktur in Form der in Kapitel 7.1 beschriebenen Prozessbausteine und Basisaktivitäten unterstützt werden. Im Rahmen der Planungsmethode werden Anforderungen und zugeordnete Produktkomponenten dazu als Einheit und zunächst isoliert von anderen Anforderungen bzw. Adaptionprozessen betrachtet. Die Integration der verschiedenen Prozesse in Form interprozessualer Koordinationsaktivitäten muss als gesonderter Aspekt innerhalb der Planungsmethode behandelt werden.

Das Grundsche ma der relationsorientierten Prozesssynthese ist im Überblick in Bild 7-4 dargestellt [vgl. auch BAUMBERGER & LINDEMANN 2006, S. 251]. Analog zu der in Kapitel 3.1.3 beschriebenen Methode QFD kann hier von einem „House of Processes“ gesprochen werden. Innerhalb dieses werden nicht nur die zur direkten Ableitung bzw. Definition von

---

<sup>124</sup> So gibt es zur Planung von Prozessen auf Basis der Konfiguration vorhandener Prozessbausteine bereits viel versprechende Ansätze [vgl. z. B. BICHLMAIER 2000; GRUNWALD 2000; REDENIUS 2006]. Um Prozessbausteine konfigurieren zu können, muss aber zunächst deren grundlegende Definition erfolgen. Die wird jedoch methodisch bislang nur unzureichend thematisiert.

Prozessen relevanten Verknüpfungen zwischen Anforderungen und Produktkomponenten betrachtet, sondern darüber hinaus auch Verknüpfungen jeweils zwischen den Anforderungen und den Produktkomponenten untereinander dargestellt. Aus der Existenz derartiger Relationen können weitere Schlussfolgerungen getroffen werden, vor allem hinsichtlich wechselseitiger Abhängigkeiten auf Prozessebene. So weisen Relationen zwischen Anforderungen auf voneinander abhängige Adaptionprozesse hin. Diese Prozesse sind entweder zu integrieren oder zumindest durch entsprechende Abstimmungsaktivitäten (interprozessuale Koordination) zu synchronisieren. Relationen zwischen Produktkomponenten weisen dagegen auf notwendige Folgeadaptionen hin (vgl. Auswirkungsanalyse) und begründen entsprechende Folgeprozesse.

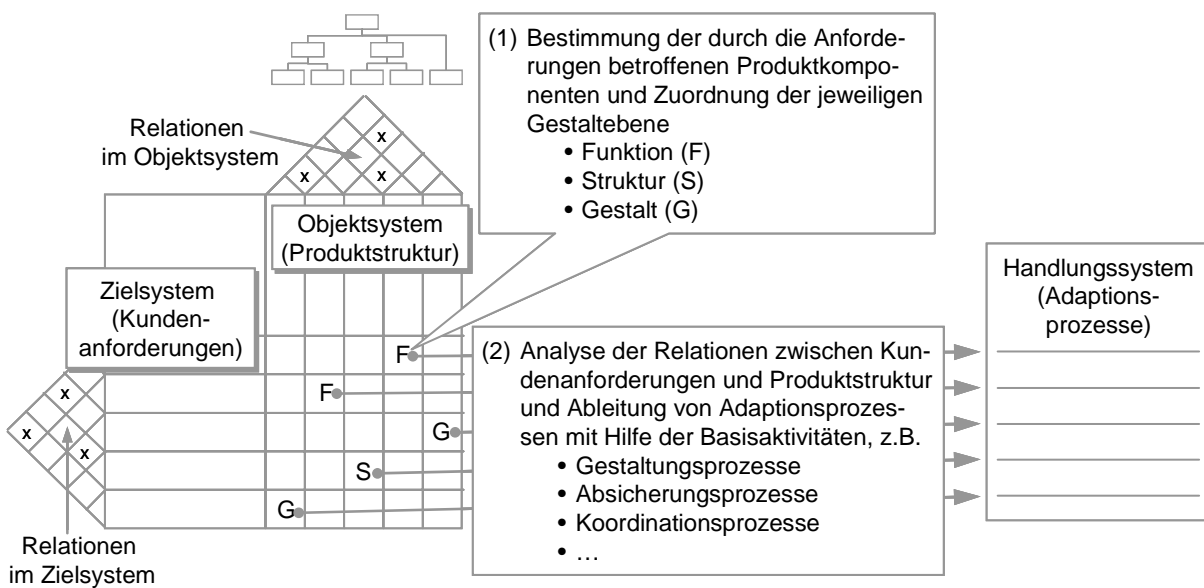


Bild 7-4. Grundschemata der relationsorientierten Prozesssynthese („House of Processes“)

Alle auftretenden Relationen werden mittels Einflussmatrizen abgebildet. Die Verknüpfungen zwischen Anforderungen und Produktkomponenten werden in der zentralen, nicht symmetrischen Einflussmatrix, einer so genannten Domain Mapping Matrix (DMM), dargestellt. Hierbei werden die jeweiligen Verknüpfungen auch dahingehend bewertet, ob die kundenindividuelle Anforderung eine funktionale (F), d. h. komponenten- und baugruppenübergreifende, eine strukturelle (S) oder eine gestaltbezogene (G) Anpassung der Baugruppen und Produktkomponenten erforderlich macht. Aus der Art der Relation bzw. der betroffenen Gestaltebene kann auf die notwendigen Adaptionprozesse geschlossen werden (vgl. Bild 7-5). Die Abbildung der Beziehungen zwischen Anforderungen und Produktkomponenten jeweils untereinander erfolgt dagegen durch symmetrische Einflussmatrizen, so genannten Design Structure

Matrices (DSM).<sup>125</sup> Hierbei wird lediglich bewertet, ob eine Abhängigkeit zwischen zwei Anforderungen bzw. Produktkomponenten existiert. Die Abhängigkeiten können dabei aber vielfältiger Natur sein (vgl. Kapitel 6.2.2/6.2.3).

Die Relationen in der zentralen DMM bilden nun die Grundlage der Prozessdefinition. Die Verknüpfungen werden jeweils dahingehend untersucht, welche Prozesse zur Umsetzung einer Anforderung in Bezug auf die betrachtete Produktkomponente erforderlich sind. Zur Unterstützung bzw. Strukturierung dieser Analyse soll auf die in Kapitel 7.1.2 definierten Basisaktivitäten zurückgegriffen werden. Jede identifizierte Relation zwischen Anforderungen und Produktkomponenten wird im Hinblick darauf bewertet, ob dadurch Analyse-, Konzeptions-, Gestaltungs-, Änderungs-, Auslegungs-, Integrations-, Absicherungs-, Optimierungs-, Informationsbeschaffungs-, Dokumentations-, Koordinations-, Planungs- oder Freigabeaktivitäten impliziert werden. Dabei werden auf Komponentenebene zunächst nur die direkten konstruktionsbezogenen Aktivitäten betrachtet. Welche Basisaktivitäten zur Umsetzung des Kundenwunsches jeweils erforderlich sind, hängt entscheidend von der betroffenen Produkt- bzw. Gestaltebene ab (Bild 7-5). So sind die Basisaktivitäten Analysieren und Konzipieren vor allem auf funktionaler Gestaltebene und bei produktübergreifenden Anpassungen relevant (z. B. bei der Kundenforderung nach einer neuen Funktion). Die Aktivitäten Gestalten, Ändern und Auslegen haben ihren Schwerpunkt auf der gestaltbezogenen Bauteilebene. Integrationsaktivitäten sind wiederum vor allem auf Baugruppen- und Produktebene bzw. bei gravierenden, d. h. funktions- und strukturbezogenen Produktadaptionen relevant. Absicherungs- und Optimierungsaktivitäten können schließlich auf allen Gestaltebenen notwendig sein.

Schwerpunkt:	Anpassung →			● häufig ○ selten
	funktionale Anpassung	strukturelle Anpassung	gestalterische Anpassung	
	Produktebene	Baugruppenebene	Bauteilebene	
Analysieren	●	●	○	
Konzipieren	●	●	○	
Gestalten	nicht anwendbar	nicht anwendbar	●	
Ändern	○	●	●	
Auslegen	nicht anwendbar	nicht anwendbar	●	
Integrieren	●	●	○	
Absichern	●	●	●	
Optimieren	●	●	●	

Bild 7-5. Notwendigkeit (direkter) Adaptionprozesse in Abhängigkeit von der Gestaltebene

<sup>125</sup> Für eine ausführliche Darstellung der DSM/DMM-Methodik sei auf u. a. [BROWNING 2001, BROWNING & DANILOVIC 2004; EICHINGER ET AL. 2006; MALMQVIST 2002] verwiesen. Eine konkrete Anwendung zeigen BECKER & WANG [2003].

Die indirekten Prozesse beziehen sich im Gegensatz dazu vor allem auf eine übergreifende Gesamtprozess- bzw. Projektebene. Hier sind in erster Linie die Basisaktivitäten Koordinieren, Planen und Freigeben angesiedelt. Die notwendigen Koordinationsaktivitäten können dabei, wie oben beschrieben, teilweise aus den Relationen zwischen Anforderungen und Produktkomponenten sowie aus sonstigen Abhängigkeiten zwischen Adaptionprozessen abgeleitet werden, z. B. wenn vorgenommene Änderungen in Konflikt zu anderen Änderungen stehen. Die Bestimmung notwendiger Koordinations-, Planungs- und Freigabeaktivitäten ist jedoch nur begrenzt durch Analyse der identifizierten Relationen möglich und muss durch weitere Planungsmethoden, z. B. des Projektmanagements, unterstützt werden. Schließlich müssen Informationsbeschaffungs- und Dokumentationsaktivitäten einzelprozessbezogen bei Bedarf ergänzt werden.

In Bild 7-6 sind die vorangegangenen Ausführungen anhand eines hypothetischen Beispiels zusammenfassend verdeutlicht.<sup>126</sup> Es ist sowohl der Fall einer komplexen funktionalen als auch der einer einfachen gestaltbezogenen Produkthanpassung dargestellt.

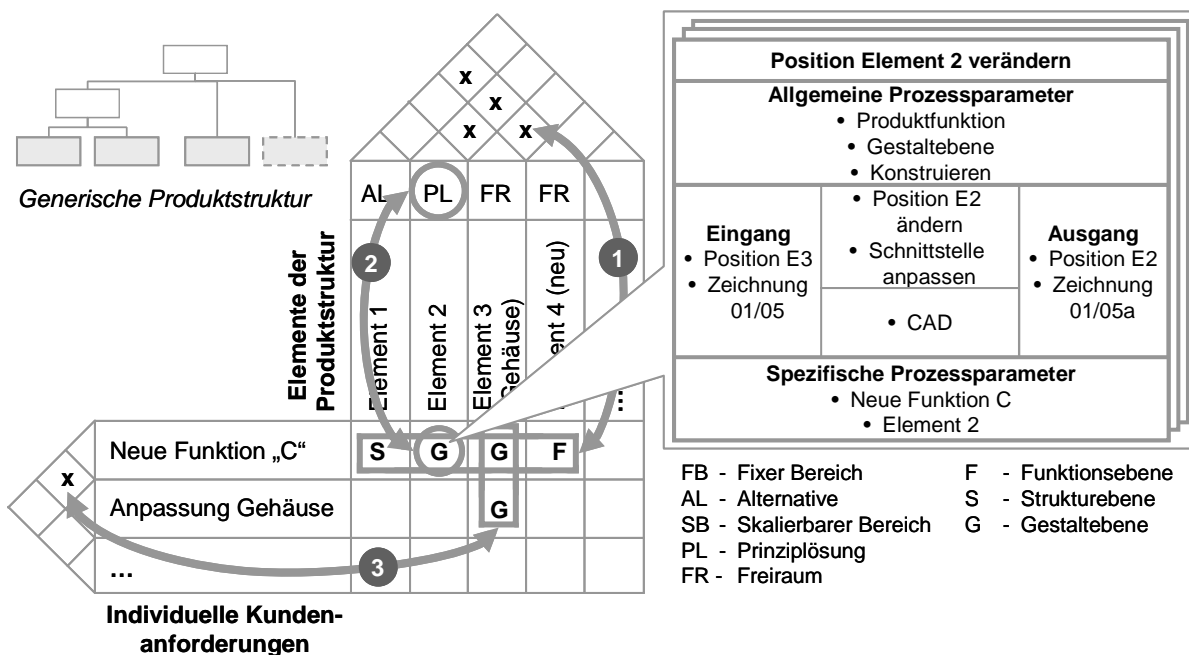


Bild 7-6. Anwendung der relationsorientierten Prozesssynthese

Die Identifikation notwendiger Adaptionprozesse beginnt zunächst auf Einzelteilebene, muss aber gerade im Fall funktionaler Anpassungen auf eine Baugruppen- und Gesamtproduktbetrachtung ausgeweitet werden. Diese Erweiterung des Betrachtungsraumes ist, gemäß Bild 7-5, vor allem für Analyse-, Konzipierungs- und Integrationsaktivitäten sowie für die Definition von Planungs- und Koordinationsschritten erforderlich. Es ist daher bei der Planung u. U.

<sup>126</sup> Für eine reale Anwendung sei auf das Fallbeispiel in Kapitel 8.2 verwiesen.

ein ständiger Wechsel innerhalb der Produktstrukturebene erforderlich. Die funktionale Produkthanpassung macht im vorliegenden Fall die Konzeption, Ausgestaltung und Integration einer neuen Komponente notwendig. Zudem zeigt die Anpassung massive Änderungsauswirkungen an den anderen Produktkomponenten. Die gestaltbezogene Produktadaption ist dagegen auf die direkt betroffene Produktkomponente (hier: Gehäuse) begrenzt. Die Bestimmung der notwendigen Folgeadaptionen basiert auf der Analyse der Komponentenrelationen (1). Zudem muss jeweils geprüft werden, ob überhaupt entsprechende Freiräume zur individuellen Produkthanpassung vorgesehen bzw. vorhanden sind (2). Darüber hinaus besteht zwischen beiden Kundenanforderungen eine (konfliktäre) Wechselbeziehung, da durch die geforderte neue Funktion auch in die bestehende Produktstruktur im Bereich des Gehäuses eingegriffen werden muss (3). Es bestehen daher zwischen beiden Adaptionprozessen direkte sachliche Abhängigkeiten, die durch entsprechende Koordinationsmaßnahmen behandelt werden müssen. Die Darstellung der identifizierten Prozessschritte erfolgt durch Prozessbausteine (rechts im Bild).

Ergebnis der relationsorientierten Prozesssynthese ist eine Liste mit ungeordneten Adaptionprozessschritten (Prozessbausteinen), die den jeweiligen individuellen Kundenanforderungen zugeordnet sind. Jeder Adaptionprozessschritt beruht dabei auf einer Basisaktivität und kann durch eine (Ursprungs-) Anforderung und Anforderungsart sowie die betrachtete Produktkomponente und Gestaltebene charakterisiert werden. Die standardisierte Beschreibung durch Prozessbausteine ermöglicht hierbei auch eine Suche nach bereits existierenden Prozessen. So können auf Basis der Bausteinstruktur Suchkriterien formuliert werden, anhand derer eine Identifikation und Ähnlichkeitsbewertung von vorhandenen Bausteinen im Prozesspotenzial erfolgen kann. Für die weitere termin- und ressourcenbezogene Planung ist es nun notwendig, die definierten oder ausgewählten Einzelaktivitäten in einer logischen (Ablauf-) Struktur anzuordnen und damit den eigentlichen Adaptionprozess festzulegen. Das Vorgehen hierzu wird im folgenden Teilkapitel skizziert.

### 7.2.2 Konfiguration des Adaptionprozesses

Mit Hilfe der Ablaufstrukturierung werden die logische Anordnung und der grobe zeitliche Ablauf des Adaptionprozesses festgelegt. Dies soll im Folgenden als Konfiguration bezeichnet werden, da auf Basis einzelner Prozessschritte ein Gesamtprozess erstellt wird. Die Prozesskonfiguration ist entsprechend Bild 7-2 ein Bestandteil der Prozessdefinition. Ob die Prozessschritte hierbei durch Synthese neu erstellt oder durch Auswahl aus einem vorhandenen Prozessspektrum bestimmt wurden, ist unwesentlich. Nach REFA [1985, S. 91; vgl. auch BENEKE 2003, S. 9; FREISLEBEN 2001, S. 67; KUSIAK 1999, S. 56 ff.; MERTINS ET AL. 1994, S. 189] können im Rahmen der Prozesskonfiguration folgende Grundformen von (logischen) Ablaufstrukturen unterschieden werden (vgl. Bild 7-7):

- Folge
- Verzweigung
- Zusammenführung
- Rückführung.

Die **Folge** stellt die einfachste Ablaufstruktur ohne Verzweigungen dar. Hierbei wird lediglich eine sequentielle Verkettung der Prozesselemente vorgenommen. Bei **Verzweigungen** erfolgt dagegen eine Aufteilung des Prozesses in simultan oder alternativ verlaufende Prozesspfade. Analog werden hierbei (simultane) Und-Verzweigungen und (alternative) Oder-Verzweigungen unterschieden. Und-Verzweigungen bilden dabei eine Prozessparallelisierung und Oder-Verzweigungen eine Fallunterscheidung ab. Die entsprechende Gegenform zur Verzweigung ist die **Zusammenführung**, die eine Integration verschiedener Prozesspfade darstellt. Analog können Zusammenführungen nach Und-Verzweigung sowie nach Oder-Verzweigung unterschieden werden. Mit **Rückführungen** werden schließlich Rücksprünge im Prozess abgebildet. Auch hier kann in Und- sowie Oder-Rückführungen differenziert werden. Erstere bilden ständige Rückkopplungsschleifen bzw. Zyklen ab. Letztere beschreiben dagegen alternative Rückführungen nach Abfrage definierter Entscheidungskriterien und werden auch als Iterationen bezeichnet. Diese können allerdings ebenso durch die in Kapitel 7.1.2 diskutierten Optimierungsaktivitäten beschrieben werden.

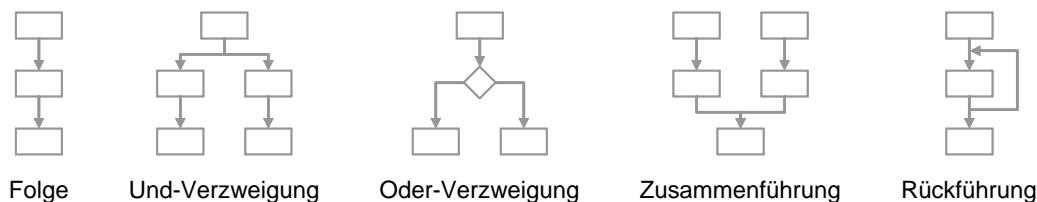


Bild 7-7. Formen von Ablaufstrukturen [nach REFA 1985, S. 91]

Überhaupt spielt eine Darstellung alternativer Prozessverläufe (Oder-Verzweigungen bzw. -Zusammenführungen) für den vorliegenden Prozessmodellierungs- und Planungsansatz eher keine Rolle, da die individuellen Adaptionsprozesse jeweils fallspezifisch konfiguriert werden sollen. Diese Konfiguration basiert jedoch vor allem auf Prozessfolgen.<sup>127</sup> Hierbei werden die einzelnen Prozessbausteine entsprechend ihrer logischen Struktur, d. h. auf Basis der Zwischenergebnisse bzw. der jeweiligen Ein- und Ausgangsgrößen, miteinander verkettet. Diese Verkettung erfolgt, wie in Bild 7-8 dargestellt, anforderungsbezogen, d. h. entsprechend der Definition der Prozessbausteine wird auch der gesamte Prozess zunächst nur auf die Umsetzung einer bestimmten individuellen Kundenanforderung bezogen. Für die Abgrenzung dieser Prozesse wird auf den aus der K3-Modellierung bekannten Swimlane-Ansatz zurückgegriffen [vgl. EGGERSMANN ET AL. 2003, S. 79 sowie Anhang A.7]. Dazu werden, wie in Bild 7-8 aufgezeigt, die jeweiligen Adaptionsprozesse in Prozessbahnen angeordnet. Prozessübergreifende Aktivitäten, z. B. Planung oder Koordination, werden dabei in gesonderten Prozessbahnen oder überdeckend dargestellt. Die (grobe) zeitliche Struktur des Prozesses wird ebenfalls durch ein – zeitliches – Raster abgebildet. Die einzelnen Prozessbausteine werden dazu jeweils in senkrecht zu den Prozessbahnen verlaufende Zeitbahnen eingeordnet. Mit Hilfe

<sup>127</sup> Lediglich zur Abbildung vordefinierter Standardadaptionsprozesse (z. B. bei häufig wiederkehrenden Kundenanforderungen oder Standardanpassungen) sind alternative Prozessstrukturen von Bedeutung.

dieses Rasters können grundlegende terminliche Strukturen veranschaulicht werden. So kann beispielsweise festgelegt werden, welche Prozessschritte in welchem Zeitrahmen auszuführen sind und welche Aktivitäten dabei parallel angeordnet sind. Die detaillierte Festlegung des zeitlichen Prozessrahmens wie auch die Bestimmung des Ressourcenbedarfs als weitere Bestandteile der Prozessdefinition sollen hier jedoch nicht weiter behandelt werden [vgl. hierzu u. a. BURGHARDT 2002; HEUSER 1996; KEHR 1995; PLATZ & SCHMELZER 1986].

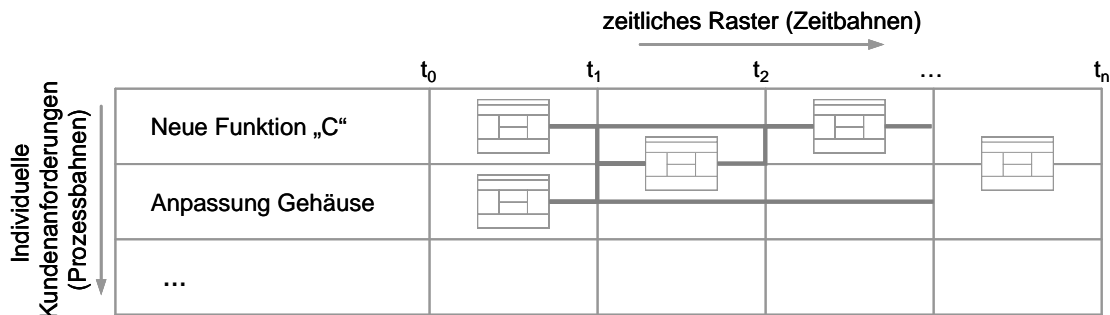


Bild 7-8. Abbildung der logischen und zeitlichen Ablaufstruktur

Mit den vorgestellten Methoden wurden nun die wesentlichen Aspekte der kundenindividuellen Prozessplanung beleuchtet. Dazu wurden angepasste Methoden zur Prozessdefinition konzipiert, mit denen die spezifischen Anforderungen und Randbedingungen der Adaption individualisierter Produkte berücksichtigt werden können. Dies sind vor allem eine anforderungs- und produktspezifische Prozesssynthese und -konfiguration vor dem Hintergrund des Aufbaus und der Nutzung eines prozessbezogenen Leistungspotenzials. Um die hohe Vielfalt möglicher Prozessausprägungen handhaben zu können, wurde auf grundlegende Strukturierungs- und Systematisierungsansätze zurückgegriffen. So werden die einzelnen Prozessschritte mit Hilfe von Prozessbausteinen und generischen Basisaktivitäten in definierter Art und Weise beschrieben und so eine hinreichend granulare und gleichzeitig strukturierte Prozessbeschreibung ermöglicht. Die Prozessdefinition basiert hierbei auf der systematischen Verknüpfung individueller Kundenanforderungen und betroffener Produktkomponenten. Abschließend sollen im folgenden Teilkapitel Möglichkeiten einer Rechnerunterstützung der vorgestellten methodischen Ansätze erörtert werden. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf der Unterstützung der Prozessmodellierung, der Prozessplanung (auf Basis eines bereits vorhandenen Prozessspektrums) sowie der Prozesssteuerung.

### 7.3 Ansätze einer rechnergestützten Adaptionprozessplanung

Eine Rechnerunterstützung der kundenindividuellen Produktdefinition individualisierter Produkte verfolgt vorrangig zwei Ziele: Erstens soll durch die maschinelle Speicherung und Verarbeitung von Kunden-, Produkt- und Prozessinformationen der faktische Aufbau des Leistungspotenzials realisiert werden und zweitens kann mittels Automatisierung der Planung und

Steuerung der jeweiligen Adaptionsprozesse eine aufwandsarme Durchführung der Produktadaptation befördert werden. Sowohl bei der maschinellen Informationsspeicherung und -verarbeitung, als auch bei der Automatisierung muss ein angemessenes Verhältnis von Aufwand und Nutzen der jeweiligen Maßnahmen vorliegen. Die reine **Speicherung und Verarbeitung von Informationen** mittels Informationssystemen stellt heute aufgrund der verfügbaren Datenbank- und Data Mining-Technologien in der Regel kein Problem dar. Informationssysteme können u. a. Informationen über bereits konstruierte Produkte, Zukaufteile sowie Konstruktionsmethoden und -prozesse enthalten [KOLLER 1994, S. 435]. Voraussetzung beim Einsatz von Informationssystemen ist jedoch die Verarbeitung der „richtigen“ Informationen, d. h. es kommt hier ganz wesentlich auf geeignete Ordnungs- und Suchverfahren an. Als Ordnungsmerkmale bieten sich beispielsweise spezifische Randbedingungen von Prozessen oder Parameterwerte von Produkten an. Dazu müssen die jeweiligen Informationsobjekte entsprechend strukturiert werden [KOLLER 1994, S. 443]. Im Rahmen der **Automatisierung** ist es notwendig, die entsprechenden Prozesse exakt zu beschreiben und darauf aufbauend entsprechende Programmgorithmen zur Durchführung des Prozesses zu entwickeln. Die Algorithmen beschreiben hierbei, unter welchen Bedingungen welche Programmvorschrift zur Lösung einer bestimmten Aufgabenstellung zu verwenden ist. Dazu sind die Aufstellung aller relevanten Bedingungen und die Beschreibung aller möglichen Lösungswege bzw. Programmvorschriften notwendig. Da mit der Zahl der variablen Parameterwerte der Aufwand für die Definition der zugehörigen Algorithmen erheblich ansteigt, lohnt sich dies vor allem bei hoch standardisierten Prozessen mit nur wenigen Einflussgrößen und geringen oder keinen Abweichungen. Dies trifft gemäß Kapitel 4.2.2 für Konstruktionsprozesse in der Regel nicht zu, weshalb deren Automatisierung nur sehr eingeschränkt möglich ist [vgl. KOLLER 1994, S. 429 ff.].

Im folgenden Teilkapitel sollen Ansätze zur Rechnerunterstützung des Konstruktionsprozesses analysiert werden, die vor allem in Hinblick auf eine Planung und Steuerung von individuellen Adaptionsprozessen relevant sind. Von besonderer Bedeutung werden hierbei die, größtenteils bestehenden, Möglichkeiten

- einer rechnergestütztem Modellierung der Adaptionsprozesse,
- einer Unterstützung der Prozessplanung durch wissensbasierte Systeme sowie
- einer Unterstützung der Prozessausführung durch Workflowtechnologie

angesehen.<sup>128</sup> Dabei erfolgt keine vertiefende Betrachtung der Ansätze oder gar eine anwendungsspezifische Auslegung vorhandener Systeme. Dies bleibt dem jeweiligen, spezifischen Einsatz vorbehalten. An dieser Stelle sollen lediglich die bestehenden Möglichkeiten aufgezeigt und bewertet werden. Zugleich wird damit ein Ausblick gegeben, welche Maßnahmen

---

<sup>128</sup> Es werden damit augenfällig keine Ansätze zur Unterstützung der präsentierten Methode zur Prozesssynthese (vgl. Kap. 7.2.1) betrachtet. Dies ist darin begründet, dass der Schwerpunkt im Folgenden vor allem auf Konzepten zur Aufwandsreduzierung einer massenhaften Produktindividualisierung liegen soll. Hier sind die aufgeführten Ansätze von größerer Bedeutung. Für eine Unterstützung der relationsorientierten Prozesssynthese sei auf JUNG [2006, S. 108 ff.] verwiesen, dessen datenbankbasierter Ansatz entsprechend angepasst werden kann.



notwendig erscheinen, um das Konzept der massenhaften Produktindividualisierung praktisch umzusetzen.

### Rechnergestützte Modellierung von Adaptionprozessen

Die rechnergestützte Prozessmodellierung stellt eine wesentliche Voraussetzung sowohl für die Speicherung von Prozessinformationen beim Aufbau des Leistungspotenzials in Form einer Wissensbasis als auch deren Verarbeitung/Nutzung im Rahmen der Prozessplanung und -ausführung dar. Für die Prozessmodellierung existiert eine Reihe von Rechnerwerkzeugen, die auf die jeweiligen Modellierungsmethoden angepasst sind. Verbreitet eingesetzte Tools sind hier u. a. ARIS [SCHEER 2001], OMEGA [FAHRWINKEL 1995, S. 158 ff.] und Proplan [SCHUH 2006, S. 47 f.], einen Überblick über verfügbare Werkzeuge geben z. B. BULLINGER & SCHREINER [2001]. Entsprechend der gewählten Modellierungsmethode sind im vorliegenden Kontext aber vor allem bausteinorientierte Modellierungswerkzeuge von Bedeutung. Eine solche Entwicklungsprozessmodellierung unterstützen z. B. das Process Design Tool PDT [BICHLMAIER 2000, S. 100 ff.] sowie CoCoS [GAHR 2006, S. 122 ff.]. Die Prozessmodellierung mittels PDT ist in Bild 7-9 dargestellt. Das Werkzeug erlaubt die Prozesskonfiguration auf Basis neuer oder vorhandener Bausteine [BICHLMAIER 2000, S. 100]. Für die Erstellung neuer Bausteine werden Vorlagen bereitgestellt, ebenso können vorhandene Bausteine beliebig angepasst und neu editiert werden. Damit ist eine spezifische Ausprägung der Prozessbausteine auf Basis einer definierten Grundstruktur möglich, was eine sehr flexible und detailgetreue Prozessabbildung erlaubt. Zudem können die einmal ausgeprägten Bausteine einfach und in strukturierter Form in einem Prozessbaukasten als spezieller Form einer Wissensbasis festgehalten werden (vgl. folgender Abschnitt). Nachteil der bausteinorientierten Ansätze ist jedoch, dass die Prozessmodelle nicht „ausführbar“ und damit als Workflows instanzierbar sind. Sie müssten dazu um Start- und Endbedingungen erweitert sowie an entsprechende Applikationen angebunden werden können [JABLONSKI 1996, S. 66 ff.].

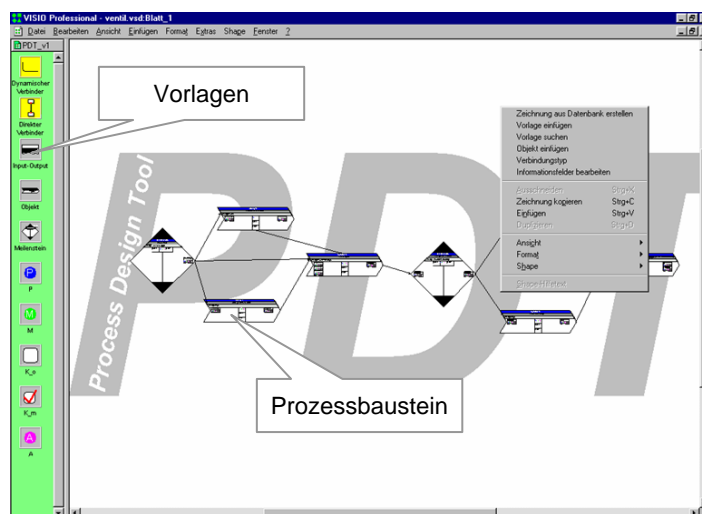


Bild 7-9. Prozessmodellierung mit Hilfe des Process Design Tools PDT [BICHLMAIER 2000, S. 101]

Unterstützung der Prozessplanung durch wissensbasierte Systeme

In einem engen Zusammenhang zur beschriebenen Prozessmodellierung steht die Repräsentation von Prozesswissen, z. B. in Form von Prozessbibliotheken oder Prozessbaukästen. Zugeordnete Systeme, die durch Verarbeitung von Wissen einen Lösungsweg für eine gegebene Problemstellung finden, werden als wissensbasierte Systeme bezeichnet [LEHMANN 1989, S. 20]. Sie stellen einen grundlegenden Ansatz zum Aufbau eines prozessbezogenen Leistungspotenzials und zum Zugriff darauf dar. Wissensbasierte Systeme bestehen im Kern aus einer Wissensbasis zur Repräsentation von Wissen und der Inferenzkomponente zur Lösung des Benutzerproblems mittels spezifischer Schlussfolgerungsmethoden sowie ferner aus Komponenten zur Unterstützung des Benutzerdialogs, zum Wissenserwerb und zur Erklärung der vom System gezogenen Schlussfolgerungen [ebd., S. 21]. Einzelne methodische Ansätze zur Wissensrepräsentation und Inferenz sollen an dieser Stelle jedoch nicht vertieft werden. Stattdessen sollen zwei ausgewählte wissensbasierte Prozessplanungssysteme behandelt werden. Für eine detaillierte Diskussion der Grundlagen sei u. a. auf [ALTENKRÜGER & BÜTTNER 1992; FISCHER 1993; LEHMANN 1989; RUDE 1998] verwiesen.

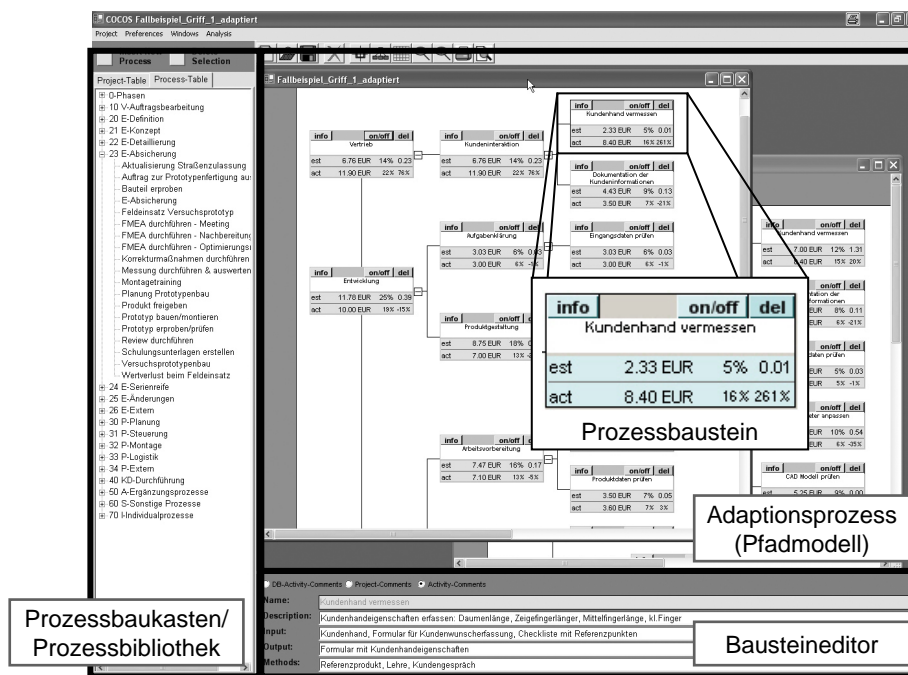


Bild 7-10. Prozessmodellierung- und -planung mittels CoCoS [in Anlehnung an GAHR 2006, S. 124]

Das erste Beispiel für eine Wissensbasis in Form einer Prozessbibliothek zeigt Bild 7-10. Die Prozessbibliothek (links) ist Teil des „Baukastenmoduls“ von CoCoS [GAHR 2006, S. 123]. Dieser Baukasten enthält sowohl einzelne Prozessbausteine als auch vollständige Referenzprozesse. Im oberen Teil der Abbildung ist die graphische Oberfläche zur Prozesskonfiguration dargestellt („Pfadmodell“). Die Konfiguration erfolgt mittels „Drag & Drop“ der Prozesselemente aus der Prozessbibliothek, allerdings ist auch eine Editierung von Prozessbausteinen

(Neuerzeugung, Änderung) und Prozessketten (Aktivierung/Deaktivierung von Prozessschritten) möglich (im Bild unten). Die Auswahl der Prozessbausteine aus dem Baukasten wird durch eine hierarchische Gliederung und Zuordnung der Prozessbausteine zu Prozesskategorien, nicht jedoch durch Suchfunktionen, Filter oder wissensbasierte Planungs- bzw. Konfigurationsansätze unterstützt. Ein vergleichbares Werkzeug zum Prozessmanagement wird auch von HOFER-ALFEIS [1999, S. 215 ff.] präsentiert. Hierbei wird zusätzlich eine regelbasierte Kopplung von Prozessmodellen mit der Produktstruktur unterstützt. Allerdings ist der Aufwand für die Erstellung solcher regelbasierter Planungssysteme sehr hoch und auch nur für vergleichsweise einfache Planungssachverhalte machbar, da für eine vollständige Abbildung der Planungslogik die vorausschauende Identifikation aller möglichen Planungssituationen notwendig wäre [vgl. EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. 7-83 ff.].

Einen alternativen Ansatz zur Nutzung wissensbasierter Systeme bei der Planung kundenindividueller Adaptionsprozesse stellt das fallbasierten Schließen (engl. Case based reasoning) dar [vgl. BAUMBERGER ET AL. 2003; GAUSEMEIER ET AL. 2006, S. 349]. Der dem fallbasierten Schließen immanente Problemlösungsmechanismus kommt dem menschlichen Problemlösungsverhalten sehr nahe und beruht auf der Analyse einer vorliegenden Problemsituation und dem Versuch, eine identische oder ähnliche Problemsituation und zugeordnete Problemlösungen zu finden (Analogiebildung) [AAMODT & PLAZA 1994, S. 40].<sup>129</sup> Einzelne Fälle repräsentieren hierbei episodenhaftes Wissen in Form einer Problembeschreibung, der dazugehörigen Problemlösung, deren Erläuterung bzw. Rechtfertigung sowie eventuell gemachte Erfahrungen [FISCHER 1993, S. 113]. Eine vorhandene Problemlösung wird dabei als Lösungsansatz für eine neue Problemstellung herangezogen, wobei unter Umständen eine Anpassung an die vorliegende Situation erfolgen muss [KOLODNER 1992, S. 4]. Das Verfahren kann daher sehr gut mit unvollständigen und unscharfen Informationen umgehen und beruht zudem auf dem Lernen aus neuen Fällen und der permanenten Erweiterung der vorhandenen Wissens- bzw. Erfahrungsbasis [AAMODT & PLAZA 1994, S. 39; KOLODNER 1992, S. 6]. In Bild 7-11 wird das methodische Prinzip des fallbasierten Schließens im Überblick aufgezeigt [vgl. AAMODT & PLAZA 1994, S. 44 ff.; KOLODNER 1992, S. 21 ff.]. Im Rahmen der Suche nach vorhandenen ähnlichen Fällen erfolgt zunächst die Identifikation prinzipiell ähnlicher Fälle in der Fallbasis (Retrieve). Ein Fall besteht hierbei aus der Problembeschreibung (Kontext) und deren konkreter Lösung bzw. dem allgemeinen Lösungsweg (Wissen). Dabei können komplexe bzw. abstrakte oder einzelne Wissensseinheiten gespeichert werden, z. B. in Form von Datenbanken, Listen oder Entscheidungsbäumen. Zur Identifikation von Fällen in der Fallbasis dient eine Indizierung [vgl. KOLODNER 1992, S. 22 f.]. Diese beschreibt anhand bestimmter Parameter jeden einzelnen Fall. Die Beschreibung muss hinreichend genau erfolgen, es darf aber andererseits auch nicht jede minimale Abweichung unwichtiger Problemparameter als neuer Fall aufgefasst werden. Werden hierbei passende Fälle identifiziert, müssen diese bewertet und der für die vorliegende Situation am besten geeignete ausgewählt werden. Ausschlaggebend bei der Bewertung der Übereinstimmung von Fällen sind der Grad

---

<sup>129</sup> Für die Planung von Entwicklungsprozessen bedeutet dies, Entwicklungsprozesse durch Charakterisierung des zu entwickelnden Produktes und der damit verbundenen Entwicklungsaufgabe aus einer Fallbasis mit vorhandenen Prozessen erfolgreicher Produktentwicklungen auszuwählen [GAUSEMEIER ET AL. 2006, S. 349].

der Gleichheit und die Wichtigkeit der einzelnen Kriterien. Hierzu werden Ähnlichkeits- und Distanzmaße verwendet [vgl. u. a. GÖKER 1996, S. 110 f.]. Im Rahmen der anschließenden Anpassung muss zunächst der jeweilige Adaptionsbedarf identifiziert und darauf aufbauend die Anpassung des ausgewählten Falls an die neue Problemsituation vorgenommen werden [KOLODNER 1992, S. 25]. Die Anpassung kann z. B. durch Parameterangleichung (bei größtenteils identischen Wertausprägungen), Strukturanpassung (Ersetzen, Löschen oder Hinzufügen von Fallelementen) oder Kombination von Fällen erfolgen [GÖKER 1996, S. 59]. Schließlich wird die gefundene und gegebenenfalls modifizierte Lösung auf die Problemstellung angewendet (Reuse). Im Nachgang dazu erfolgen eine Bewertung der Lösungsgüte hinsichtlich Korrektheit und Qualität (Revise) und eventuell einer Erweiterung der Fallbasis (auch: Fallakquisition, Retain). Zudem werden die Qualität der Fallauswahl bewertet und wenn notwendig das Problemlösungsverfahren angepasst.

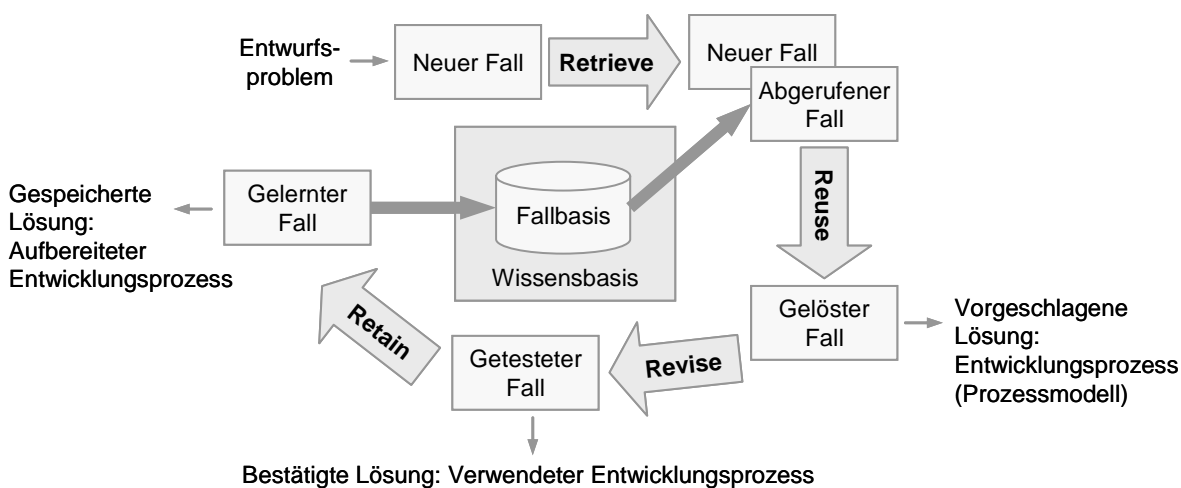


Bild 7-11. Fallbasierter Prozessplanungszyklus [nach AAMODT & PLAZA 1994, S. 7; REDENIUS 2006, S. 112]

REDENIUS [2006, S. 112] adaptiert diesen Zyklus und konzipiert eine Methode zur fallbasierten Planung von Entwicklungsprozessen, die hier abschließend diskutiert werden soll. Die Prozessspeicherung erfolgt dabei durch detaillierte Beschreibung der Entwicklungsprozesse mittels OMEGA (vgl. Kap. 4.3.1), wobei in der Fallbasis Gesamtentwicklungsprozesse, objekt- bzw. problembezogene Entwurfsstränge sowie einzelne Prozess- oder Methodenbausteine abgebildet werden [REDENIUS 2006, S. 105 ff.]. Die Prozessauswahl wird zum einen durch eine objektbezogene Vorauswahl anhand einer produktorientierten Grobklassifikation sowie zum anderen anhand einer kontextbezogenen Fallbeschreibung mittels der Auswahlkategorien Aufgabenstellung, Zielsystem und Randbedingungen vorgenommen. Die Prozessanpassung erfolgt durch direkte Anpassung des Prozessmodells oder durch Verwendung alternativer Prozessmodule und Methoden entsprechend der jeweiligen Prozessanforderungen [REDENIUS 2006, S. 119]. Voraussetzung für die Anwendung des beschriebenen Vorgehens ist, dass sich das Zielsystem des zu planenden Entwicklungsprozesses genau beschreiben lässt, da dies eine Voraussetzung der fallbasierten Prozessauswahl darstellt. Dies ist jedoch in

der Regel nur bei Variantenkonstruktionen der Fall. Für Anpass- oder Neuentwicklungen ist REDENIUS [2006, S. 111] zufolge dagegen ein mehrstufiger Durchlauf des Planungsprozesses mit zunehmender Problemspezifizierung und Prozesskonkretisierung oder eine schrittweise Fortführung der Planung im Entwicklungsverlauf vorzunehmen [vgl. auch GAUSEMEIER ET AL. 2006, S. 353]. Bei sehr innovativen Prozessen, bei denen keine gespeicherten Prozesse existieren, sollen diese nach REDENIUS [2006, S. 130 ff.] durch Verwendung von einzelnen Prozessbausteinen schrittweise aufgebaut werden.

Zusammenfassend erscheint die Methode des fallbasierten Schließens insbesondere auf Basis des von REDENIUS [2006] vorgestellten Prozessplanungsansatzes sehr gut für die wissensbasierte Planung kundenindividueller Adaptionsprozesse geeignet. So können die jeweils spezifischen Randbedingungen der kundenindividuellen Produktadaption berücksichtigt und entsprechend adäquate Vorgehensweisen abgeleitet werden. Die Methode ist hier ein guter Ansatz, um das Planungsvorgehen bei entsprechend vorliegenden Ausgangsinformationen wesentlich zu vereinfachen. Zudem wird die Forderung nach Aufbau und Nutzung von Prozesswissen sehr gut erfüllt. Die von REDENIUS charakterisierten Merkmale zur Prozessauswahl sind zwar sehr allgemein, lassen sich aber für die Planung kundenindividueller Adaptionsprozesse spezifischer ausprägen. Denkbar wäre hier, eine Indizierung der Fallbasis entsprechend der oben abgeleiteten Grundstruktur der Prozessbausteine vorzunehmen. Im Rahmen der Indizierung vollständiger Adaptionsprozessketten kommt dabei den Parametern Entwicklungsobjekt, Kundenanforderung, betroffene Gestaltebene und Anforderungsart eine herausragende Bedeutung bei der Fallbeschreibung zu.<sup>130</sup> Die Suche und Auswahl einzelner Prozessbausteine, z. B. im Rahmen der fortlaufenden Prozessplanung, kann dagegen über vorliegende Dokumente bzw. Informationen und die Basisaktivität des Vorgängers erfolgen. Die Definition neuer Prozessbausteine und damit der initiale Aufbau der Fallbasis werden von REDENIUS [2006] jedoch nicht behandelt. Der in dieser Arbeit beschriebene methodische Ansatz zur Prozesssynthese könnte die vorhandene wissensbasierte Planungsmethode dahingehend erweitern bzw. vervollständigen.

#### *Unterstützung der Prozessausführung durch Workflowtechnologie*

Als eine dritte Möglichkeit zur informationstechnischen Unterstützung der Planung und Steuerung von individuellen Produktadaptionsprozessen sollen schließlich Workflowmanagement-Systeme betrachtet werden. Diese ermöglichen vor allem eine Unterstützung der Prozesssteuerung. Nach EIGNER & STELZER [2001, S. 17] ist ein Workflow (WF) ein abgegrenzter, meist arbeitsteiliger Vorgang, der zur Erstellung oder Verwertung betrieblicher Leistungen führt. Nach TEUFEL [1996, S. 42] stellt ein Workflow eine endliche Abfolge von Aktivitä-

---

<sup>130</sup> *Einen analogen Ansatz zur Fallbeschreibung von Konstruktionsprozessen beschreibt WEIS [1996]. Die hier vorgeschlagenen „Prozessmuster“ stellen abgeschlossene Einheiten dar, „die alle Informationen enthalten, die benötigt werden, um ein Konstruktionsobjekt, ausgehend von einem Lösungszustand  $LZ_i$  in den folgenden Lösungszustand  $LZ_{i+1}$  zu überführen“ [ebd., S. 107]. Das Prozessmuster enthält Angaben zum Konstruktionsobjekt, zu den Anforderungen und zur Lösungsumgebung. Diese Parameter sind auch wesentliche Kriterien bei der Suche nach geeigneten Prozessmustern im Rahmen der Planung des Konstruktionsablaufs [ebd., S. 115].*

ten dar. Er wird durch ein Ereignis ausgelöst und beendet [vgl. auch BÖHM 2000, S. 3].<sup>131</sup> Workflowmanagement-Systeme (WFMS) übernehmen die Steuerung dieser Aktivitäten. Sie überwachen deren Ausführungsreihenfolge und ordnen Bearbeiter bzw. Rollen (zur Ausführung berechnete Personenkreise) zu, stellen benötigte Informationen bereit und rufen die zur Ausführung der Prozesse notwendigen Applikationen auf [BECKER ET AL. 2002, S. 376]. Gleichzeitig koordinieren sie parallel ablaufende Aktivitäten und synchronisieren Informations- und Prozessflüsse.<sup>132</sup> Der Vorteil von WFMS besteht in einer erheblichen Reduzierung von Durchlaufzeiten, die vor allem auf einer Reduzierung von Such-, Zugriffs- und Liegezeiten beruht. Ebenso werden redundante Tätigkeiten, z. B. Mehrfacherfassungen von Daten durch Organisations- oder Medienbrüche, vermieden und eine bessere Kapazitätsverteilung durch lastgerechte Verteilung erreicht [BECKER ET AL. 2002, S. 379; ÖSTERLE 1996, S. 4]. Allerdings ist die Einführung von WFMS sehr aufwendig und mit zahlreichen, vor allem organisationsbedingten Hindernissen behaftet [BECKER ET AL. 2002, S. 377 ff.].

Die Implementierung von WFMS erfolgt in zwei Phasen [BECKER ET AL. 2002, S. 377 ff.]: Zur **Build-Time** erfolgen die Analyse und Modellierung der zugrunde liegenden Unternehmensprozesse und die Definition des so genannten Workflow-Schemas [vgl. BÖHM 2000, S. 5]. Dies erfolgt durch anwendungssystemspezifische Darstellung und Anreicherung konventioneller Prozessmodelle (z. B. ARIS). Als **Run-Time** (auch: Laufzeit) wird der Betrieb des WFMS bezeichnet, innerhalb dessen die Steuerung der einzelnen Workflowinstanzen, das sind die konkret ausgeführten Workflows auf Basis des Workflow-Schemas [BÖHM 2000, S. 3], und die Protokollierung deren Ausführung erfolgt. Dabei verwaltet das WFMS die einzelnen Prozessstadien und startet bei Statusänderungen definierte Aktionen (z. B. E-Mail-Benachrichtigung).<sup>133</sup> Um unterschiedlich große Freiräume der Prozessgestaltung bereit zu halten, existieren verschiedene Ansätze von WFMS. So werden durch manche WFMS nur grobe Prozessschritte vorgegeben, deren Ausführung bzw. Detailgestaltung anwendungsspezifisch durch den jeweiligen Bearbeiter vorzunehmen ist. Daneben können auch sehr exakt spezifizierte Ausführungsroutinen definiert werden, die z. T. automatisch bei Eintreten eines bestimmten Ereignisses ausgeführt werden. Anhand der Strukturiertheit der zugrunde liegenden Unternehmensprozesse können verschiedene Workflowtypen unterschieden werden, das sind administrative, Produktions-, Ad-hoc- sowie kollaborative Workflows [BECKER ET AL. 2002, S. 381 ff.]. Als **administrative Workflow** werden Prozesse mit einfacher, starrer Struktur und geringer Unternehmensbedeutung bezeichnet. Das sind zumeist interne Routineprozesse. **Produktions-Workflows** sind demgegenüber durch hohe Strukturiertheit und hohen Leistungswert gekennzeichnet. Beide Workflowtypen weisen üblicherweise zur Laufzeit eine hohe Anzahl von gleichzeitig zu steuernden Instanzen auf. Aufgrund dieses Volumens entfal-

---

<sup>131</sup> Die Abgrenzung zwischen Workflow und (Geschäfts-) Prozess ist damit nicht so scharf [vgl. auch BECKER ET AL. 2002, S. 376]. Unter einem Workflow wird im Folgenden aber ein Arbeitsprozess verstanden, der in strukturierter oder halbstrukturierter Weise durch ein Rechnersystem (Workflowmanagementsystem) unterstützt wird.

<sup>132</sup> Workflowmanagementsysteme sind daher im Bereich der CSCW-Werkzeuge (Computer Supported Cooperative Work/Computergestützten Gruppenarbeit) in erster Linie dem Koordinationsaspekt zuzuordnen [TEUFEL 1996, S. 41].

<sup>133</sup> Typische Stadien sind „in Arbeit“, „in Prüfung“ und „freigegeben“ [vgl. GAUSEMEIER ET AL. 2006, S. 244].

ten entsprechende WF-Anwendungen hier besonders hohe (Rationalisierungs-) Potenziale. **Ad-hoc-Workflows** weisen dagegen eine geringere Strukturiertheit auf. Hier ist der Prozessablauf in der Regel im Vorfeld nicht bekannt, sondern wird erst bei der Durchführung des Prozesses festgelegt. Das WFMS dient hier vor allem zur Dokumentation des ausgeführten Prozesses. Auch **kollaborative Workflows** sind durch geringe Strukturiertheit und Wiederholhäufigkeit gekennzeichnet. Hierbei sollen vor allem Abstimmungsprozesse zwischen Mitarbeitern, z. B. im Rahmen von Entwicklungsprojekten, unterstützt werden. Dies erfolgt durch Bereitstellung strukturierter Kommunikationswege und Freigabezyklen.

Entsprechend der unterschiedlichen Arten von Workflows können durch (unterschiedliche) WFMS sowohl standardisierte und hochvolumige Routinetätigkeiten als auch stark arbeitsteilige bzw. kooperative Unternehmensprozesse unterstützt werden. Trotz dieser prinzipiellen Möglichkeit zur Unterstützung unstrukturierter Prozesse sind WFMS aber vorrangig zur Unterstützung von Prozessen mit einem hohen Strukturierungsgrad, einer hohen Determinierbarkeit, geringer Komplexität und hoher Wiederholfrequenz geeignet. Klassische Workflow-Systeme sind daher im Bereich der Produktentwicklung nur bei sehr formalen Abläufen, z. B. Änderungsprozessen, im Einsatz [SCHMITT 2001, S. 47].<sup>134</sup> Im Hinblick auf eine Unterstützung von Adaptionsprozessen im Rahmen der Produktindividualisierung weisen WFMS aber dennoch eine Reihe von Anwendungspotenzialen auf. So können vor allem Standardadaptionsprozesse als (Produktions-) Workflows definiert und implementiert werden, mit denen, teilweise vollautomatisch, eine entsprechende kundenindividuelle Produktpassung vorgenommen und die dazugehörigen Fertigungsprozesse angesteuert werden können. Vor allem hochvolumige Produktadaptionsprozesse könnten so aufwandsarm abgewickelt werden.<sup>135</sup> Aber auch für wenig strukturierte Adaptionsprozesse besitzen WFMS Anwendungspotenzial, insbesondere in Hinblick auf eine organisatorische Abwicklung der Kundenaufträge. Hierbei werden die Prozessinhalte nur formal, z. B. als Black Box, geplant und Bearbeitern zur konkreten Ausführung zugestellt. Mit Hilfe von Ad-hoc-Workflows können zudem noch nicht exakt definierte Adaptionsprozesse zur Laufzeit dokumentiert und damit für zukünftige Anwendungen festgehalten werden. Mit Hilfe des WFMS wird somit ein aktiver Aufbau des Leistungspotenzials unterstützt.

Zusammenfassend zeigen damit die aufgezeigten Ansätze zur Rechnerunterstützung des kundenindividuellen Produktadaptionsprozesses erhebliches Potenzial, vor allem in Hinblick auf die Beherrschung einer Vielzahl von Adaptionsprozessen. Allerdings mangelt es hier an einem integrierten Ansatz zur Modellierung, Planung und Steuerung von kundenindividuellen Adaptionsprozessen. Als wesentliches Bindeglied der präsentierten Ansätze ist dabei das Leistungspotenzial bzw. Prozessspektrum anzusehen. Dessen Basis bilden Prozessmodelle, auf die im Rahmen der Planung und Ausführung der kundenspezifischen Adaptionsprozesse zurückgegriffen wird. Das Prozessspektrum wird in diesem Zusammenhang permanent erweitert. Das vorangegangene Kapitel konnte hier aber allenfalls grundlegende Ansätze und Zu-

---

<sup>134</sup> Weitere konkrete Ansätze für den Entwicklungsbereich zeigen GRÄßLER [1999] und SCHMITT [2001] auf. Eine detaillierte Darstellung zur Modellierung und Planung von Workflows findet sich u. a. bei BÖHM [2000].

<sup>135</sup> Denkbar wäre ein derartiger Workflow z. B. für die individuelle Griffanpassung in Kapitel 8.

sammenhänge aufzeigen und Hinweise für notwendige Forschungs- und Implementierungsarbeiten liefern.

## 7.4 Zusammenfassung

Wie im vorangegangenen Kapitel zur Planung von kundenindividuellen Produktadaptionprozessen gezeigt wurde, kommt der systematischen Planung von Adaptionprozessen bei der Umsetzung des Konzepts der massenhaften Produktindividualisierung eine hohe Bedeutung zu. Nicht nur wird hier die (konstruktive) Realisierung der individuellen Kundenanforderungen prinzipiell festgelegt, sondern die Art der Planung und Umsetzung hat auch einen wesentlichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit des gesamten Wertschöpfungskonzepts. Es gilt daher, durch gezielten Methoden- und Systemeinsatz den Planungsaufwand zu reduzieren und vor allem Lerneffekte im Hinblick auf den Aufbau des Leistungspotenzials zu nutzen.

Als erster Aspekt einer methodischen Unterstützung der Planung von Adaptionprozessen wurde die Frage nach einer zweckmäßigen Prozessmodellierung behandelt. Hier wird ein Modellierungsansatz mittels Prozessbausteinen vorgeschlagen, der jedoch in Erweiterung bestehender Konzepte eine angepasste Innenstruktur aufweist. Mit dieser soll vor allem der enge Bezug zwischen individuellen Anforderungen, Produktkomponenten und entsprechenden Adaptionprozessen hervorgehoben und abgebildet werden. Zur strukturierten Ableitung von Prozessbausteinen der individuellen Produktadaption wurden zudem generische Basisaktivitäten beschrieben.

Diese bilden auch eine wesentliche Grundlage des anschließend präsentierten Verfahrens zum systematischen Prozessentwurf. Neben Prozessauswahl und Reihenfolgefestlegung ist der Prozessentwurf ein Kernaspekt der Prozessdefinition im Rahmen der kundenspezifischen Entwicklungsprozessplanung. Die präsentierte Methode zur relationsorientierten Prozesssynthese baut auf der Verknüpfung zwischen individuellen Kundenanforderungen und betroffenen Produktkomponenten auf und leitet aus den entsprechenden Relationen notwendige Adaptionprozesse ab. Weitere, vor allem indirekte Prozesse können auf Basis dieses ersten Prozessentwurfs ergänzt und müssen dann gemeinsam zu einer sinnvollen Ablaufstruktur zusammengesetzt werden.

Abschließend wurden Ansätze zur rechentechnischen Unterstützung der beschriebenen Planungsmethoden diskutiert. Ein hohes Anwendungspotenzial wird der Prozessmodellierung und -dokumentation in Form von Prozessbibliotheken, der wissensbasierten Planung von Adaptionprozessen sowie deren Steuerung mit Hilfe von Workflowmanagement-Technologien beigemessen. Bezüglich dieser Werkzeuge sind nicht nur allgemeine Lösungen, sondern auch spezielle, auf den Entwicklungsbereich zugeschnittene Ansätze verfügbar. Diese müssen für eine volle Entfaltung der vermuteten Potenziale aber auf die spezifischen Belange der Planung individueller Produktadaptionprozesse angepasst und vor allem zu einem durchgängigen, wissensbasierten Konzept integriert werden.



## 8 Anwendungsbeispiele

*Die in Kapitel 6 und 7 vorgestellten, methodischen Konzepte sollen nachfolgend anhand von zwei Fallbeispielen angewendet werden. Das erste Beispiel bezieht sich dabei auf die Individualisierung eines Hochdruckreinigers als einem typischen mittelkomplexen Konsumgut. Der Schwerpunkt der Methodenanwendung liegt hier auf der Identifikation individueller Kundenanforderungen und deren Übersetzung in eine kundenspezifische Produktdefinition. Gleichzeitig sollen auch Hinweise auf zugeordnete Adaptionsprozesse gegeben werden. Die Planung solcher Prozesse ist allerdings zentrales Thema des zweiten Fallbeispiels aus dem Investitionsgüterbereich. Hier wird die kundenindividuelle Anpassung einer Etikettiermaschine anhand einer ausgewählten Kundenanforderung aus der prozessualen Perspektive betrachtet.*

### 8.1 Individualisierung eines Reinigungsgerätes

Das in Kapitel 6.2 präsentierte Vorgehensmodell zur kundenindividuellen Produktdefinition individualisierter Produkte wurde im Rahmen einer Fallstudie in Zusammenarbeit mit einem führenden Anbieter von Haushalts- und professionellen Reinigungssystemen angewendet. Zielstellung war, ausgehend von einem bestehenden Standardprodukt, Potenziale zur Individualisierung aufzuzeigen. In Bezug auf die grundlegende Herangehensweise wurde entschieden, ein konkretes Individualisierungsszenario zu simulieren. Das vorhandene Produkt- und Zubehörprogramm repräsentierte hierbei das vorentwickelte Produktspektrum. Ebenso wurde die zugrunde liegende Produktstruktur als gegeben angenommen. Auf Basis eines einzelnen Beispielkunden wurden anschließend mögliche individuelle Anforderungen abgeleitet, hinsichtlich ihrer Auswirkungen bewertet, notwendige Produkthanpassungen vorgenommen und in einem realen Produkt umgesetzt. Zur Identifikation und Umsetzung der individuellen Kundenanforderungen wurden die in dieser Arbeit präsentierten Methoden angewendet. Bei der physischen Realisierung des Produktes wurden zudem Werkzeuge und Verfahren, wie z. B. parametrische CAD-Konstruktion und Rapid Prototyping, eingesetzt, die entsprechend der vorangegangenen Ausführungen als wesentliche Schlüsseltechnologien einer massenhaften Produktindividualisierung angesehen werden können.

#### 8.1.1 Ausgangssituation

Den Ausgangspunkt des Individualisierungsszenarios bildete der in Bild 8-1 dargestellte Hochdruckreiniger. Es handelt es sich hierbei um ein standardisiertes Konsumprodukt, das für Privatanwender konzipiert wurde und im mittleren Preissegment angesiedelt ist. Bis dato ist außer dem Zukauf speziellen Zubehörs keine kundenindividuelle Differenzierung vorgesehen. Die Baustruktur des Hochdruckreinigers ist ebenfalls in Bild 8-1 aufgezeigt. Sie zeigt ein mäßig komplexes Produkt mit mechanischen, elektrischen und elektronischen Komponenten. Zentrale Funktionsbauteile (Reinigungsfunktion) sind Elektrik, Steuergerät, Motor, Pumpe, Hochdruck (HD)-Einheit sowie entsprechende Schlauchanschlüsse und die Reinigungspistole.

Sekundäre Produktfunktionen und zugeordnete Komponenten sind Transport/Aufbewahrung (Zugbügel, Standfuß, Fahrwerk, Schlauch- und Kabelaufnahmen) und Anmutung (Gehäuse). Das Gehäuse, bestehend aus Ober- und Unterschale, stellt dabei nicht nur ein zentrales Gestaltungselement des Produktes dar, sondern dient auch als Aufnahme (Trageelement) für einen Großteil der Bauteile. Es ist daher neben den funktionsbedingt eng vernetzten Bauteilen ein zentrales Element der Produktstruktur. Das Produkt weist keine sehr ausgeprägte Schnittstelle zu Benutzern und Umwelt auf, besitzt aber dennoch Potenziale hinsichtlich einer individuellen Anpassung. Diese Potenziale werden im folgenden Kapitel diskutiert.

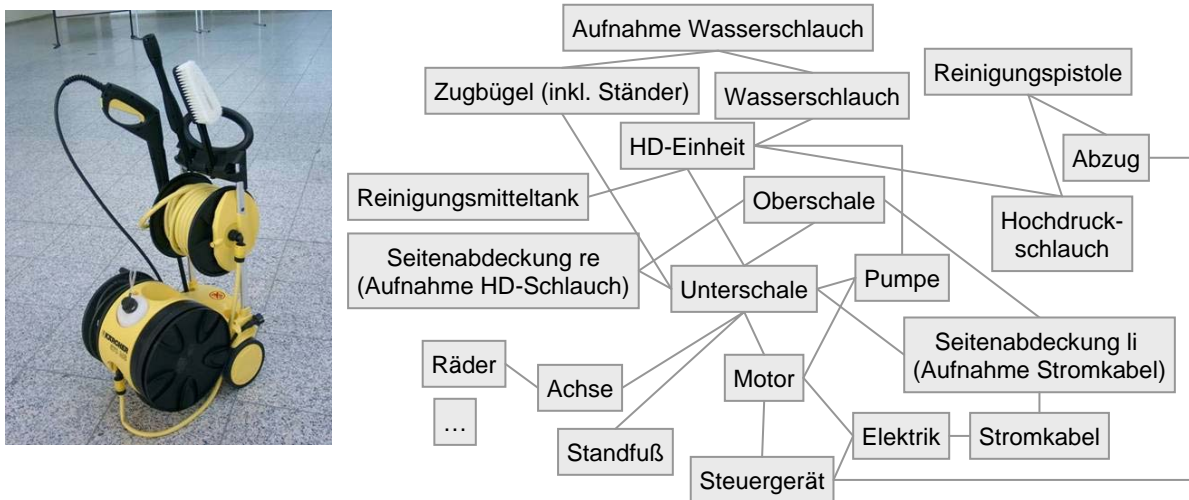



Bild 8-1. Baustruktur (physische Schnittstellen) des Hochdruckreinigers

### 8.1.2 Anwendung des Vorgehensmodells zur individuellen Produktdefinition

Ansatzpunkte zur Individualisierung des Hochdruckreinigers wurden mit Hilfe des in Kapitel 6 erläuterten Vorgehensmodells und zugeordneter Methoden identifiziert und weiterbehandelt. Entsprechend dieses Vorgehensmodells wurden zunächst die spezifischen, kundenindividuellen Produktbedürfnisse und -anforderungen ermittelt und hinsichtlich ihrer Umsetzungspriorität bewertet. Anschließend erfolgte die Übertragung dieser allgemeinen Kundenanforderungen in konkrete, umsetzbare Produkthanforderungen, die Bestimmung des produktbezogenen Anpassungsbedarfes (einschließlich der Folgewirkungen) und die Bewertung der vorzunehmenden Produktadaptionen. Schlussendlich wurden die notwendigen konstruktiven Anpassungen am Hochdruckreiniger vorgenommen und durch geeignete Herstellungsprozesse umgesetzt. Auf ausgewählte Aspekte dieses Vorgehens soll im Folgenden detaillierter eingegangen werden.

Die Identifikation von individuellen Kundenbedürfnissen und -anforderungen erfolgte durch Befragung des (Beispiel-) Kunden und Analyse des relevanten Kunden- und Nutzungsumfeldes. Zur Unterstützung eines strukturierten Vorgehens erfolgte die Anforderungsermittlung

mit Hilfe des in Kapitel 6.2.2 dargelegten methodischen Ansatzes der individuellen Kundenszenarios. Zunächst wurden die relevanten Einflussbereiche der individuellen Verwendung des Hochdruckreinigers analysiert. Dies erfolgte durch Ermittlung kunden- und nutzungsbezogener Einflussgrößen und deren Verknüpfung mit den kundenrelevanten Produktfunktionen (vgl. Bild 8-2). Hierbei wurden die relevante familiäre Situation (2 Kinder, Haus mit Swimmingpool, Fahrzeugbesitzer), die körperliche Verfassung (insbesondere Körpergröße) des Kunden und der geplante Einsatzzweck bzw. -ort des Produktes (Terrassen- und Poolreinigung, Gartenarbeit) berücksichtigt. Unterstützt wurde die Anforderungsermittlung durch einen vom Kunden durchgeführten Gebrauchstest mit Hilfe des vorhandenen Standardproduktes. Die untersuchten Produktfunktionen betrafen den Gerätetransport, die Anschlüsse, die Gerätebedienung, die Reinigungs- und damit verknüpfte Funktionen sowie die Geräteaufbewahrung. Dabei wurde jede Relation zwischen Kundenszenario und Produktfunktionen (vgl. Bild 8-2) dahingehend untersucht, ob eine kundenindividuelle Produktpassung hinsichtlich der Produktfunktion, -schnittstellen, -gestalt und -ausführung angezeigt ist.



↓ Einflussbereiche Kunde und Anwendung/Nutzungsumfeld	Gestaltungsbereich Produkt (Funktionen)						
	Transport	Stromanschluss	Wasserverschluss	Bedienung	Reinigung	Sonst. Funktionen	Aufbewahrung
Einfamilienhaus mit Garten							<b>A</b>
- Holzterrasse mit Treppen	<b>S</b>				<b>F</b>		
- Größe des Gartens: 20x30m			<b>S</b>				
- vorwiegend Rasen						<b>F</b>	
- Außensteckdose vorhanden		<b>S</b>					
Ehepaar Huber, 2 Kinder (9/6a)						<b>F</b>	
Körpergröße Hr. Huber 1, 83 m	<b>S</b>			<b>S</b>			
...							

**F** - funktionale Anforderung  
**S** - Schnittstellenanforderung  
**G** - Gestalt-/Designanforderung  
**A** - Ausführungsanforderung (Qualität)

Bild 8-2. Beschreibung der Gebrauchssituation in einem individuellen Kundenszenario (Zeichnung: Josef Ponn)

Auf Basis der Verknüpfung der Einflussbereiche mit den kundenrelevanten Produktfunktionen ergaben sich individuelle Anforderungen hinsichtlich

- der Anpassung der Reinigungsfunktion an die örtlichen Gegebenheiten (Holzterrasse), dem Vorsehen einer Kindersicherung, der Ergänzung der Reinigungsfunktion um eine Funktion zur Gartenbewässerung sowie der Möglichkeit zur Aufbewahrung von Kleingegegenständen, wie z. B. Schlüssel, Gartenschere etc. (jeweils funktionsbedingte Anforderungen),
- der Anpassung des Gerätes an den Nutzer (Unzufriedenheit wegen unergonomischer Bedienung und Handhabung), der Anpassung der Schlauch- und Kabelanschlüsse

und -leitungen an vorhandene Schnittstellen (Steckdose im Außenbereich, Wasseranschluss im Garten) sowie der Eignung des Gerätes zur Nutzung im Garten und auf den Treppen (jeweils schnittstellenbezogene Anforderungen),

- eines individuellen Gehäusedesigns (gestaltbezogene Anforderung) sowie
- der Eignung des Produktes zur Aufbewahrung im Außenbereich (ausführungsbezogene Anforderung).

Im Anschluss an die Erhebung der Kundenanforderungen wurden Möglichkeiten zu deren Umsetzung untersucht. Hierbei wurden zunächst die identifizierten Kundenanforderungen in komponentenbezogene Produkthanforderungen übertragen. Die Identifikation der betroffenen Komponenten erfolgte mittels einer Verknüpfungsmatrix. Gleichzeitig wurden die relevanten Gestaltungsparameter und der jeweilige produktbezogene Anpassungsbedarf bestimmt. So resultiert aus der geforderten Anpassung der Reinigungsfunktion an die örtlichen Gegebenheiten die Produkthanforderung nach einer parametrischen Anpassung der Hochdruckeinheit in Bezug auf das Wasserdruck-Volumen-Verhältnis. Hierzu sind entsprechende Ventile zu verwenden. Zudem muss aufgrund des Holzfußbodens die Wasseraustrittsdüse der Reinigungspistole angepasst und ein anderes Reinigungsmittel verwendet werden. In Frage kommt dabei ein spezieller Aufsatz (Zubehörteil) oder eine gestalterische Anpassung der Düse selbst. Die Kindersicherung ist bereits im Produktspektrum vorhanden und kann damit als optionale Alternative gewählt werden. Die Funktion zur Gartenbewässerung wird bisher noch nicht angeboten und muss durch entsprechend zu entwickelnde Zubehörkomponenten (Erweiterung der Produktstruktur) realisiert werden. Gleiches gilt für die Aufbewahrung von Kleingegenständen. Hier ist eine ergänzende Ablagebox vorgesehen. Die ergonomische Anpassung des Hochdruckreinigers betrifft zwei Produktkomponenten, das sind der Griff bzw. der Abzug der Reinigungspistole und der Zugbügel. Der Abzug soll dabei mittels definierter Handmaße durch Griffmulden, der Zugbügel entsprechend der Körpergröße des Nutzers in seiner Länge angepasst werden. Die Anpassung der Anschlüsse betrifft lediglich die Schlauch- und Kabel-längen, da genormte Anschlüsse vorhanden sind. Die Eignung des Gerätes zur Nutzung im Garten und auf den Treppen erfordert eine Anpassung der Raddurchmesser. Für eine individuelle Aufwertung des Gehäusedesign kommen eine andere Formgestaltung oder ein alternativer Werkstoff der Oberschale in Betracht. Die Eignung des Hochdruckreinigers zur Aufbewahrung im Freien erfordert schließlich eine komplexe Anpassung des Produktes hinsichtlich einzusetzender Werkstoffe und der Produktgestalt (Dichtungen). Es wurde daher entschieden, hier am Produkt selbst keine Anpassungen vorzunehmen und die Forderung nach einer geeigneten Aufbewahrungslösung im Freien zu erheben.

Nach der Bestimmung des primären Adaptionsbedarfs wurden die daraus resultierenden Folgeadaptationen erfasst. Dies erfolgte mit Hilfe des in Bild 8-3 dargestellten Wirkungsnetzes der Änderungsabhängigkeiten, wobei die primär zu adaptierenden Produktelemente zur besseren Orientierung fett markiert sind.<sup>136</sup> Die konstruktive Anpassung der Hochdruckeinheit bleibt hier auf die Komponente begrenzt, da lediglich interne Änderungen vorzunehmen sind. Auch

---

<sup>136</sup> Im vorliegenden Fall werden die Änderungsabhängigkeiten ungerichtet dargestellt. Eine noch bessere Analysemöglichkeit würde durch Verwendung gerichteter Abhängigkeiten gegeben sein.

die Anpassung der Düse zeigt keine Folgewirkungen, da ein zusätzlicher Aufsatz verwendet werden kann, der keine konstruktive Anpassung der Reinigungspistole notwendig macht (entsprechende Schnittstellen sind in Form von Steckverbindungen bereits vorhanden). Die Funktion zur Gartenbewässerung wird als zusätzliche Baukomponente realisiert – auch hier sind keine Anpassungen am Hochdruckreiniger selbst zu erwarten, sofern vorhandene Schnittstellen genutzt werden können. Analog muss die Ablagebox neu entwickelt werden. Hierbei ist jedoch eine physische Schnittstelle zum Zugbügel relevant. Dieser muss zwar nicht adaptiert werden, allerdings muss die Aufnahme des Wasserschlauchs (Schlauchtrommel) wegen konkurrierender Bauräume entfallen. Der Zugbügel wird zudem im Rahmen der ergonomischen Produktpassung in seiner Länge modifiziert. Auch dies erfordert keine weiteren Produktpassungen. Keine Folgen haben wegen der lokal isolierten Änderungen zudem die ergonomische Anpassung des Abzugs der Reinigungspistole sowie die Anpassungen der Schlauch- und Kabellängen. Folgeadaptionen sind allerdings bei der Anpassung der Räder zu erwarten. Wie gut in Bild 8-3 zu erkennen ist, sind die Räder eng mit anderen Produktkomponenten vernetzt. Hierbei handelt es sich vorrangig um geometrische Abhängigkeiten. Aufgrund dieser Abhängigkeiten ist bei Modifikation des Raddurchmessers auch eine Längenanpassung des Standfußes und der Achsaufnahmen erforderlich. Auf eine Anpassung der Unterschale kann dadurch verzichtet werden, wodurch wegen der starken Vernetzung zahlreiche weitere Produktpassungen vermieden werden können. Um zahlreiche Folgeadaptionen zu umgehen, wird analog auf eine Änderung der Formgestaltung der Oberschale verzichtet. Allerdings ist eine Änderung des Werkstoffs der Oberschale bei Verwendung spritzgussfähiger Alternativmaterialien ohne weitere produktseitige Folgeadaptionen möglich.

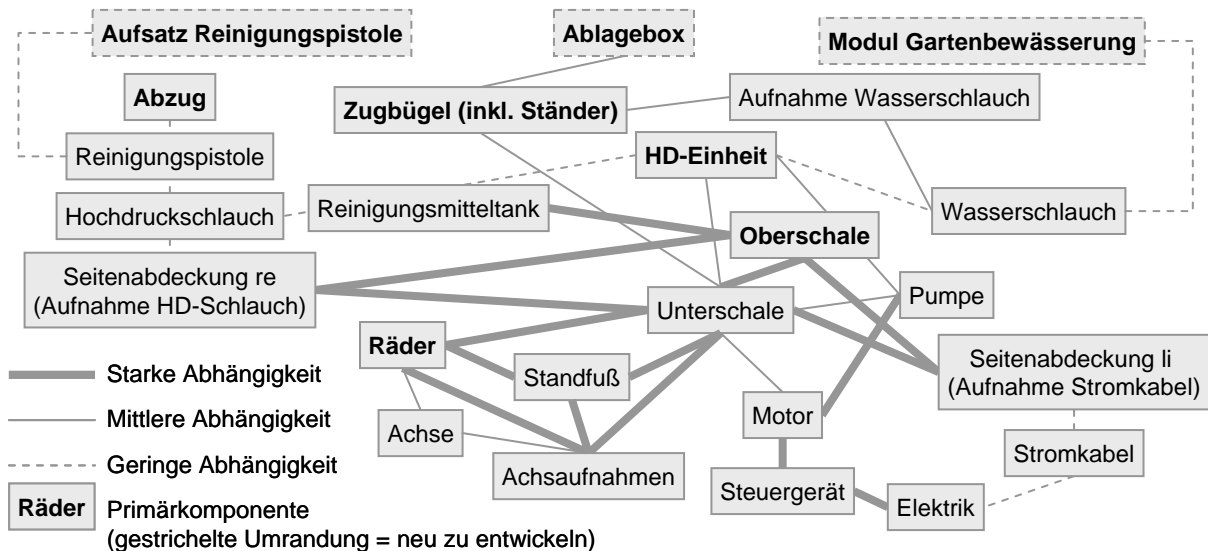


Bild 8-3. Wirkungsnetz der relevanten Änderungsabhängigkeiten

Auf Basis der nun bekannten Adaptionenbedarfe kann eine Bewertung des Aufwands-Nutzens-Verhältnisses vorgenommen werden. Im vorliegenden Beispiel erfolgte diese Bewertung mittels einer prozessorientierten Kostenschätzung und dem Vergleich der entstehenden Kosten

mit der im Rahmen der Anforderungsklä rung erhobenen Zahlungsbereitschaft und dem sich daraus ergebenden Zielkostenrahmen [vgl. hierzu auch BAUMBERGER & GAHR 2004]. In Bild 8-4 ist dieser Vergleich exemplarisch für drei individuelle Kundenanforderungen aufgezeigt.

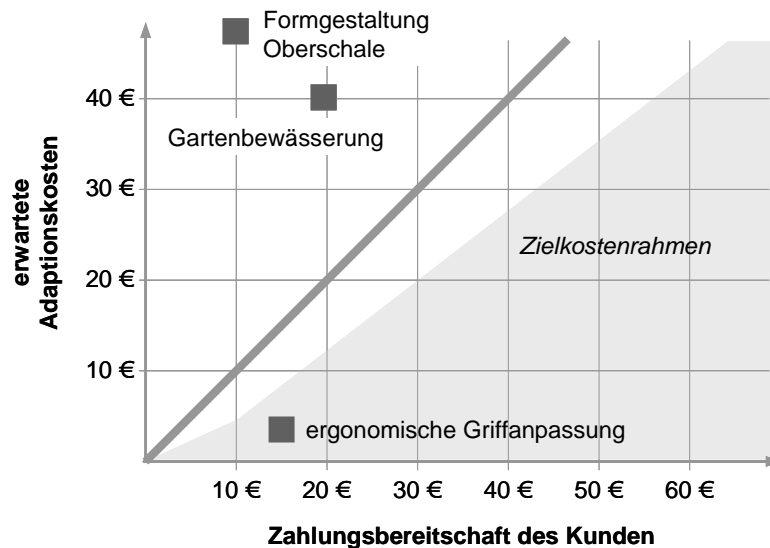


Bild 8-4. Bewertung der Kundenwünsche anhand Ziel- und prognostizierter Adaptionkosten

Die ergonomische Griffanpassung liegt dabei innerhalb des durch die Zahlungsbereitschaft des Kunden vorgegebenen Zielkostenrahmens. Das günstige Kosten-Nutzen-Verhältnis kommt vor allem durch die niedrigen Prozesskosten (häufig vorkommende Produkthanpassung und standardisierter Adaptionprozess) bei einer vergleichsweise hohen Zahlungsbereitschaft des Kunden zustande. Die Kundenanforderungen hinsichtlich der neuen Funktion Gartenbewässerung und der individuellen Formgestaltung der Oberschale liegen jedoch deutlich über dem zulässigen Kostenrahmen. Für die Umsetzung der Gartenbewässerung schlagen hier vor allem Entwicklungskosten zu Buche, die durch einen einzelnen Kunden kaum getragen werden können. Allerdings kommt eine derartige Funktion als neues Zubehörteil auch für weitere Kunden in Frage. Die neue Lösung erweitert damit das vorhandene Leistungspotenzial, auch wenn zunächst keine Kostendeckung erreicht wird. Es wird daher nach Bewertung des Marktpotenzials auf Umsetzung dieser Kundenanforderung entschieden. Die hohen Kosten bei der individuellen Gehäusegestaltung sind dagegen in den zahlreichen Folgeänderungen und der damit komplexen Produktadaption begründet. Dem steht nur eine geringe Zahlungsbereitschaft aufgrund beschränkter kundenseitiger Nutzeneffekte gegenüber. Da es sich zudem um eine einmalige kundenspezifische Produkthanpassung handelt, können keine weiteren wirtschaftlichen Effekte in Betracht gezogen werden. Diese Produkthanpassung ist damit nicht wirtschaftlich vorzunehmen. Somit wird auf eine Änderung der Form verzichtet. Die umgesetzte Lösung mit transparenter Kunststoffschale befindet sich dagegen im Kostenrahmen.

Die umgesetzten konstruktiven Anpassungen des Hochdruckreinigers sind abschließend in Bild 8-5 zusammengefasst. Auf zwei vorgenommene Produktadaptionen, die ergonomische

Griffanpassung und die Neuentwicklung des Bewässerungsmoduls, sowie zugeordnete Konstruktionsprozesse soll beispielhaft eingegangen werden. Die Anpassung des Abzugs der Reinigungspistole wurde auf Basis eines parametrischen Geometriemodells der Pistole vorgenommen. Die zur Anpassung benötigten Kundenmaße wurden mit Hilfe einer extra angefertigten Lehre ermittelt und in das CAD-Modell übertragen. Die konstruktive Umsetzung erfolgte durch korrigierende Produktadaption, d. h. Variantenkonstruktion auf Basis des vordefinierten Geometriemodells. Der Abzug wurde direkt anhand der kundenindividuellen CAD-Daten mittels des Fused Deposit Modelling-Verfahrens (FDM) hergestellt, welches für die Herstellung derartiger, eher gering komplexer Bauteile gut geeignet ist. Das Modul zur Gartenbewässerung stellte demgegenüber eine neu zu realisierende Produktfunktion dar. Daher konnte weder auf einen vordefinierten Adaptionprozess noch auf vorhandene Produktkomponenten zurückgegriffen werden. Zunächst wurden daher die grundlegenden strukturellen Rahmenbedingungen geklärt, d. h. welche Komponenten zur Realisierung der Funktion notwendig sind und wie eine Anbindung an die funktionale Struktur und die Baustruktur des vorhandenen Produktes erfolgen kann. Mittels einer Analyse der Produktstruktur wurden zunächst geeignete Freiräume für die Realisierung des Moduls gesucht. Aufgrund vorhandener, am Markt erhältlicher Bewässerungssysteme wurde entschieden, eine Kauflösung zu verwenden und diese über einen entsprechenden Adapter am Zugbügel des Hochdruckreinigers zu befestigen. Als Wasseranschluss kann das vorhandene System genutzt werden, da hier Standardanschlüsse und -steckverbindungen vorhanden sind. Der Adapter wurde entsprechend der, durch diese Produktschnittstellen vorgegebenen, Randbedingungen auskonstruiert und ebenfalls mit Hilfe des FDM-Verfahrens produziert. Sowohl der dabei durchlaufene Adaptionprozess als auch die entstandene Produktlösung führten zu einer entsprechenden Erweiterung des Leistungspotenzials.

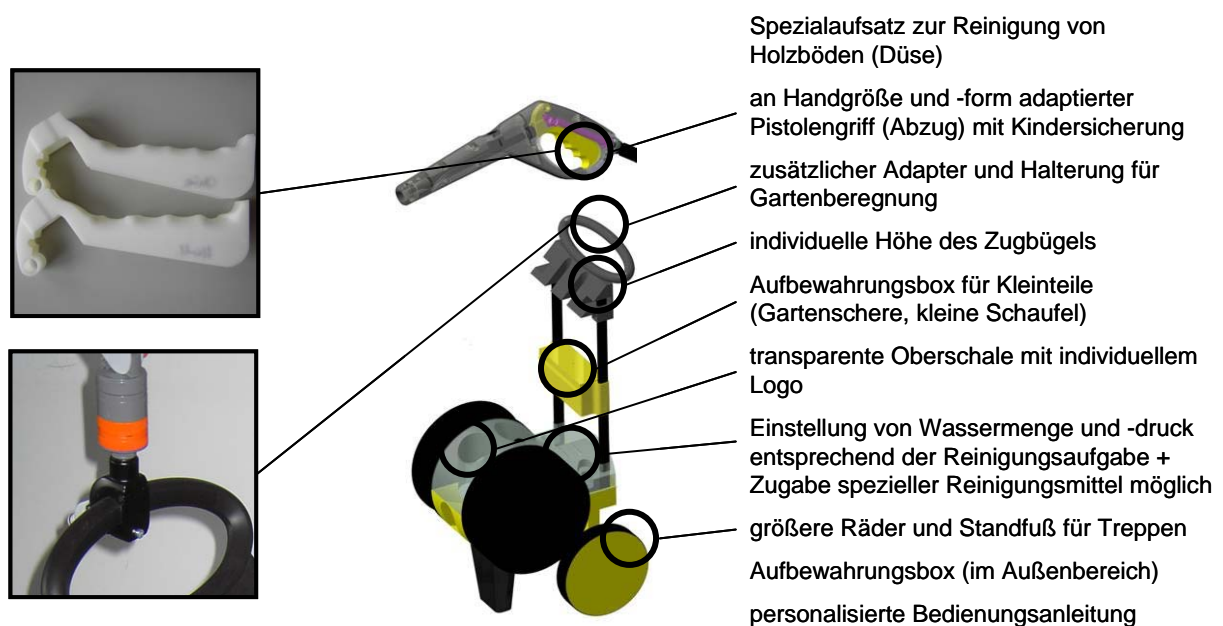


Bild 8-5. Kundenindividueller Hochdruckreiniger

### 8.1.3 Gewonnene Erfahrungen

Mit der beispielhaften Individualisierung des Hochdruckreinigers sollte das grundsätzliche Vorgehen bei der Erfassung individueller Kundenwünsche und deren konstruktiver Umsetzung demonstriert werden. Ob jede der präsentierten Produktanpassungen sinnvoll und wirtschaftlich gerechtfertigt ist, spielt für die Bewertung des Fallbeispiels eine untergeordnete Rolle. In Bezug auf die Erhebung der individuellen Kundenanforderungen war im vorliegenden Produktbeispiel insbesondere die auf Kundenseite mangelnde Erfahrung in der Identifikation eigener Ansprüche an ein solches Gebrauchsprodukt eine wesentliche Herausforderung. Hier bewährte sich zwar die eingesetzte Methode der Kundenszenarios als probates Hilfsmittel, deren Anwendung erforderte aber dennoch einige Produktkenntnis sowie allgemeine Erfahrung mit Produktentwicklungsmethoden. Der letztgenannte Aspekt bezieht sich insbesondere auf die Fähigkeit zum Umgang mit derartigen, halb strukturierten Vorgehensweisen und zur Interpretation entsprechender Ergebnisse, die meist nur in Form allgemeiner Zusammenhänge vorliegen. Es ist daher zu bezweifeln, dass die Methode in einem groß angelegten Individualisierungsmaßstab eingesetzt werden kann. Die Kundenszenarios stellen aber dennoch eine sinnvolle Erweiterung des methodischen Instrumentariums im Bereich der Anforderungserhebung dar, auch mit Bezug auf die Entwicklung von Sondermaschinen oder Serienprodukten. Ein weiterer Kritikpunkt in Bezug auf die allgemeine Vorgehensweise ist, dass die grundsätzliche Abfolge der einzelnen methodischen Schritte zwar bestätigt werden konnte, eine derart präzise Abgrenzung in der Praxis aber meist nicht erfolgt. Insbesondere ist hier eine Differenzierung zwischen Kunden- und Produktanforderungen sowie dem produktbezogenen Anpassungsbedarf schwierig und es liegt eher ein fließender Übergang zwischen diesen anforderungsbezogenen „Verarbeitungsstufen“ vor. Es muss daher bei der Anwendung des Vorgehensmodells berücksichtigt werden, dass eine vollständig strukturierte Übersetzung eher unrealistisch ist. Mit Blick auf eine massenhafte Individualisierung von Konsumprodukten ist damit zusammenfassend die strikte Abarbeitung des Vorgehensmodells eher nicht praktikabel. Hier sollte der Fokus auf vordefinierten Individualisierungsbereichen und der Verwendung standardisierter Adaptionsprozesse liegen. Allerdings zeigt das Modell die grundlegenden Vorgehensschritte und deren inhaltliche Zusammenhänge auf. Es ist damit im Sinne eines Modells bei der Definition, beim Aufbau und bei der Erweiterung des Leistungspotenzials vor allem im Falle neu auftretender Produktanforderungen durchaus von erheblicher praktischer Relevanz.

## 8.2 Kundenindividuelle Anpassung einer Etikettiermaschine

Anhand eines zweiten Fallbeispiels soll nachfolgend die Anwendung der in Kapitel 7 vorgestellten Methode zur systematischen Planung von kundenindividuellen Produktadaptionsprozessen aufgezeigt werden. Das Fallbeispiel umfasst die kundenindividuelle Anpassung einer Anlage zur Flaschenetikettierung und ist folglich dem Investitionsgüterbereich zuzuordnen. Im Folgenden soll exemplarisch die Umsetzung einer speziellen Kundenanforderung durch geplante und dokumentierte Adaptionsprozesse behandelt werden. Die vorrangige Zielstellung besteht hierbei darin, die grundlegenden Zusammenhänge bei der Prozessdefinition anhand einer realen Anwendung zu veranschaulichen.





werden, allerdings sollte dieses Modul aus Gründen der Gesamtabfüllanlagenkonfiguration zwischen zulaufendem und ablaufendem Transportband der Etikettiermaschine angeordnet werden. Diese Anordnung erfordert jedoch einen breiteren Abstand der Transportbänder, was wiederum zu einer veränderten Anordnung der Transportsterne und damit zu Modifikationen am Vortisch führt. Um einen Eindruck von den vielfältigen Änderungsabhängigkeiten innerhalb der beschriebenen Etikettiermaschine zu bekommen, ist rechts in Bild 8-6 ein änderungsbezogenes Gesamtwirkungsnetz der Hauptelemente schematisch aufgezeigt.<sup>137</sup> Die Sternsäulen als Träger des jeweiligen Transportsterns und der Überschübe sowie der Vortisch sind dabei markiert. Deutlich zeigt sich hier sowohl deren starke wechselseitige Änderungsabhängigkeit als auch deren ausgeprägte Vernetzung mit anderen Komponenten. Letztere ist ein Hinweis auf zahlreiche potenzielle Änderungsauswirkungen bzw. Folgeadaptionen bei Änderungen an diesen beiden Komponenten. Die Planung und Umsetzung dieser Änderungen im Rahmen des kundenindividuellen Adaptionprozesses soll im Folgenden anhand der relationsorientierten Planungsmethode aus prozessorientierter Sicht betrachtet werden.

### 8.2.2 Anwendung der relationsorientierten Prozesssynthese

Bei der Klärung bzw. Planung der für die Umsetzung der beschriebenen Kundenanforderung notwendigen Adaptionprozesse wurde nach dem in Kapitel 7.2 beschriebenen Vorgehen vorgegangen. Dabei mussten alle für die Produktadaption notwendigen Prozesse neu geplant werden. Dies erfolgte mittels der relationsorientierten Prozesssynthese. In Bild 8-7 ist dies für ausgewählte Prozesse des Fallbeispiels ausgeführt.

Ausgehend von der kundenindividuellen Anforderung nach einer neuen Funktion zur Flascheninspektion werden zunächst die betroffenen Komponenten des Produktes identifiziert. Dies erfolgt mit Hilfe einer Auswirkungsanalyse. Neben dem neu zu entwickelnden Funktionsmodul „Flascheninspektion“ bilden die Sternsäulen aufgrund der erforderlichen Änderung der Anordnung der Transportbänder den primären Individualisierungsbereich der Etikettiermaschine. Die Identifikation weiterer betroffener Komponenten erfolgt auf Basis des in Bild 8-6 angedeuteten Wirkungsnetzes. In Bild 8-7 ist ein daraus abgeleiteter Änderungsbaum schematisch dargestellt, der die Folgebeziehungen in übersichtlicher, hierarchischer Form aufzeigt. Im Baum sind ausgehend von der primär betroffenen Komponente mögliche Folgeänderungen abgebildet. Auf Basis der Auswirkungsanalyse wurden der Vortisch (bzw. die Tischplatte), die Überschübe, das Transportband, die Einteilschnecke und die Schmierung sowie der Maschinenschutz des Vortisches in Folge der Änderung des Vortisches als Elemente des sekundären Individualisierungsbereichs identifiziert. Diese Elemente wurden anschließend hinsichtlich ihres funktionalen, struktur- oder gestaltbezogenen Adaptionbedarfes analysiert, der entsprechend in den Schnittpunkten der Anforderungs-Komponenten-Matrix gekennzeichnet wird. Funktionaler Adaptionbedarf besteht im vorliegenden Beispiel

---

<sup>137</sup> Diese Darstellung ergibt sich bei der im Anhang A.6 beschriebenen Strukturanalyse nach MAURER & LINDEMANN [2006]. Sie zeigt Änderungsabhängigkeiten zwischen den Elementen, wobei sich aufgrund der Verwendung stärkebasierter Graphen Elemente mit starken, auch indirekten, Abhängigkeiten gruppieren und „Änderungscluster“ bilden.

hinsichtlich des neu zu entwickelnden Moduls „Flascheninspektion“. Struktureller Adaptionsbedarf kann bezüglich der Sternsäulen, des Transportbands, der Einteilschnecke und der Schmierung festgestellt werden. Die einzelnen Komponenten müssen zwar nicht direkt angepasst, d. h. konstruktiv modifiziert werden, allerdings muss deren Anordnung im Gesamtzusammenhang der Etikettiermaschine aufgrund der veränderten Lage der Transportbänder angepasst werden. Dies wird vor allem im Rahmen der Gesamtintegration und durch Zeichnungsänderungen berücksichtigt. Eine direkte, gestaltbezogene Anpassung ist hingegen beim Vortisch, bei den Überschüben und beim Maschinenschutz des Vortisches erforderlich. Entsprechend der identifizierten Relationen zwischen Produktkomponenten und kundenindividuellen Anforderungen sowie dem prognostizierten Adaptionsbedarf können nun die einzelnen Adaptionsprozesse abgeleitet werden. Dies erfolgt durch Zuordnung der jeweils relevanten, in Kapitel 7.1 beschriebenen, Basisaktivitäten. Zudem werden weitere prozesscharakterisierende Merkmale, wie Eingangs-, Ausgangs- und prozessspezifische Beschreibungsgrößen, ausgeprägt. Die Dokumentation dieser Prozesse erfolgt mittels der ebenfalls in Kapitel 7.1 beschriebenen Prozessbausteine (vgl. Bild 8-7).

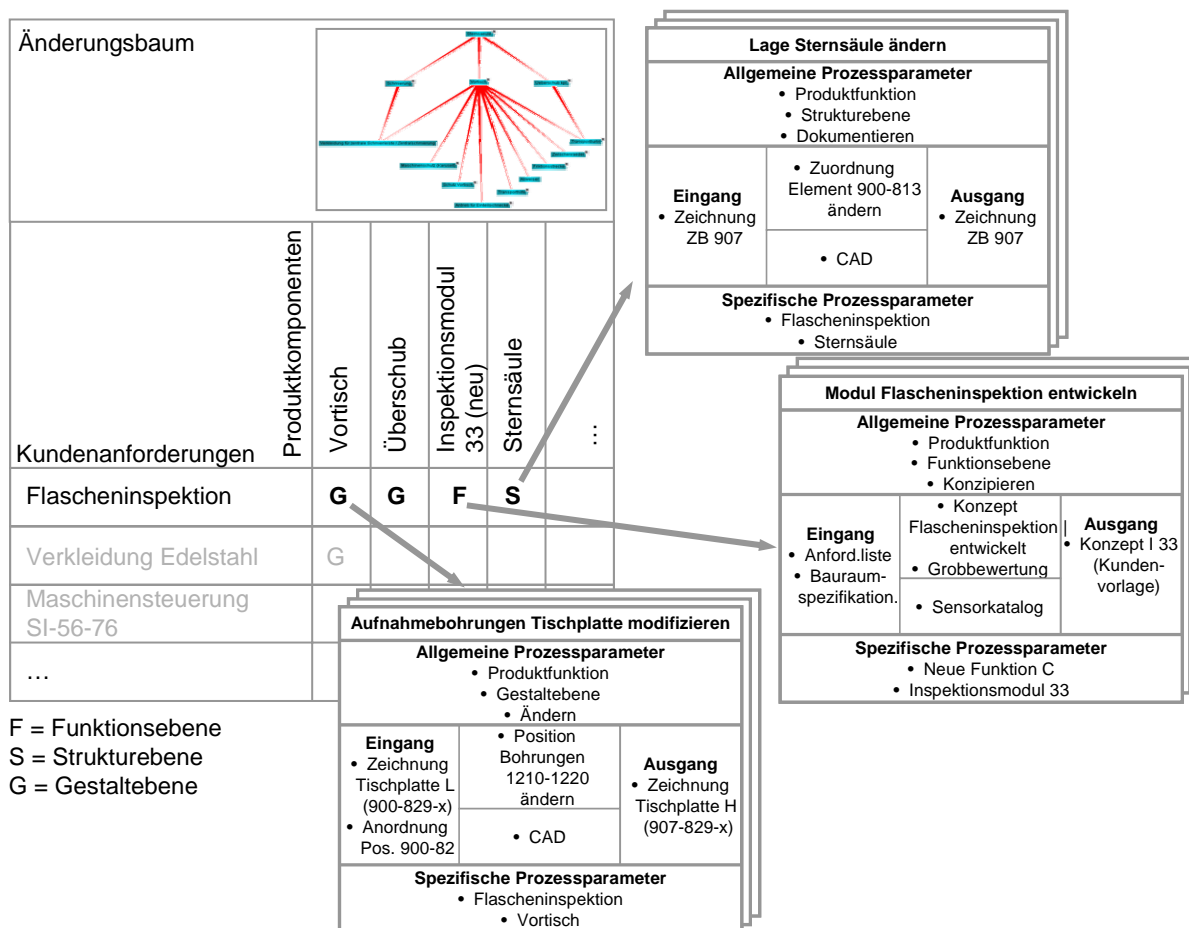


Bild 8-7. Ableitung der Produktadaptionsprozesse mittels relationsorientierter Prozesssynthese

Im vorliegenden Fallbeispiel werden für die funktionale Umsetzung des Inspektionsmoduls aufgrund der kompletten Neuentwicklung Analyse-, Konzipierungs-, Gestaltungs-, Auslegungs-, Integrations- und Absicherungsprozesse als notwendig erachtet. Zudem wird eine weitere Detaillierung der Aktivitäten auf Komponentenebene nach der Festlegung des Konzepts als hilfreich angesehen, da ein Teil der Komponenten (z. B. Flaschenteller) aus dem bestehenden Produktspektrum übernommen werden kann. Ergänzend sind Informationsbeschaffungsprozesse in Bezug auf mögliche Sensoren sowie Dokumentations-, Planungs-, kunden- seitige Koordinations- und Freigabeaktivitäten erforderlich. Bei Sternsäulen, Transportband, Einteilschnecke und Schmierung fallen lediglich Dokumentationstätigkeiten (Zeichnungs- änderungen) an. Beim Vortisch, den Überschüben und dem Maschinenschutz des Vortisches sind dagegen Änderungs- und Dokumentationsaktivitäten zur kundenindividuellen Adaption des Produktes hinsichtlich der neuen Inspektionsfunktion erforderlich. Beim Vortisch beziehen sich die gestaltbezogenen Modifikationen auf die Aufnahmebohrungen für Stern- säulen und Transportband einschließlich zugeordneter Antriebe. Zudem müssen steifigkeits- bezogene Verrippungen geändert werden, was zusätzliche Auslegungsaktivitäten notwendig macht. In engem Zusammenhang zur Modifikation des Vortisches steht die Anpassung des Maschinenschutzes Vortisch (Folgeadaption). Hierbei müssen am Vortisch die Säulen- aufnahmen und am Maschinenschutz die Abmessungen der Schutzscheiben und Querträger- elemente geändert werden. Die Überschübe müssen schließlich hinsichtlich ihrer Form an die neue Anordnung der Transportbänder und -sterne angepasst werden. Hierbei können die Tra- gelemente (Verschraubung an den Sternsäulen) beibehalten werden, lediglich der Kurvenver- lauf ist zu modifizieren. Auf Gesamtmaschinenebene sind schließlich aufgrund des größeren Änderungsumfangs Integrations- und Absicherungsmaßnahmen erforderlich. Zudem muss auf der Projektebene eine Gesamtfreigabe der Maschine erfolgen.

Im Anschluss an die Bestimmung der einzelnen Prozessschritte wird die Ablaufstruktur des Gesamtprozesses festgelegt. Dies erfolgt durch Zusammenfügen der einzelnen Prozessbau- steine zu einer, zunächst kundenwunschbezogenen, Prozesskette auf der Grundlage logischer Reihenfolgebeziehungen zwischen den Prozessbausteinen. Ergebnis ist ein so genannter Individualisierungspfad [vgl. auch GAHR 2006, S. 85 f.], der für die beschriebenen Produkt- adaption in Bild 8-8 beispielhaft abgebildet ist. In der stark vereinfachten Darstellung wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit auf eine detaillierte Ausarbeitung der Prozessbausteine und die Modellierung von zeitlichen Abhängigkeiten verzichtet. Im Anschluss an die rein komponentenbezogene Betrachtung muss der Prozesspfad zudem um Gesamtprodukt- und Projektbelange erweitert werden. Hier sind vor allem Koordinations- und Freigabeaktivitäten zu ergänzen.<sup>138</sup>

---

<sup>138</sup> *Übergreifende Planungs- und Koordinationsaktivitäten werden im vorliegenden Fall aufgrund der Begren- zung auf einen Kundenwunsch nicht betrachtet. Ebenso entfällt die Betrachtung von Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Kundenanforderungen. Das in der Abbildung verwendete Prozessmodul basiert auf der Zu- sammenfassung von Aktivitäten zu einem übergeordneten, aggregierten Prozessbaustein. Dies unterstützt nicht nur eine übersichtlichere Darstellung, sondern erlaubt auch die separate Speicherung und gezielte Anpassung derartiger Teilprozesse im Prozessspektrum. „Blobs“ stellen dagegen stark vernetzte Aktivitäten dar, die im Adaptionsprozess am besten integriert zu bearbeiten sind (vgl. Anhang A.7).*

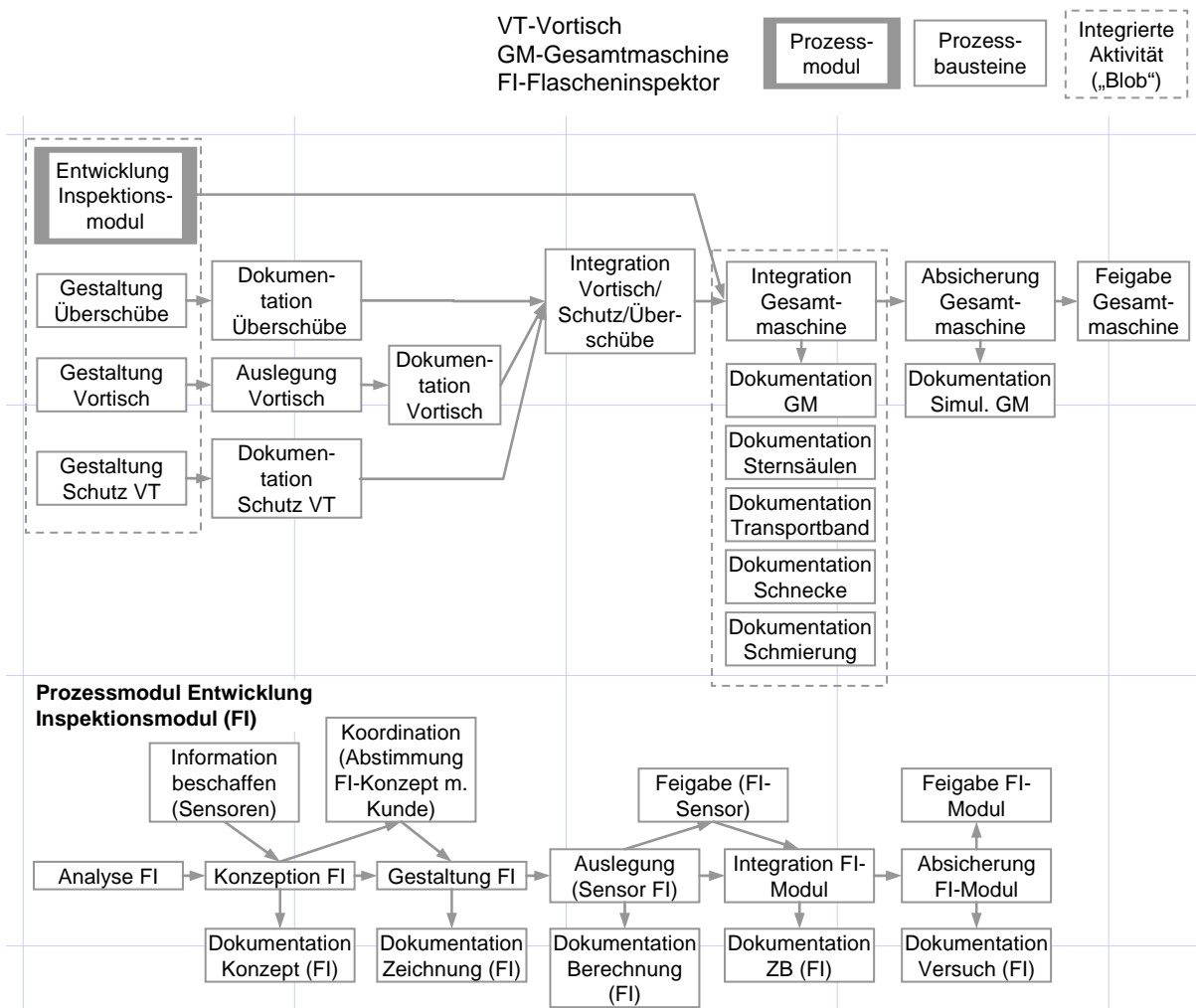


Bild 8-8. Produktadaptionprozess für eine neue Flascheninspektionsfunktion (vereinfachte Darstellung)

### 8.2.3 Gewonnene Erfahrungen

Anhand des Fallbeispiels einer kundenspezifischen Funktionserweiterung einer industriellen Produktionsanlage wurde die Anwendung der Methode zur relationsorientierten Prozesssynthese und des zugrunde liegenden allgemeinen Vorgehens zur Planung von Entwicklungsprozessen demonstriert. Dabei hat sich gezeigt, dass derartige Adaptionprozesse vergleichsweise gut planbar sind, da sie einen relativ hohen Strukturierungsgrad sowohl in Bezug auf die Entwicklungsziele (Anforderungsstruktur) als auch bezüglich der betroffenen Produktkomponenten (Produktstruktur) aufweisen. In Kombination mit einer systematischen Auswirkungsanalyse, d. h. der Zuordnung von Anforderungen zu Produktkomponenten und der Bestimmung von Adaptionbedarfen und Folgewirkungen, sowie der systematischen Prozessbeschreibung mittels Prozessbausteinen und generischer Basisaktivitäten kann damit eine sehr zielgerichtete

und strukturierte Entwicklungsprozessplanung unterstützt werden. Die grundlegende Anwendbarkeit und Nützlichkeit der auf dieser Basis konzipierten Planungsmethode konnte anhand des vorliegenden Fallbeispiels nachgewiesen werden. Als besonders praktikabel und anwendungsnah hat sich hierbei das festgelegte Detaillierungsniveau der Prozessmodellierung herausgestellt. Die Prozessbeschreibung auf der Ebene elementarer Komponenten-Aktivitäten-Verknüpfungen ermöglicht nicht nur eine ausreichend genaue Beschreibung des Prozesses, sondern unterstützt auch die Zuordnung von Hilfsmitteln, Ressourcen und Informationen zu den einzelnen Prozessaktivitäten. Der Prozessbausteinansatz hat sich dabei sehr gut bewährt – vor allem, weil damit ein sinnvoll granularer Prozessausschnitt strukturiert beschrieben wird, aber auch wegen der immanenten Möglichkeit zur Konfiguration von Prozessen. Im Hinblick auf diese erscheint auch die Verwendung aggregierter Prozessbausteine, so genannter Prozessmodule, als ein besonders viel versprechender Ansatz. Auf diese Weise kann vor allem die Komplexität der Prozessmodellierung erheblich reduziert werden. Allerdings hat das Fallbeispiel auch gezeigt, dass noch erheblicher Handlungsbedarf hinsichtlich einer geeigneten Unterstützung des strukturellen Konfigurationsproblems, d. h. der zweckmäßigen Verknüpfung und Integration der Bausteine in den Gesamtprozess besteht. So ist z. B. die Eingliederung indirekter Konstruktionsaktivitäten, wie Dokumentations-, Freigabe- und Koordinationsaktivitäten, in den flussorientierten Konstruktionsprozess noch nicht optimal gelöst. Hier wären Methoden zur Unterstützung der Ablaufstrukturierung hilfreich. Ebenso hat sich im Fallbeispiel gezeigt, dass rechnergestützte Werkzeuge zur Prozessmodellierung ein unverzichtbares Hilfsmittel zur Handhabung von Modellierungsumfang und -komplexität darstellen, zumal diese auch für den Aufbau einer prozessbezogenen Wissensbasis unerlässlich sind. Im Rahmen von Kapitel 7.3 wurden hierzu jedoch geeignete Ansätze aufgezeigt.

### **8.3 Zusammenfassung**

In Kapitel 8 wurden die wesentlichen, methodischen Konzepte der vorliegenden Arbeit in zwei exemplarischen Fallbeispielen angewendet. Dabei handelte es sich um die beispielhafte Individualisierung eines Konsumguts ausgehend von einem existierenden Standardprodukt sowie um die kundenindividuelle Anpassung eines Maschinenbauproduktes aus dem Investitionsgüterbereich. Die gewählten Anwendungsbeispiele sind dabei keine individualisierten Produkte im eigentlichen Sinn. Dies ist darin begründet, dass es eine massenhafte Produktindividualisierung in dem in der Arbeit beschriebenen Rahmen und Umfang heute bei komplexeren Produkten noch nicht gibt. Die Absicherung der entwickelten Vorgehensweisen und Methoden ist also dementsprechend schwierig. Andererseits sind die zugrunde liegenden Problemstellungen – zunehmende Anzahl an Kundensonderwünschen und resultierende Variantenvielfalt – vor allem im Maschinenbau und in der Fahrzeugtechnik sehr präsent und werden mit den vorliegenden Beispielen exemplarisch widergespiegelt.

Im Vordergrund des ersten Fallbeispiels stand die Anwendung des Vorgehensmodells zur kundenindividuellen Produktdefinition. Hier wurden ausgewählte Methoden zur individuellen Anforderungserhebung und -verarbeitung sowie zur konstruktiven Umsetzung von kundenspezifischen Kundenwünschen beispielhaft angewendet. Der Schwerpunkt lag dabei in der Demonstration des in der vorliegenden Arbeit entwickelten Vorgehenskonzeptes. Es hat sich

hier gezeigt, dass zwischen dem grundsätzlichen konstruktionsmethodischen Vorgehen und der tatsächlichen Umsetzung der massenhaften Produktindividualisierung differenziert werden muss. So macht der reine Umfang der *massenhaften* Produktindividualisierung Verfahren und Werkzeuge erforderlich, die auf die jeweiligen Randbedingungen, d. h. Kundengruppen, Produktstrukturen und Freiheitsgrade, sowie entsprechende Fertigungsmöglichkeiten, genau abgestimmt sind. Das konzipierte und in diesem Kapitel angewendete, allgemeine Vorgehensmodell kann dabei als Leitlinie und methodische Grundlage dienen, jedoch kaum im Rahmen der tatsächlichen Abwicklung zum Tragen kommen.

Im Rahmen des zweiten Fallbeispiels wurde anhand eines konkreten kundenspezifischen Adaptionsbedarfs die Planung zugeordneter Prozesse demonstriert. Hier kamen die in der vorliegenden Arbeit aufgezeigten Methoden zur strukturierten Prozessmodellierung mittels Prozessbausteinen und zur systematischen, relationsorientierten Prozesssynthese zum Einsatz. Auch hier hat sich gezeigt, dass die dargestellten Methoden eine gute Grundlage der Umsetzung bilden, jedoch durch geeignete „massentaugliche“ Modellierungs- und Planungswerkzeuge ergänzt werden müssen. Das aufgezeigte, rein methodenbasierte Vorgehen ist allenfalls für die Anwendung im Rahmen der Projektplanung bei Sondermaschinen geeignet. Für eine Erschließung der vermuteten Effektivitäts- und Effizienzvorteile der massenhaften Produktindividualisierung sind hier geeignete Ansätze zum automatischen Aufbau und zur Nutzung des prozessbezogenen Leistungspotenzials Erfolg entscheidend. Dies betrifft insbesondere die integrierte Anwendung der in Kapitel 7.3 aufgezeigten Ansätze zur rechnergestützten Modellierung und zur wissensbasierten Planung von Entwicklungsprozessen.

Auf Grundlage der beispielhaften Anwendungen können zudem weitere, übergreifende Aspekte als besonders kritisch in Bezug auf eine Umsetzung des Wertschöpfungskonzeptes der massenhaften Produktindividualisierung herausgestellt werden. So ist die Bedeutung der Produktstrukturplanung unzweifelhaft. Sie ermöglicht nicht nur die gezielte Kreierung und Isolierung von Individualisierungsbereichen, sondern hilft auch bei der Klärung von (ungeplanten) Änderungsauswirkungen und stellt damit eine wesentliche methodische Basis der präsentierten Konzepte dar. Ein weiterer kritischer Aspekt der Umsetzung ist die Herstellung individualisierter Produkte mittels geeigneter Rapid-Manufacturing-Verfahren. Deren qualitatives und quantitatives Leistungsvermögen muss allerdings noch weit über das heute verfügbare Rapid Prototyping-Verfahren hinausgehen. Abschließend hat damit die Anwendung der entwickelten Methoden im Rahmen der Beispielanwendungen vor allem den verbleibenden Handlungsbedarf bestätigt. Entsprechend des in Kapitel 2 dargestellten Forschungsansatzes war es aber auch nicht das Ziel, die vorgeschlagenen Methoden vollständig abzusichern. Dazu bestand insofern auch keine Notwendigkeit, als es sich bei dem Großteil der verwendeten Methoden um erprobte Ansätze handelt, die in der vorliegenden Arbeit zu einem angepassten methodischen Gesamtkonzept für die Planung und Realisierung kundenspezifischer Anpassungen bei individualisierten Produkten integriert wurden. Das Zusammenspiel dieser Methoden jedoch sowie deren praktische Nützlichkeit im Anwendungskontext konnten hier, zumindest im Grundsatz, nachgewiesen werden.





## 9 Zusammenfassung

*Nachfolgend werden die wesentlichen Inhalte der Arbeit zusammengefasst. Hierbei wird noch einmal kurz auf die Problemstellung, die Zielsetzung, das Vorgehen sowie die wesentlichen Ergebnisse eingegangen. Im Ausblick werden schließlich unbeantwortete Fragestellungen aufgezeigt und Hinweise auf weitere notwendige oder sinnvolle Forschungs- und Umsetzungsaktivitäten gegeben.*

### 9.1 Problemstellung und Zielsetzung

Das Umfeld von Unternehmen ist heute von hoher Komplexität geprägt. Das Markt-, Wettbewerbs- und technologische Umfeld sind vielschichtig miteinander vernetzt und unterliegen dynamischen Veränderungen. Unternehmen müssen darauf mit einer entsprechenden Diversifizierung und Flexibilisierung ihrer Strukturen und ihres Leistungsprogramms reagieren. Die Frage, wie der gegebenen externen Komplexität eine angemessene, d. h. auch wirtschaftlich und organisatorisch zu bewältigende, unternehmensinterne Komplexität entgegengesetzt werden kann, gehört zu den wesentlichen Kernfragen der modernen Betriebswissenschaften.

Der Produktentwicklung kommt in diesem Kontext eine besondere Rolle zu, als hier geklärt und definiert wird, mit welchen Produkten unter Beachtung wirtschaftlicher Restriktionen der angestrebte Markterfolg erzielt werden kann. In der Vergangenheit überwog dabei eine sehr unternehmensgetriebene Herangehensweise, d. h. Produkte wurden auf Basis angenommener Kundenbedürfnisse entwickelt und vermarktet. Damit einhergehende Probleme, wie mangelnde Erfolgsraten von Neuprodukten und eine nach und nach überbordende Variantenvielfalt bei gleichzeitig schwachen Erträgen, kehren dieses Paradigma der Leistungserstellung und Marktbearbeitung heute immer mehr in ein kundenbezogenes Angebot von Unternehmensleistungen um. Das neue Entwicklungsparadigma ist hierbei aber nicht durch eine bloße Erhöhung der allgemeinen Kundenorientierung, sondern durch ein vollkommen neues Wertschöpfungskonzept, die Individualisierung von Produkten und Dienstleistungen, gekennzeichnet. Dieses Wertschöpfungskonzept beinhaltet die Integration des einzelnen Kunden in den Wertschöpfungsprozess und verlangt die Schaffung von Leistungsstrukturen auf Produkt- und Prozessebene, mit denen eine bedarfsgerechte Umsetzung individueller Kundenwünsche bei gleichzeitiger Erschließung von Effektivitäts- und Effizienzvorteilen ermöglicht werden kann.

Im Mittelpunkt der Arbeit steht in diesem Zusammenhang die Gestaltung der Prozesse der kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten. Im Kontext dieses Themenfeldes ergeben sich drei wesentliche Problemstellungen:

- Um eine kundenspezifische Produkthanpassung vornehmen zu können, müssen die individuellen Anforderungen des Kunden geklärt werden. Da in der Regel kein produkt- und fachspezifisches Wissen beim Kunden vorausgesetzt werden kann, muss diese Klärung durch geeignete Systematiken und Methoden unterstützt werden.

- Die individuellen Anforderungen müssen in einem kundenspezifisch gestalteten Produkt umgesetzt werden. Dazu ist die Übertragung der Anforderungen in Produkteigenschaften und einzelne gestaltbare Produktparameter notwendig. Hierbei müssen nicht nur die Art der Produkthanpassung und mögliche Auswirkungen spezifiziert werden, sondern es ist vor dem Hintergrund eines eventuell bereits existierenden Leistungspotenzials auch der jeweilige konkrete Entwicklungsbedarf zu bestimmen.
- Die individuelle Gestaltung des Produktes wird innerhalb kundenspezifischer Entwicklungs- und Konstruktionsprozesse vorgenommen. Die Prozesse sind damit die Träger der vorzunehmenden Produkthanpassungen und müssen durch geeignete Methoden geplant werden. Die Prozesse bilden zugleich einen Bestandteil des unternehmensbezogenen Leistungspotenzials.

Der massenhafte Vollzug der Produktindividualisierung ist hierbei den identifizierten Problemstellungen als Randbedingung übergeordnet, woraus sich erhebliche Zusatzanforderungen hinsichtlich der Strukturiertheit, Durchgängigkeit und Operationalisierbarkeit der eingesetzten Methoden ergeben. Zielsetzung der Arbeit ist daher die Ableitung eines integrierten methodischen Konzepts zur Unterstützung der massenhaften Individualisierung von Produkten. Im Mittelpunkt steht hier die Entwicklung einer speziellen Konstruktionsmethodik zur kundenindividuellen Produktdefinition bei individualisierten Produkten. Diese Konstruktionsmethodik soll eine strukturierte Vorgehensweise und zuordnete Methoden zur individuellen Anforderungsklä rung und Produkthanpassung beinhalten. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der prozessorientierten Abwicklung individueller Produktadaptionen. Mit den im Rahmen der Arbeit entwickelten Vorgehensweisen, Strukturierungshilfen und Planungsinstrumenten sollen Entwickler in der Praxis in die Lage versetzt werden, kundenspezifische Produkthanpassungen in einer zielgerichteten und effizienten Weise vorzunehmen.

## 9.2 Vorgehen

Ausgehend von dieser Problem- und Zielstellung sowie den in Kapitel 1.3 abgeleiteten Teilzielen der Arbeit wurden zu Beginn die wesentlichen begrifflichen und inhaltlichen Grundlagen geklärt und der Handlungsbedarf bestimmt. Anschließend wurde ein entsprechendes Lösungskonzept erarbeitet und fallweise angewendet. Der Arbeit lag hierbei ein pragmatischer wissenschaftlicher Ansatz zu Grunde. Im Vordergrund stand nicht die theoretische Erklärung von beobachtbaren Phänomenen, sondern die Bereitstellung praktisch hilfreicher Lösungsverfahren zum Umgang mit real auftretenden Problemstellungen.

Zunächst wurden die Grundlagen in den drei relevanten Bereichen der Produktindividualisierung, der methodischen Produktentwicklung und des Managements von Entwicklungsprozessen aufgearbeitet. Hierbei wurde bestimmt, was unter individualisierten Produkten verstanden wird, welche Ursachen für eine zunehmende Individualisierung in Betracht kommen und welche Auswirkungen sich daraus für die Leistungsgestaltung von Unternehmen ergeben. Zudem wurden eine Bewertung der Nutzenpotenziale und Restriktionen der Produktindividualisierung sowie eine Abgrenzung zu den verwandten Konzeptionen der Einzelfertigung und der variantenreichen Serienfertigung vorgenommen. Als wesentliche Erfolgsfaktoren der massen-

haften Produktindividualisierung wurden dabei die aufwandsarme Erfassung individueller Kundenanforderungen, deren optimale Umsetzung in durchgängigen Wertschöpfungsprozessen sowie der bedarfsorientierte Aufbau und die Nutzung eines produkt- und prozessbezogenen Leistungspotenzials identifiziert. In Bezug auf die methodische Produktentwicklung lagen die Schwerpunkte der Untersuchung auf den grundsätzlichen systemtechnischen Zusammenhängen und deren inhaltlicher Ausgestaltung in Form von Vorgehensmodellen und existierenden Methoden der Anforderungsklä rung und Produktgestaltung. Darauf aufbauend wurden wesentliche Randbedingungen der Entwicklung individualisierter Produkte herausgestellt und die sich daraus ergebenden Anforderungen in Bezug auf die grundlegende Struktur der Entwicklungsprozesse diskutiert. Zwei wesentliche Teilaspekte, die vorgelagerte Produktstrukturplanung und die kundenindividuelle Produktdefinition, wurden in diesem Zusammenhang detailliert erörtert. Bezüglich des Managements von Entwicklungsprozessen lagen die Schwerpunkte der Untersuchung schließlich auf der allgemeinen und der produktentwicklungsbezogenen Charakterisierung des Prozesskonstruktes sowie der Analyse relevanter Eigenschaften und Einflussgrößen von Entwicklungsprozessen. Darauf aufbauend wurden existierende Methoden der Prozessmodellierung und -planung als die im vorliegenden Kontext wesentlich erachteten Aspekte des Prozessmanagements untersucht und bewertet.

Auf Basis der aus den beschriebenen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse konnte ein Handlungsbedarf in Bezug auf die kundenspezifische Produktdefinition bei individualisierten Produkten abgeleitet werden. So existieren zwar eine Reihe von Einzelmethoden im Bereich der Produktentwicklung und der zugehörigen Prozessgestaltung, die auch im Kontext der Produktindividualisierung relevant sind, es mangelt aber an einem spezialisierten Konzept zur durchgängigen Beschreibung und methodischen Unterstützung des Prozesses von der kundenindividuellen Anforderungsklä rung bis zu deren gestaltbezogener Umsetzung. Zudem fehlt eine angemessene Strukturierung der kundenindividuellen Anforderungs- und produktbezogenen Gestaltungsbereiche sowie eine Methode zur systematischen Verarbeitung derartiger Strukturen im Rahmen der Anforderungsklä rung, Produktgestaltung und Entwicklungsprozessplanung. Entsprechend dieses Handlungsbedarfs wurde ein integriertes methodisches Konzept zur kundenspezifischen Produktdefinition bei individualisierten Produkten entwickelt. Als dessen wesentliche Bestandteile wurden ein Basismodell zur Beschreibung kundenindividueller Produktadaptionen, ein Vorgehensmodell zum methodengeleiteten Vollzug der kundenspezifischen Produktdefinition und ein Planungsmodell zur Ableitung dabei notwendiger Entwicklungsprozesse ausgearbeitet. Abschließend wurden die erarbeiteten Modelle und Methoden im Rahmen von zwei Fallbeispielen mit dem Ziel angewendet, deren grundsätzliche Wirksamkeit und Nützlichkeit nachzuweisen und Verbesserungspotenziale zu identifizieren.

### **9.3 Ergebnisse**

Basierend auf einer umfassenden Analyse des Wertschöpfungskonzepts der massenhaften Produktindividualisierung konnte nachgewiesen werden, dass individualisierte Produkte signifikante Unterschiede zu konventionellen Produkten aufweisen. Gleichermä ßen unterscheiden sich die zugeordneten Produktentwicklungsprozesse. Eine entscheidende Grundlage und

ein konzeptionelles „Alleinstellungsmerkmal“ individualisierter Produkte ist hierbei die vorgelagerte Produktstrukturplanung mit der Definition von individuellen Gestaltungsfreiräumen und der Schaffung einer änderungsrobusten Produktarchitektur. Die Produktstruktur bildet den Rahmen für die kundenindividuelle Produktdefinition und die hier stattfindenden Prozesse. Diese kundenindividuelle Produktdefinition schließt die Identifikation individueller Kundenbedürfnisse, deren Übersetzung in Produkteigenschaften und Gestaltparameter und die konstruktive Umsetzung im Rahmen von Adaptionprozessen ein.

Zur Strukturierung und Unterstützung dieser systematischen Transformation von individuellen Kundenanforderungen in Produkteigenschaften wurde ein grundlegendes Beschreibungsmodell kundenindividueller Produktadaptionen konzipiert. Dieses Basismodell charakterisiert die prinzipielle inhaltliche Struktur einer vorzunehmenden Produktadaption. Hierbei wird in die Produkthanpassung selbst sowie die ihr zu Grunde liegenden Ursachen und ihre Auswirkungen differenziert. Die Produkthanpassung kann demnach durch die zu adaptierenden Produktkomponenten und die jeweiligen konstruktiven Anpassungen auf funktionaler, struktureller oder Gestaltebene beschrieben werden. Die Ursachen dieser Anpassungen sind vor allem die Kundenanforderungen sowie die daraus resultierenden individuellen Produkteigenschaften. Diese können funktionaler sowie schnittstellen-, formgestaltungs- oder ausführungbezogener Natur sein. Auswirkungen der vorgenommenen Produktadaptionen können schließlich weitere produktbezogene Folgeanpassungen sowie prozess- und zielbezogene Veränderungen sein (z. B. Herstellungs-, Beschaffungsprozesse, Kosten-, Zeitwirkungen).

Auf diesem Basismodell aufbauend wurde anschließend ein Vorgehensmodell für die kunden-spezifische Produktdefinition entwickelt. Der Produktdefinitionsprozess wird hierbei auf der obersten Ebene durch die Phasen der kundenindividuellen Anforderungserhebung, der Übersetzung der individuellen Kundenanforderungen in Produkteigenschaften und Gestaltparameter, der Bestimmung und Bewertung des konkreten Adaptionsbedarfes sowie der eigentlichen, konstruktiven Produkthanpassung beschrieben. Den einzelnen Phasen sind ausgewählte Methoden zur Anforderungserhebung, Anforderungsverarbeitung, Auswirkungsanalyse, Nutzensbewertung und Produktgestaltung zugeordnet. Eine Sonderstellung nimmt hierbei die speziell konzipierte Methode der szenariobasierten Anforderungsklä rung ein, die nicht nur eine kundenorientierte Anforderungserhebung unterstützt, sondern mit der auch die im Basismodell beschriebenen Strukturen und Zusammenhänge in einem integrierten methodischen Konzept berücksichtigt werden.

Zur konkreten Bestimmung und Beschreibung der notwendigen Adaptionprozesse im Rahmen der Prozessdefinition wurde schließlich ein Planungsmodell für Adaptionprozesse konzipiert. Das Modell besteht zum einen aus einer angepassten Modellierungsmethode für Adaptionprozesse auf der Basis von Entwicklungsprozessbausteinen sowie zum anderen aus einer Methode zur anforderungsorientierten Prozessdefinition. Die Modellierung mit Hilfe von Prozessbausteinen ermöglicht hierbei eine spezialisierte und sehr strukturierte Beschreibung der einzelnen Schritte im Adaptionprozess und des zugeordneten Individualisierungssachverhaltes. Außerdem erlauben Prozessbausteine eine Konfiguration zu Prozessketten und Gesamtprozessen. In Ergänzung zu bestehenden bausteinorientierten Prozessmodellierungsansätzen wurde zudem ein Set generischer Basisaktivitäten identifiziert, mit denen eine sehr strukturierte inhaltliche Beschreibung von Adaptionprozessen unterstützt werden kann. Die

Methode zur anforderungsorientierten Prozessdefinition baut sehr stark auf der beschriebenen Prozessmodellierung auf. Kernelement ist hier die Methode zur relationsorientierten Prozesssynthese, mit der erstmalig auftretende Adaptionen systematisch abgeleitet werden können. Diese Ableitung basiert auf der Vernetzung von Kundenanforderungen und betroffenen Produktkomponenten. Den jeweiligen Relationen werden dabei die Basisaktivitäten zugeordnet, die mittels Prozessbausteinen konkret ausgeprägt werden. Für die konzipierten Methoden der Prozessplanung wurden abschließend bestehende Möglichkeiten zur Rechnerunterstützung analysiert. Neben Werkzeugen zur Prozessmodellierung und Ablaufsteuerung mittels Workflowmanagementsystemen wird wissensbasierten Prozessplanungssystemen hier ein erhebliches Potenzial eingeräumt. In Kombination mit der präsentierten Methode zum Prozessentwurf sind diese Systeme gut geeignet, den Aufbau und die Nutzung eines prozessbezogenen Leistungspotenzials als einem weiteren elementaren Baustein des Konzepts der massenhaften Produktindividualisierung umsetzen.

Im Rahmen zweier Beispiele aus dem Konsum- und dem Investitionsgüterbereich wurden die präsentierten methodischen Ansätze schließlich angewendet. Hierbei konnte deren prinzipielle Wirksamkeit nachgewiesen werden. Insbesondere das durchgängige methodische Konzept und die im Rahmen der Arbeit vorgenommenen Systematisierungen der individuellen Kundenanforderungen, Gestaltebenen, Adaptionenprinzipien und Prozessaktivitäten haben sich grundsätzlich bewährt, wenngleich diese durch fortlaufenden Praxiseinsatz noch weiter präzisiert werden können. Als ambivalent sind jedoch die beschriebenen Vorgehensweisen und Methoden, sowohl zur Identifikation und Umsetzung individueller Kundenanforderungen als auch zur Planung zugeordneter Adaptionenprozesse, im Hinblick auf eine *massenhafte* Produktindividualisierung anzusehen. So muss bezweifelt werden, dass sich ein derart methodengeleitetes Vorgehen bei der Abwicklung vielfacher kundenindividueller Adaptionenprozesse praktikabel anwenden lässt. Hier steht jedoch nicht die grundsätzliche Nützlichkeit der entwickelten Methoden, sondern eher deren praktische Umsetzung in Frage. Für eine massenhafte Verarbeitung von individuellen Kunden-, Produkt- und Prozessinformationen wird daher zusätzlich der Einsatz geeigneter informations- und produktionstechnischer Werkzeuge und Verfahren als unerlässlich angesehen. Hier stehen mit den gezeigten wissensbasierten Planungs- und Steuerungssystemen und den angesprochenen Rapid Manufacturing-Verfahren jedoch prinzipiell viel versprechende Ansätze zur Verfügung.

## 9.4 Ausblick

Mit der vorliegenden Arbeit wurden wesentliche konzeptionelle Grundlagen der kundenindividuellen Produktdefinition bei individualisierten Produkten in Form von Vorgehensweisen und Methoden geschaffen. Dennoch hat gerade deren Anwendung im Rahmen der Fallbeispiele erheblichen Handlungsbedarf in Bezug auf eine vollständige Implementierung nicht nur der präsentierten Ansätze, sondern auch bezüglich des gesamten Konzepts der massenhaften Produktindividualisierung offenbart. Als ein wesentlicher Aspekt wird hier die konzeptionelle Vertiefung und Umsetzung der aufgezeigten rechnergestützten Ansätze zur wissensbasierten Prozessplanung und -steuerung angesehen. Geeignete vorhandene Werkzeuge müssen dabei ausgewählt, strukturell und inhaltlich an die dargestellten Vorgehensweisen und Methoden

angepasst sowie in einem durchgängigen rechentechnischen Rahmenkonzept integriert werden. Als viel versprechende Plattform wird hier die Workflowtechnologie angesehen, die sowohl die Modellierung und Planung als auch die automatische Ausführung von Prozessen unterstützt.

Eine sinnvolle Erweiterung nicht nur in Bezug auf den Einsatz wissensbasierter Systeme stellt auch die Einbeziehung der Suche nach vorhandenen Produktkomponenten (Wiederholteilen) und deren Anpassung dar, die aus der bisherigen Betrachtung wegen der Fokussierung auf den *Prozess* der Produktdefinition weitestgehend ausgeklammert wurde. Hier muss die prozessbezogene Sicht auf das Leistungspotenzial durch eine produktbezogene Sichtweise erweitert werden, womit zugleich eine Reihe weiterer methodischer Fragestellungen einhergehen. So muss beispielsweise der Sachverhalt der Adaption einer vorhandenen Komponente auf Basis neuer, aber ähnlicher Kundenanforderungen methodisch weiter ausgearbeitet werden. Hierzu erfolgte in der vorliegenden Arbeit allenfalls eine sehr oberflächliche Darstellung.

Weiterhin müssen in diesem Zusammenhang drängende Fragestellungen zum generellen Aufbau und der Entwicklung des Leistungspotenzials beantwortet werden. Diese bestehen nicht nur hinsichtlich einer tiefer gehenden methodischen Konzeptionalisierung und formalen Beschreibung dieses Leistungspotenzial, sondern z. B. auch in Bezug auf

- die generelle Bilanzierung einer bedarfsorientierten, evolutionären Produktentwicklung im Vergleich zur herkömmlichen unternehmensgetriebenen Herangehensweise,
- die Bereitstellung von Methoden zur Wirtschaftlichkeits- bzw. Investitionsbewertung bei der konkreten Erweiterung des Leistungspotenzials sowie
- die evolutionäre Anpassung des gesamten Leistungspotenzials und seiner Strukturen, auf der Grundlage eines übergreifenden Lern- und Verbesserungszyklus.

Schließlich ist der Transfer der vorgestellten Konzepte in die Praxis zu vollziehen. Dies muss vor allem vor dem Hintergrund der gezeigten Restriktionen nicht in vollständigem Umfang erfolgen, sondern kann auch nur ausgewählte Ansätze und Einzelmethoden betreffen. Wie gezeigt wurde, stellen individualisierte Produkte eine nicht genau lokalisierbare Ausprägung in dem kontinuierlichen Spektrum zwischen vollständig standardisierten und vollständig individuellen Produkten dar. Die mit der Produktindividualisierung assoziierten Fragestellungen sind daher für jedes Unternehmen von praktischer Relevanz. Die massenhafte Produktindividualisierung darf in diesem Sinne nicht nur als ein geschlossenes Konzept verstanden werden. Vielmehr sind derartige Konzepte offene und „im eigentlichen Sinne zukunftsfähige wirtschaftliche Modelle, weil sie beständigen Wandel als Teil des Systems akzeptieren und nutzen, anstatt sich dagegen zu sperren. Es ist zu vermuten, dass ein solches System gesellschaftlichen und technologischen Wandel ressourcenschonender kompensiert als eines, das unter konstanten Bedingungen am besten arbeitet (wie eben die industrielle Massenfertigung)“ [WIPPERFÜRTH 2001, S. 43].

## 10 Literatur

AAMODT, A.; PLAZA, E.:

Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches.  
In: AI Communications 7 (1994) 1, pp. 39-59.

ADAM, D.:

Produktionsmanagement (9. Auflage). Wiesbaden: Gabler 1998.

AGRAWAL, M.; KUMARESH, T. V.; MERCER, G. A.:

The false promise of mass customization. In: The McKinsey Quarterly 38 (2001) 3, pp. 62-71.

AHRENS, G.:

Das Erfassen und Handhaben von Produktanforderungen. Berlin: TU, Diss., 2000.

AKAO, Y.:

Quality Function Deployment. Cambridge: Productivity Press 1990.

ALLGAIER, H.-J.:

Segmentierung der Auftragsabwicklung – Modellanalyse einer Gestaltungskonzeption.  
München: TU, Diss., 1993.

ALLWEYER, T.:

Adaptive Geschäftsprozesse. Wiesbaden: Gabler 1998. Zugl.: Saarbrücken: Univ., Diss., 1998.

ALLWEYER, T.:

Geschäftsprozessmanagement. Herdecke: W3L 2005.

ALTENKRÜGER, D. ; BÜTTNER, W.:

Wissensbasierte Systeme. Braunschweig: Vieweg 1992.

ANDERSON, C.:

The long tail – how endless choice is creating unlimited demand. London: Random House 2006.

ANDERSON, D. M.:

Build-to-order and mass customization. Cambria: CIM Press 2003.

ANDERSON, D. M.:

Agile product development for mass customization. Chicago: Irwin 1997.

ANDREASEN, M. M.; HEIN, L.:

Integrated product development. Kempston: IFS 1987.

- ANDREASEN, M. M.; MCALOONE, T.; MORTENSEN, N. H.:  
Multi-product development. Lyngby: DTU 2001.
- ASHBY, W. R.:  
An introduction to cybernetics. London: Chapman & Hall 1956.
- ABMANN, G.:  
Gestaltung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung. München: Utz 2000. Zugl.:  
München: TU, Diss., 2000.
- BACKHAUS, K.:  
Industriegütermarketing. München: Vahlen 2003.
- BACKHAUS, K.; ERICHSON, B.; PLINKE, W.; WEIBER, R.:  
Multivariate Analysemethoden (11. Auflage). Berlin: Springer 2006.
- BADKE-SCHAUB, P.; FRANKENBERGER, E.:  
Management kritischer Situationen. Berlin: Springer 2004.
- BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B.:  
Managing in an age of modularity. In: Harvard Business Review 75 (1997) 5, pp. 84-93.
- BALDWIN, C. Y.; CLARK, K. B.:  
Design rules. Cambridge: MIT Press 2000.
- BAUMANN, H. G.:  
Systematisches Projektieren und Konstruieren. Berlin: Springer 1982.
- BAUMBERGER, C.:  
Methods of requirements specification in the context of product individualisation and mass  
customisation. In: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> World Congress on Mass Customization and  
Personalization 2005 (MCPC05), Hong Kong, 18.-21.09.2005. Hong Kong: Advanced  
Manufacturing Institute, Hong Kong University of Science and Technology 2005. (CD)
- BAUMBERGER, C.; GAHR, A.; LINDEMANN, U.:  
Zielkostenorientierte Steuerung individualisierter Entwicklungsprozesse. I2P 2004: Integrierte  
Informationsverarbeitung in der Produktentstehung, Tagung Stuttgart, 12.-13. Oktober 2004.  
Düsseldorf: VDI-Verlag 2004, S.133-155.
- BAUMBERGER, C.; LINDEMANN, U.:  
Requirement oriented process planning and configuration. In: Jónsson, M. Þ.; Unnþórsson, R.  
(Eds.): Proceedings of NordDesign 2006, Reykjavik, 16.-18.08.2006. Reykjavik: University of  
Iceland 2006, S. 244-254.



- BAUMBERGER, C.; LINDEMANN, U.; PONN, J.:  
Development of individualized mechatronic products – rapid adaptation of product properties due to individual customer demands. In: Reichwald, R.; Piller, F. T., Tseng, M. M. (eds.): Proceedings of the 2<sup>nd</sup> Interdisciplinary World Congress on Mass Customization and Personalization 2003 (MCPC03), München, 06.-08.10.2003. München: TU 2003. (CD)
- BECKER, B.; WANG, N.:  
ERMM: An engineering requirements management method. In: Proceedings of ASME 2003 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Chicago, 02.-06.09.2003. (CD)
- BECKER, J.; HANSMANN, H.; SERRIES, T.:  
Grundlagen des Workflowmanagements. In: Luczak, H.; Becker, J. (Hrsg.): Workflowmanagement in der Produktionsplanung und -steuerung. Berlin: Springer 2003, S. 26-52.
- BECKER, J.; KUGELER, M.; ROSEMAN, M. (HRSG.):  
Prozessmanagement (3. Auflage). Berlin: Springer 2002.
- BEITZ, W.:  
Flexibles Vorgehen in der Konstruktion bei unterschiedlichen Aufgaben und Randbedingungen. In: VDI-Gesellschaft Entwicklung und Konstruktion (Hrsg.): Konstruktionspraxis im Umbruch. Tagung, Stuttgart, 08.-09.10.1979. Düsseldorf: VDI-Verlag 1979, S. 13-22.
- BEITZ, W.:  
Customer Integration im Entwicklungs- und Konstruktionsprozess. In: Kleinaltenkamp, M.; Fließ, S.; Jacob, F. (Hrsg.): Customer Integration: Von der Kundenorientierung zur Kundenintegration. Wiesbaden: Gabler 1996, S. 285-293.
- BENETT, S.:  
Komplexitätsmanagement in der Investitionsgüterindustrie. St. Gallen: Univ., Diss., 1999.
- BELZ, C.; MÜLLER, R.; WALTI, C.:  
Marketing für Werkzeugmaschinen. St. Gallen: Thexis 1996.
- BENEKE, F.:  
Konzeptionelle Ansätze einer prozessorientierten Produktentwicklung. Aachen: Shaker 2003. Zugl.: Essen: Univ., Diss., 2003.
- BERNARD, R.:  
Early evaluation of product properties within the Integrated Product Development. Aachen: Shaker 1999. Zugl.: München: TU, Diss., 1999.
- BICHLMAIER, C.:  
Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Entwicklungsprozessen. München: Utz 2000. Zugl.: München: TU, Diss., 2000.

- BICHLMAIER, C.; GRUNWALD, S.; LINDEMANN, U.; REINHART, G.:  
PMM – Process module methodology for integrated design and assembly planning. In:  
Proceedings of the 4<sup>th</sup> Design for Manufacturing Conference, Las Vegas, 12.-15.09.1999. (CD)
- BIRKHOFFER, H.:  
Analyse und Synthese der Funktionen technischer Produkte. Düsseldorf: VDI-Verlag 1980.
- BLACKENFELT, M.:  
Modularisation by relational matrices – a method for the consideration of strategic and  
functional aspects. In: Riitahuhta, A.; Pulkkinen, A. (eds.): Design for configuration. Berlin:  
Springer 2001, pp. 134-152.
- BLASER, H.; MEILER, A.:  
Von der Strategie zum Workflow – Praxisbericht der Secura Versicherungen. In: Österle, H.;  
Vogler, P. (Hrsg.): Praxis des Workflowmanagements. Braunschweig: Vieweg 1996, S. 19-34.
- BLECKER, T.; FRIEDRICH, G.; KALUZA, B.; ABDELKAFI, N.; KREUTLER, G.:  
Information and management systems for product customization. New York: Springer 2005.
- BLESSING, L. T. M.:  
A process-based approach to computer-supported engineering design. Twente: Univ., PhD  
Thesis, 1994.
- BLESSING, L. T. M.; CHAKRABARTI, A.; WALLACE, K. M.:  
An overview of descriptive studies in relation to a general design research methodology. In:  
Frankenberger, E.; Badke-Schaub, P.; Birkhofer, H. (eds.): Designers – the key to successful  
product development. London: Springer 1997, pp. 42-55.
- BLISS, C.:  
Management von Komplexität. Wiesbaden: Gabler 2000. Zugl.: Münster: Univ., Diss., 1998.
- BLUM, E.:  
Betriebsorganisation. Wiesbaden: Gabler 1991.
- BOCHTLER, W.:  
Modellbasierte Methodik für eine integrierte Konstruktion und Arbeitsplanung. Aachen: Shaker  
1996. Zugl.: Aachen: TH, Diss., 1996.
- BÖHM, M.:  
Entwicklung von Workflow-Typen. Berlin: Springer 2000.
- BOROWSKI, K.-H.:  
Das Baukastensystem in der Technik. Berlin: Springer 1961.
- BRAUNSTEIN, C.; HOYER, W.; HUBER, F.:  
Der Means End-Ansatz. In: Herrmann, A.; Hertel, G.; Virt, W.; Huber, F. (Hrsg.):  
Kundenorientierte Produktgestaltung. München: Vahlen 2000, S. 83-101.

BREIING, A.; FLEMMING, M.:

Theorie und Methoden des Konstruierens. Berlin: Springer 1993.

BREXEL, D.:

Methodische Strukturmodellierung komplexer und variantenreicher Produkte des integrativen Maschinenbaus. Paderborn: Univ., Diss., 1997.

BROWNING, T. R.:

Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions. In: IEEE Transactions on Engineering Management 48 (2001) 3, pp. 292-306.

BROWNING, T.; DANILOVIC, M.:

A formal approach for Domain Mapping Matrices (DMM) to complement Design Structuring Matrices (DSM). In: Proceedings of the 6<sup>th</sup> Design Structure Matrix (DSM) International Workshop, Cambridge, 12.-14.09.2004. (CD)

BRÜCKNER MASCHINENBAU GMBH (HRSG.):

Biaxial stretching. Firmenprospekt. Siegsdorf: Brückner (o. J.).

BRUGGER, W.:

Kundenorientierung. Augsburg: WEKA Media 2002.

BRUHN, M.:

Das Zufriedenheitskonzept. In: Herrmann, A.; Hertel, G.; Virt, W.; Huber, F. (Hrsg.): Kundenorientierte Produktgestaltung. München: Vahlen 2000, S. 121-141.

BÜDENBENDER, W.:

Ganzheitliche Produktionsplanung und -steuerung. Berlin: Springer 1991. Zugl.: Aachen: TH, Diss., 1990.

BULLINGER, H.-J.; FISCHER, D.; WISSELER, K. F.:

Rapid Product Development: Schneller von der Idee zum innovativen Produkt. In: Industrie Management 13 (1997) 1, S. 52-54.

BULLINGER, H.-J.; SCHREINER, P. (HRSG.):

Business Process Management Tools. Stuttgart: Fraunhofer-IRB 2001.

BULLINGER, H.-J.; WARSCHAT, J. (EDS.):

Concurrent simultaneous engineering systems. London: Springer 1996.

BULLINGER, H.-J.; WARSCHAT, J.:

Forschungs- und Entwicklungsmanagement. Stuttgart: Teubner 1997.

- BURGHARD, W.; KLEINALTENKAMP, M.:  
Standardisierung und Individualisierung – Gestaltung der Schnittstelle zum Kunden. In:  
Kleinaltenkamp, M.; Fließ, S.; Jacob, F. (Hrsg.): Customer Integration: Von der  
Kundenorientierung zur Kundenintegration. Wiesbaden: Gabler 1996, S. 163-176.
- BURGHARDT, M.:  
Projektmanagement (6. Auflage). Erlangen: Publicis 2002.
- BÜSCHKEN, J.; VON THADEN, C.:  
Produktvariation, -differenzierung und -diversifikation. In: Albers, S.; Herrmann, A. (Hrsg.):  
Handbuch Produktmanagement. Wiesbaden: Gabler 2002, S. 593-614.
- CAESAR, C.:  
Kostenorientierte Gestaltungsmethodik für variantenreiche Serienprodukte: Variant Mode and  
Effect Analysis (VMEA). Düsseldorf: VDI-Verlag 1991.
- CHECKLAND, P.:  
Systems thinking, systems practice. Chichester: John Wiley & Sons 1981.
- CLARKSON, P. J.; HAMILTON, J. R.:  
,Signposting' the design process. In: Proceedings of the 12<sup>th</sup> International Conference on  
Engineering Design (ICED99), Munich, 24.-26.08.1999, pp. 107-112.
- COENENBERG, A. G.; PRILLMANN, M.:  
Erfolgswirkungen der Variantenvielfalt und Variantenmanagement. In: Zeitschrift für  
Betriebswirtschaft 65 (1995) 11, S. 1231-1253.
- COLLIN, H.:  
Management von Produkt-Informationen in kleinen und mittelständischen Unternehmen.  
München: TU, Diss., 2001.
- CORSTEN, H.:  
Produktionswirtschaft (10. Auflage). München: Oldenbourg 2004.
- COURAGE, C.; BAXTER, K.:  
Understanding your users. Amsterdam: Elsevier 2005.
- CRABTREE, R. A.; FOX, M. S.; BAID, N. K.:  
Case Studies of Coordination Activities and Problems in Collaborative Design. In: Research in  
Engineering Design 9 (1997) 2, pp. 70-84.
- CROSS, N.:  
Editorial. In: Design Studies 16 (1995) 1, S. 2-3.
- CROSS, N.:  
Engineering design methods (3<sup>rd</sup> edition). Chichester: John Wiley & Sons 2000.

- DAENZER, W. F.; HUBER (HRSG.):  
Systems Engineering (10. Auflage). Zürich: Verl. Industrielle Organisation 1999.
- DAHAN, E.; HAUSER, J. R.:  
The virtual customer. In: Journal of Product Innovation Management 19 (2002) 5, pp. 332-353.
- DAHMUS, J. B.; GONZALEZ-ZUGASTI, J. P.; OTTO, K. N.:  
Modular product architecture. In: Design Studies 22 (2001) 5, pp. 409–424.
- DAHLMAN, S.:  
User requirements: A resource for the development of technical products. Göteborg: Univ., PhD Thesis, 1986.
- DANNER, C.:  
Ganzheitliches Anforderungsmanagement für marktorientierte Entwicklungsprozesse. München: TU, Diss., 1996.
- DAVENPORT, T. H.:  
Process innovation. Boston: Harvard Business School Press 1993.
- DEMERS, M.:  
Methoden zur dynamischen Planung und Steuerung von Produktentwicklungsprozessen. München: TU, Diss., 2000.
- DEUTSCHLE, U.:  
Prozessorientierte Organisation der Auftragsabwicklung in mittelständischen Unternehmen. München: TU, Diss., 1994.
- DIETER, G. E.:  
Engineering design (2<sup>nd</sup> edition). New York: McGraw-Hill 1991.
- DÖRNER, D.:  
Problemlösung als Informationsverarbeitung (3. Auflage). Stuttgart: Kohlhammer 1987.
- DÖRNER, D.:  
Die Logik des Misslingens. Reinbek: Rowohlt 1998 [1992].
- DREBING, U.:  
Zur Metrik der Merkmalsbeschreibung für Produktdarstellende Modelle beim Konstruieren. Braunschweig: TU, Diss., 1991.
- DRUCKER, P. F.:  
The practice of management. New York: Harper 1954.
- DRUCKER, P. F.:  
The emerging theory of manufacturing. In: Harvard Business Review 68 (1990) 3, pp. 94-102.

- DU, X.; TSENG, M. M.; JIAO, J.:  
Product families for mass customization. In: Tseng, M. M.; Piller, F. T.: The customer-centric enterprise. Berlin: Springer 2003, pp. 123-162.
- DYLLA, N.:  
Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren. München: TU, Diss., 1990.
- ECKERT, C.; CLARKSON, J.; ZANKER, W.:  
Change and customisation in complex engineering domains. In: Research in Engineering Design 15 (2004) 1, pp. 1-21.
- EDER, W. E.:  
A typology of design and designing. In: Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference on Engineering Design (ICED03), Stockholm, 19.-21.08.2003. (CD)
- EFQM – EUROPEAN FOUNDATION FOR QUALITY MANAGEMENT (HRSG.):  
Das EFQM-Modell für Excellence. Brüssel: EFQM 1999.
- EGGERSMANN, M.; BAYER, B.; JARKE, M.; MARQUARDT, W.; SCHNEIDER, R.:  
Prozess- und Produktmodelle für die Verfahrenstechnik. In: Nagl, M.; Westfechtel, B. (Hrsg.): Modelle, Werkzeuge und Infrastrukturen zur Unterstützung von Entwicklungsprozessen. Weinheim: Wiley-VCH 2003, S. 93-106.
- EGGERT, R. J.:  
Engineering design. Upper Saddle River: Pearson Prentice Hall 2005.
- EHRENSPIEL, K.:  
Integrierte Produktentwicklung (3. Auflage). München: Hanser 2007.
- EICHINGER, M.; MAURER, M.; LINDEMANN, U.:  
Using Multiple Design Structure Matrices. In: Proceedings of the International Design Conference (DESIGN06), Dubrovnik, 15.-18.05.2006, pp. 229-236.
- EIGNER, M.; STELZER, R.:  
Produktdatenmanagement-Systeme. Berlin: Springer 2001.
- EILETZ, R.:  
Zielkonfliktmanagement bei der Entwicklung komplexer Produkte – am Beispiel PKW-Entwicklung. Aachen: Shaker 1999. Zugl.: München: TU, Diss., 1999.
- EPPINGER, S. D.; WHITNEY, D. E.; GEBALA, D. A.:  
Organizing the tasks in complex design projects: development of tools to represent design procedures. In: Proceedings of the NSF Design and Manufacturing Systems Conference, Atlanta, Jan. 1992, pp. 301-309.
- ERICSSON, A.; ERIXON, G.:  
Controlling design variants. New York: ASME Press 1999.

- ERIXON, G.:  
Design for modularity. In: Huang, G. Q. (ed.): Design for X. London: Chapman & Hall 1996, pp. 356-379.
- EVERSHEIM, W.:  
Organisation in der Produktionstechnik 1 (Grundlagen), (2. Auflage). Düsseldorf: VDI-Verlag 1990.
- EVERSHEIM, W. (HRSG.):  
Prozessorientierte Unternehmensorganisation. Berlin: Springer 1995.
- EVERSHEIM, W.:  
Organisation in der Produktionstechnik 2 (Konstruktion), (3. Auflage). Berlin: Springer 1998.
- EVERSHEIM, W.:  
Organisation in der Produktionstechnik 3 (Arbeitsvorbereitung), (4. Auflage). Berlin: Springer 2002.
- EVERSHEIM, W.; SCHENKE, F.-B.; WARNKE, L.:  
Komplexität im Unternehmen verringern und beherrschen – Optimale Gestaltung von Produkten und Produktionssystemen. In: Adam, D. (Hrsg.): Komplexitätsmanagement. Wiesbaden: Gabler 1998, S. 29-46.
- EVERSHEIM, W.; SCHUH, G. (HRSG.):  
Hütte – Produktion und Management (7. Auflage). Berlin: Springer 1996.
- EVERSHEIM, W.; SCHUH, G. (HRSG.):  
Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung. Berlin: Springer 2005.
- EVERSHEIM, W.; WIENDAHL, H.-P.:  
Rationelle Auftragsabwicklung im Konstruktionsbereich. Essen: Girardet 1971.
- FAHRWINKEL, U.:  
Methode zur Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen zur Unterstützung des Business Process Reengineering. Paderborn: Univ., Diss., 1995.
- FEICHTER, E.:  
Systematischer Entwicklungsprozess am Beispiel von elastischen Radialversatzkupplungen. München: TU, Diss., 1992.
- FELDMAYER, J.; SEIDENSCHWARZ, W.:  
Marktorientiertes Prozessmanagement. München: Vahlen 2005.
- FIRCHAU, N. L.:  
Variantenoptimierende Produktgestaltung. Göttingen: Cuvillier 2003. Zugl.: Braunschweig: TU, Diss., 2003.

- FISCHER, D.:  
Gestaltung wissensbasierter Systeme auf Grundlage betrieblicher Entscheidungssituationen. Bovenden: Unitext 1994. Zugl.: Göttingen: Univ., Diss., 1993.
- FISCHERMANN, G.; LIEBELT, W.:  
Grundlagen der Prozessorientierung (5. Auflage). Gießen: Schmidt 2000.
- FLIEß, S.:  
Prozessevidenz als Erfolgsfaktor der Kundenintegration. In: Kleinaltenkamp, M.; Fließ, S.; Jacob, F. (Hrsg.): Customer Integration: Von der Kundenorientierung zur Kundenintegration. Wiesbaden: Gabler 1996, S. 91-104.
- FRANKE, H.-J.:  
Gibt es eine Logik der Produktgestaltung? In: VDI-Gesellschaft Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb (Hrsg.): Praxiserprobte Methoden erfolgreicher Produktentwicklung. Tagung, Mannheim, 06.-07.05.1992. Düsseldorf: VDI-Verlag 1992, S. 61-76.
- FRANKEN, T.:  
Modellbasierte Beherrschung von Konstruktionsabläufen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1998.
- FREISLEBEN, D.:  
Gestaltung und Optimierung von Produktentwicklungsprozessen mit einem wissensbasierten Vorgehensmodell. Magdeburg: Univ., Diss., 2001.
- FRESE, E.:  
Handwörterbuch der Organisation (3. Auflage). Stuttgart: Poeschel 1992.
- FRESE, E.; NOETEL, W.:  
Kundenorientierung in der Auftragsabwicklung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1992.
- FRICKE, G.:  
Konstruieren als flexibler Problemlöseprozess – Empirische Untersuchung über erfolgreiche Strategien und methodische Vorgehensweisen beim Konstruieren. Düsseldorf: VDI-Verlag 1993.
- FRINGS, S.:  
Das Konzept der Auftragsabwicklungssegmente aus personeller und organisatorischer Sicht. München: TU, Diss., 2000.
- GAHR, A.:  
Pfadkostenrechnung individualisierter Produkte – eine flexible entwicklungsbegleitende Kalkulation. München: Dr. Hut 2006. Zugl.: München: TU, Diss., 2006.
- GAITANIDES, M.:  
Prozessorganisation. München: Vahlen 1983.



- GAITANIDES, M.; SCHOLZ, R.; VROHLINGS, A.; RASTER, M.:  
Prozessmanagement. München: Hanser 1994.
- GAUSEMEIER, J.; EBBESMAYER, P.; KALLMEYER, F.:  
Produktinnovation. München: Hanser 2001.
- GAUSEMEIER, J.; LINDEMANN, U.; REINHART, G.; WIENDAHL, H.-P.:  
Kooperatives Produktengineering. Paderborn: Heinz Nixdorf Institut 2000.
- GAUSEMEIER, J.; HAHN, A.; KESPOHL, H. D.; SEIFERT, L.:  
Vernetzte Produktentwicklung. München: Hanser 2006.
- GEIGER, M.:  
Metallumformung mit dem Laserstrahl – eine Innovation mit Zukunft. In: Reinhart, G.; Zäh,  
M. F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin: Springer 2003, S. 305-321.
- GEISINGER, D.:  
Ein Konzept zur marktorientierten Produktentwicklung. Karlsruhe: Inst. für  
Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik 1999. Zugl.: Karlsruhe: Univ., Diss., 1999.
- GEMBRYNS, S.-N.:  
Ein Modell zur Reduzierung der Variantenvielfalt in Produktionsunternehmen. Berlin: IPK  
1998. Zugl.: Berlin: TU, Diss., 1998.
- GIAPOULIS, A.:  
Modelle für effektive Konstruktionsprozesse. Aachen: Shaker 1998. Zugl.: München: TU, Diss.,  
1996.
- GILBERT, X.; STREBEL, P.:  
Strategies to Outpace the Competition. Journal of Business Strategy 8 (1987) 1, pp. 28-36.
- GILMORE, J. H.; PINE II, B. J.:  
The four faces of mass customization. In: Harvard Business Review 75 (1997) 1, pp. 91-101.
- GILMORE, J. H.; PINE II, B. J. (EDS.):  
Markets of one. Boston: Harvard Business School Press 2000.
- GOCHERMANN, J.:  
Kundenorientierte Produktentwicklung. Weinheim: Wiley-VCH 2004.
- GOEBEL, D.:  
Modellbasierte Optimierung von Produktentwicklungsprozessen. Düsseldorf: VDI 1996.
- GÖKER, H. M.:  
Einbinden von Erfahrung in das konstruktionsmethodische Vorgehen. Düsseldorf: VDI 1996.

- GOLDSTEIN, B.:  
Modellgestützte Geschäftsprozessgestaltung in der Produktentwicklung. München: TU, Diss., 1999.
- GOLM, F.:  
Gestaltung von Entscheidungsstrukturen zur Optimierung von Problemlöseprozessen. Berlin: IPK 1996. Zugl.: Berlin: TU, Diss., 1996.
- GÖPFERT, J.:  
Modulare Produktentwicklung. Wiesbaden: DUV 1998.
- GRABOWSKI, H.; ANDERL, R.; POLLY, A.:  
Integriertes Produktmodell. Berlin: Beuth 1993.
- GRABOWSKI, H.; GEIGER, K. (HRSG.):  
Neue Wege zur Produktentwicklung. Stuttgart: Raabe 1997.
- GRADY, J. O.:  
Systems engineering deployment. Boca Raton: CRC Press 2000.
- GRÄBLER, I.:  
Kundenindividuelle Massenproduktion. Berlin: Springer 2004.
- GRÄBLER, R.:  
Planungs- und Workflowmethodik für eine integrierte Konstruktion und Arbeitsplanung. Aachen: Shaker 1999. Zugl.: Aachen: TH, Diss., 1999.
- GREEN, M. G.; LINSEY, J. S.; SEEPERSAD, C. C.; WOOD, K. L.:  
Frontier design. A product usage context method. In: Proceedings of ASME 2006 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Philadelphia, 10.-13.09.2006. (CD)
- GROCHE, P.; SCHMOECKEL, D.:  
Kundenspezifische Kaltprofile durch flexibles Walzprofilieren. In: Reinhart, G.; Zäh, M. F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin: Springer 2003, S. 285-293.
- GROß, M.:  
Planung der Auftragsabwicklung komplexer Produkte. Aachen: TH, Diss., 1990.
- GROßE-OETRINGHAUS, W. F.:  
Fertigungstypologie unter dem Gesichtspunkt der Fertigungsablaufplanung. Berlin: Duncker & Humblot 1974.
- GRÖßER, H.:  
Systematische rechnerunterstützte Ermittlung von Produktanforderungen. Darmstadt: TU, Diss., 1992.

GRUNWALD, S:

Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung. München: Utz 2002. Zugl.: München: TU, Diss., 2001.

GUMMESSON, E.:

Qualitative methods in management research. Thousand Oaks: Sage 2000.

GÜNTHER, J.:

Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozess. München: TU, Diss., 1998.

GUSTAFSSON, A.; HUBER, F.:

Das Voice of the Customer-Konzept. In: Herrmann, A.; Hertel, G.; Virt, W.; Huber, F. (Hrsg.): Kundenorientierte Produktgestaltung. München: Vahlen 2000, S. 179-194.

HAARLÄNDER, N.; SCHÖNHERR, M.; KRALLMANN, H.:

Flexibilisierung durch integrierte prozessorientierte IT-Systeme. In: Kaluza, B.; Blecker, T. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Flexibilität. Berlin: Erich Schmidt 2005, S. 341-365.

HACKER, W.:

Konstruktives Entwickeln: Psychologische Grundlagen. In: Hacker, W.: Denken in der Produktentwicklung. Zürich: vdf 2002, S. 11-25.

HACKER, W.:

Allgemeine Arbeitspsychologie (2. Auflage). Bern: Huber 2005.

HALES, C.:

Analysis of the engineering design process in an industrial context (2<sup>nd</sup> edition). Eastleigh: Gants Hill 1991. Zugl.: Cambridge: Univ., PhD Thesis, 1987.

HALES, C.; GOOCH, S.:

Managing engineering design. London: Springer 2004.

HALL, A. D.:

A methodology for systems engineering. Princeton: Van Nostrand 1962.

HAMMANN, P.; ERICHSON, B.:

Marktforschung (4. Auflage). Stuttgart: Lucius & Lucius 2000.

HAMMER, M.; CHAMPY, J.:

Reengineering the corporation. New York: Harper Business 1994.

HANSEN, F.:

Konstruktionswissenschaft. München: Hanser 1974.

HARRINGTON, H. J.:

Business process improvement. New York: McGraw-Hill 1991.

- HAUSER, J. R.; CLAUSING, D.:  
The House of Quality. In: Harvard Business Review 66 (1988) 3, pp. 63-73.
- HEINA, J.:  
Variantenmanagement. Gabler: Wiesbaden 1999.
- HEINZL, J.; HARNISCH, J.; IRLINGER, F.; HOFFMANN, H.; PETRY, R.; STANCHEV, S.; ZÄH, M. F.;  
ULRICH, C.:  
Technologien für die Fertigung individualisierter Produkte. In: Lindemann, U.; Reichwald, R.;  
Zäh, M. F.: Individualisierte Produkte. Berlin: Springer 2006, S. 89-113.
- HELBIG, R.:  
Prozessorientierte Unternehmensführung. Heidelberg: Physica 2003.
- HEMMERT, U.:  
Entwicklung ablauforganisatorischer Sollkonzepte. Aachen: TH, Diss., 1985.
- HENDERSON, R. M.; CLARK, K. B.:  
Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of  
established firms. In: Administrative Science Quarterly 35 (1990), S. 9-30.
- HERLYN, W. J.:  
Zur Problematik der Abbildung variantenreicher Erzeugnisse in der Automobilindustrie.  
Düsseldorf: VDI-Verlag 1990.
- HERRMANN, A.; HUBER, F.:  
Kundenorientierte Produktgestaltung – Ziele und Aufgaben. In: Herrmann, A.; Hertel, G.; Virt,  
W.; Huber, F. (Hrsg.): Kundenorientierte Produktgestaltung. München: Vahlen 2000, S. 3-18.
- HERRMANN, A.; SEILHEIMER, C.:  
Variantenmanagement. In: Albers, S.; Herrmann, A. (Hrsg.): Handbuch Produktmanagement.  
Wiesbaden: Gabler 2002, S. 647-677.
- HEUSER, T.:  
Synchronisation auftragsneutraler und auftragsspezifischer Auftragsabwicklung. Aachen:  
Shaker 1996. Zugl.: Aachen: TH, Diss., 1995.
- HICHERT, R.:  
Probleme der Vielfalt. wt – Z. ind. Fertigung 75 (1985) 4, S. 235-237.
- HILDEBRAND, V. G.:  
Individualisierung als strategische Option der Marktbearbeitung. Wiesbaden: DUV 1997. Zugl.:  
Kassel: Univ., Diss., 1997.
- HILL, W.; FEHLBAUM, R.; ULRICH, P.:  
Organisationslehre 2 (4. Auflage). Bern: Haupt 1992.

- HILL, W.; FEHLBAUM, R.; ULRICH, P.:  
Organisationslehre 1 (5. Auflage). Bern: Haupt 1994.
- HILLER, F.:  
Ein Konzept zur Gestaltung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung.  
Kaiserslautern: Univ., Diss., 1997.
- HIRSCH, B. E. (HRSG.):  
CIM in der Unikatfertigung und -montage. Berlin: Springer 1992.
- HOFER-ALFEIS, J. (HRSG.):  
Geschäftsprozessmanagement. Marburg: Tectum 1999.
- HOLST, J.:  
Lean Development. Berlin: Springer 1996.
- HOLTHÖFFER, N.; SZILÁGYI, S.:  
Markstudie: Softwaresysteme zur Produktkonfiguration. Paderborn: Fraunhofer-  
Anwendungszentrum für Logistikorientierte Betriebswirtschaft 2001.
- HOMMEL, U.; PRITSCH, G.:  
Marktorientierte Investitionsbewertung mit dem Realloptionsansatz. In: Finanzmarkt und  
Potfoliomangement 8 (1999) 2, S. 111-144.
- HORSTMANN, H.:  
Ordnen von Produktinformationen und Grundlagen zu deren standardisierter Darstellung.  
Aachen: TH, Diss., 1992.
- HUANG, G. Q. (ED.):  
Design for X. London: Chapman & Hall 1996.
- HUBKA, V.:  
Theorie der Konstruktionsprozesse. Berlin: Springer 1976.
- HUBKA, V.; EDER, W. E.:  
Theory of Technical Systems. Berlin: Springer 1988.
- HUBKA, V.; EDER, W. E.:  
Design Science. Berlin: Springer 1996.
- HUFFMANN, C. ; KAHN, B. E.:  
Variety for sale: mass customization or mass confusion. In: Journal of Retailing 74 (1998) 4, pp.  
491-513.
- HUMPERT, A.:  
Methodische Anforderungsverarbeitung auf Basis eines Anforderungsmodells. Paderborn:  
Univ.-GH, Diss., 1995.

- HVAM, L.; RISS, J.; MALIS, M.; HANSEN, B.:  
A procedure for building product models. In: Rautenstrauch, C.; Seelmann-Eggebert, R.; Turowski, K. (eds.): Moving into mass customization. Berlin: Springer 2002, pp. 19-39.
- IMAI, M.:  
Kaizen. München: Langen Müller/Herbig 1992.
- INGLEHART, R.:  
Modernisierung und Postmodernisierung. Frankfurt/Main: Campus 1998.
- IRLE, M.:  
Die Zufallsfischer. In: Brand eins 8 (2006) 6, S. 140-145.
- ISHII, K.; JUENGEL, C.; EUBANKS, F.  
Design for product variety: Key to product line structuring. In: Proceedings of the ASME 7th International Conference on Design Theory and Methodology, Boston, 17.-21.09.1995. New York: ASME 1995, pp. 499-506.
- IYENGAR, S. S.; LEPPER, M. R.:  
When Choice is Demotivating: Can One Desire Too Much of a Good Thing? In: Journal of Personality and Social Psychology 79 (2000) 6, pp. 995-1006.
- JABLONSKI, S.:  
Anforderungen an die Modellierung von Workflows. In: Österle, H.; Vogler, P. (Hrsg.): Praxis des Workflowmanagements. Braunschweig: Vieweg 1996, S. 65-82.
- JACOB, F.:  
Produktindividualisierung. Wiesbaden: Gabler 1995. Zugl.: Berlin: Univ., Diss., 1994.
- JACOB, F.; KLEINALTENKAMP, M.:  
Einzelkundenbezogene Produktgestaltung – Ergebnisse einer empirischen Untersuchung (Arbeitspapier Nr. 4, März 1994). Berlin: Institut für allgemeine Betriebswirtschaftslehre 1994.
- JÄGER, D.:  
Unterstützung übergreifender Kooperation in komplexen Entwicklungsprozessen. Aachen: Mainz 2003. Zugl.: Aachen: TH, Diss., 2002.
- JAHN, F.:  
Die Konstruktionslandkarte – Ein Hilfsmittel des Wissensmanagements. In: Hacker, W.: Denken in der Produktentwicklung. Zürich: vdf 2002, S. 105-110.
- JANHAGER, J.:  
Utilization of scenario building in the technical process. In: Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference on Engineering Design (ICED03), Stockholm, 19.-21.08.2003. (CD)

JANITZA, D.:

Der Kunde als Konstrukteur – Kundenintegration durch erweiterte CAD-Modelle. München: TU, Diss., 2004.

JANUSZ, B.:

Modellbasierte Reorganisation von Geschäftsprozessen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1998.

JARRAT, T. A. W.:

A model-based approach to support the management of engineering change. Cambridge: Univ., PhD Thesis, 2004.

JESCHKE, A.:

Beitrag zur wirtschaftlichen Bewertung von Standardisierungsmaßnahmen in der Einzel- und Kleinserienfertigung durch die Konstruktion. Braunschweig: TU, Diss., 1997.

JIAO, J.:

Design for mass customization by developing product family architecture. Hong Kong: Univ., PhD Thesis, 1998.

JUNG, C.:

Anforderungskklärung in interdisziplinärer Entwicklungsumgebung. München: TU, Diss., 2006.

JUNGE, M.:

Individualisierung. Frankfurt/Main: Campus 2002.

KAHN, B.:

Variety from the customer's perspective. In: Ho, T.-H.; Tang, C. S. (eds.): Product variety management. Boston: Kluwer 1998, pp. 19-37.

KALKOWSKI, P.:

Innovationsstrategien des deutschen Maschinenbaus: Traditionelle Stärken, neue Herausforderungen, Ansätze zur Bewältigung. In: Braczyk, H.-J. (Hrsg.): Innovationsstrategien im deutschen Maschinenbau – Bestandsaufnahme und neue Herausforderungen. Arbeitsbericht Nr. 83 der Akademie für Technikfolgenabschätzung in Baden-Württemberg, Stuttgart (1997), S. 86-105.

KALUZA, B.; BLECKER, T.:

Flexibilität – State of the Art und Entwicklungstrends. In: Kaluza, B.; Blecker, T. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Flexibilität. Berlin: Erich Schmidt 2005, S. 1-25.

KÄPPELER, M.:

Aufgaben, Probleme und Verfahren der Ablaufplanung bei industrieller Einzelfertigung. Mainz: Univ., Diss., 1968.

KEHR, J.:

Rechnergestützte Projektplanung mit unscharfen Angaben in der Auftragsabwicklung. Hamburg: Univ., Diss., 1995.

KELLER, G.; MEINHARDT, S.:

Business process reengineering auf Basis des SAP R/3-Referenzmodells. In: Scheer, A.-W. (Hrsg.): Prozessorientierte Unternehmensmodellierung. Wiesbaden: Gabler 1994, S. 35-62.

KERSTEN, W.; KERN, E.-M.:

Flexibilität in der verteilten Produktentwicklung. In: Kaluza, B.; Blecker, T. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Flexibilität. Berlin: Erich Schmidt 2005, S. 229-250.

KHALID, H. M.; HELANDER, M. G.:

Web-based Do-It-Yourself product design. In: Tseng, M. M.; Piller, F. T.: The customer-centric enterprise. Berlin: Springer 2003, pp. 247-266.

KIRN, S.:

Organisatorische Flexibilität durch Workflow-Management-Systeme? In: Arbeitsberichte des Instituts für Wirtschaftsinformatik der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 38 (1995).

KIRNER, E.; DREHER, C.; MALOCA, S.:

Möglichkeiten zur Innovationsbeschleunigung aus Sicht der Unternehmen. In: Bullinger, H.-J. (Hrsg.): Fokus Innovation. München: Hanser 2006, S. 137-158.

KIPPELE, F.:

Was heißt Individualisierung? Opladen: Westdeutscher Verlag 1998. Zugl.: Zürich: Univ., Diss., 1997.

KITTSTEINER, H.-J.:

Kostensenkungsmaßnahmen in der Praxis bei Fertigungstiefe Null. In: VDI Wissensforum (Hrsg.): Konstrukteure senken Kosten. Seminar, München, 16.-17.03.2006. Düsseldorf: VDI Wissensforum IWB 2006.

KLÄGER, R.:

Modellierung von Produkthanforderungen als Basis für Problemlösungsprozesse in intelligenten Konstruktionssystemen. Aachen: Shaker 1993. Zugl.: Karlsruhe: Univ., Diss., 1993.

KLEEDÖRFER, R.:

Prozess- und Änderungsmanagement der Integrierten Produktentwicklung. Aachen: Shaker 1999. Zugl.: München: TU, Diss., 1998.

KLEINALTENKAMP, M.:

Standardisierung und Marktprozess. Wiesbaden: Gabler 1993.

KLEINALTENKAMP, M.:

Customer Integration – Kundenintegration als Leitbild für das Business-to-Business-Marketing. In: Kleinaltenkamp, M.; Fließ, S.; Jacob, F. (Hrsg.): Customer Integration: Von der Kundenorientierung zur Kundenintegration. Wiesbaden: Gabler 1996, S. 13-24.



KLEINALTENKAMP, M.:

Einführung in das Business-to-Business-Marketing. In: Kleinaltenkamp, M.; Plinke, W. (Hrsg.): Technischer Vertrieb (2. Auflage). Berlin: Springer 2000, S. 171-248.

KLEINALTENKAMP, M.; JACOB, F.:

Grundlagen der Gestaltung des Leistungsprogramms. In: Kleinaltenkamp, M.; Plinke, W.; Jacob, F.; Söllner, A.: Markt- und Produktmanagement (2. Auflage). Wiesbaden: Gabler: 2006, S. 3-83.

KLOCKE, F.; PETERS, S.:

Potentiale generativer Verfahren für die Individualisierung von Produkten. In: Reinhart, G.; Zäh, M. F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin: Springer 2003, S. 3-12.

KOHLHASE, N.:

Strukturieren und Beurteilen von Baukastensystemen. Düsseldorf: VDI-Verlag 1997.

KOLLER, R.:

Funktionsanalyse technischer Systeme und Erstellung von Hilfsmitteln zur Produktplanung und -entwicklung. Opladen: Westdeutscher Verlag 1978.

KOLLER, R.:

Konstruktionslehre für den Maschinenbau (3. Auflage). Berlin: Springer 1994.

KOLODNER, J L.:

An introduction to case-based reasoning. In: Artificial Intelligence Review 6 (1992) 1, pp. 3-34.

KOSIOL, E.:

Organisation der Unternehmung (2. Auflage). Wiesbaden: Gabler 1976.

KOSSIAKOFF, A.; SWEET, W. N.:

Systems engineering: principles and practice. Hoboken: Wiley-Interscience 2003.

KOTLER, P.:

From mass marketing to mass customization. In: Planning Review 17 (1989) 5, pp. 7-13.

KRALLMANN, H.; FRANK, H.; GRONAU, N.:

Systemanalyse im Unternehmen (4. Auflage). München: Oldenbourg 2002.

KRAUSE, F.-L.; FRANKE, H.-J.; GAUSEMEIER, J. (HRSG.):

Innovationspotenziale in der Produktentwicklung. München: Hanser 2007.

KRAUSE, F.-L.; TANG, T.; AHLER, U. (HRSG.):

Leitprojekt integrierte Virtuelle Produktentstehung – Abschlussbericht. Stuttgart: Fraunhofer-IRB 2002.

KREUZER, M.:

Die praktische Relevanz von Mass Customization. Bern: Haupt 2005.

- KRUSE, P. J.:  
Anforderungen in der Systementwicklung. Düsseldorf: VDI-Verlag 1996.
- KUHLMANN, T.:  
Konzeption und Entwicklung eines Systems zur Koordinierung der Produktion komplexer Unikate. Bremen: Univ., Diss., 1994.
- KUSIAK, A.:  
Engineering design. San Diego: Academic Press 1999.
- KUSIAK, A.; PARK, K.:  
Concurrent Engineering: Decomposition and scheduling of design activities. In: International Journal of Production Research 28 (1990) 10, pp. 1883-1900.
- LAMPEL, J.; MINTZBERG, H.:  
Customizing customization. In: Sloan Management Review 38 (1996) 1, pp. 21-30.
- LEHMANN, C. M.:  
Wissensbasierte Unterstützung von Konstruktionsprozessen. München: Hanser 1989. Zugl.: Berlin: TU, Diss., 1989.
- LINDEMANN, U.:  
Systemtechnische Betrachtung des Konstruktionsprozesses unter besonderer Berücksichtigung der Herstellkostenbeeinflussung beim Festlegen der Gestalt. Düsseldorf: VDI-Verlag 1980.
- LINDEMANN, U.:  
Produktentwicklung im Wettbewerb. In: VDI-Gesellschaft Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb (Hrsg.): Erfolgreiche Produkte und Prozesse. Tagung, Mannheim, 08.-09.10.1996. Düsseldorf: VDI-Verlag 1996, S. 289-302.
- LINDEMANN, U.:  
Wünsche eines Produktentwicklers an das Controlling. In: Jander, H.; Krey, A.: Betriebliches Rechnungswesen und Controlling im Spannungsfeld von Theorie und Praxis. Hamburg: Dr. Kovač 2005, S. 345-361.
- LINDEMANN, U.:  
Methodische Entwicklung technischer Produkte (2. Auflage). Berlin: Springer 2007.
- LINDEMANN, U.; BAUMBERGER, G. C.:  
Individualisierte Produkte. In: Lindemann, U.; Reichwald, R.; Zäh, M. F.: Individualisierte Produkte. Berlin: Springer 2006A, S. 7-16.
- LINDEMANN, U.; BAUMBERGER, G. C.:  
Adaptionsprozesse für individualisierte Produkte. In: Lindemann, U.; Reichwald, R.; Zäh, M. F.: Individualisierte Produkte. Berlin: Springer 2006B, S. 129-150.

- LINDEMANN, U.; BAUMBERGER, C.; FREYER, B.; GAHR, A.; PONN, J.; PULM, U.:  
Entwicklung individualisierter Produkte. In: Reinhart, G.; Zäh, M. F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin: Springer 2003A, S. 13-29.
- LINDEMANN, U.; MAURER, M.:  
Entwicklung und Strukturplanung individualisierter Produkte. In: Lindemann, U.; Reichwald, R.; Zäh, M. F.: Individualisierte Produkte. Berlin: Springer 2006, S. 41-62.
- LINDEMANN, U.; PULM, U.:  
Enhanced product structuring and evaluation of product properties for mass customization. In: Proceedings of the 1<sup>st</sup> World Congress on Mass Customization and Personalization 2001 (MCPC01), Hong Kong, 01.-02.10.2001. Hong Kong: Advanced Manufacturing Institute, Hong Kong University of Science and Technology 2001. (CD)
- LINDEMANN, U.; PULM, U.; PONN, J.; GAHR, A.; FREYER, B.:  
Individualisierte Produkte aus Sicht der Produktentwicklung. In: Piller, F. T.; Stotko, C. M.: Mass Customization und Kundenintegration. Düsseldorf: Symposium 2003B (Anhang Expertenkapitel).
- LINDEMANN, U.; REICHWALD, R. (HRSG.):  
Integriertes Änderungsmanagement. Berlin: Springer 1998.
- LINGNAU, V.:  
Variantenmanagement. Berlin: Erich Schmidt 1994. Zugl.: Berlin: TU, Diss., 1994.
- LINNER, S.:  
Konzept einer integrierten Produktentwicklung. München: TU, Diss., 1993.
- LITKE, H.-D.:  
Projektmanagement (3. Auflage). München: Hanser 1995.
- LÖSCH, J.:  
Controlling der Variantenvielfalt. Aachen: Shaker 2001. Zugl.: Braunschweig: TU, Diss., 2001.
- LÜTHJE, C.:  
Kundenorientierung im Innovationsprozess. Wiesbaden: DUV 2000. Zugl.: München: Univ., Diss., 1999.
- MAC CARTHY, B.:  
Understanding 'Customization' in Mass Customization. In: Seminar on Mass Customization, London, 27.02.2003. London: The Institution of Electrical Engineers 2003, pp. 1/1-1/4.
- MAC CARTHY, B. L.; BRABAZON, P. G.; BRAMHAM, J.:  
Key value attributes in mass customization. In: Rautenstrauch, C.; Seelmann-Eggebert, R.; Turowski, K. (eds.): Moving into mass customization. Berlin: Springer 2002, pp. 71-87.

- MAC CARTHY, B. L.; BRABAZON, P. G.; BRAMHAM, J.:  
Examination of mass customization through field evidence. In: Tseng, M. M.; Piller, F. T.: The customer-centric enterprise. Berlin: Springer 2003, pp. 19-34.
- MACAULAY, L. A.:  
Requirements engineering. London: Springer 1996.
- MALMQVIST, J.:  
A classification of matrix-based methods for product modelling. In: Proceedings of the International Design Conference (DESIGN02), Dubrovnik, 14.-17.05.2002, pp. 203-210.
- MALONE, T. W.; CROWSTON, K.; LEE, J.; PENTLAND, B. (U. A.):  
Tools for inventing organizations. toward a handbook of organizational processes. In: Management Science 45 (1999) 3, pp. 425-443.
- MARCA, D. A.; MCGOWAN, C. L.:  
SADT – Structured Analysis and Design Technique. New York: McGraw-Hill 1988.
- MARTIN, M.; HAUSMAN, W.; ISHII, K.:  
Design for variety. In: Ho, T.-H.; Tang, C. S. (eds.): Product variety management. Boston: Kluwer 1998, pp. 103-122.
- MATOUSEK, R.:  
Konstruktionslehre des allgemeinen Maschinenbaus. Berlin: Springer 1957.
- MAURER, M.; BOESCH, N.-O.; SHENG, G.; TZONEV, B.:  
A tool for modelling flexible product structures – MOFLEPS. In: Proceedings of the 15<sup>th</sup> International Conference on Engineering Design (ICED05), Melbourne, 15.-18.08.2005. (CD)
- MAYER, R.:  
Strategien erfolgreicher Produktgestaltung. Wiesbaden: DUV 1993. Zugl.: Mannheim: Univ., Diss., 1992.
- MEFFERT, H.:  
Marketing (9. Auflage). Wiesbaden: Gabler 2005.
- MEIER, H.; MABBERG, W. E.; SCHRAMM, J. J.:  
Kundenindividuelle Services auf Basis modularisierter Dienstleistungen. In: Reinhart, G.; Zäh, M. F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin: Springer 2003, S. 65-73.
- MEIER, R.; PILLER, F. T.:  
Systematisierung von Strategien zur Individualisierung von Dienstleistungen. Arbeitsbericht Nr. 24 des Lehrstuhls für Allgemeine und Industrielle Betriebswirtschaft der Technischen Universität München. München: TU 2001.

MEIBNER, M.; BLESSING, L.:

Defining an adaptive product development methodology. In: Proceedings of the International Design Conference (DESIGN06), Dubrovnik, 15.-18.05.2006, pp. 69-78.

MENGE, M.:

Ein Beitrag zur Beherrschung der Variantenvielfalt in der auftragsbezogenen Einzel- und Kleinserienfertigung komplexer Produkte. Essen: Vulkan 2001. Zugl.: Braunschweig: TU, Diss., 2001.

MERAT, P.:

Rechnergestützte Auftragsabwicklung an einem Praxisbeispiel. Aachen: Shaker 1996. Zugl.: München: TU, Diss., 1996.

MERTINS, K.; SÜSSENGUTH, W.; JOCHEM, R.:

Modellierungsmethoden für rechnerintegrierte Produktionsprozesse. München: Hanser 1994.

MEYER, M. H.; LEHNERD, A. P.:

The power of product platforms. New York: The Free Press 1997.

MILLER, G. A.; GALANTER, E.; PRIBRAM, K. H.:

Plans and the structure of behavior. London: Holt, Rinehart and Winston 1970 [1960].

MÜLLER, J.:

Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften. Berlin: Springer 1990.

MÜLLER, R.:

Datenbankgestützte Teilverwaltung und Wiederholteilsuche. München: Hanser 1991. Zugl.: München: TU, Diss., 1990.

MUNTSLAG, D. R.:

Managing customer order driven engineering. Utrecht: Moret Ernst & Young 1993. Zugl.: Eindhoven: Univ., PhD Thesis, 1993.

MURR, O.:

Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen. München: Utz 1999. Zugl.: München: TU, Diss., 1999.

NEGELE, H.:

Systemtechnische Methodik zur ganzheitlichen Modellierung am Beispiel der integrierten Produktentwicklung. München: TU, Diss., 1998.

NILLES, V.:

Effiziente Gestaltung von Produktordnungssystemen. München: TCW 2001.

NORDSIECK, F.:

Betriebsorganisation. Stuttgart: Poeschel 1972.

- O'DONOVAN, B.; BROWNING, T. R.; ECKERT, C.; CLARKSON, J.:  
Design planning and modelling. In: Clarkson, J.; Eckert, C. (eds.): Design process improvement. London: Springer 2005, pp. 60-87.
- ÖSTERLE, H.:  
Business Engineering: Von intuitiver Organisation zu rationalen Workflows. In: Österle, H.; Vogler, P. (Hrsg.): Praxis des Workflowmanagements. Braunschweig: Vieweg 1996, S. 1-18.
- OTTO, K. N.; AHRENS, G.:  
Eine Methode zur Definition technischer Produkthanforderungen. In: Konstruktion 49 (1997) 11/12, S. 19-25.
- OTTO, K. N.; WOOD, K. L.:  
Product design. Upper Saddle River: Prentice-Hall 2001.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K.-H.:  
Konstruktionslehre (6. Auflage). Berlin: Springer 2005.
- PALANI RAJAN, P. K.; VAN WIE, M.; CAMPBELL, M.; OTTO, K.; WOOD, K.:  
Design for Flexibility – measures and guidelines. In: Proceedings of the 14<sup>th</sup> International Conference on Engineering Design (ICED03), Stockholm, 19.-21.08.2003. (CD)
- PASCHA, A.; SCHÖPPE, B.; HACKER, W.:  
Was macht Planen kompliziert? Dresden: Institut für Allgemeine Psychologie, Biopsychologie und Methoden der Psychologie 2000.
- PATZAK, G.:  
Systemtechnik – Planung komplexer innovativer Systeme. Berlin: Springer 1982.
- PATZAK, G.; RATTAY, G.:  
Projektmanagement (4. Auflage). Wien: Linde 2004.
- PEPPERS, D.; ROGERS, M.:  
Managing customer relationships. Hoboken: John Wiley & Sons 2004.
- PEPPERS, D.; ROGERS, M.; DORF, B.:  
Is your company ready for one-to-one marketing? In: Harvard Business Review 77 (1999) 1, pp. 151-160.
- PFEIFER, T.:  
Qualitätsmanagement (2. Auflage). München: Hanser 1996.
- PICOT, A.; REICHWALD, R.; WIGAND, R. T.:  
Die grenzenlose Unternehmung (5. Auflage). Wiesbaden: Gabler 2003.
- PILLER, F. T.:  
Kundenindividuelle Massenproduktion. München: Hanser 1998.

PILLER, F. T.:

Mass Customization (2. Auflage). Wiesbaden: DUV 2001.

PILLER, F. T.:

The customer as co-designer: how to master mass customization's most demanding challenge. In: Seminar on Mass Customization, London, 27.02.2003. London: The Institution of Electrical Engineers 2003, pp. 6/1-6/5.

PILLER, F. T.:

Innovation and value co-creation. München: TU, Habil., 2004.

PILLER, F. T.; IHL, C.:

Mythos Mass Customization: Buzzwort oder praxisrelevante Wettbewerbsstrategie. Arbeitsbericht Nr. 32 (August 2002) des Lehrstuhls für allgemeine und Industrielle Betriebswirtschaftslehre. München: TU 2002.

PILLER, F. T.; STOTOKO, C. M. (HRSG.):

Mass Customization und Kundenintegration. Düsseldorf: Symposion 2003.

PIMMLER, T. U.; EPPINGER, S. D.:

Integration analysis of product decompositions. In: Proceedings of ASME Conference on Design Theory and Methodology, Minneapolis, September 1994, pp. 343-351.

PINE II, B. J.:

Mass customization. Boston: Harvard Business School Press 1993.

PINE II, B. J.; PEPPERS, D.; ROGERS, M.:

Do you want to keep your customers forever? In: Harvard Business Review 73 (1995) 2, pp. 103-114.

PLATZ, J.:

Projektmanagement in Entwicklung und Konstruktion. In: VDI-Gesellschaft Entwicklung, Konstruktion, Vertrieb (Hrsg.): Erfolgreiche Produkte und Prozesse. Tagung, Mannheim, 08.-09.10.1996. Düsseldorf: VDI-Verlag 1996, S. 435-448.

PLATZ, J.; SCHMELZER, H. J.:

Projektmanagement in der industriellen Forschung und Entwicklung. Berlin: Springer 1986.

PLINKE, W.:

Grundlagen des Marktprozesses. In: Kleinaltenkamp, M.; Plinke, W. (Hrsg.): Technischer Vertrieb (2. Auflage). Berlin: Springer 2000, S. 3-100.

PONN, J.:

Situative Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte. München: TU, Diss., 2007.

- PORTER, M. E.:  
Competitive advantage. New York: The Free Press 1998 [1985].
- PRIBILLA, P.; REICHWALD, R.; GOECKE, R.:  
Telekooperation im Management. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1996.
- PUGH, S.:  
Total design. Workingham: Addison-Wesley 1991.
- PUHL, H.:  
Komplexitätsmanagement – Ein Konzept zur ganzheitlichen Erfassung, Planung und Regelung der Komplexität in Unternehmensprozessen. Kaiserslautern: Univ., Diss., 1999.
- PULM, U.:  
Eine systemtechnische Betrachtung der Produktentwicklung. Muenchen: TU, Diss., 2004.
- RAFFEE, H.; WIEDMANN, K. P.:  
Der Wertewandel als Herausforderung für Marketingforschung und Marketingpraxis. In: Marketing-ZFP 10 (1988) 3, S. 198-211.
- RAPP, T.:  
Produktstrukturierung. Wiesbaden: Gabler 1999. Zugl.: St. Gallen: Univ., Diss., 1999.
- RATHNOW, P. J.:  
Integriertes Variantenmanagement. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 1993.
- RAUFEISEN, M.:  
Konzept zur Komplexitätsmessung des Auftragsabwicklungsprozesses. München: TCW 1999.
- RAUPACH, H.-C.:  
Simulation von Produktentwicklungsprozessen. Berlin: IPK 2000. Zugl.: Berlin: TU, Diss., 1999.
- REDENIUS, A.:  
Verfahren zur Planung von Entwicklungsprozessen für fortgeschrittene mechatronische Systeme. Paderborn: HNI 2006. Zugl.: Paderborn: Univ., Diss., 2006.
- REFA:  
Methodenlehre der Planung und Steuerung 1 (4. Auflage). München: Hanser 1985.
- REICHWALD, R.; PILLER, F. T.; STOTKO, C. M., IHL, J. C.:  
Marktnahe Produktion individueller Produkte in dezentralen Minifabriken. In: Kaluza, B.; Blecker, T. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Flexibilität. Berlin: Erich Schmidt 2005, S. 175-202.
- REINHART, G.; LINDEMANN, U.; HEINZL, J.:  
Qualitätsmanagement. Berlin: Springer 1996.



- REINHART, G.; ZÄH, M. F. (HRSG.):  
Marktchance Individualisierung. Berlin: Springer 2003.
- REINICKE, T.:  
Möglichkeiten und Grenzen der Nutzerintegration in der Produktentwicklung. Berlin: TU, Diss., 2004.
- RIEPE, B.:  
Integrierte Produktstrukturmodellierung in den frühen Phasen der Produktentwicklung. Paderborn: Univ., Diss., 2003.
- RINZA, P.:  
Projektmanagement (4. Auflage). Berlin: Springer 1998.
- ROBERTSON, D.; ULRICH, K.:  
Planning for product platforms. In: Sloan Management Review 39 (1998) 4, pp. 19-31.
- ROGOLL, T. A.; PILLER, F. T.:  
Konfigurationssysteme für Mass Customization und Variantenproduktion. München: ThinkConsult 2002.
- ROOZENBURG, N. F. M.; EEKELS, J.:  
Product design: fundamentals and methods. Chichester: John Wiley & Sons 1995.
- ROPOHL, G.:  
Einleitung in die Systemtechnik. In: Ropohl, G. (Hrsg.): Systemtechnik – Einführung und Grundlagen. München: Hanser 1975, S. 1-77.
- ROPOHL, G.  
Allgemeine Technologie – Eine Systemtheorie der Technik. München: Hanser 1999.
- ROSEMANN, M.:  
Komplexitätsmanagement in Prozessmodellen. Wiesbaden: Gabler 1996. Zugl.: Münster: Univ., Diss., 1995.
- ROTH, K.:  
Konstruieren mit Konstruktionskatalogen 1 (Konstruktionslehre), (3. Auflage). Berlin: Springer 2000.
- ROTH, K.:  
Design catalogues and their usage. In: Chakrabarti, A. (Ed.): Engineering design synthesis. Berlin: Springer 2002, S. 121-129.
- RUDE, S.:  
Rechnergestützte Gestaltfindung auf der Basis eines integrierten Produktmodells. Düsseldorf: VDI-Verlag 1991.

- RUDE, S.:  
Wissensbasiertes Konstruieren. Karlsruhe: Univ., Habil., 1998.
- RUPP, C.:  
Requirements-Engineering und -Management (3. Auflage). München: Hanser 2004.
- RUTZ, A.:  
Konstruieren als gedanklicher Prozess. München: TU, Diss., 1985.
- SAGE, A. P.:  
Systems engineering. New York: John Wiley & Sons 1992.
- SAGE, A. P.; ROUSE, W. B. (EDS.):  
Handbook of systems engineering and management. New York: John Wiley & Sons 1999.
- SALEIN, M.:  
Methodik zum situationspezifischen Planen marktgerechter technischer Produkte. Düsseldorf: VDI-Verlag 1999.
- SANDERSON, S. W.; UZUMERI, M.:  
Managing product families. New York: Irwin 1996.
- SARETZ, B.:  
Entwicklung einer Methodik zur Parallelisierung von Planungsvorgängen. Aachen: Shaker 1993. Zugl.: Aachen: TH, Diss., 1993.
- SCHÄFFER, G.:  
Systematische Integration adaptiver Produktionssysteme. München: TU, Diss., 1995.
- SCHALLER, U.:  
Ein Beitrag zur vorteilhaften Erzeugnisgliederung bei variantenreicher Serienfertigung im Maschinenbau. Aachen: TH, Diss., 1980.
- SCHARES, L. P.:  
Methodik zur technischen Auftragsklärung komplexer kundenspezifischer Sondermaschinen und Anlagen. Aachen: Shaker 1999. Zugl.: Aachen: TH, Diss., 1998.
- SCHEER, A.-W.:  
ARIS (4. Auflage). Berlin: Springer 2001.
- SCHEER, A.-W.; BOCZANSKI, M.; MUTH, M.; SCHMITZ, W.-G.; SEGELBACHER, U.:  
Prozessorientiertes Product Lifecycle Management. Berlin: Springer 2006.
- SCHEER, A.-W.; ZIMMERMANN, V.:  
Geschäftsprozessmanagement und integrierte Informationssysteme: Prozessmodellierung, Referenzmodelle und Softwaretechnologien. In Töpfer, A. (Hrsg.): Geschäftsprozess analysiert & optimiert. Neuwied: Luchterhand 1996, S. 267-286.

- SCHENK, M.; WIRTH, S.:  
Fabrikplanung und Fabrikbetrieb. Berlin: Springer 2004.
- SCHIENMANN, B.:  
Kontinuierliches Anforderungsmanagement. München: Addison-Wesley 2002.
- SCHLICKSUPP, H.:  
Innovation, Kreativität und Ideenfindung. Würzburg: Vogel 1980.
- SCHMALZL, B.; SCHRÖDER, J.:  
Managementkonzepte im Wettstreit. München: Beck 1998.
- SCHMELZER, H. J.:  
Steigerung der FuE-Produktivität durch Prozessmanagement. In: Konstruktion 50 (1998) 3, S. 38-42.
- SCHMELZER, H. J.; SESSELMANN, W.:  
Geschäftsprozessmanagement in der Praxis (4. Auflage). München: Hanser 2004.
- SCHMIDT, G.:  
Prozessmanagement. Berlin: Springer 1997.
- SCHMIDT, R.:  
Marktorientierte Konzeptfindung für langlebige Gebrauchsgüter. Wiesbaden: Gabler 1996.  
Zugl.: Aachen: Diss., TH, 1995.
- SCHMITT, R.:  
Unternehmensübergreifender Engineering Workflow – Verteilte Entwicklung auf der Grundlage eines parameterbasierten Daten- und Prozessmanagements. Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger 2001. Zugl.: Clausthal: TU, Diss., 2000.
- SCHNEIDER, P.:  
Produktindividualisierung als Marketing-Ansatz. Schesslitz: Rosch-Buch 1998. Zugl.: St. Gallen: Univ., Diss., 1997.
- SCHOLZ, R.:  
Geschäftsprozessoptimierung. Bergisch Gladbach: Eul 1993.
- SCHOMBURG, E.:  
Entwicklung eines betriebstypologischen Instrumentariums zur systematischen Ermittlung der Anforderungen an EDV-gestützte Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme im Maschinenbau. Aachen: TH, Diss., 1980.
- SCHRÖDER, H.-H.:  
Ansätze zur Planung von Produktplattformen. In: Albach, H.; Kaluza, B.; Kersten, W.: Wertschöpfungsmanagement als Kernkompetenz. Wiesbaden: Gabler 2002, S. 87-119.

SCHROER, M.:

Negative, positive und ambivalente Individualisierung. In: Kron, T. (Hrsg.): Individualisierung und soziologische Theorie. Opladen: Leske + Budrich 2000.

SCHUH, G.:

Gestaltung und Bewertung von Produktvarianten. Düsseldorf: VDI-Verlag 1989.

SCHUH, G.:

Virtuelle Fabrik – Beschleuniger des Strukturwandels. In: Schuh, G.; Wiendahl, H. P.: Komplexität und Agilität. Berlin: Springer 1997, S. 295-307.

SCHUH, G.:

Produktkomplexität managen (2. Auflage). München: Hanser 2005.

SCHUH, G.:

Change Management – Prozesse strategiekonform gestalten. Berlin: Springer 2006.

SCHULZE, G.:

Die Erlebnisgesellschaft. Frankfurt/Main: Campus 1992.

SCHUMANN, G.:

Adaptive Planung des Produktentwicklungsprozesses. München: Hanser 1994. Zugl.: Berlin: TU, Diss., 1994.

SCHWARTZ, B.:

The paradox of choice. New York: Ecco 2004.

SCHWARZKOPF, P.; SEELMANN-EGGEBERT, R.; STOTKO, C. M.; THOBEN, K.-D.:

Kundenindividuelle Produktion - Mass Customization in der Investitionsgüterindustrie. Frankfurt/Main: VDMA-Verlag 2003.

SCHWANKL, L.:

Analyse und Dokumentation in den frühen Phasen der Produktentwicklung. München: Dr. Hut 2002. Zugl.: München: TU, Diss., 2002.

SCHWERMER, M.:

Modellierungsvorgehen zur Planung von Geschäftsprozessen. Berlin: IPK 1998. Zugl.: Berlin: TU, Diss., 1997.

SCHUH, G.:

Change Management - Prozesse strategiekonform gestalten. Berlin: Springer 2006.

SEEGER, H.:

Design technischer Produkte, Programme und Systeme. Berlin: Springer 1992.

SEIDENSCHWARZ, W.:

Target costing. München: Vahlen 1993.

- SIMPSON, T. W.; LAUTENSCHLAGER, U.; MISTREE, F.:  
Mass customization in the age of information: the case for open engineering systems. In: Porter, A. L.; Read, W. H. (eds.): The information revolution. London: Ablex 1998, pp. 49-71.
- SPATH, D.; DILL, C.; SCHARER, M.:  
Unterstützung der Produktentstehung mit einem prozessbegleitenden Methodenbaukasten auf Intra/Internetbasis. In: VDI-Gesellschaft Systementwicklung und Projektgestaltung (Hrsg.): Erfolgreiche Produktentwicklung. Tagung, Stuttgart, 05.-06.10.2000. Düsseldorf: VDI-Verlag 2000, S. 45-67.
- SPUR, G.; KRAUSE, F.-L.:  
Das virtuelle Produkt. München: Hanser 1997.
- STACHOWIAK, H.:  
Allgemeine Modelltheorie. Wien: Springer 1973.
- STAUD, J.:  
Geschäftsprozessanalyse (3. Auflage). Berlin: Springer 2006.
- STEINMEIER, E.:  
Realisierung eines systemtechnischen Produktmodells – Einsatz in der PKW-Entwicklung. Aachen: Shaker 1999. Zugl.: München: TU, Diss., 1998.
- STOTKO, C. M.  
Vertriebseffizienz durch Kundenintegration. München: TU, Diss., 2004.
- STRIENING, H.-D.:  
Prozess-Management. Frankfurt/Main: Lang 1988. Zugl.: Kaiserslautern: Univ., Diss., 1988.
- STROHSCHNEIDER, S.; VON DER WETH, R. (HRSG.):  
Ja, mach nur einen Plan (2. Auflage). Bern: Huber 2001.
- STUFFER, R.:  
Planung und Steuerung der Integrierten Produktentwicklung. München: Hanser 1994. Zugl.: München: TU, Diss., 1993.
- SUH, N. P.:  
Axiomatic design. New York: Oxford University Press 2001.
- SUHM, A.:  
Produktmodellierung in wissensbasierten Konstruktionssystemen auf der Basis von Lösungsmustern. Aachen: Shaker 1993. Zugl.: Karlsruhe: Univ., Diss., 1993.
- SVENSSON, C.; JENSEN, T.:  
The customer at the final frontier of mass customization. In: Tseng, M. M.; Piller, F. T.: The customer-centric enterprise. Berlin: Springer 2003, pp. 326-346.

TEUFEL, S.:

Computergestützte Gruppenarbeit – eine Einführung. In: Österle, H.; Vogler, P. (Hrsg.): Praxis des Workflowmanagements. Braunschweig: Vieweg 1996, S. 35-64.

THOBEN, K.-D.:

Customer driven manufacturing versus mass customization. In: Tseng, M. M.; Piller, F. T.: The customer-centric enterprise. Berlin: Springer 2003, pp. 71-84.

THOMA, W.:

Erfolgsorientierte Beurteilung von FuE-Projekten. Darmstadt: Toeche-Mittler 1989.

THOMKE, S.; REINERTSEN, D.:

Agile product development: managing development flexibility in uncertain environments. In: California Management Review 41 (1998) 1, pp. 8-30.

THOMKE, S.; VON HIPPEL, E.:

Customers as innovators: a new way to create value. In: Harvard Business Review 80 (2002) 4, pp. 74-81.

TJALVE, E.:

Systematische Formgebung für Industrieprodukte. Düsseldorf: VDI-Verlag 1978.

TÖPFER, A. (HRSG.):

Geschäftsprozesse analysiert & optimiert. Neuwied: Luchterhand 1996.

TRÄNCKNER, J.-H.:

Entwicklung eines prozess- und elementorientierten Modells zur Analyse und Gestaltung der technischen Auftragsabwicklung von komplexen Produkten. Aachen: TH, Diss., 1990.

TRIPPNER, D.:

Vorgehensmodell zum Management von Produktdaten in komplexen und dynamischen Produktentwicklungsprozessen. Aachen: Shaker 2002. Zugl.: Karlsruhe: Univ., Diss., 2002.

ULLMAN, D. G.:

The mechanical design process (2<sup>nd</sup> edition). Boston: McGraw-Hill 1997.

ULRICH, H.:

Management. Bern: Haupt 1984.

ULRICH, H.:

Die Betriebswirtschaftslehre als anwendungsorientierte Sozialwissenschaft. In: Ulrich, H.: Management: Aufsätze 2. Teil 1981-1998. Bern: Haupt 2001.

ULRICH, H.; PROBST, G.:

Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. Bern: Haupt 2001.

ULRICH, K.:

The role of product architecture in the manufacturing firm. In: *Research Policy* 24 (1995), pp. 419-440.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D.:

*Product Design and Development*. New York: McGraw-Hill 2000.

UNGEHEUER, U.:

*Produkt- und Montageorientierung*. Düsseldorf: VDI-Verlag 1986. Zugl.: Aachen: TH, Diss., 1985.

URBAN, G. L.; HAUSER, J. R.:

*Design and marketing of new products* (2<sup>nd</sup> edition). Englewood Cliffs: Prentice-Hall 1993.

VAJNA, S.:

Workflow for design. In: Clarkson, J.; Eckert, C. (eds.): *Design process improvement*. London: Springer 2005, pp. 366-385.

VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (HRSG.):

*Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte* (VDI-Richtlinie 2221). Berlin: Beuth 1993.

VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (HRSG.):

*Entwicklungsmethodik für mechatronische Systeme* (VDI-Richtlinie 2206). Berlin: Beuth 2004A.

VDI – VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (HRSG.):

*Methodisches Entwerfen technischer Produkte* (VDI-Richtlinie 2223). Berlin: Beuth 2004B.

VEH, U.:

*Konzept einer ablaufgeregelten Entwurfsphase im Konstruktionsprozess*. Essen: Univ.; Diss., 2002.

VESTER, F.:

*Die Kunst vernetzt zu denken*. Stuttgart: DVA 1999.

VON DER WETH, R.; STROHSCHNEIDER, S.:

Planungsprozesse aus psychologischer Sicht. In: Strohschneider, S.; von der Weth, R. (Hrsg.): *Ja, mach nur einen Plan* (2. Auflage). Bern: Huber 2001, S. 12-34.

VON HIPPEL, E.:

“Sticky Information” and the Locus of Problem Solving: Implications for Innovation. In: *Management Science* 40 (1994) 4, S. 429-439.

VON HIPPEL, E.:

*Democratizing innovation*. Cambridge: MIT Press 2005.

WAGNER, W.:

Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion. München: Utz 2006. Zugl.: München: TU, Diss., 2006.

WALLACE, K.:

A systematic approach to engineering design. In: Oakley, M. (ed.): Design management. Oxford: Basil Blackwell 1990, pp. 206-218.

WARNECKE, H.-J.:

Revolution der Unternehmenskultur. Berlin: Springer 1992.

WARNECKE, H.-J.; HICHERT, R.; VOEGELE, A.:

Planung in Entwicklung und Konstruktion. Grafenau: expert 1980.

WEBER, C.:

CPM/PDD – An extended theoretical approach to modelling products and product development processes. In: Bley, H.; Jansen, H.; Krause, F.-L.; Spitalni, M. (Eds.): Advances in methods and systems for the development of products and processes. Proceedings of the 2. German-Israeli symposium on design and manufacture, Berlin, 07.-08.07.2005. Stuttgart: Fraunhofer-IRB 2005.

WEIBER, R.; JACOB, F.:

Kundenbezogene Informationsgewinnung. In: Kleinaltenkamp, M.; Plinke, W. (Hrsg.): Technischer Vertrieb. Berlin: Springer 2000, S. 523-612.

WEINBRENNER, V.:

Produktlogik als Hilfsmittel zum Automatisieren von Varianten- und Anpassungskonstruktionen. München: Hanser 1994. Zugl.: München: TU, Diss., 1993.

WEIS, C.:

Wissensbasierte Ablaufsteuerung des Konstruktionsprozesses. Aachen: Shaker 1996. Zugl.: Karlsruhe: Univ., Diss., 1996.

WELLNIAK, R.:

Das Produktmodell im rechnerintegrierten Konstruktionsarbeitsplatz. München: Hanser 1995. Zugl.: München: TU, Diss., 1994.

WENZEL, S.:

Organisation und Methodenauswahl in der Produktentwicklung. München: Utz 2003. Zugl.: München: TU, Diss., 2002.

WESTKÄMPER, E. (HRSG.):

Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion. Forschungskolloquium SFB 467, Stuttgart, 16.04.2002. Stuttgart: Fraunhofer-IRB 2002.



- WESTKÄMPER, E.:  
Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für variantenreiche Serienproduktion. In: Reinhart, G.; Zäh, M. F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin: Springer 2003, S. 95-108.
- WIELAND, D.:  
Die Grenzen der Individualisierung. Opladen: Leske + Budrich 2004.
- WIENDAHL, H.-P.:  
Betriebsorganisation für Ingenieure (5. Auflage). München: Hanser 2005.
- WILDEMAN, H.:  
Komplexitätsmanagement durch Prozess- und Produktgestaltung. In: Adam, D. (Hrsg.): Komplexitätsmanagement. Wiesbaden: Gabler 1998, S. 47-68.
- WILDEMAN, H.:  
Auftragsabwicklungssegmente. München: TCW 1999.
- WILDEMAN, H.:  
Komplexitätsmanagement. München: TCW 2000.
- WILDEMAN, H.:  
Entwicklungsprozess (10. Auflage). München: TCW 2005.
- WIPPERFÜRTH, M.:  
Design und Mass Customization. Halle/Saale: Hochschule für Kunst und Design, unveröffentlichte Diplomarbeit 2001.
- WOHLGEMUTH-SCHÖLLER, E.:  
Modulare Produktsysteme. Frankfurt/Main: Peter Lang 1999. Zugl.: Heidelberg: Univ., Diss., 1998.
- WORTMANN, J. C.:  
Production management systems for one-of-a-kind products. In: Computers in Industry 19 (1992) 1, pp. 79-88.
- WULF, J.:  
Elementarmethodische Konzepte zur Optimierung der Lösungssuche im Team. München: TU, Diss., 2002.
- WUNSCH, M.; KIMURA, F.:  
Towards mass customization design based on patterns. In: Proceedings of the 3<sup>rd</sup> World Congress on Mass Customization and Personalization 2005 (MCPC05), Hong Kong, 18.-21.09.2005. Hong Kong: Advanced Manufacturing Institute, Hong Kong University of Science and Technology 2005. (CD)

WYNN, D.; CLARKSON, P. J.; ECKERT, C.:

A model-based approach to improve planning practice in collaborative aerospace design. In: Proceedings of ASME 2005 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, Long Beach, 24.-28.09.2005. (CD)

ZÄH, M. F.:

Rapid Manufacturing – Strategie für die wirtschaftliche Kleinserienherstellung. In: Reinhart, G.; Zäh, M. F. (Hrsg.): Marktchance Individualisierung. Berlin: Springer 2003, S. 235-250.

ZÄH, M. F.:

Wirtschaftliche Fertigung mit Rapid-Technologien. München: Hanser 2006.

ZÄH, M. F.; RIMPAU, C.; WIEDEMANN, M.; WIESBECK, M.:

Prozessgestaltung für die kundenindividuelle Auftragsabwicklung. In: Zäh, M. F. (Hrsg.): Produktionsmanagement – Herausforderung Variantenmanagement. Tagung, Garching, 13.07.2006. München: Utz 2006, S. 1-22.

ZAHN, E.; NOWAK, M.; SCHÖN, M.:

Flexible Strategien für wandlungsfähige Unternehmen. In: Kaluza, B.; Blecker, T. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Flexibilität. Berlin: Erich Schmidt 2005, S. 71-104.

ZANGER, C.:

Leistungskern. In: Albers, S.; Herrmann, A. (Hrsg.): Handbuch Produktmanagement. Wiesbaden: Gabler 2002, S. 101-122.

ZANKER, W.:

Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden. Aachen: Shaker 1999. Zugl.: München: TU, Diss., 1999.

ZERNOTT, C.:

Kundenintegration in die Produktentwicklung – Empirische Analyse und Gestaltungsempfehlungen. München: TU, Diss., 2004.

ZIPKIN, P.:

The limits of mass customization. In: MIT Sloan Management Review 42 (2001) 3, pp. 81-87.

ZUBOFF, S.; MAXMIN, J.:

The support economy. New York: Viking Penguin 2002.

## A Anhang

### A.1 Gegenüberstellung der Standardisierungs- und Individualisierungsstrategie

Die Standardisierung stellt die konträre Konzeption zur Individualisierung dar, wobei es sich hierbei nicht um dichotome Vorgehensweisen handelt [MAYER 1993, S. 3]: Beide Strategien bilden die Pole eines Spannungsfeldes, wobei vielfältige Optionen vorstellbar sind, die sich unter Einbeziehung unterschiedlich starker Ausprägungen der einen oder anderen Extremposition realisieren lassen. Unternehmensleistungen können damit einen mehr oder weniger hohen Standardisierungs- bzw. Individualisierungsgrad aufweisen [LAMPEL & MINTZBERG 1996, S. 24; MAYER 1993, S. 4; HILDEBRANDT 1997, S. 5]. Die ideale Ausprägung hängt dabei vom Unternehmenskontext und den Bedingungen des Marktes ab [HILDEBRANDT 1997, S. 6; MAYER 1993, S. 53]. In Tabelle A.1 sind die wesentlichen Merkmale und Nutzendimensionen der Strategien der Standardisierung und Individualisierung einander gegenübergestellt.

Tabelle A.1: Standardisierung und Individualisierung in der Gegenüberstellung [nach MAYER 1993, S. 137]

Merkmale/Nutzendimension	Individualisierung	Standardisierung
Ausrichtung der Leistungsgestaltung	extrem an den Anforderungen des einzelnen Nachfragers	konjunktural an den Durchschnittsansprüchen einer großen Zahl von Nachfragern
Zahl der Nachfrager je Leistung	einer bzw. sehr wenige	viele
Kontakt zum Nachfrager	Nachfrager wird in den Prozess der Leistungserstellung einbezogen	nicht oder kaum vorhanden (anonyme Abnehmerschaft)
Erstellung der Leistung	nach der Bestellung, bedarfsorientiert	vor der Bestellung, auf Vorrat
Quelle der Informationen über die Nachfrageranforderungen	direkt vom Nachfrager	über Marktforschung
Gleichartigkeit der Leistungen einer Produktlinie	maßgeschneiderte Lösung/Einzelstücke (zufällige Gleichartigkeit)	homogenes Massenprodukt
Leistungsvielfalt	sehr groß	nur eine Leistung
Leistungsattraktivität	inhärent hoch	inhärent niedrig
Leistungsinduzierte Kundenbindung	hoch	niedrig
Kosten	hoch	niedrig
Substitutionsgefahr	gering	hoch
Wettbewerbseffekt	teilweise Abkopplung vom Wettbewerb über Leistungsattraktivität und Know-how-Vorsprung, Vermeidung eines Preiswettbewerbs	Gefahr eines Preiswettbewerbs, Abschottung des Marktführers über Kostenvorsprung
Etablierung einer Markteintrittsbarriere	über Leistungsattraktivität und Know-how-Vorsprung	vor allem über einen durch den Marktführer gesicherten Kostenvorsprung
Preisspielraum	eher hoch	eher niedrig

Als Nutzen der Standardisierung wird vor allem die Realisierung einer günstigen Kostenposition zur Unterstützung einer Kostenführerschaft gesehen [HILDEBRANDT 1997, S. 29]. Eine Standardleistung kann zudem auf Vorrat produziert werden [MAYER 1993, S. 43]. Der Nutzen der Individualisierung wird dagegen in der stärkeren Berücksichtigung der individuellen Belange des Nachfragers und damit der Realisierung eines Differenzierungsvorteils gesehen [HILDEBRANDT 1997, S. 16; KREUZER 2005, S. 44].

## A.2 Kontextfaktoren für eine erfolgreiche Einführung der Strategie der massenhaften Produktindividualisierung

Nach SCHNEIDER [1998, S. 64] ist eine Strategie der Produktindividualisierung insbesondere dort Erfolg versprechend, „wo eine Abstimmung der physischen Produkteigenschaften besonders wichtig für den entstehenden Produktnutzen ist und/oder die Individualisierung einen besonders hohen emotionalen Zusatznutzen entstehen lässt“. Zudem muss das Produkt individualisierbar sein, d. h. ausreichende Varietätsoptionen bieten [PILLER 1998, S. 221; vgl. auch KREUZER 2005, S. 11 ff.]. Diese recht allgemeinen Aussagen sollen mit den in Tabelle A.2 aufgeführten Erfolgsfaktoren der Individualisierungsstrategie konkretisiert werden. Damit wird ein Hilfsmittel an die Hand gegeben, mit dessen Hilfe vor der Entscheidung für eine Individualisierungsstrategie die Produkteignung zumindest anhand grober Erfolgskriterien bewertet werden kann. Die Kriterien stellen dabei aber nur Anhaltspunkte für geeignete Güterkategorien dar, die bei teilweiser Gegensätzlichkeit weder zwangsläufig erfüllt sein müssen, noch eine erfolgreiche Umsetzung der Individualisierungsstrategie garantieren.

Tabelle A.2: Güterbezogene Erfolgsfaktoren der Individualisierungsstrategie

Erfolgsfaktor	Erläuterung	Quelle
Produkte mit differenzierten Nachfragerbedürfnissen	Die Kundenbedürfnisse müssen eine ausreichende Varianz aufweisen und zudem individueller Natur sein. Mit der Produktindividualisierung ist eine Nutzensteigerung für den Kunden verbunden. Zudem sollte eine ausreichende zeitliche Stabilität der Bedürfnisstrukturen gegeben sein.	GILMORE & PINE 2000, S. 156; HILDEBRAND 1997, S. 222 f.; JACOB 1994, S. 8; PILLER 1998, S. 80; SVENSSON & JENSON 2003, S. 335; ZIPKIN 2001, S. 85
Produkte mit einem hohen Anspruchsniveau der Kunden	Bei einem hohen Anspruchsniveau der Kunden liegt der Kundenfokus auf hoher Qualität und Preisaufschläge werden leichter akzeptiert.	HILDEBRAND 1997, S. 222 f.; SCHNEIDER 1998, S. 130 f.
Produkte mit hoher Kundenbedeutung	Bei langlebigen und teuren Gebrauchsgütern lohnt sich der Aufwand für die Individualisierung durch die lange Nutzungsdauer und die Kunden wenden mehr Zeit und Interesse für den Erwerbungsprozess auf.	PILLER 1998, S. 222 ff.; PINE ET AL. 1995, S. 107 f.; SCHNEIDER 1998, S. 113 ff.
Produkte mit hoher Nachfragermacht	Es besteht eine hohe Abhängigkeit von den Nachfragern, die aufgrund ihrer guten Stellung eine höhere Produktqualität und Differenzierung fordern.	HILDEBRAND 1997, S. 222 f.; KLEINALTENKAMP 1993, S. 74
Produkte mit hoher Marktdynamik	Märkte mit sich häufig ändernden Kundenanforderungen und kurzen Produktlebenszeiten sind tendenziell besser geeignet, da sich hier die für Großserienprodukte notwendigen Investitionen nicht amortisieren und flexible Prozesse und Leistungsstrukturen gefordert sind.	GILMORE & PINE 2000, S. 155; HILDEBRAND 1997, S. 222 f.; KLEINALTENKAMP 1993, S. 74
Produkte mit wenigen Nachfragern und/oder einer starken zeitlichen Bedarfsverteilung	Hier ist eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Leistungserstellung gefordert und Skaleneffekte werden nicht erreicht.	KLEINALTENKAMP 1993, S. 74
Neuprodukte/Produkte am Anfang des Lebenszyklus	Hier besteht das größte Potenzial zur Realisierung von Erfahrungskurveneffekten und die ökonomischen Potenziale durch schrittweisen, kundenbezogenen Aufbau des Leistungsspektrums entfalten sich voll.	PILLER 1998, S. 222 ff.
Produkte am Ende des Lebenszyklus/Produkte in gesättigten Märkten mit großer Angebotshomogenität	Hier ist bereits ein hohes Unternehmenspotenzial vorhanden. Die Individualisierung bietet zudem in gesättigten Märkten bessere Möglichkeit zur Differenzierung sowie zur Revitalisierung des Lebenszyklus.	HILDEBRAND 1997, S. 222 f.

Produkte mit hoher funktionaler Komplexität	Je komplexer das Produkt ist, desto schwieriger ist eine optionsbasierte Auswahl eines geeigneten Produkts durch den Kunden. Die individuelle Anpassung gewinnt hier an Bedeutung. Zudem weisen komplexe Produkte aufgrund der Funktions- und Elementvielfalt ein höheres Varietätspotenzial auf.	HILDEBRAND 1997, S. 222 f.; KLEINALTENKAMP 1993, S. 74; PILLER 1998, S. 222 ff.; PINE ET AL. 1995, S. 107 f.
Produkte mit einem hohen Anteil informations-technischer Leistungskomponenten (z. B. Software, Telekommunikations- oder Unterhaltungsangebote)	Hier ist eine Individualisierung aufgrund der (teilweisen) Immaterialität des Produktes einfacher zu realisieren.	PINE ET AL. 1995, S. 107 f.; ANDERSON 2006
Spezialanfertigungen (z. B. Sportgeräte, medizintechnische Produkte)	Hier weisen Kunden in der Regel komplexe individuelle Bedürfnisstrukturen auf (nicht nur hinsichtlich Passform, sondern auch Funktionen, Geltung etc.), außerdem wird ein Preisaufschlag leichter akzeptiert.	PILLER 1998, S. 222 ff.; PINE ET AL. 1995, S. 107 f.
Mode- und Lifestyleprodukte, Luxusgüter	Die Produkte weisen eine ausgeprägte Geltungsfunktion auf und haben starken Prestigecharakter. Zudem sind häufige Modellwechsel, Produktneuheiten und eine ständig steigende Variantenvielfalt zu verzeichnen. Schließlich ist auch eine geringere Preissensibilität zu vermuten.	HILDEBRAND 1997, S. 73; PILLER 1998, S. 222 ff.; PINE ET AL. 1995, S. 107 f.; SCHNEIDER 1998, S. 117; ZIPKIN 2001, S. 85 f.

Eine weitere Voraussetzung für den Erfolg der Individualisierungsstrategie ist die Bereitschaft des Kunden zur Mitwirkung bei der Gestaltung des Produktes [KLEINALTENKAMP 1993, S. 74; KREUZER 2005, S. 95; SCHNEIDER 1998, S. 112]. Hier wird zusammenfassend auch von der Notwendigkeit eines hohen Involvements<sup>139</sup> des Kunden gesprochen [HILDEBRAND 1997, S. 222 f.; KREUZER 2005, S. 95; SCHNEIDER 1998, S. 121 ff.]. Schließlich müssen die Kunden die Bereitschaft aufbringen, einen im Vergleich zu Standardprodukten höheren Preis zu bezahlen sowie eine Warte- bzw. Lieferzeit zu akzeptieren [KLEINALTENKAMP 1993, S. 74; SCHNEIDER 1998, S. 112; SVENSSON & JENSON 2003, S. 337]. Die Bereitschaft, einen höheren Preis zu bezahlen, hängt entscheidend davon ab, wie hoch die anteilige Bedeutung der Faktoren „Preis“ und „Qualität“ am Gesamtkaufentscheid ist. Die Bereitschaft, eine Wartezeit zu akzeptieren, hängt dagegen vor allem vom wahrgenommenen Risiko beim Kauf sowie kulturellen und gewohnheitsbedingten Faktoren ab. Bei der Entscheidung für eine Individualisierungsstrategie muss daher auch das typische Konsumverhalten des jeweiligen Marktes berücksichtigt werden [SCHNEIDER 1998, S. 130 ff.]. Zur Realisierung der beschriebenen wirtschaftlichen Effekte muss bei allem auch eine ausreichend hohe Nachfrage nach individualisierten Produkten bestehen [KREUZER 2005, S. 11 ff.]. Der Individualisierungsbedarf muss daher genau geprüft werden.

<sup>139</sup> *Involvement bezeichnet den Grad der „Ich-Beteiligung“ bzw. das Engagement einer Person, sich für bestimmte Sachverhalte und Aufgaben zu interessieren und einzusetzen [MEFFERT 2005, S. 104]. Untersuchungen zeigen allerdings, dass ein hohes Involvement der Verbraucher vor allem im Konsumgüterbereich von Bedeutung für den Erfolg der Produktindividualisierungsstrategie ist. Im Investitionsgüterbereich stehen dagegen Nutzenerwägungen im Vordergrund [HILDEBRAND 1997, S. 73; PINE ET AL. 1995, S. 107 f.].*

### A.3 Merkmalskomplexe technischer Systeme

Produkteigenschaften lassen sich durch so genannte Merkmalskomplexe erfassen. Damit kann die unüberschaubare Anzahl möglicher Eigenschaftsausprägungen sinnvoll strukturiert werden. Eine beispielhafte Grundstruktur von Produkteigenschaften findet sich in Tab. A.3.

Tabelle A.3: Merkmalskomplexe technischer Systeme [PATZAK 1982, S. 36 f.]

Zustandseigenschaften	Wirkeigenschaften	Verhaltenseigenschaften
<ul style="list-style-type: none"> <li>• geometrische Eigenschaften (Gestalt, Abmessungen, Oberflächenbeschaffenheit)</li> <li>• kinematische Eigenschaften (z.B. Ort, Richtung, Geschwindigkeit, Beschleunigung, etc.)</li> <li>• mechanische Eigenschaften (Masse, Kräfte, Festigkeit, Steifigkeit, etc.)</li> <li>• stofflich-energetische Eigenschaften (optische, akustische, thermische, physikalisch-chemische Eigenschaften)</li> <li>• organisatorische Eigenschaften (strukturelle Eigenschaften, Anordnung, Aufbau)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Merkmale,</li> <li>• Art,</li> <li>• Zustände,</li> <li>• Mengen,</li> <li>• Ort,</li> <li>• Zeit und</li> <li>• Häufigkeit</li> </ul> <p>erwünschter und unerwünschter Übertragungsfähigkeiten eines Inputs in einen Output</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• technisches Nutzungsverhalten (Einsatz-, Beschaffungs- bzw. Herstellungs-, Langzeitverhalten)</li> <li>• anthropometrisches Verhalten (Handhabungs-, Förderlichkeits-, Schädigungsverhalten)</li> <li>• sozio-ökonomisches Verhalten (Gesetzes- und Normverhalten, Bedeutungs- und Geltungsverhalten, Nutzen/Kosten-Verhalten)</li> </ul>

Auch HUBKA & EDER [1988, S. 116] schlagen solche Eigenschaftskategorien vor. Das sind

- Funktion bzw. Wirkung eines technischen Systems (Arbeits-, Neben- und Antriebsfunktionen sowie Steuer- und Regelfunktionen),
- funktionsbedingte Eigenschaften (Leistungsgrößen, Funktionsabmessungen),
- Betriebseigenschaften (Betriebssicherheit, Zuverlässigkeit, Lebensdauer, Platzbedarf, Wartungsfähigkeit),
- ergonomische Eigenschaften (Nutzer- und Bedienungsfreundlichkeit, Schnittstellen),
- ästhetische Eigenschaften (Form- und Farbgestaltung, Oberflächen),
- Distributionseigenschaften (Verpackungs-, Lagerungs-, Transportgerechtigkeit),
- Lieferungs- und Planungseigenschaften (Lieferbarkeit, Stückzahl),
- gesetzliche und gesellschaftsbezogene Eigenschaften (Konformität mit Normen, Gesetzen, Werten, Verletzung von Schutzrechten),
- Fertigungseigenschaften (Fertigungs- und Montagegerechtigkeit, Prüffähigkeit),
- wirtschaftliche Eigenschaften (Herstellungskosten, Preis, Betriebs- bzw. Lebenslaufkosten, Wirkungsgrad),
- Herstellungseigenschaften (Hersteller, Marke, Qualität),
- Entsorgungseigenschaften (Demontierbarkeit, Recyclingfähigkeit) sowie die
- Konstruktionseigenschaften.

Letztere können nochmals in allgemeine, spezielle und elementare Konstruktionseigenschaften unterteilt werden [HUBKA & EDER 1988, S. 131]. **Allgemeine Konstruktionseigenschaften** kommen bei den meisten Arten von technischen Systemen vor, da sie sich auf mechanische oder allgemeine Umweltmerkmale beziehen. Das sind z. B. Festigkeit, Steifheit, Härte und Korrosionsfestigkeit. **Spezielle Konstruktionseigenschaften** hängen mit der Produktfunktion zusammen, wobei eine Abgrenzung zu den oben genannten funktionsbedingten Eigenschaften schwierig ist. Die allgemeinen und speziellen Konstruktionseigenschaften stellen von ihrem Wesen her innere Eigenschaften dar, die zwischen den elementaren Konstruktionseigenschaften und den äußeren Produkteigenschaften stehen (vgl. Bild A-1) [HUBKA & EDER 1988, S. 137].

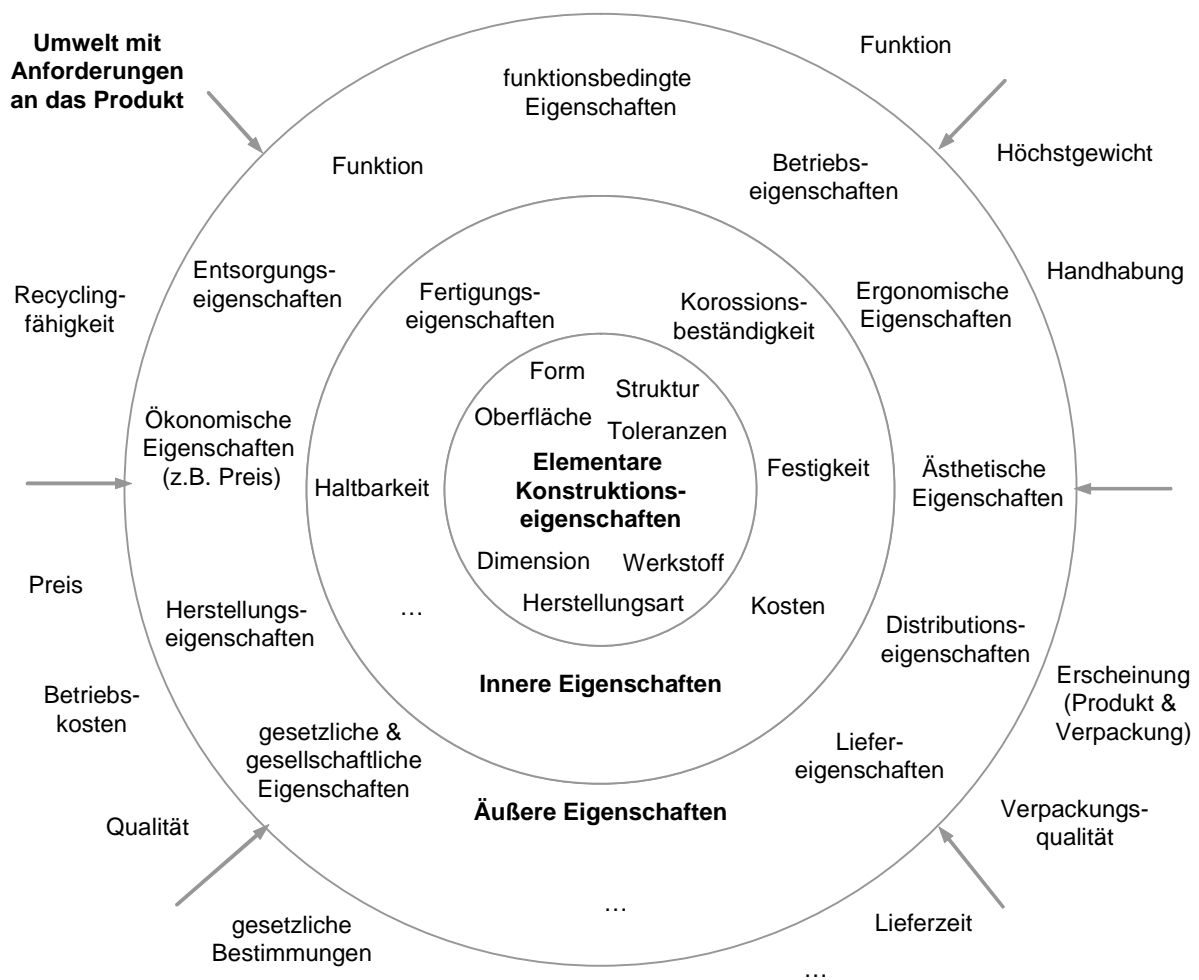


Bild A-1. Beziehungen zwischen den Eigenschaftskategorien [HUBKA & EDER 1988, S. 144]

**Elementare Konstruktionseigenschaften** sind schließlich die Mittel des Konstrukteurs, mit denen alle anderen Eigenschaften festgelegt werden. Das sind Gestalt (Form und Dimension), Werkstoff, Oberflächenqualität, Toleranzen und die Herstellungsart (Fertigungsverfahren, Behandlung) von Bauteilen sowie deren Anordnungs- und Verbindungsstruktur auf höheren

Komplexitätsstufen, d. h. im Verbund mit anderen Komponenten. Die elementaren Gestaltungseigenschaften werden auf Grundlage der anderen geforderten Eigenschaften festgelegt. Sie können sich z. B. aus den Funktionseigenschaften (Form der Turbinenschaufel, Führungsflächen), den Festigkeitseigenschaften (Formübergänge, Minstdurchmesser), den Fertigungseigenschaften (Gusssträngen, Wandstärken), den ergonomischen Eigenschaften (Griffform) oder den Transport- und Lagerungseigenschaften (Kranösen) ergeben.

### *Hauptmerkmalsliste für technische Systeme*

Die bekannte, in Tabelle A.4 abgebildete Hauptmerkmalsliste nach PAHL ET AL. [2005, S. 193 f.] fasst die oben aufgeführten Merkmalskomplexe in Form einer Checkliste zusammen und stellt damit ein wichtiges Strukturierungsmittel bei der Anforderungsklä rung technischer Produkte dar. Durch Abarbeiten der einzelnen Eigenschaftskategorien der Eigenschaftsliste (Hauptmerkmale) können systematisch detaillierte Produkthanforderungen zu wesentlichen Anforderungsbereichen gewonnen werden. Den einzelnen Hauptmerkmalen sind dabei wesentliche Produkt- und Gebrauchseigenschaften sowie weitere anforderungsbestimmende Einflussfaktoren aus den Produktlebenszyklusphasen zugeordnet. Eine vergleichbare, sehr umfassende Merkmalsliste findet sich auch bei PUGH [1991, S. 46].

Tabelle A.4: Hauptmerkmalsliste technischer Systeme [nach PAHL ET AL. 2005, S. 194]

<b>Hauptmerkmale</b>	<b>Beispiele (Auswahl)</b>
Geometrie	Abmessungen, Raumbedarf, Anordnung, Anschluss
Kinematik	Bewegungsart und -richtungen, Geschwindigkeit, Beschleunigung
Kräfte	Kraftgröße, -richtung, -häufigkeit, Gewicht, Verformung, Steifigkeit, Elastizität, Stabilität, Resonanzen, dynamisches Verhalten
Energie	Leistung, Wirkungsgrad, Verlust, Reibung, Zustandsgrößen (Druck, Temperatur, Feuchtigkeit), Erwärmung, Kühlung, Anschlussenergie, Speicherung, Energieumformung
Stoff	physikalisch-chemische Eigenschaften des Eingangs- und Ausgangsproduktes, Hilfsstoffe, vorgeschriebene Werkstoffe, Materialtransport
Signal	Eingangs- und Ausgangssignale, Anzeigart
Sicherheit	Sicherheitstechnik, Schutzsysteme, Gütesiegel
Ergonomie	Mensch-Maschine-Beziehung: Bedienung, Beleuchtung, Haptik, Gebrauchstauglichkeit
Fertigung	bevorzugte Fertigungsverfahren, Fertigungsrestriktionen durch Betriebsstätte (herstellbare Abmessungen, verfügbare Technologien und Fertigungsmittel), mögliche Qualität und Toleranzen, Beschaffungsmöglichkeiten
Kontrolle	Mess- und Prüfmöglichkeiten, zu beachtende Vorschriften
Montage	Zusammen- und Einbau, Montagevorschriften, Baustellengegebenheiten, Fundamentierung, Inbetriebnahme, Endprüfung
Transport	Transportrestriktionen (Hebezeuge, Transportwege), Versandart und -bedingungen
Gebrauch	Einsatzort, Einsatzbedingungen, Gebrauchsanforderungen, Geräusche, Verschleiß
Instandhaltung	Inspektion, Wartung und Instandhaltung, Säuberung
Recycling	Wiederverwendbarkeit, Weiterverwendung, Verwertung, Endlagerung, Beseitigung
Kosten	Kostenrestriktionen (Herstell- und Betriebskosten), Investitionen, Amortisation
Termin	Endtermine, Projektplan, Lieferzeit



#### A.4 Elementare Parameter der Produktgestaltung

Gestalt ist nach FRANKE [1992, S. 65] eine Gesamteigenschaft technischer Gebilde, die durch die Anzahl, Form, Lage und Abmessungen von Objekten der jeweils untergeordneten Objektebene definiert wird. Elementarobjekte sind hierbei die Konturflächen fester Körper, die geschlossene Oberflächen beschreiben. Übergeordnete Objekte sind Bauteile und Teileverbände, d. h. Baugruppen oder das Gesamtprodukt [FRANKE 1992, S. 66]. Eine Zuordnung von Gestaltparametern und Objektebenen zeigt Tabelle A.5.

Tabelle A.5: Zuordnung von Gestaltparametern und Objektebenen [nach FRANKE 1992, S. 66]  
(\* kennzeichnet jeweils toleranzbehaftete Eigenschaften)

Teileverbände	Einzelteile	Konturflächen
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Art und Anzahl der Teile</li> <li>• Relativlagen der Körper*</li> <li>• Bindungen (kinematische Freiheitsgrade)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Art und Anzahl der Flächen</li> <li>• Relativlagen der Flächen*</li> <li>• Material (Art, Behandlung)</li> <li>• Oberflächenbeschaffenheit*</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Form*</li> <li>• Abmessungen*</li> <li>• Oberflächenbeschaffenheit*</li> </ul>

Den Gestaltparametern können nach ERSOY & FRANKE 1976 [zitiert bei FIRCHAU 2003, S. 27 bzw. ROTH 2002, S. 126] elementare Operatoren zur Gestaltvariation zugeordnet werden (vgl. Tab. A.6). Operator und Operand ergeben die im Konstruktionsprozess auszuführenden Gestaltoperationen, die auf die beschriebenen Gestaltelemente Fläche, Einzelteil und Teileverband mit dem Ziel angewendet werden, sämtliche Gestaltparameter festzulegen.

Tabelle A.6 Systematik der Operationen zur Variation von Gestaltparametern [nach FIRCHAU 2003, S. S. 27; ROTH 2002, S. 126]

Übergeordneter Gestaltparameter	Gestaltparameter (Operand)	Operator
Geometrie	Zahl	erhöhen, vermindern
	Lage	ändern
	Form	ändern
	Abmessung	vergrößern, verkleinern
Werkstoff	Zahl	erhöhen, vermindern
	Art (Sorte)	ändern
	Qualität (Behandlung)	ändern

Grundlegende, sich teilweise überschneidende Gestaltungsoperationen finden sich auch bei KOLLER [1994, S. 134 ff.; vgl. auch EHRENSPIEL 2007, S. 439 ff.; Tjalve 1978, S. 79; ebd., S. 92] Hierzu zählen Zahlwechsel (Variation der Zahl der Gestaltelemente) Formwechsel (Variation der Form von Flächen und Körpern), Werkstofflagewechsel (Variation der Lage des Werkstoffes in Bezug zur relevanten Teileoberfläche), Reihenfolgewechsel (Variation der Reihenfolge der Gestaltelemente), Lage- bzw. Anordnungswechsel (Variation der Lage/Anordnung der Gestaltelemente), Abmessungswechsel (Variation von Längen-, Winkelabstands- und anderen Abmessungswerten) und Verbindungsstrukturwechsel (Variation der Verbindungsstrukturen technischer Gebilde) sowie ferner die Variation der Stoffart.

## A.5 Gestaltung des Leistungsprogramms von Unternehmen

### Charakterisierung des Produktprogramms

Die Gesamtheit aller Leistungen eines Unternehmens bildet das Angebots- bzw. Leistungsprogramm bzw. bei Einschränkung auf Sachprodukte das Produktprogramm. Dieses ist durch seine Programmbreite und -tiefe gekennzeichnet (vgl. Bild A-2). Die **Programmbreite** wird durch die Anzahl der verschiedenen Produktlinien bestimmt. Die **Programmtiefe** ergibt sich aus den in den einzelnen Produktlinien enthaltenden Varianten [LINGNAU 1994, S. 106; MAYER 1993, S. 16, NILLES 2001, S. 23 f.]. Eine alternative Bezeichnung für Produktlinie ist auch Produkttyp oder Produktart [LINGNAU 1994, S. 20]. Im englischen Sprachraum findet sich synonym zur Produktlinie häufig der Begriff der Produktfamilie, die nach MEYER & LEHNERD [1997, S. 35] als eine Sammlung von Produkten angesehen wird, die die gleiche Technologie aufweisen und ein verwandtes Marktsegment adressieren.<sup>140</sup> Zugleich kann mit der **zeitlichen Entwicklung des Produktprogramms** eine dritte Dimension aufgespannt werden, in der die verschiedenen Produktgenerationen und -versionen enthalten sind [vgl. auch MEYER & LEHNERD 1997, S. 36; SCHUH 2005, S. 149; SANDERSON & UZUMERI 1996].

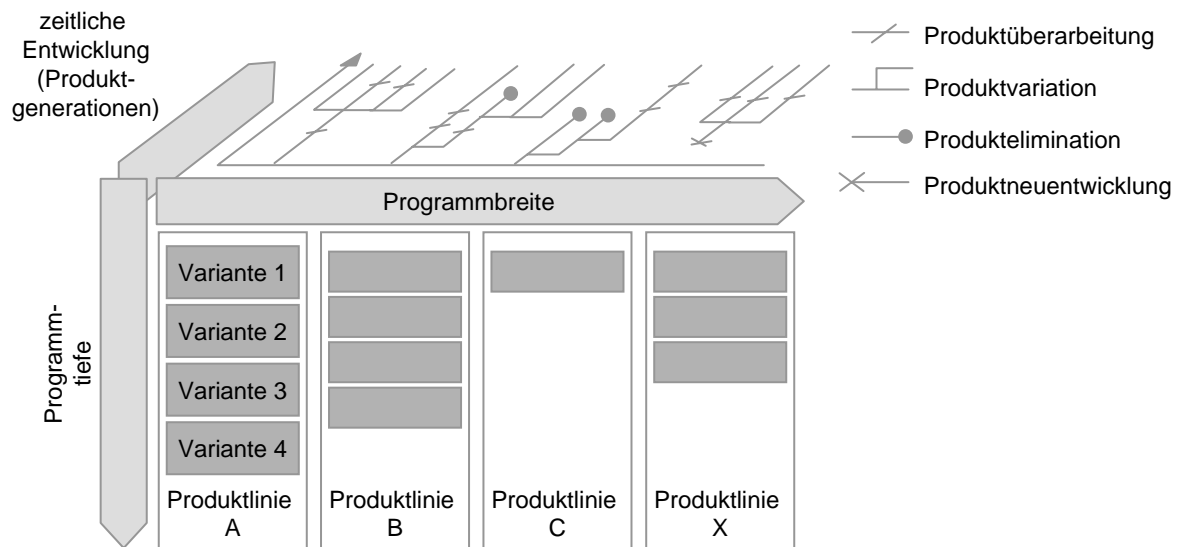


Bild A-2. Modellhafte Darstellung des Produktprogramms

<sup>140</sup> Nach DU, TSENG & JIAO [2003, S. 128] ist eine Produktfamilie eine Gruppe ähnlicher Produkte, die auf Basis derselben Plattform abgeleitet wurden. Ein einzelnes Produkt innerhalb einer Produktfamilie wird als Variante bezeichnet. Eine Produktfamilie ist damit auf ein bestimmtes Marktsegment ausgerichtet, während eine Variante auf die Erfüllung spezifischer Kundenbedürfnisse abzielt. Alle Varianten haben identischen Grundaufbau sowie teilweise identische Komponenten, die die Plattform der Produktfamilie bilden.

Im Rahmen der Produktprogrammgestaltung wird entschieden, welche Produkte in welcher Art, Qualität, Varianz und ggf. Menge zukünftig durch das Unternehmen bereitgestellt werden sollen. Dabei stellt die Produktprogrammgestaltung eine Planungsaufgabe dar, die die Suche, Bewertung und Auswahl von Programmalternativen umfasst. An die Planung schließen sich Aktivitäten zur Umsetzung (das sind im Wesentlichen die Produktentwicklung, die Produktherstellung, Vermarktung etc.) und Kontrolle an [EVERSHEIM & SCHUH 1996, S. 5-40]. Bei der Gestaltung des Produktprogramms gibt es mehrere Möglichkeiten (vgl. Bild A-2): Die **Produktneuentwicklung** (auch Produktinnovation) hat die Neueinführung eines Produktes zum Ziel, wobei im Produktprogramm vorher kein direkt vergleichbares Produkt vorhanden war. Das neue Produkt kann sich in einer vorhandenen Produktlinie befinden oder auch eine neue Produktlinie begründen (Programmerweiterung bzw. Diversifikation). Bei der **Produktüberarbeitung** wird ein ursprüngliches Produkt, z. B. im Rahmen der Produktpflege, verändert bzw. neu gestaltet, wobei das neue oder modifizierte Produkt das ursprüngliche Produkt ersetzt. Ziel der Produktüberarbeitung ist eine Verbesserung bestimmter Produkteigenschaften. Ursachen für eine Produktüberarbeitung können geänderte Kundenpräferenzen, der technische Fortschritt, gesetzliche Änderungen, Wettbewerberaktivitäten etc. sein [BÜSCHKEN & VON THADEN 2002, S. 596]. Bei der **Produktvariation** tritt dagegen innerhalb der Produktlinie ein, in einer oder mehreren Eigenschaften abgewandeltes, Produkt neben ein bestehendes Produkt bzw. Modell.<sup>141</sup> Die Produktvariation führt damit zu einer Erhöhung der Programmtiefe. Das Ziel bei der Produktvariation ist die Schaffung zusätzlicher Kaufmöglichkeiten für den Kunden infolge von ähnlichen, aber nicht identischen Kundenpräferenzen in Bezug auf bestimmte Produkteigenschaften [BÜSCHKEN & VON THADEN 2002, S. 505]. Auch die Produktindividualisierung ist hier zuzurechnen. Unter **Elimination** wird schließlich das Aufgeben einer Produktvariante oder -linie verstanden [vgl. MAYER 1993, S. 18 f., NILLES 2001, S. 25 ff.].

### *Charakterisierung des Variantenprogramms*

Nachfolgend soll der Ansatz der Produktvariation aufgrund der Relevanz für die vorliegende Arbeit näher charakterisiert werden. Nach MEFFERT [2005, S. 437] besteht Variation in der Veränderung physikalischer und funktionaler (Funktionen, Materialart, technische Ausführung, Qualität etc.), ästhetischer (Design, Farbe, Form) oder symbolischer Eigenschaften (Markierung, Assoziation) sowie Zusatzdiensten. Wesentlich ist dabei, dass die Varianten ei-

---

<sup>141</sup> Insbesondere in der betriebswirtschaftlichen Literatur wird unter „Produktvariation“ der Ersatz eines bestehenden durch ein modifiziertes Produkt verstanden. Der Terminus „Produktdifferenzierung“ beschreibt hier die Modifikation eines Produktes, das als Ergänzung einer bestehenden Produktlinie entwickelt wird [vgl. z. B. BÜSCHKEN & VON THADEN 2002, S. 595; MAYER 1993, S. 16; MEFFERT 2005, S. 439; NILLES 2001, S. 26]. Aufgrund der breiten Verwendung des Begriffes „Variante“ in der relevanten ingenieurwissenschaftlichen Literatur zum Variantenmanagement als Bezeichnung eines im betriebswirtschaftlichen Sinne differenzierten Produktes soll jedoch in dieser Arbeit von der betriebswirtschaftlichen Terminologie abgewichen werden. Unter Produktdifferenzierung wird hier die Abgrenzung eines Produktes zu seinen Wettbewerbsprodukten im Sinne der Alleinstellung verstanden [vgl. BÜSCHKEN & VON THADEN 2002, S. 600]. Eine verbreitete Bezeichnung für ein überarbeitetes Produkt bzw. Produktvariante im betriebswirtschaftlichen Sinne ist auch Produktversion.

ner Produktlinie bzw. eines Produkttyps in Bezug auf ihre Eigenschaften (z. B. Abmessungen, Leistungsdaten), Funktionen oder Arbeitsprinzipien vergleichbar sind und sich nur in vergleichsweise wenigen Merkmalsausprägungen unterscheiden [GEMBRYNS 1998, S. 5; LINGNAU 1994, S. 21].<sup>142</sup> Die Variantenvielfalt eines Produkttyps resultiert hierbei aus der Anzahl und der Unterschiedlichkeit der enthaltenen Varianten. Dabei lässt sich die Anzahl relativ einfach, der Grad der Unterschiedlichkeit dagegen nur schwer ermitteln [GEMBRYNS 1998, S. 6].

Nach FIRCHAU [2003, S. 51; vgl. auch KOLLER 1994, S. 412 ff.] kann zwischen Typ-, Gestalt- und Abmessungsvarianten unterschieden werden. **Typvarianten** sind technische Gebilde gleicher Zweckfunktion, die sich in wenigstens einem qualitativen Parameterwert unterscheiden (z. B. ein Kugel- und ein Zylinderrollenlager). **Gestaltvarianten** unterscheiden sich in mindestens einem qualitativen oder quantitativen Parameterwert. **Abmessungsvarianten** unterscheiden sich schließlich in mindestens einem quantitativen Abmessungs-, Längen- oder Winkelabstandswert (unterschiedliche Baugrößen). Darüber hinaus sind auch Werkstoff- und Fertigungsvarianten denkbar. Nach dem Bezug der Varianten zur Erzeugnisstruktur kann zudem zwischen Bauteil-, Baugruppen und Produktvarianten unterschieden werden. EIGNER & STELZER [2001, S. 45] unterscheiden hier in Struktur- und Teilevarianten. **Strukturvarianten** können verschiedene variierende Teile beinhalten und fassen diese zu einer Strukturvariante zusammen. **Teilevarianten** unterscheiden sich dagegen in verschiedenen Ausprägungen der Teileigenschaften. Eine umfassende Variantenklassifikation wird auch von LINGNAU [1994, S. 25 ff.] präsentiert, die im Überblick in Bild A-3 dargestellt ist.

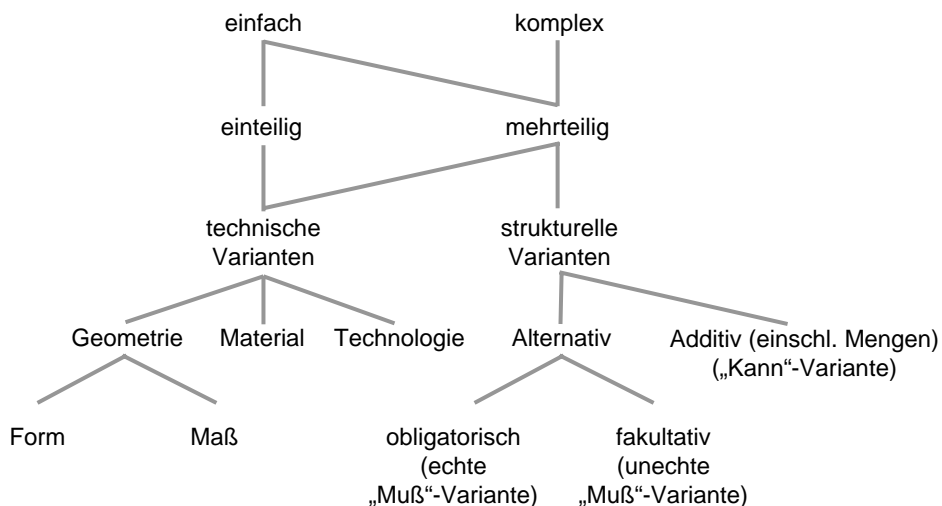


Bild A-3. Struktur und Merkmale von Varianten [LINGNAU 1994, S. 28]

<sup>142</sup> Nach DIN 199, Teil 2 sind Varianten definiert als „Gegenstände ähnlicher Form oder Funktion mit einem in der Regel hohen Anteil identischer Gruppen oder Teile“ [entnommen LINGNAU 1994, S. 23]. UNGEHEUER [1986, S. 158] definiert Varianten als „alternative Ausführungsmöglichkeiten eines Produkttyps, die zum größten Teil aus gleichen Komponenten bestehen“.

## A.6 Methoden zur Strukturplanung individualisierter Produkte

Nach NILLES 2001, S. 138 ff. können zwei grundsätzliche Strategien bei der Produktstrukturierung unterschieden werden, das sind Komplexitätsstrategien und Standardisierungsstrategien. **Komplexitätsstrategien** zielen hierbei auf die Beherrschung der Produkt- und Prozesskomplexität ab, während mit **Standardisierungsstrategien** die Vielfalt der verwendeten Teile reduziert werden soll. Nachfolgend werden ausgewählte Ansätze beider Strategien im Überblick vorgestellt. Zudem wird auf spezifische Ansätze zur Gestaltung von Produktstrukturen variantenreicher bzw. individualisierter Produkte eingegangen und der Prozess der Strukturplanung detaillierter erläutert.

### *Ansätze zur strukturorientierten Produktstrukturierung (Komplexitätsstrategien)*

Strukturorientierte Ansätze der Produktstrukturplanung setzen direkt an der Gestaltung der Produktarchitektur an. Das Ziel besteht hierbei darin, durch sinnvolle Zerlegung der Produktstruktur autonome Einheiten zu bilden, die unabhängig voneinander bearbeitet und eingesetzt werden können. Damit sollen z. B. Änderungsauswirkungen begrenzt und durch Kombination vielfältige Leistungsausprägungen erstellt werden können. Gleichzeitig ist die Komplexität auf der Ebene der Module vergleichsweise gering zur Komplexität des Gesamtproduktes. Als wesentlicher Ansatz im Bereich dieser so genannten Komplexitätsstrategien ist die Modularisierung anzusehen.

### **Modularisierung**

Die beste Möglichkeit, eine kostengünstige Produktindividualisierung zu erreichen, stellt nach PINE [1993, S. 196] die Modularisierung dar. Die Module können zu vielfältigen, den jeweiligen Kundenansprüchen gerecht werdenden Endprodukten zusammengesetzt werden. Gleichzeitig werden Skaleneffekte durch höhere Stückzahlen auf Modulebene und Verbundeffekte durch mehrfache Verwendung der Module in den verschiedenen Konfigurationen realisiert, was sich positiv auf die Wirtschaftlichkeit des Gesamtkonzepts auswirkt. Zudem stellt die Modularisierung durch Standardisierung von Komponenten und Reduzierung von Schnittstellen bei gleichzeitiger Maximierung der möglichen kundenseitigen Vielfalt (flexible Konfigurierbarkeit der Module) einen fundamentalen Ansatz des Komplexitätsmanagements dar [ANDREASEN ET AL. 2001, S. 26; BALDWIN & CLARK 2000, S. 90 f.; SCHUH 2005, S. 132].

Die Modulstrategie beruht im Wesentlichen auf der Zerlegung eines Produktes in kleinere Einheiten – die Module [NILLES 2001, S. 123]. Dabei sind die einzelnen Module relativ unabhängig voneinander, wirken aber dennoch als (komplexes) System zusammen. Das Modul ist damit ein spezielles Subsystem, dessen interne Beziehungen sehr viel stärker ausgeprägt sind als die Beziehungen zu anderen Subsystemen<sup>143</sup> [vgl. BALDWIN & CLARK 1997, S. 84; GÖPFERT 1998, S. 30]. NILLES [2001, S. 127] definiert ein Modul in der Folge als Subsystem eines Gesamtsystems, das eine geringere Komplexität als das Gesamtsystem aufweist und eine räumlich und funktional abgeschlossene Einheit mit klar definierten Schnittstellen bildet [vgl. auch WOHLGEMUTH-SCHÖLLER 1999, S. 52]. Nach PAHL ET AL. [2005, S. 637] sind

---

<sup>143</sup> „Interdependence within and independence across modules“ [BALDWIN & CLARK 2000, S. 63]

Module zudem Gestaltungsabschnitte, die eine Trennung von gleich bleibenden und häufig anzupassenden Gestaltungszonen ermöglichen. Da die Module jedoch im Sinne der Gesamtfunktion zusammenarbeiten sollen, ist eine Produktarchitektur unerlässlich, die die strukturelle Unabhängigkeit bei funktionaler Integration ermöglicht. Diese Form der Produktarchitektur wird als Modulbauweise bezeichnet [SCHUH 2005, S. 129 ff.].

Nach ERICSSON & ERIXON [1999, S. 19] ist die Modulbauweise durch weitestgehende Ähnlichkeit zwischen funktionaler und baulicher Produktstruktur<sup>144</sup> und Minimierung der Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Systemkomponenten gekennzeichnet. Bei der Gestaltung einer solchen modularen Systemarchitektur müssen nach GÖPFERT [1998, S. 54] drei zentrale Aspekte kombiniert berücksichtigt werden:

- Das System muss aus möglichst unabhängigen Modulen gestaltet werden (Unabhängigkeitsprinzip).
- Die Module müssen als System zusammenwirken (Integritätsprinzip).
- Der Detaillierungsgrad kann bedarfsgerecht durch selektive Zerlegung ausgewählter Module erhöht werden (Dekompositionsprinzip).

Daraus ergeben sich die folgenden Prinzipien zur Gestaltung modularisierter Produkte [GÖPFERT 1998, S. 125]: Die unterschiedlichen Produktfunktionen sollen möglichst auf verschiedene Module verteilt werden, sofern sich nicht die Nutzung einer Komponente für mehrere Funktionen anbietet (kostengünstige Funktionsvereinigung). Hierzu sollte solange eine Dekomposition der Produktfunktionen erfolgen, bis sich Komponenten zu deren Erfüllung identifizieren lassen. Nach Möglichkeit sollen dabei vorhandene Module eingesetzt werden. Parallel dazu werden physisch möglichst unabhängige Komponenten gebildet. Dabei soll der Aufwand für die Spezifikation und die Kosten der Herstellung der Schnittstellen jedoch nicht den Nutzen der Modularisierung überschreiten. Die definierten Schnittstellen zwischen den Modulen sind eindeutig zu spezifizieren. Im Sinne der Produktintegrität sollte nicht nur eine Optimierung einzelner Module, sondern des Gesamtproduktes erfolgen.

---

<sup>144</sup> In diesem Zusammenhang unterscheidet GÖPFERT [1998, S. 107 f.] funktional-modulare Produktstrukturen, physisch-modulare Produktstrukturen und modulare Produktstrukturen. Bei funktional-modularen Produktstrukturen werden funktional unabhängige Einheiten gebildet, die jedoch nicht räumlich abgeschlossen sein müssen. Damit sind die Produktfunktionen zwar einzelnen Komponenten zugeordnet, es liegt aber keine bauliche Trennung vor. Sie werden daher auch als Entwicklungsmodule bezeichnet. Bei physisch-modularen Produktstrukturen werden dagegen baulich abgetrennte Einheiten gebildet, die jedoch nicht funktional abgeschlossen sind. Dies bedeutet, dass das Produkt zwar leicht in separierbare Komponenten zerlegt und aus solchen zusammengesetzt werden kann, die einzelnen Komponenten können allein jedoch keine Produktfunktion erfüllen. Sie werden daher auch als Montagemodule bezeichnet. Baukästen werden häufig durch derartige physisch-modulare Produktstrukturen dargestellt. Modulare Produktstrukturen sind schließlich durch Bildung sowohl funktional als auch physisch unabhängiger abgeschlossener Einheiten gekennzeichnet. Die Teilfunktionen des Produktes werden dabei jeweils von separaten Komponenten erfüllt, wobei diese Komponenten auch in der Nutzungsphase noch trennbare Schnittstellen aufweisen.

Vor allem mit Bezug auf die konsistente Systemgestaltung unterscheiden BALDWIN & CLARK [1997, S. 84] bei modularen Produkten sichtbare Gestaltungsparameter („visible design rules“ bzw. „visible information“) und versteckte Gestaltungsparameter („hidden design parameters“ bzw. „hidden information“). Die **sichtbaren Gestaltungsparameter** bzw. -regeln müssen früh im Entwicklungsprozess festgelegt und allen Beteiligten bekannt sein. Sie können drei wesentlichen Kategorien zugeordnet werden:

- Systemarchitektur, mit der die Teilmodule und deren Funktionen grob festgelegt werden,
- Schnittstellen, mit denen z. B. die physikalischen oder funktionalen Verbindungen und die Kommunikation zwischen den Teilmodulen beschrieben werden<sup>145</sup>, und
- Integrations- und Prüfstandards, mit denen die Konformitätsanforderungen der Teilmodule hinsichtlich der Gestaltungsregeln festgelegt sowie die Übereinstimmung und Leistungsfähigkeit der Module im Vergleich zu anderen Modulen überprüft werden.

Entscheidungen bezüglich der **versteckten Gestaltungsparameter** betreffen dagegen nur das Modul selbst und haben keinen Einfluss auf das übrige System. Diese können folglich erst spät festgelegt und häufig geändert werden. Hierzu ist keine Abstimmung mit anderen Modulen oder dem Gesamtsystem notwendig [vgl. BALDWIN & CLARK 2000, S. 72 ff.].

Für die konkrete Gestaltung der Systemarchitektur gibt es verschiedene Möglichkeiten. So unterscheidet PINE [1994; zitiert bei SCHUH 2005, S. 130 f.] zwischen

- Modularisierung durch Gemeinsamkeit von Bestandteilen (component-sharing modularity),
- Modularisierung durch Austausch von Bestandteilen (component-swapping modularity),
- Modularisierung durch passenden Zuschnitt (cut-to-fit modularity),
- Modularisierung durch Mischen (mix modularity) und
- Bus-Modularisierung (bus modularity).

Bei der **Modularisierung durch Gemeinsamkeit von Bestandteilen** erfolgt die Wiederverwendung eines Moduls in verschiedenen Produkten (Gleichteilverwendung). Das Modul stellt hierbei die konstante Kernkomponente des Produktes dar. Bei der **Modularisierung durch Austausch von Bestandteilen** wird eine Plattform durch individuelle Module ergänzt bzw. einzelne Module werden ausgetauscht. Im Gegensatz zum erst genannten Modularisierungsansatz wird hier das Modul ausgetauscht und das Grundprodukt bleibt konstant. Bei der **Modularisierung durch passenden Zuschnitt** werden variable und damit anpassbare Module verwendet. Dieser Modularisierungsansatz erlaubt auch kundenspezifische Leistungsausprä-

---

<sup>145</sup> Einen Überblick über variantenorientierte Schnittstellengestaltung (z. B. mittels Kupplungen, Datenbussen etc.) gibt FIRCHAU [2003, S. 102 ff.].

gungen in Bezug auf die anpassbaren Modulparameter (z. B. Anpassung durch Dimensionierung). Bei der **Modularisierung durch Mischen** werden die „Module“ derartig vermischt, dass dadurch ein nicht mehr nach Modulen differenzierbares Gesamtprodukt entsteht. Dies betrifft z. B. chemische Substanzen. Bei der **Bus-Modularisierung** wird schließlich eine Standardstruktur verwendet, an die beliebige Module über standardisierte Schnittstellen angekoppelt werden können. Die Festlegung, welche Funktionen und Komponenten dabei als Module zu gestalten sind, sollte ausgehend von den angestrebten Zielen der Modularisierung methodisch unterstützt werden. Zwei methodische Ansätze dazu, das Modular Function Deployment und die Strukturanalyse, werden nachfolgend diskutiert.

Beim **Modular Function Deployment** (MFD) nach ERIXON [1996] werden zunächst die Produkthanforderungen geklärt und relevante Produktfunktionen identifiziert. Anschließend werden verschiedene Konzepte entwickelt, wie diese Teilfunktionen auf Module verteilt werden können und welche Integrationspotenziale bestehen. Danach erfolgen die Bewertung der vorgenommenen Modularisierung und die Optimierung der Produktstruktur aus Fertigungs- und Montagegesichtspunkten. [ERIXON 1996, S. 259 ff.; vgl. auch ERICSSON & ERIXON 1999, S. 30]. Das Kernelement der Methodik bildet die so genannte „Module Indication Marix“ (MIM), in der jedem Einzelteil des Produktes potenzielle Gründe für eine Modulbildung, so genannte Modultreiber, zugeordnet werden [ERIXON 1996, S. 261].<sup>146</sup> Die Modultreiber sind dabei aber sehr allgemein gehalten, weshalb die Methode eher für grundsätzliche strategische Überlegungen geeignet ist. Die konkrete Modulgestaltung (Verteilung der Funktionen auf Bauteile, Zuordnung von Baugruppen und Bauteilen zu Modulen, Schnittstellengestaltung) wird von der Methode nur unzureichend unterstützt. BLACKENFELT [2001] erweitert daher den von ERIXON konzipierten Ansatz und integriert mit Hilfe der Design Structure Matrix funktionale Schnittstellenüberlegungen. Die Ableitung von Modulen erfolgt strukturorientiert mit Hilfe der Kennzahlen „Modulunabhängigkeit“ (Verhältnis der Anzahl der Relationen innerhalb eines Moduls zur Gesamtzahl aller Relationen) und „Modularisierungspotenzial“ (Verhältnis der Anzahl der Relationen innerhalb eines Moduls zur Anzahl potenzieller Relationen innerhalb eines Moduls) [BLACKENFELT 2001, S. 142].

Einen vergleichbaren, sehr strukturbezogenen Ansatz zur (modularen) Systemgestaltung schlagen LINDEMANN & MAURER [2006; vgl. auch MAURER ET AL. 2005] vor. Ziel ist dabei die Gestaltung und Optimierung änderungsrobuster Produktstrukturen. Dies soll jedoch nicht auf Basis von Kennzahlen, sondern durch die **Strukturanalyse** selbst erreicht werden. Hierbei werden Strukturen bzw. semantische Abhängigkeiten zwischen Systemelementen ebenfalls mit Hilfe der Design Structure Matrix untersucht, zudem aber auch als Graphen abgebildet (vgl. Bild A-4). Durch Umsortierung der Matrix können dann z. B. strukturelle Besonderheiten identifiziert werden, die Rückschlüsse auf eine mögliche modulare Gestaltung und die Definition der Schnittstellen erlauben. Derartige strukturelle Besonderheiten sind Cluster, Kreisschlüsse und Hierarchien. Cluster weisen eine hohe interne Vernetzung und eine

---

<sup>146</sup> *Derartige Modultreiber sind unter anderem Baugruppen/Teile, die wiederholt in Produkten oder Produktgenerationen eingesetzt werden, evolutionsbedingten oder beabsichtigten Änderungen unterliegen bzw. kundenspezifisch angepasst werden, einen gesonderten Herstellungsprozess durchlaufen, von einem Systemlieferanten bezogen werden können oder Wartungs- bzw. Upgradingeinheiten bilden [ERIXON 1996, S. 262].*



geringe externe Vernetzung auf und sind daher für eine modulare Ausführung prädestiniert. Kreisschlüsse wirken sich z. B. auf das Änderungsverhalten negativ aus und sollten z. B. durch Entkopplung der Elemente vermieden werden. Hierarchien stellen schließlich Elementordnungen dar und erlauben daher auch gute Rückschlüsse auf das Änderungsverhalten (übergeordnete Elemente wirken sich dabei nur auf untergeordnete Elemente aus) [vgl. LINDEMANN & MAURER 2006, S. 48 ff.]. Die Strukturgestaltung zielt hierbei auf die Schaffung von Clustern und Hierarchien ab, um Änderungsauswirkungen kontrollieren zu können. Zudem können Strukturbereiche identifiziert werden, in denen sich Änderungen weniger stark auswirken und die sich damit für eine kundenindividuelle Gestaltung anbieten.

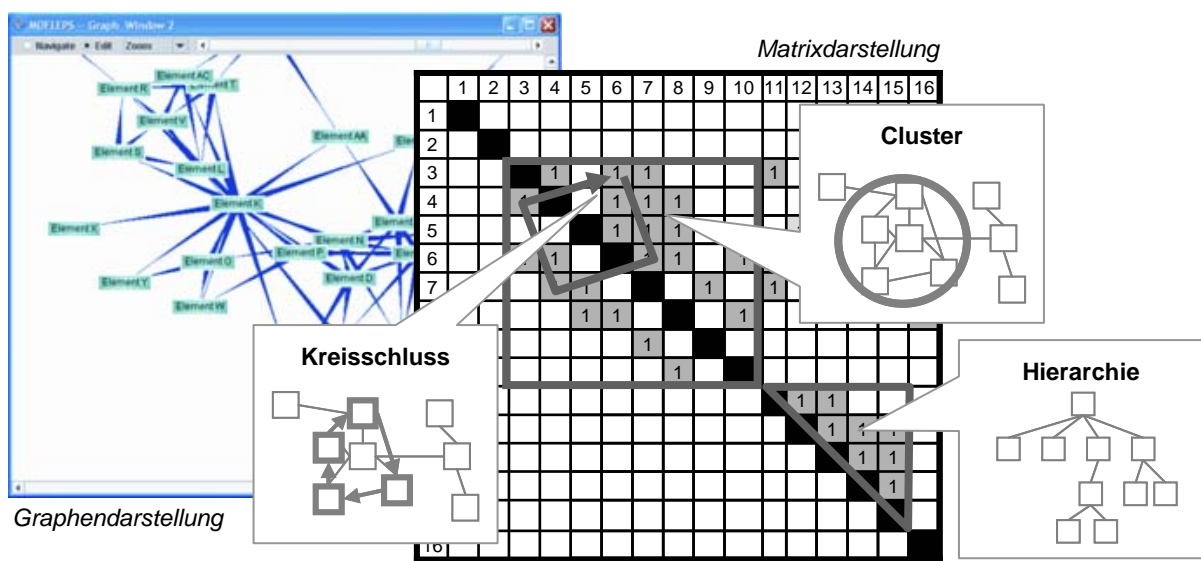


Bild A-4. Graphen- und matrixbasierte Strukturanalyse [nach LINDEMANN & MAURER 2006, S. 53]

Zusammenfassend sind modular aufgebaute Produktsysteme u. a. durch folgende, bei Produktstrukturen individualisierter Produkte erwünschte Eigenschaften gekennzeichnet:

- Kombinierbarkeit (zu erfüllende Gesamtfunktion ergibt sich aus der Kombination der dazu erforderlichen Module),
- Mehrfachverwendbarkeit (Module können in mehreren Systemen eingesetzt werden, bei denen die vom Modul zu erbringende Teilfunktion benötigt wird) und
- Erweiterbarkeit (Funktionserweiterungen können durch Eingliederung neuer Module in die vorhandene Produktsystemarchitektur oder Modifikationen vorhandener Module realisiert werden) [GÖPFERT 1998, S. 112 ff.; WOHLGEMUTH-SCHÖLLER 1999, S. 55].

Aus diesen Eigenschaften ergeben sich wesentliche Nutzeneffekte hinsichtlich der kundenindividuellen Leistungsgestaltung bei individualisierten Produkten [vgl. GÖPFERT 1998, S. 112 ff.; NILLES 2001, S. 154; WOHLGEMUTH-SCHÖLLER 1999, S. 56 f.]. Die Kombinierbarkeit der Module zu Produktsystemen unterschiedlicher Gesamtfunktion und die Integration

neuer Funktionsmodule gestatten eine bessere Berücksichtigung von individuellen Kundenwünschen. Die mögliche Mehrfachverwendung von Modulen bringt zudem Rationalisierungseffekte mit sich (z. B. aufgrund von Mengeneffekten oder Lerneffekten durch Spezialisierung von Lieferanten). Schließlich erlauben modulare Systeme aufgrund der Abgegrenztheit und Entkopplung eine insgesamt leichtere Anpassbarkeit in Bezug auf den einzelnen Kunden, aber auch in Bezug auf die technische Evolution des Gesamtsystems, da Änderungsauswirkungen weitgehend auf die jeweiligen Module begrenzt werden [vgl. auch BALDWIN & CLARK 1997, S. 84]. So kann die Innovationsrate signifikant erhöht werden, da die Subsysteme unabhängiger voneinander weiterentwickelt werden können [HENDERSON & CLARK 1990]. Aufgrund der Entkopplung durch eine präzise Schnittstellendefinition sind auch Parallelisierung oder Fremdvergabe der Entwicklung einzelner Module möglich. Modularisierung hat allerdings auch ihre Grenzen [vgl. ANDERSON 2003, S. 278 f.; BALDWIN & CLARK 1997, S. 86 ff.; BLECKER ET AL. 2005, S. 169; GÖPFERT 1998, S. 112 ff.]. So kann der modulare Produktaufbau und die strikte Kopplung funktionaler und physischer Produktkomponenten dazu führen, dass das Produkt in seinem Aufbau viel aufwendiger als notwendig gestaltet wird, da im Extremfall jede Teilfunktion von einer physisch eigenständigen Komponente erfüllt wird. Zudem ist die Schnittstellenspezifikation sehr aufwendig und die Entkopplung der Systeme und die Prüfung und Sicherstellung der Integrität des Gesamtsystems verursacht meist zusätzliche Kosten. Schließlich können Produkte auf Basis von Standardmodulen Leistungseinschränkungen sowie eine zu geringe Differenzierbarkeit gegenüber kundenspezifisch entwickelten Produkten aufweisen.

### *Ansätze zur variantenorientierten Produktstrukturierung (Standardisierungsstrategien)*

Variantenorientierte Ansätze der Produktstrukturplanung zielen auf eine Verringerung der Teilevielfalt und die Reduzierung der damit verbundenen Komplexität ab. Dies wird vorrangig durch Vereinheitlichung bzw. Standardisierung<sup>147</sup> sowie Begrenzung der Vielfalt erreicht. Wesentliche Ansätze zur Standardisierung sind die Teilestandardisierung (Verwendung von Standard- oder Normteilen, auch Gleich- und Wiederholteile<sup>148</sup>) sowie die Standardisierung auf Baugruppen und Produktebene in Form von Baukästen, Baureihen und Typengruppen [vgl. BEITZ 1996, S. 291; KOLLER 1994, S. 283]. Baukästen können dabei als Mittel zur Standardisierung auf Baugruppenebene (einzelne Bausteine sind standardisiert) sowie zur Standardisierung der grundsätzlichen Aufbaustruktur angesehen werden (Aufbaustruktur ist grundsätzlich festgelegt, lediglich die Ausprägung der Bausteine kann jeweils variiert werden). Bei Baureihen und Typengruppen werden dagegen bestimmte Parameterausprägungen

---

<sup>147</sup> Unter Standardisierung versteht KOLLER [1994, S. 282] die Festlegung und Konstanthaltung der Parameterwerte von Produkten über eine begrenzte längere oder unbegrenzte Zeit.

<sup>148</sup> Die Gleichteilestrategie zielt auf eine Mehrfachverwendung innerhalb eines Produktes, die Wiederholteilstrategie auf Mehrfachverwendung identischer Teile in unterschiedlichen Produkten ab. Die Verwendung von Normteilen kann als ein stark verwandter Ansatz angesehen werden, bei dem unternehmensübergreifende Standardisierungs- und Mengeneffekte erschlossen werden können [FIRCHAU 2003, S. 101; NILLES 2001, S. 111 ff.; SCHALLER 19080, S. 17].

zugelassen und alle übrigen ausgeschlossen. Bei Baureihen werden die charakteristischen Produktparameter identifiziert und deren zulässige Ausprägungen (in Stufen) festgelegt. Typengruppen lassen sich im Gegensatz dazu nicht nach dem Gesetz einer Reihe ordnen und betreffen z. B. die „Parameter“ Werkstoff, Funktionen, physikalische Prinzipien und Qualität [KOLLER 1994, S. 283]. Einen produktübergreifenden Ansatz zur Standardisierung stellen zudem Plattformen dar. Die Paketbildung ist schließlich kein Ansatz zur Produktstrukturierung im eigentlichen Sinne, sondern zielt auf eine Einschränkung der Kombinationsmöglichkeiten vor allem aus einer vertriebsorientierten Perspektive ab. Hierbei werden Ausstattungsvarianten vordefiniert, die festgelegte Komponentenkombinationen enthalten [SCHUH 2005, S. 128 f.] Nachfolgend werden die Baukasten-, Baureihen- und Plattformstrategie näher behandelt.

### **Baukastenstrategie**

Unter einem Baukastensystem verstehen PAHL ET AL. [2005, S. 634; vgl. auch EHRENSPIEL 2007, S. 680] technische Gebilde, die durch Kombination unterschiedlicher Bausteine verschiedene Gesamtfunktionen erfüllen.<sup>149</sup> Diese Kombination erfolgt anwendungsspezifisch nach einem festgelegten Ordnungssystem und unter Beachtung von Verträglichkeiten. Baukästen sind dabei nach SCHUH [2005, S. 128] durch einen oder wenige Grundkörper gekennzeichnet, die mit unterschiedlich variantenreichen Anbauteilen kombiniert werden können. Die Schnittstellen liegen dabei vor allem zwischen dem Grundelement und den Anbauteilen und weniger zwischen den verschiedenen Anbauelementen selbst.

Grundsätzlich unterscheidet EHRENSPIEL [2007, S. 684 f.] in Hersteller- und Anwenderbaukästen sowie geschlossene und offene Baukastensysteme. Ein **Herstellerbaukasten** ist dadurch gekennzeichnet, dass nach der Fertigstellung keine Zerlegung des Baukastenerzeugnisses und eine Neukonfiguration der Baukastenbestandteile vorgesehen sind. Demgegenüber erlaubt ein **Anwenderbaukasten** die Veränderung der Konfiguration nach jeweils gewünschter Funktion durch den Kunden. Bei **geschlossenen Baukästen** ist der Baukastenumfang z. B. in einem Bauprogramm definiert und kann nicht ohne weiteres erweitert werden. **Offene Baukästen** weisen dagegen kein festgelegtes Bauprogramm auf und die einzelnen Elemente können in Anzahl und Struktur freier miteinander kombiniert werden. Oftmals liegt hier nur ein Baumusterplan mit beispielhaften Konfigurationsvorschlägen vor. Offene Baukästen erlauben damit ein größeres Spektrum an Baukastenvarianten. KOLLER [1994, S. 295 ff.] unterscheidet dagegen strukturgebundene und strukturungebundene Baukastensysteme. **Strukturgebundene Baukastensysteme** sind dadurch gekennzeichnet, dass für ganz bestimmte Stellen der Produktstruktur alternative Bausteinvarianten geschaffen werden. Die Bausteine sind demnach an diese Stellen gebunden und können nicht beliebig in die Produktstruktur eingebunden werden. **Strukturungebundene Baukastensysteme** oder auch modulare Baukastensysteme sind demgegenüber dadurch gekennzeichnet, dass Bausteine unterschiedlicher Funktionen in beliebiger Zahl und an verschiedenen Stellen der Produktstruktur angeordnet werden

---

<sup>149</sup> Vgl. auch BOROWSKI [1961, S. 18]: „Ein Baukastensystem ist ein Ordnungsprinzip, das den Aufbau einer begrenzten oder unbegrenzten Zahl verschiedener Dinge aus einer Sammlung genormter Bausteine aufgrund eines Programms oder Musterbauplanes in einem bestimmten Anwendungsbereich darstellt“. Eine Zusammenstellung weiterer Definitionen zum Baukastenbegriff befindet sich bei NILLES [2001, S. 116 f.].

können. Dazu müssen alle Bausteine einzeln oder zusammengenommen über die gleichen standardisierten Schnittstellen verfügen. Außerdem findet sich bei KOLLER [1994, S. 300] die Unterscheidung in vollständige und unvollständige Baukastensysteme. Ein **vollständiges Baukastensystem** besteht nur aus standardisierten Bausteinen, während ein **unvollständiges Baukastensystem** auch nicht standardisierte Baugruppen, z. B. Sonderbausteine, enthalten kann. Eine Baukastensystematik, die die beiden letztgenannten Unterscheidungen zusammenfasst, findet sich bei SCHUH [2005, S. 135; vgl. auch PILLER 1998, S. 182]. Hierbei wird entsprechend Bild A-5 eine Differenzierung der Baukastenarten entsprechend der produktübergreifenden Gleichteileverwendung und der individuellen Gestaltbarkeit vorgenommen, wobei Plattformbaukästen, Modulbaukästen, generische Baukästen und freie Baukästen unterschieden werden. Bei **Plattformbaukästen** werden Produkte aus der jeweils gleichen Anzahl vorgefertigter Module unterschiedlicher Ausprägung zusammengesetzt. Neben den Modulen existiert eine Plattform bzw. ein definierter Grundumfang. Bei **Modulbaukästen** werden kundenspezifische Produkte aus einer festgelegten Anzahl unterschiedlicher Module verschiedener Ausprägung zusammengesetzt. Die grundsätzlich zu verwendenden Module sind hierbei festgelegt. Bei **generischen Baukästen** können die Module beliebig kombiniert werden. Hier ist keine einheitliche Grundkonfiguration vorhanden. Dies macht eine Standardisierung der Schnittstellen zwingend notwendig. Bei **freien Baukästen** können darüber hinaus auch kundenspezifische Module bzw. Bausteine definiert werden.

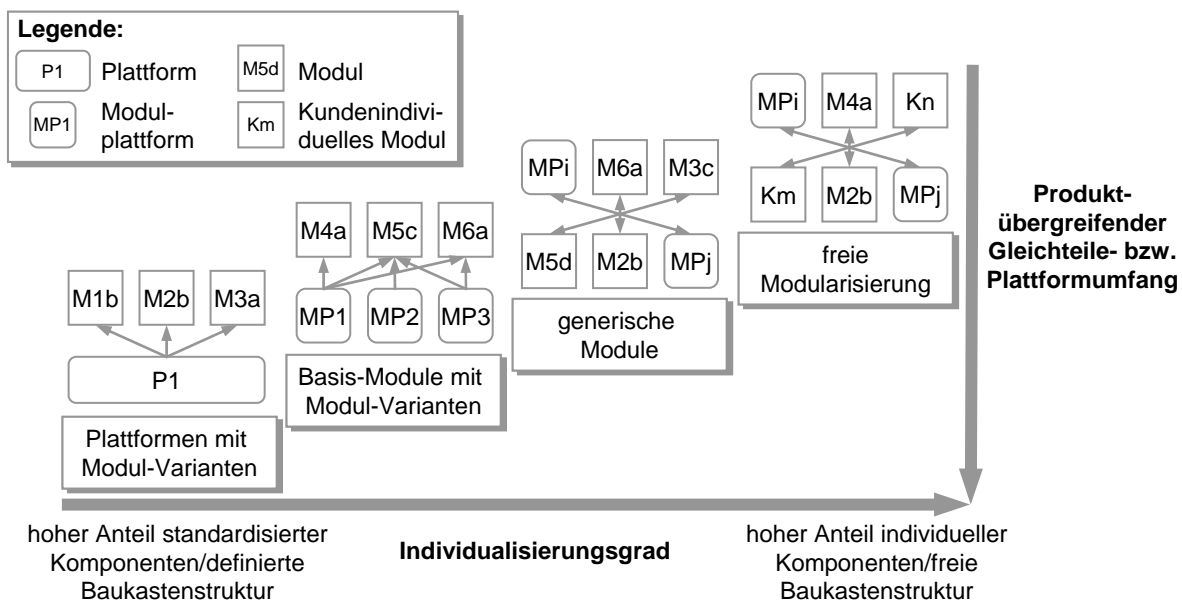


Bild A-5. Baukastensystematik [in Anlehnung an SCHUH 2005, S. 135]

Hinsichtlich der inneren Gliederung eines Baukastensystem unterscheiden PAHL ET AL. [2005, S. 636] Grundbausteine, Hilfsbausteine, Sonderbausteine, Anpassbausteine und Nicht-Bausteine. **Grundbausteine** dienen hierbei der Realisierung von allgemeinen, immer wiederkehrenden Grundfunktionen. Mit **Hilfsbausteinen** werden verbindend wirkende Hilfsfunktionen realisiert. **Sonderbausteine** erweitern die Gesamtproduktfunktion um besondere Funktionen.

**Anpassbausteine** dienen der Realisierung von nicht in allen Bereichen exakt festlegbaren Anpassfunktionen. Mit **Nicht-Bausteinen** werden schließlich nicht vorhersehbare auftrags-spezifische Funktionen umgesetzt. Grundbausteine und Hilfsbausteine entsprechen dabei Mussbausteinen, Sonder- und Anpassfunktionen stellen Kann-Bausteine und Nicht-Bausteine auftrags-spezifische Bausteine dar [vgl. PAHL ET AL. 2005, S. 636; UNGEHEUER 1986, S. 14 f.].

Bei der Baukastenentwicklung erfolgt KOHLHASE [1997, S. 70 ff.] zufolge zunächst die Planung des Baukastensystems. Dies beinhaltet die Festlegung des Geschäftsfeldes und der Angebotsvarianten sowie die Anforderungsdefinition. Daran schließt sich die Entwicklung der einzelnen Bausteine an. Parallel dazu erfolgt die Entwicklung und Optimierung der Baukastenstruktur vor allem unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten. Hierbei werden Strukturvarianten durch Integrieren, Aufspalten, Hinzufügen, Entfernen und Ersetzen von Baukastenobjekten generiert und bewertet. Detaillierte Methodiken zur Baukastenentwicklung finden sich auch bei EHRENSPIEL 2007, S. 685; GRÄBLER 2004, S. 97 ff.; PAHL ET AL. 2005, S. 640 ff.].

Vorteile der Baukastenstrategie sind eine erhöhte Produktqualität, sinkende Kosten und eine erhebliche Verkürzung von Auftragsabwicklungszeiten durch Wiederverwendung von bewährten Lösungen. Dabei ermöglicht der Baustein-vorrat analog zur Modulbauweise eine große Zahl verschiedener Kombinationen innerhalb eines bestimmten strukturellen Rahmens, wobei gleichzeitig der innere und der äußere Aufbau vereinheitlicht werden. Zudem kann für jeden Baustein eine optimale Auslegung, z. B. hinsichtlich der Lebensdauer, erfolgen. Außerdem sind Baukästen gut an geänderte Rahmenbedingungen anpassbar und erweiterungsfähig. Andererseits weisen Baukastenprodukte auch eine verminderte Flexibilität auf, um spezifische Kundenwünsche bedienen zu können, und die Baukastenentwicklung ist sehr aufwendig [vgl. BOROWSKI 1961, S. 22 f.; KOHLHASE 1997, S. 45 f.; PAHL ET AL. 2005, S. 649 f.]

### **Baureihenstrategie**

Unter einer Baureihe werden technische Gebilde verstanden, die dieselbe Funktion in einem breiten Anwendungsbereich mit der gleichen technischen Lösung in mehreren Größenstufen und bei möglichst gleicher Fertigung erfüllen [PAHL ET AL. 2005, S. 600]. Hierbei basiert die Stufung des Baureihensystems auf Ähnlichkeitsgesetzen, d. h. es existieren ein Grundentwurf und auf Basis physikalischer Abhängigkeiten abgeleitete Folgeentwürfe.<sup>150</sup> Nach EHRENSPIEL [2007, S. 671] handelt es sich daher bei Baureihen um Anpassungskonstruktionen in einer festgelegten Abstufung. Folglich bezieht sich das Baureihenkonzept nur auf einen Teilaspekt der Produktstrukturierung (nämlich eine geeignete Stufung), greift aber nicht in die eigentliche Erzeugnisgliederung (Produktelemente und deren Zuordnung) ein. SCHUH [2005, S. 129] zufolge gehört die Baureihenstrategie damit nicht zu den Ansätzen der Produktstrukturierung im engeren Sinne [vgl. auch Rapp 1999, S. 54].

Grundsätzlich unterscheidet KOLLER [1994, S. 285] in Größenbaureihen, Abmessungsbaureihen und Zahlbaureihen. **Größenbaureihen** können sich hinsichtlich der Ähnlichkeit prinzipiell auf alle physikalischen Größen, wie Leistung, Kraft, Geschwindigkeit etc. beziehen.

---

<sup>150</sup> Die Ähnlichkeit besteht hierbei in der Verhältnisgleichheit einer physikalischen Größe beim Grund- und beim Folgeentwurf, wobei z. B. eine geometrische, kinematisch oder thermische Ähnlichkeit vorliegen kann [PAHL ET AL. 2005, S. 600].

Dies führt häufig, jedoch nicht zwangsläufig zu einer Abmessungsbaureihe. Reine **Abmessungsbaureihen** nehmen eine Abstufung von Abstands-, Flächen- und Volumenmaßen vor. **Zahlbaureihen** beziehen sich schließlich nur auf die Bildung von Zahlenreihen, stufen also nicht eine physikalische Größe, sondern lediglich die Anzahl von technischen Elementen ab. Dabei sind auch Kombinationen von Baureihen- und Baukastenstrategie möglich [GRÄBLER 2004, S. 124]. Für eine detaillierte Methodik zur Baureihenentwicklung sei auf [EHRENSPIEL 2007, S. 673; PAHL ET AL. 2005, S. 632 f.] verwiesen.

Vorteile der Baureihenstrategie sind die Rationalisierung der Konstruktionsarbeit bei häufigen individuellen Änderungen und Anpassungsentwicklungen, die Begrenzung der Vielfalt durch festgelegte Größenstufen, die Wiederverwendung von Bauteilen und Lösungsprinzipien (Erfahrungs- und Mengeneffekte) und die Möglichkeit zur gezielten Systemoptimierung. Ein Nachteil ist, dass sich durch die Standardisierung (festgelegte Größenstufung) suboptimale Betriebseigenschaften für spezielle Anwendungsfälle ergeben können. Außerdem fallen für die Baureihenentwicklung erhöhte Aufwendungen gegenüber einem einzelnen Produktentwurf an, die sich jedoch über die komplette Baureihe amortisieren [PAHL ET AL. 2005, S. 600].

### **Plattformstrategie**

Die Modularisierungs-, die Baukasten- und die Baureihenstrategie beziehen sich vor allem auf einzelne Produkte einer Produktlinie bzw. -familie. Ein produktfamilienübergreifender Ansatz der variantenorientierten Produktstrukturierung ist dagegen das Plattformkonzept [vgl. SCHUH 2005, S. 132]. Eine Produktplattform besteht dabei aus der Zusammenfassung derjenigen Komponenten, Schnittstellen und Funktionen, die über eine ganze Produktfamilie vereinheitlicht werden können [SCHUH 2005, S. 133]. Nach MEYER & LEHNERD [1997, S. 39] stellen Plattformen hierbei einen Satz von Subsystemen und Schnittstellen dar, die eine gemeinsame Struktur bilden und von der ausgehend eine Reihe von derivaten Produkten effizient entwickelt und produziert werden kann. Produktplattformen können damit als Spezialfall der Wiederholteilestrategie angesehen werden. Diese setzt jedoch nicht primär auf der Einzelteilenebene, sondern auf der Gesamtproduktebene an und erfordert eine antizipierende Planung der Verwendungsstrategie [vgl. SCHRÖDER 2002, S. 88].<sup>151</sup>

Bei der Plattformentwicklung sind SCHRÖDER [2002, S. 90] zufolge vier wesentliche Fragen zu klären:

- Welche Produkte umfasst die Produktfamilie?
- Aus welchen Komponenten besteht die Plattform?
- Welche Produktarchitektur liegt der Plattform zugrunde (integrale oder modulare Architektur)?

---

<sup>151</sup> Eine ähnliche Auffassung vertreten ROBERSTON & ULRICH [1998, S. 20] mit ihrer Plattformdefinition, die als eine Ansammlung von Werten verstanden wird, die durch einen Satz von Produkten gemeinsam genutzt werden. Dabei existieren verschiedene Kategorien solcher Werte, das sind z. B. Komponenten, Prozesse und Wissen. Analog bezeichnet WILDEMANN [2000, S. 20] Produktplattformen als Technologiebündel, mit denen sich jeweils wichtige Produktfunktionen abdecken lassen. Dadurch soll der Anteil genereller Funktionsmodule im Produkt gegenüber speziellen (modellspezifischen) Funktionsmodulen erhöht werden.

- Wann sollen die einzelnen Mitglieder der Produktfamilie entwickelt und eingeführt werden?

Ein entsprechendes Vorgehen der Plattformentwicklung findet sich bei DAMUS ET AL. [2001]. Ausgehend von Markt- und Kundenanforderungen sowie vorhandenen Technologien werden die zur geplanten Produktfamilie gehörigen Produkte zunächst unabhängig voneinander geplant. Hierzu werden Funktionsstrukturen formuliert, die die Teilfunktionen sowie die Stoff-, Energie- und Signalflüsse der einzelnen Produkte abbilden. Außerdem werden Wirkprinzipien zugeordnet, mit denen die Teilfunktionen erbracht werden können. Anschließend wird durch Vergleich der Funktionsstrukturen eine Funktionsstruktur der Produktfamilie konzipiert, die die für alle Produkte identischen Teilfunktionen enthält. Dabei müssen jedoch die Qualitäts- bzw. Leistungsunterschiede der Teilfunktionen bei den einzelnen Produkten berücksichtigt werden. Die Funktionen werden daher in einer Modularitätsmatrix dargestellt und inhaltlich gleichartige Funktionen mit unterschiedlichen Leistungsniveaus separiert [ebd., S. 418]. Auf Basis der übrigen Funktionsschnittmenge erfolgt die Konzeption einer vorläufigen Programm- und Produktarchitektur, bei der die einzelnen Funktionen zu Baumodulen zusammengefasst werden. Dabei können zur programmbezogenen Identifizierung potenzieller Module verschiedene Heuristiken verwendet werden, z. B. die „Ähnlichkeitsheuristik“ (Funktionen mit gleichartigen Eingangs- und Ausgangsgrößen oder mehrfach bei verschiedenen Produkten auftretende Funktionen werden als Module ausgeführt) oder die (entgegen gesetzte) „Singularitätsheuristik“ (Funktionen, die nur bei einem Produkt auftreten, werden als produktspezifisches Modul realisiert). Außerdem sollen Funktionen, die von sich häufig ändernden Markt- anforderungen oder technologischen Änderungen betroffen sind, als Module gestaltet werden.<sup>152</sup> Resultat des beschriebenen Vorgehens ist eine modulare Produktfamilienstruktur. Die allen Mitgliedern der Produktfamilie gemeinsamen Module bilden hierbei die Produktplattform. Abschließend erfolgen die Bewertung der entwickelten Produktarchitektur, z. B. im Vergleich zu einem vorher festgelegten Standardprodukt, und bei positiver Bewertung die Ausarbeitung des Entwurfes.

Wie auch die Wiederholteilestrategie, erlauben Plattformen die kostengünstige und schnelle Befriedigung marktspezifischer Kundenanforderungen und tragen zur Reduzierung von Entwicklungsaufwand und Unternehmenskomplexität bei [SCHRÖDER 2002, S. 89]. Nachteile der Plattformstrategie können aber eine mangelnde Unterscheidbarkeit der verschiedenen Mitglieder der Produktfamilie sein. Zudem steigt unter Umständen die Entwicklungskomplexität an, da nicht nur produktspezifische, sondern auch plattformbezogene Anforderungen zu beachten sind. Wegen des breiten Einsatzfeldes der Produktfamilie kann es zudem zu technischen oder wirtschaftlichen Problemen (Kostensteigerung, Qualitätsprobleme) kommen, z. B. aufgrund

---

<sup>152</sup> Weitere Heuristiken bei der produktbezogenen Gestaltung sind die Heuristik des dominierenden Flusses (Teilfunktionen, die durch einen einheitlichen Umsatzfluss verbunden sind, werden zusammengefasst), die Verzweigungsheuristik (parallele Funktionsketten, die aus der Verzweigung eines Flusses resultieren, bilden Module), die Umwandlungs-Übertragungsheuristik (alle Funktionen, die Elemente umwandeln, werden einzeln oder in Verbindung mit vorherigen Übertragungsfunktionen als Module realisiert) und die Heuristik der kausalen Verknüpfung von Funktionen (Funktionsgruppen, die kausal voneinander abhängen werden zu Modulen zusammengefasst). Nähere Ausführungen finden sich bei [DAMUS ET AL. 2001; SCHRÖDER 2002, S. 100.].

von Unter- oder Überdimensionierung von in der Plattform enthaltenen Baugruppen [SCHRÖDER 2002, S. 90].

### *Integrierte methodische Ansätze*

Nachdem wesentliche Einzelansätze der komplexitäts- und variantenorientierten Produktstrukturierung und -gestaltung vorgestellt wurden, sollen nachfolgend noch einige integrierte Ansätze betrachtet werden. Hierbei werden die zuvor behandelten Strategien meist zu übergreifenden Methodiken einer variantenoptimierenden Produktgestaltung zusammengeführt. Im Folgenden werden das „Design for Product Variety“, das „Design for Mass Customization“, die „Variant Mode and Effect Analysis“ sowie das „Design for Flexibility“ diskutiert.

#### **Design for Product Variety (DFPV)**

Das integrierte Konzept des Design for Product Variety (DFPV) nach ISHII ET AL. [1995, S. 499] stellt eine Methodik dar, bei der die Kundenpräferenz für bestimmte Produktvarianten maximiert und gleichzeitig die Kosten der Vielfalt minimiert werden sollen. Die Methodik basiert auf Varianten Kennzahlen, mit denen Varianten- und Kostentreiber identifiziert werden sollen. Zudem werden durch Schaffung eines späten Variantenbestimmungspunkts die Standardisierung in frühen Phasen und die Produktdifferenzierung in späten Phasen des Produkt-erstellungszyklus angestrebt. Die Methode zielt dabei in erster Linie auf eine Optimierung des Produktionsprozesses ab [ISHII ET AL. 1995, S. 501]. Hierzu werden die Produktstruktur und die darin auftretende Produktvarianz mit Hilfe eines Produktstrukturgraphen<sup>153</sup> repräsentiert, bei dem auf jeder Ebene die Variantenmerkmale und ihre jeweiligen Ausprägungen (Optionen) abgebildet werden (vgl. Bild A-6). Der Graph erlaubt auch die Abbildung von Ausschlusskombinationen, wird aber bei vielen Variationsmöglichkeiten sehr schnell unübersichtlich. Die Ermittlung der variantenbezogenen Bedürfnisse der Kunden soll mit Hilfe der Methode Quality Function Deployment erfolgen. Im Anschluss an die Strukturdarstellung wird die Wichtigkeit einzelner Optionen für den Kunden ermittelt (je höher dabei der Wert, desto wichtiger ist die Option für die Kunden). Ebenso werden die mit der technischen Realisierung der einzelnen Optionen einhergehenden „Variantenkosten“ bewertet (je höher die Kosten, desto ungünstiger ist die Option). Die Bewertung der Variantenkosten erfolgt mit Hilfe eines Scoring-Modells auf Basis der Kennzahlen „Anzahl der Optionen“ (je größer die Anzahl, desto kleiner ist der Kennzahlwert), „Variantenbestimmungspunkt im Produktionsprozess“ (je früher der Variantenbestimmungspunkt angesiedelt ist, desto kleiner ist die Kennzahl) und „Aufwand für die Umstellung auf die Produktion einer neuen Variante“ (je höher der Aufwand, desto kleiner ist die Kennzahl). In der Summe ergeben sich also für eine günstige produktionstechnische Variantengestaltung hohe Kennzahlausprägungen. ISHII ET AL. [1995, S. 502] sprechen daher auch von „Discounts“ (Ermäßigungen) auf die Höhe der Variantenkosten in Folge einer produktionsorientierten Variantengestaltung. Die Berechnung der Wichtigkeit und der Kosten einer Option erfolgt für jeden Knoten des Produktstrukturgraphen. Die Bewertung der sich schließlich aus den einzelnen Optionen und Kombinationsmöglichkeiten ergebenden Produktvarianten erfolgt über Mittelwertbildung entlang des Variantenpfades. Auf diese Weise können eine Übersicht über die Variantenvielfalt und deren Kunden-

---

<sup>153</sup> auch Strukturvariantenbaum [vgl. GEMBRY 1998, S. 28 f.]



relevanz geschaffen, die Variantenkostentreiber identifiziert und entsprechende Maßnahmen ergriffen werden (z. B. Umgestaltung oder Streichung einzelner Optionen bzw. Kombinationsmöglichkeiten).

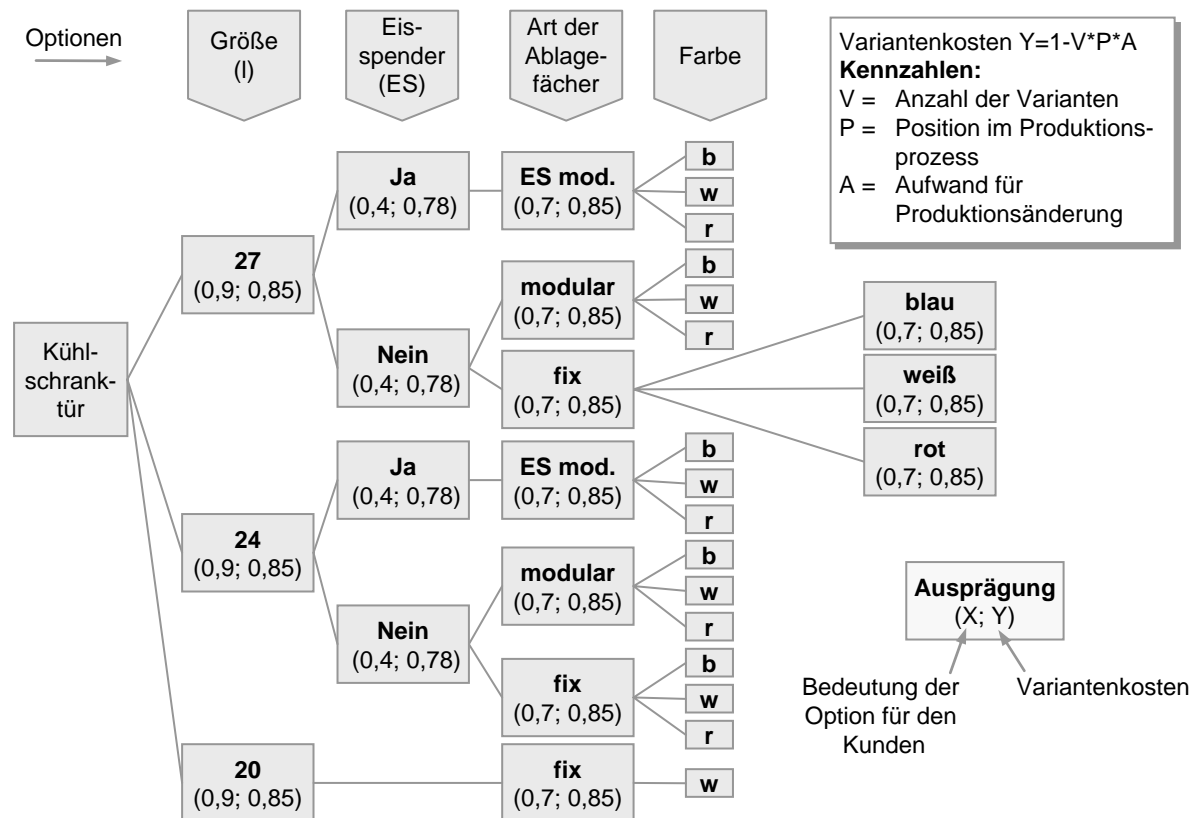


Bild A-6. Produktstrukturgraph und Bewertung der Varianten [ISHII ET AL. 1995, S. 503]

Die Methode wird von MARTIN ET AL. [1998] weiterentwickelt. Dabei werden auf Basis des Produktstrukturgraphen und einer Analyse des Produktionsprozesses Indizes zur Gleichteilerverwendung, zum Variantenbestimmungspunkt und zum varianteninduzierten Änderungsaufwand definiert, was ebenso einer Bewertung und Gestaltung der Variantenvielfalt dient.

### Design for Mass Customization (DFMC)

JIAO [1998] entwickelt mit dem Design for Mass Customization eine umfassende Methodik für eine individualisierungsgerechte Produktgestaltung und integriert hierbei verschiedene Bewertungs- und Gestaltungsmethoden. Als wesentliche Ansätze zur Erreichung einer hohen Produktvarianz bei gleichzeitig niedrigen Herstellkosten und kurzen Lieferzeiten sieht JIAO [1998, S. 10 f.]

- eine Produktplattform, die einen Ordnungsrahmen zur Produktpositionierung und eine Grundstruktur zur Beschreibung von Produktelementen und -schnittstellen sowie deren Verknüpfung zu Kundenanforderungen bereitstellt,

- eine Maximierung der Wiederverwendung von Modulen, Komponenten, Prozessen, Werkzeugen, Wissen etc. auf allen Ebenen der Produktentstehung sowie
- eine integrierte Prozesskette von der Erfassung der Kundenwünsche, über die Produktgestaltung bis zu kundenindividuellen Herstellprozessen.

Basis des methodischen Ansatzes bildet die Entwicklung von Produktplattformen [JIAO 1998, S. 12]. Die Realisierung individueller Kundenwünsche erfolgt durch Konfiguration oder Modifikation von bestehenden Modulen der Produktplattform. Zur Realisierung der Produktplattform sind JIAO [1998, S. 14] zufolge eine produktfamilienorientierte Gestaltung (family based design) und eine geeigneten Produktarchitektur (product family architecture) notwendig. Unter **produktfamilienorientierter Gestaltung** wird hier die Schaffung eines Rahmens für verschiedene Varianten verstanden, der Gemeinsamkeiten und Zusammenhänge zwischen diesen aufzeigt [JIAO 1998, S. 15]. Dazu müssen Gemeinsamkeiten in der Produktgestaltung und im Fertigungsprozess identifiziert und gefördert werden. Eine produktfamilienorientierte Gestaltung erhöht nicht nur die Wiederverwendung von Komponenten, sondern erlaubt auch die Segmentierung der Auftragsabwicklungs- oder Fertigungsprozesse nach Ähnlichkeitskriterien. Ein wesentlicher Ansatz dazu ist der Aufbau einer **Produktarchitektur**. Diese dient als Basisstruktur für die Ableitung einer Reihe von individuellen Varianten. Mit der Produktarchitektur werden die Subsysteme und Module eines Produktes sowie deren Schnittstellen beschrieben. Die Module können einzeln weiterentwickelt oder an individuelle Anforderungen angepasst werden. Der Prozess der Architekturentwicklung beginnt hierbei mit der funktionalen Produktmodellierung und -strukturierung. Anschließend werden Wirkprinzipien zugeordnet und Module und Schnittstellen auf Grundlage zu erwartender Kundenanforderungen sowie von Fertigungsaspekten festgelegt. Schließlich erfolgt die Ausarbeitung der Module unter Fertigungsgesichtspunkten [JIAO 1998, S. 31 ff.]. Die Architekturentwicklung wird dabei durch verschiedene Bewertungsmethoden unterstützt, z. B. Pareto-Analyse zur Produktpositionierung oder Analytic Hierarchical Process (AHP) zur Bestimmung von Kundenpräferenzen [JIAO 1998, S. 44 ff.].<sup>154</sup>

### **Variant Mode and Effect Analysis (VMEA)**

Basis der Variant Mode and Effect Analysis (VMEA) ist das Konzept zur Gestaltung und Bewertung von Produktvarianten nach SCHUH [1989]. Dieses enthält eine Systematisierung verschiedener Gestaltungsmöglichkeiten für eine Vermeidung und Beherrschung von Variantenvielfalt. Unter anderem werden vier zentrale Ansätze zur Produktstrukturierung – das sind

---

<sup>154</sup> Ein vergleichbares Konzept stellen SIMPSON ET AL. [1998, S. 50 f.] mit den Open Engineering Systems (OES) vor, die sich durch hohe Flexibilität und Adaptivität auszeichnen und es Unternehmen ermöglichen sollen, ihre Produkte schnell und kostengünstig an sich ändernde Kunden- bzw. Marktanforderungen anzupassen. Auch hier bilden Plattformen die Grundlage des OES, auf deren Basis Produktmodifikationen bzw. -verbesserungen vorgenommen werden. Funktionale oder gestalterische Änderungsauswirkungen sollen dabei durch Schaffung robuster Produkte abgefangen werden. Robustheit wird in diesem Zusammenhang als die Eigenschaft eines Systems verstanden, die Funktionsfähigkeit trotz kleinerer Umweltveränderungen oder Störungen zu erhalten bzw. geringfügige Modifikationen der inneren Struktur und Eigenschaften zuzulassen [SIMPSON ET AL. 1998, S. 56]. Hier kommen die Gestaltungsprinzipien Modularisierung und Parametrisierung zur Anwendung [ebd., S. 52 ff.].

Baureihen, Baugruppen, Pakete, Module – vorgestellt und eine Methode zur Auswahl eines geeigneten Ansatzes vorgeschlagen [SCHUH 1989, S. 58 ff.]. Diese basiert auf einer Korrelations- und Clusteranalyse der relevanten Variantenmerkmale. Die vorgenommenen Gruppierungen verschiedener Variantenmerkmale ermöglichen dann die Auswahl eines geeigneten Strukturansatzes [SCHUH 1989, S. 67]. Als zentrales Hilfsmittel der Variantenanalyse und zur Systematisierung und Bewertung von Ansätzen der variantenorientierte Produktgestaltung wird der Variantenbaums vorgeschlagen [SCHUH 1989, S. 45 ff.]. Im Variantenbaum werden die sich mit zunehmendem Montagefortschritt ergebenden Baugruppen- und Erzeugnisvarianten dargestellt. Der Variantenbaum kombiniert dabei die Darstellung der vertikalen Erzeugnisstruktur mit der Beschreibung der Produktvarianz auf den jeweiligen Montageebenen. Ziel einer variantenorientierten Produktgestaltung ist es, den Variantenbaum bis zu den Endmontagevorgängen so „schmal“ wie möglich zu halten. Außerdem enthält der Ansatz nach SCHUH eine am Ressourcenverzehr orientierte Kostenbewertungsmethode, die eine verursachungsgerechte Kalkulation und Bewertung von Produktvarianten im Vergleich zu Standardprodukten ermöglichen soll [SCHUH 1989, S. 111 ff.]. Hierbei werden die Kosten in Abhängigkeit von variantenbeschreibenden Parametern und einem zugeordneten Werteverzehr bestimmt.

Die Variant Mode and Effect Analysis nach CAESAR [1991] erweitert die Arbeit von SCHUH zu einer umfassenden Gestaltungsmethodik. Bestandteile dieser Methodik sind eine Variantenanalyse, die Teile- bzw. Baugruppenpriorisierung, eine Gestaltungsmethodik zur variantenorientierten Produktgestaltung und Kennzahlen zur Variantenbewertung [CAESAR 1991, S. 35 ff.]. Zunächst werden im Rahmen der Variantenanalyse die Bestimmungsgrößen für eine variantenorientierte und kostengünstige Produktgestaltung ermittelt. Hierbei werden die Ursachen der Variantenvielfalt untersucht und die Kundenrelevanz der Varianten bestimmt. Anschließend werden Einzelteil- und Baugruppenumfänge ermittelt, deren Betrachtung im Variantenoptimierungsprozess besonders Erfolg versprechend erscheint. Dies erfolgt durch Darstellung der variantenoptimalen Produktvielfalt mit Hilfe von Variantenbäumen. Die Gestaltungsmethodik enthält einen Katalog geeigneter Gestaltungsmaßnahmen vor allem zur vorteilhaften Erzeugnisstrukturierung, zur konstruktiven Gestaltvariation (z. B. Integration bzw. Differenzierung von Funktionen) sowie zur Teilestandardisierung bzw. generellen Vielfaltreduzierung [CAESAR 1991, S. 70 ff.]. Abschließend erfolgen die technisch-wirtschaftliche Bewertung alternativer Gesamtlösungen auf Basis von Kennzahlen und die Auswahl einer kosten- und variantenoptimalen Lösung. Die Ableitung der Kennzahlen erfolgt auf Basis struktureller Überlegungen zur optimalen Ausprägung des Variantenbaums, beispielsweise hinsichtlich später Variantengenerierung und Verringerung der Vielfalt auf Baugruppen- und Einzelteileebene [CAESAR 1991, S. 74 ff.].

Sowohl das Konzept zur Gestaltung und Bewertung von Produktvarianten nach SCHUH [1989] als auch die VMEA nach CAESAR [1991] zielen damit vor allem auf eine Reduzierung unnötiger Teilevarianten und eine sinnvolle Erzeugnisstrukturierung ab und unterstützen eine aus Kosten- und Produktionsgesichtspunkten optimierte Variantengestaltung.

### **Design for Flexibility**

Das von PALANI RAJAN ET AL. [2003] beschriebene, methodische Konzept des „Design for Flexibility“ zielt schließlich auf eine Steigerung der Produktflexibilität durch Erhöhung des Grades der Anpassbarkeit an zukünftige Änderungen ab. Zur Bewertung notwendiger Flexibi-

litätsbereiche wird die Methode der Change Mode and Effects Analysis (CMEA) konzipiert. Hierbei wird das Produkt zunächst in einzelne Baugruppen und Komponenten (alternativ: Funktionen) zerlegt. Anschließend werden mögliche Änderungen, deren Auswirkungen und Ursachen bestimmt. Auf deren Basis wird schließlich der Grad der Änderungsfähigkeit bewertet (Change Potential Number, CPN). Dieser gibt darüber Auskunft, wie leicht eine Änderung an einem Produktelement durchzuführen ist und setzt sich aus der Änderungsfähigkeit der Konstruktion (Design flexibility), der Auftretenswahrscheinlichkeit (Occurrence) und der Änderungsfähigkeit des Unternehmens (Readiness) zusammen. Diese Metriken werden auf einer Skala von 1 bis 10 bewertet. Die **Änderungsfähigkeit der Konstruktion** gibt hierbei an, ob eine Änderung an einer bestimmten Komponente nur diese oder das gesamte Produkt betrifft, entspricht also einer Bewertung der Änderungsauswirkungen bzw. der Änderungskosten. Die **Auftretenswahrscheinlichkeit** basiert auf der Analyse möglicher Änderungsursachen und beschreibt die erwartete Häufigkeit auftretender Änderungen. Die **Änderungsfähigkeit des Unternehmens** kennzeichnet schließlich den Grad an Vorbereitung auf die möglichen Änderungen bzw. die Unternehmensflexibilität in Bezug auf Fertigungs- und Beschaffungsprozesse sowie organisatorische und finanzielle Ressourcen. Zur strukturierten Bewertung und Dokumentation wird die in Bild A-7 dargestellte Tabelle verwendet. Auf Basis der CMEA leiten PALANI RAJAN ET AL. [2003, S. 8 f.] Hinweise zur änderungsoptimalen Produktgestaltung ab, z. B. durch Modularisierung, Partitionierung, Pufferbildung oder Dämpfung von Änderungsauswirkungen. Gleichzeitig kann mit der Methode der produktseitige Flexibilisierungseffekt derartiger Maßnahmen nachgewiesen werden. Ein vergleichbarer Ansatz zur Gestaltung einer (änderungsrobusten) Produktstruktur wird auch von JARRAT [2004] verfolgt.

Module/ Teile	Potentielle Änderung	Potentielle Auswirkungen der Änderung	Änderungs- fähigkeit	Potentielle Ursachen der Änderung	Auftretens- wahrschein- lichkeit	Änderungs- fähigkeit des Unter- nehmens	Grad der Änderungs- fähigkeit
• • •	• • •	• • •	F	• • •	O	R	CPN = F x O x R

Bild A-7. Ermittlung der Änderungsfähigkeit beim Design for Flexibility [nach PALANI RAJAN ET AL. 2003, S. 2]

### Prozess der Produktstrukturplanung

Abschließend soll kurz der Prozess der Produktstrukturplanung besprochen werden, dessen Grundlage die zuvor behandelten Methoden bilden. MAYER [1993, S. 158 ff.] wie auch PILLER [1998, S. 186 ff.] schlagen hier ein dreistufiges Vorgehen vor, das aus den Teilschritten

- Gestaltung der Produktstruktur und der enthaltenen Module,
- Festlegung des auftragsneutralen Vorfertigungsgrades und

- dem kundenspezifischen Konfigurationsprozess

besteht. Zunächst erfolgen die **Gestaltung der Produktstruktur und deren Module** mit dem Ziel der Zusammenstellung eines optimalen Baukastens. Hier wird eine hohe Anzahl an Standardteilen und wieder verwendbaren Modulen angestrebt. Ausschlaggebend für die Gestaltung der modularen Produktarchitektur sollen jedoch nicht nur fertigungstechnische Interessen, sondern auch der Umfang an Individualisierungswünschen und deren Auswirkungen innerhalb der Produktstruktur sein. Hierzu werden die sich aus den unterschiedlichen Verwendungszwecken und Abnehmeranforderungen potenziell ergebenden Grundvarianten abgeleitet. Darauf aufbauend wird ein übergeordnetes Gesamtprodukt gebildet, bei dem bereits festgelegt wird, welche Varianten sich im Baukastensystem niederschlagen und welche als Sonderbausteine realisiert werden sollen. Das grob konzipierte Gesamtprodukt wird anschließend in einzelkundenrelevante Teilfunktionen aufgeteilt. Auf dieser Basis erfolgt dann die Definition und Konstruktion der einzelnen Module und Bauteile (Grund- bzw. Muss-Bausteine, Kann-Bausteine) Zugleich muss die Festlegung der zugehörigen Konfigurationsregeln erfolgen, die Funktionsstörungen oder Fertigungsprobleme aufgrund nicht kompatibler Bausteine vermeiden sollen [PILLER 1998, S. 187; MAYER 1993, S. 160 f.]. Nach dieser grundsätzlichen Strukturdefinition wird festgelegt, welche **Module auftragsneutral vorproduziert** werden können und welche erst bei Vorliegen eines Kundenauftrages gefertigt oder zugekauft werden. In diesem Zusammenhang kann auch entschieden werden, bestimmte Module erst bei Vorliegen eines Kundenauftrags fertig zu entwickeln. Auf der letzten Stufe ist der **kundenspezifische Konfigurationsprozess** angesiedelt. Dieser beginnt mit der Erhebung der individuellen Kundenwünsche und der Auswahl der entsprechenden Module. Bei Bedarf werden einzelne Module neu entwickelt oder angepasst, ansonsten sollen vor allem Standardmodule oder bereits vorhandene Module (Wiederholteile) verwendet werden.

Ein allgemeines Vorgehensmodell zur Produktstrukturplanung individualisierter Produkte schlagen auch LINDEMANN ET AL. [2003A, S. 23 f.; vgl. auch LINDEMANN ET AL. 2003B, S. 8 f.] vor (vgl. Bild A-8). Demnach erfolgt zunächst die Festlegung des zu betrachtenden Produktbereichs. Ausgehend von allgemeinen Kundenanforderungen und Produktfunktionen wird dann eine allgemeine Produktstruktur festgelegt. Diese Produktstruktur enthält schon alle wesentlichen Baugruppen und Schnittstellen sowie deren grundlegende Varianten, wenn auch in einer noch recht groben Definition. Das mögliche Produktspektrum ist damit jedoch grob festgelegt. Auf dieser Basis werden sukzessive Komponenten und Schnittstellen weiterentwickelt und detaillierte Technologien zu Realisierung der Produktfunktionen zugeordnet. Hierbei werden auch die für die künftige Individualisierung vorgesehenen Freiheitsgrade im Detail definiert. Der Strukturplanungsprozess ist dabei auf Produkt-, Modul- bzw. Baugruppen und Bauteilebene ineinander verschachtelt und hat einen stark iterativen Charakter. Abschließend werden Referenzvarianten bestimmt sowie repräsentative Ausprägungen der Produktstruktur hinsichtlich kritischer Produkteigenschaften abgesichert. Außerdem erfolgt eine wirtschaftliche und produktionstechnische Bewertung der entwickelten Produktstruktur. Die Absicherungs- und Bewertungsmaßnahmen haben eine äußere Abgrenzung und innere Einschränkung der Struktur und damit des möglichen Produktspektrums zur Folge. Hier werden bestimmte Varianten oder Kombinationsmöglichkeiten, z.B. aus Kosten- oder Produk-

tionsgesichtspunkten, ausgeschlossen. Zusätzlich werden eine Kostenstruktur aufgebaut und vorgeplante Adaptionsprozesse zugeordnet.

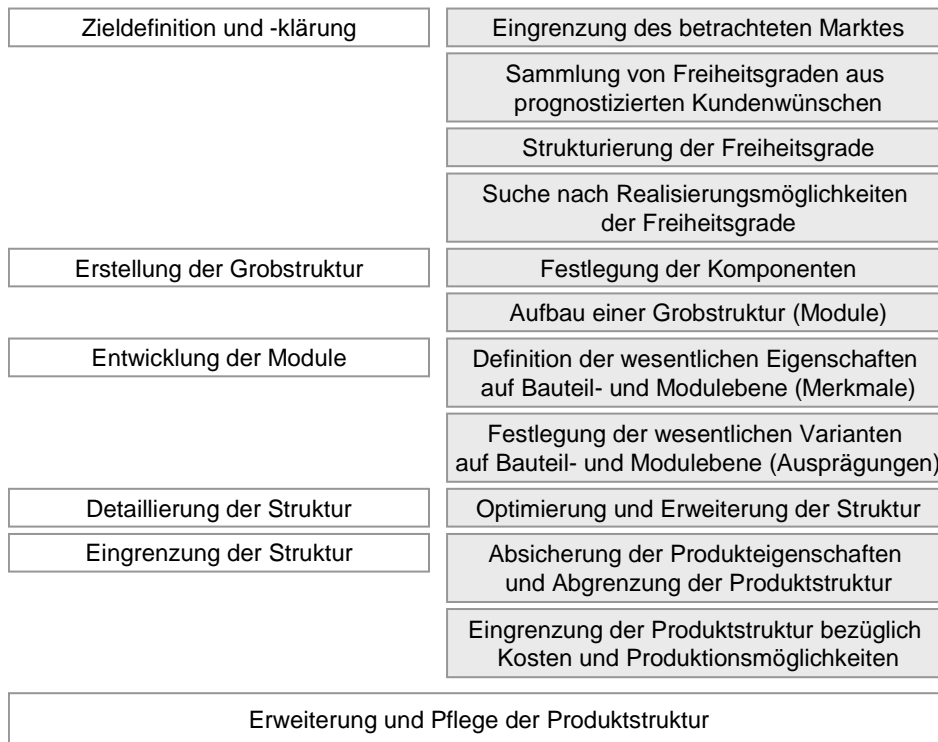


Bild A-8. Strukturplanungsprozess [in Anlehnung an LINDEMANN ET AL. 2003A, S. 23]

Weitere, vergleichbare Vorgehensmodelle finden sich auch bei [UNGEHEUER 1986, S. 58 ff.; RAPP 1999, S. 126 ff.].

## A.7 Beschreibung ausgewählter Methoden der Prozessmodellierung

Nachfolgend werden wichtige Methoden der Prozessmodellierung dargestellt, die auch für die Abbildung von Produktentwicklungsprozessen eine hohe Relevanz besitzen. Bevor einzelne Methoden detailliert beschrieben werden, soll zunächst das allgemeine Vorgehen bei der Prozessmodellierung charakterisiert werden. Dieses wird beispielsweise von BRUGGER [2002, S. 118] beschrieben.<sup>155</sup> Der erste Schritt stellt demnach die Prozessdefinition und -abgrenzung dar. Dabei werden die zu modellierenden Prozesse bestimmt und näher charakterisiert (z. B. nach Kern- oder Unterstützungsprozessen). Ebenso erfolgen eine Eingrenzung des Betrachtungsraumes (z. B. bezüglich der Modellelemente) und die Abgrenzung von vor- und nachgelagerten Prozessen (Definition von Prozessanfang und -ende). An die äußere schließt sich die innere Abgrenzung des Prozesses an. Dabei erfolgt eine verrichtungsorientierte, phasenorientierte oder objektorientierte Prozesszerlegung. Dies kann durch eine Tätigkeitsanalyse, z. B. mittels Interviews oder Selbstaufschreibung, unterstützt werden [EVERSHEIM 1998, S. 200].<sup>156</sup> Danach wird die Aufeinanderfolge von Prozessen, d. h. deren zeitliche Reihenfolge, festgelegt und es werden Übergangsbedingungen zwischen den einzelnen Aktivitäten sowie die einzelnen Eingangs- und Ausgangsobjekte<sup>157</sup> definiert. Schließlich erfolgt die Darstellung mittels geeigneter Modellierungsmethoden und ggf. eine Prozessoptimierung, z. B. nach den grundsätzlichen Prozessparametern Prozessdauer, -qualität und -kosten. Das geschilderte Vorgehen bezieht sich vor allem auf die Modellierung bestehender Prozesse. Auf Basis dieses Prozessmodells und der darauf aufbauenden Analyse oder Simulation sollen in erster Linie Schwachstellen des Prozessablaufs verbessert oder z. B. der Ressourceneinsatz optimiert werden.

Nachfolgend werden ausgewählte Methoden der Prozessmodellierung diskutiert, das sind

- Petri-Netze,
- Structured Analysis and Design Technique (SADT),
- Netzplanmethoden,
- Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK),
- die Objektorientierte Methode für die Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA),
- Prozessplan (Proplan) und die K3-Modellierung,
- die Konstruktionslandkarte, die konstruktionstechnische Ordnungsmatrix und das prozessbasierte Konstruktionssystem PROSUS sowie
- Entwicklungsprozessbausteine.

---

<sup>155</sup> Für eine sehr ausführliche Darstellung der Vorbereitung und des Vorgehens bei der Prozessmodellierung sei auch auf [BECKER ET AL. 2002, S. 47 ff.; KUSIAK 1999, S. 14 ff.] verwiesen.

<sup>156</sup> Vgl. auch [BLUM 1991, S. 35 ff.] für eine detaillierte Darstellung und Bewertung der Erhebungstechniken.

<sup>157</sup> „Inputs is always transformed whereas the output is produced“ [KUSIAK 1999, S. 15].

### Petri-Netze

Petri-Netze stellen eine vergleichsweise abstrakte und sehr formale Methode zur Beschreibung von Abläufen dar. Die Modellierungselemente sind aktive und passive Knoten sowie Kanten [BULLINGER & SCHREINER 2001, S. 49; BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 130]. Es können je nach Art der aktiven und passiven Elemente verschiedene Formen von Petri-Netzen unterschieden werden, das sind

- Kanal-Instanzen-Netze,
- Bedingungs-Ereignis-Netze,
- Stellen-Transitions-Netze und
- Prädikats-Transitions-Netze [ROSEMANN 1996, S. 52 f.].

Aktive Knoten werden je nach Netzart Instanzen, Ereignisse oder Transitionen genannt. Hier erfolgt eine Transformation des Systemzustands. Passive Knoten werden als Kanäle, Bedingungen, Stellen oder Prädikate bezeichnet. Sie repräsentieren die Systemzustände. Kanten beschreiben schließlich Flussrelationen zwischen den Knoten [ebd., S. 52]. Eine dynamische Betrachtung kann je nach Netzart durch Belegung der (passiven) Knoten mit einer oder mehreren Marken erfolgen, die die gerade erreichten Zustände anzeigen (vgl. Bild A-9).

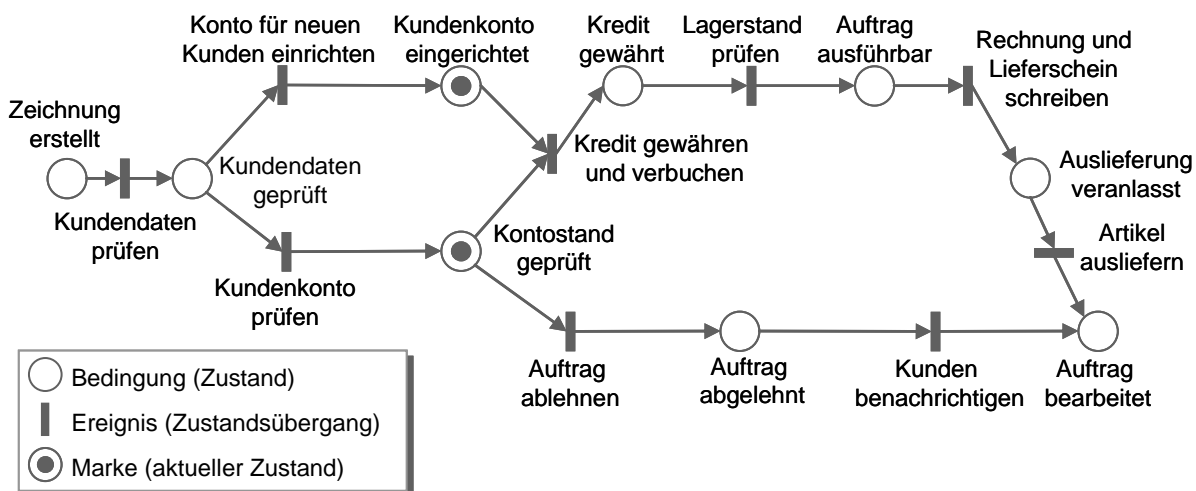


Bild A-9. Beispielhafte Darstellung eines Petri-Netzes [GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 46]

Mittels Petri-Netzen können nur logische bzw. kausale Reihenfolgebeziehungen, jedoch in der Regel keine zeitlichen Beziehungen erfasst werden. Eine Ausnahme stellen hier zeitbehaltete Petri-Netze dar [vgl. ROSEMANN 1996, S. 55]. Die differenzierte Abbildung von Eingangs- und Ausgangsobjekten, beteiligten Organisationseinheiten und Ressourcen ist nicht möglich und Fallunterscheidungen lassen sich nur umständlich modellieren. Die graphentheoretische Fundierung von Petri-Netzen erlaubt jedoch eine Analyse, Berechnung und Simula-



tion der Netze (z. B. hinsichtlich Verklemmungen) [FAHRWINKEL 1995, S. 33; ROSEMAN 1996, S. 55].

### Structured Analysis and Design Technique (SADT)

Die „Structured Analysis and Design Technique“ (SADT) ist eine graphische Beschreibungsmethode auf Basis so genannter Prozessdiagramme [MERTINS ET AL. 1994, S. 141]. Innerhalb der Prozessdiagramme werden die Prozessaktivitäten als Kästchen und Aktivitätenverknüpfungen als Pfeile dargestellt [MARCA & MCGOWAN 1988, S. 13]. Die Pfeile stellen Prozessinputs oder -outputs (Informationen, Material/Artefakte, Anweisungen) sowie prozessrelevante Mechanismen und Steuerinformationen dar (vgl. Bild A-10). Mechanismen geben an, wie oder womit die Aktivität ausgeführt wird (z. B. Menschen, Maschinen, Methoden). Steuerinformationen bestimmen, unter welchen Bedingungen oder Einschränkungen die Aktivität ausgeführt werden soll (z. B. Richtlinien, Regeln, Entscheidungen) [BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 128 f.]. Diese Steuerinformationen stellen allerdings keine prozessauslösenden Ereignisse dar (rein funktionale Darstellung). SADT basiert auf einer stark hierarchischen Prozessdarstellung (vgl. Bild A-11). Der Prozess wird stufenweise mittels der einzelnen Prozessdiagramme beschrieben. Dabei soll ein Diagramm nicht mehr als drei bis sechs Aktivitäten enthalten [MARCA & MCGOWAN 1988, S. 19].<sup>158</sup>

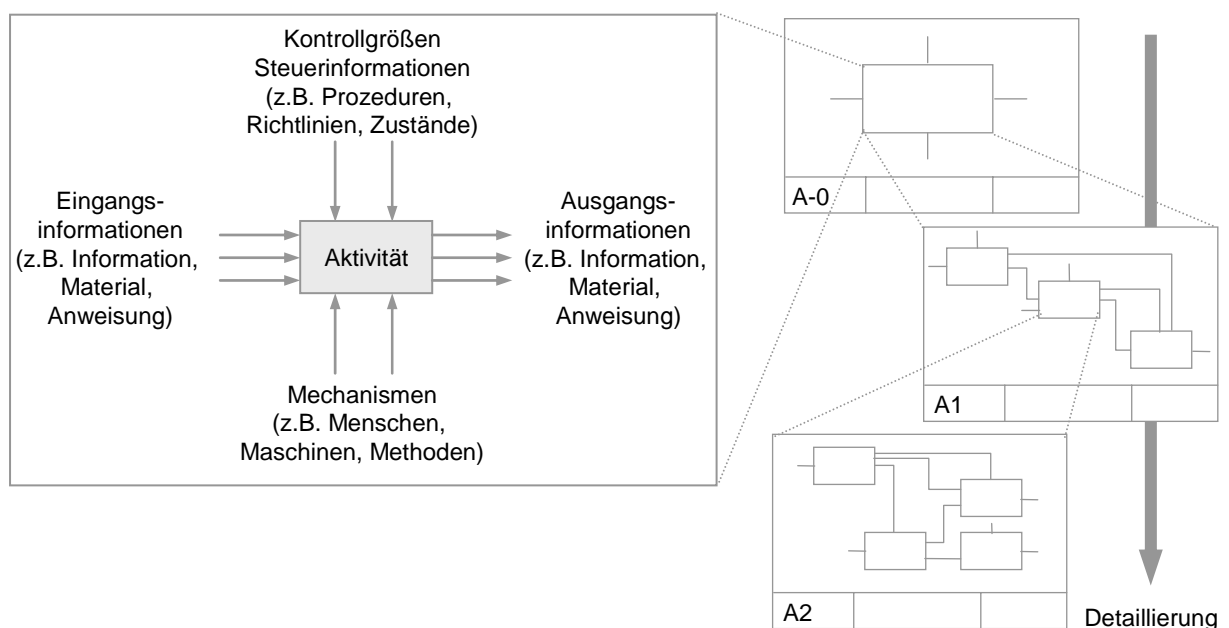


Bild A-10. Grundelemente und Modellaufbau bei SADT [nach BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 128 f.]

Die Prozessbeschreibung beginnt aufgrund des hierarchischen Aufbaus auf einer abstrakten Ebene. Anschließend wird jede Prozessaktivität in jeweils gesonderten Diagrammen so lange

<sup>158</sup> Notfalls müssen künstliche Abstraktionen eingeführt werden, wenn ein Prozess mehr Aktivitäten enthält.

verfeinert, bis der gewünschte Detaillierungsgrad vorliegt. Aufgrund der über viele Hierarchiestufen verteilten Prozessdarstellung entsteht eine große Modellkomplexität, die eine Schwachstelle des methodischen Ansatzes darstellt. Insbesondere Quervernetzungen zwischen Aktivitäten mit unterschiedlichem Ursprungsdiagramm können nicht übersichtlich dargestellt werden und Änderungen innerhalb der Diagramme können sehr aufwendig sein. Mit SADT können aufgrund der rein funktionalen Sicht zudem keine logischen oder zeitlichen Verzweigungen dargestellt werden. SADT bildet jedoch die Grundlage der „Integrated Definition for Function Modeling“ (IDEF), die vor allem in den USA breite Anwendung im Rahmen der Geschäftsprozessmodellierung findet und zudem eine Basis für weitere Modellierungsansätze bildet.<sup>159</sup> Bild A-11 zeigt ein Beispiel für eine Prozessmodellierung mit SADT.

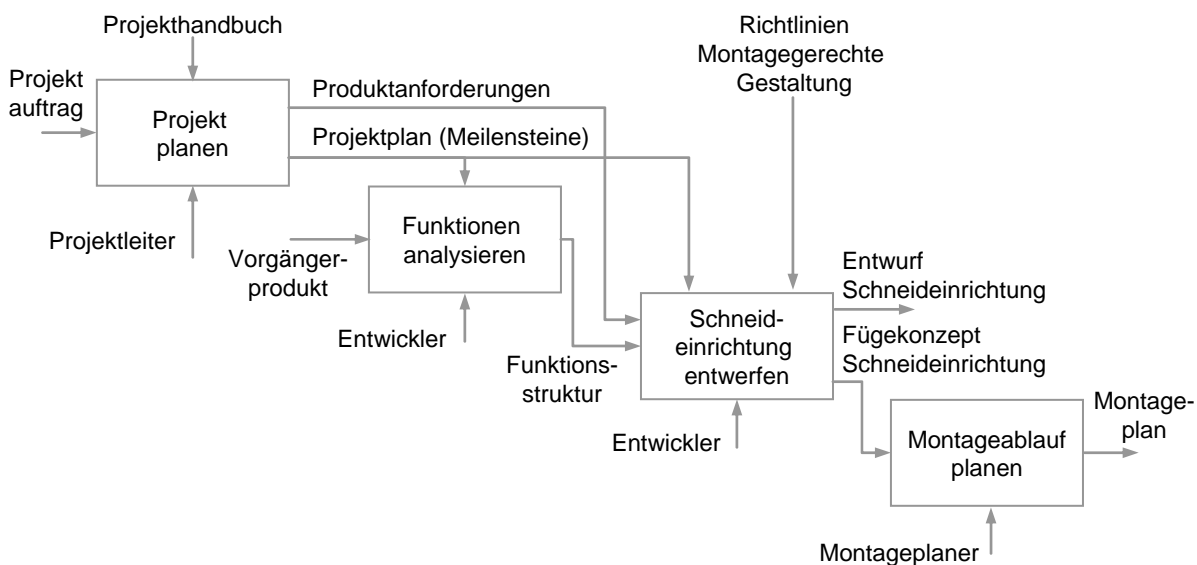


Bild A-11. Prozessmodellierung mittels SADT [in Anlehnung an BICHLMAIER 2000, S. 45]

Ein an die IDEF- bzw. SADT-Methode angelehntes Modellierungskonzept stellt auch das generische Aktivitätenmodell der „Integrierten Unternehmensmodellierung“ (IUM) dar [MERTINS ET AL. 1994, S. 188 ff.]. Grundelemente dieses objektorientierten Modellierungskonzepts sind Aktionen, mit denen Attributwerte von Objekten verändert werden können. Es werden hierbei drei Klassen zu bearbeitender Objekte unterschieden, das sind Produkt, Auftrag und Ressource, für die jeweils ein Status vor und nach der Bearbeitung durch die Aktion definiert ist. Diese Einheit von Aktion und Objekten wird als Funktion bezeichnet. Die Auslösung bzw. Steuerung der Aktionen erfolgt durch Aufträge. Bei der Ausführung greifen die Aktionen auf materielle oder informationelle Ressourcen zu. Die Einheit von Aktion, Ressource, Auftrag und Bearbeitungsobjekten wird bei der IUM als Aktivität bezeichnet.

<sup>159</sup> Für eine Darstellung der verschiedenen Varianten von IDEF sei auf [BULLINGER & WARSCHAT 1997, S. 129; KUSIAK 1999, S. 7 ff.; MERTINS ET AL. 1994, S. 104 ff.; SPUR & KRAUSE 1997, S. 557 ff.] verwiesen. Eine sehr detaillierte Darstellung von SADT findet sich bei MARCA & MCGOWAN [1988].

Methoden der Netzplantechnik

Die Netzplantechnik stellt nach PATZAK [1982, S. 386; vgl. auch BURGHARDT 2002, S. 217] ein grundlegendes Hilfsmittel zum Analysieren, Beschreiben, Planen, Kontrollieren und Steuern von Projektablaufen auf der Grundlage der Graphentheorie dar. Ein Projekt oder ein Prozess wird hier in seine Elemente (Vorgänge) zerlegt, die anschließend durch ein Relationengefüge strukturiert werden. Die Darstellungselemente eines Netzplanes können dabei Vorgänge (zeiterforderndes Geschehen im Projektablauf mit definiertem Anfang und Ende), Ereignisse (definierter Zustand im Projektablauf) und Anordnungsbeziehungen (sachlogische, personelle, terminliche oder andere Abhängigkeiten) sein [BURGHARDT 2002, S. 218]. Dabei besteht die formale Darstellung eines Netzplanes nur aus Kanten und Knoten, wobei entsprechend Bild A-12 zwei Zuordnungsprinzipien unterschieden werden können: Werden Vorgänge durch Knoten und Abhängigkeiten durch Kanten repräsentiert, so handelt es sich um einen **Vorgangsknotennetzplan**. Bei einem **Vorgangspfeilnetzplan** werden demgegenüber Vorgänge durch Kanten und Abhängigkeiten durch Knoten repräsentiert. Das Ereignisknotennetz stellt dabei einen Spezialfall des Vorgangspfeilnetzplans dar, bei dem die Knoten Ereignisse repräsentieren [PATZAK 1982, S. 386 ff.; vgl. auch SAGE 1992, S. 264 ff.].

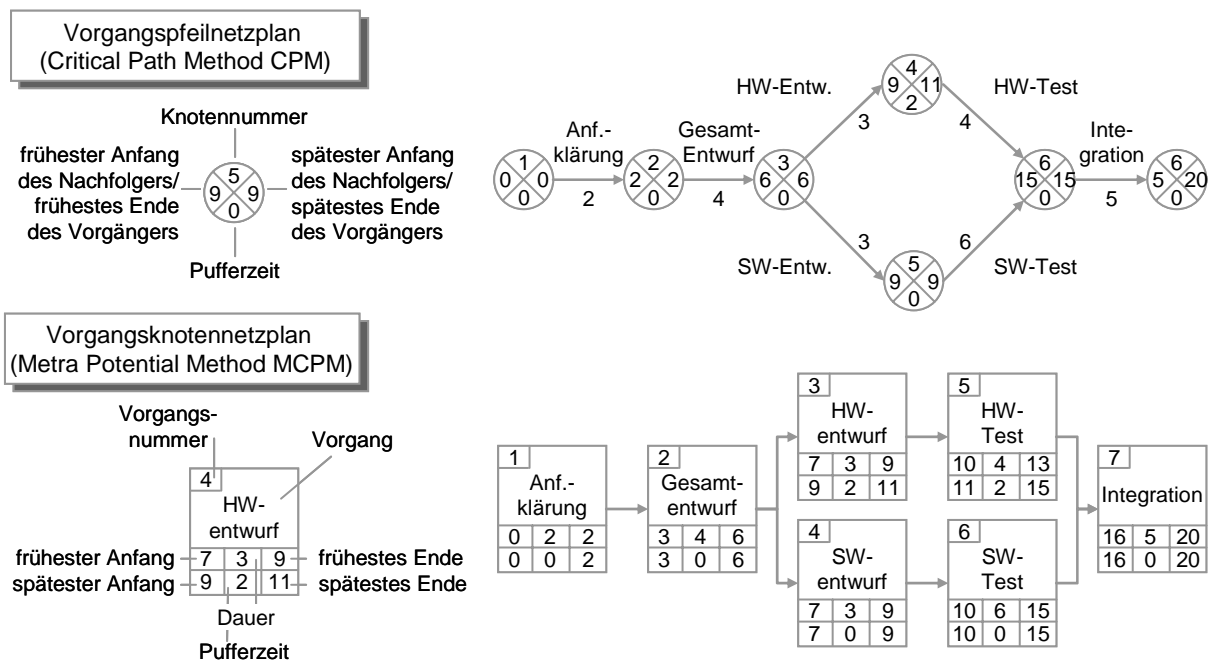


Bild A-12. Prozessmodellierung mittels Netzplanmethoden [BURGHARDT 2002, S. 222 ff.]

Hinsichtlich der Relationen bzw. Anordnungsbeziehungen können verschiedene, vor allem kausale (folgt auf, erfordert, ...) oder zeitliche Relationsarten (später als, ...) unterschieden werden. Hinsichtlich zeitlicher Anordnungsbeziehungen kann zudem in Normalfolgen mit/ ohne Warte- oder Überlappungszeit, Anfangsfolgen, Endfolgen oder Sprungfolgen differenziert werden. Für eine detaillierte Darstellung hierzu sei auf [BURGHARDT 2002, S. 226; PATZAK & RATTAY 2004, S. 188] verwiesen. Eine übersichtliche Darstellung dieser zeitlichen

Beziehungen bieten Balkenpläne. Hiermit können insbesondere die terminliche Lage (Start- und Endtermine, Bearbeitungszeiten) und parallel abzuarbeitende Aktivitäten dargestellt werden. Beim vernetzten Balkenplan können zudem kausale Anordnungsbeziehungen und damit die Ablauflogik abgebildet werden [DIETER 1991, S. 453 f.; KLEEDÖRFER 1999, S. 35 ff.; PATZAK & RATTAY 2004, S. 181 ff.].

Eine weitere Differenzierungsmöglichkeit der Netzplantechniken besteht in der Unterscheidung deterministischer und stochastischer Verfahren [BURGHARDT 2002, S. 218 ff.; KUHLMANN 1994, S. 47 ff.; PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 184 ff.]. Verfahren mit **deterministischer Zeitrechnung** unterstellen vollständige Sicherheit bezüglich der Projektstruktur (Vorgänge und Anordnungsbeziehungen) sowie aller Zeitangaben (Vorgangsdauern und Zeitabstände). Gebräuchliche Verfahren sind hier die Critical Path Method (CPM) und die Metra Potential Method (MPM). Allerdings ist häufig keine Sicherheit der Planungsdaten gegeben, so dass die Modelle meist nicht dem realen Verlauf entsprechen und angepasst werden müssen. Zudem ist keine umfangreiche terminliche Risikoabschätzung möglich. Dennoch werden deterministische Netzplanmethoden in der Praxis sehr häufig eingesetzt und es existiert eine Vielzahl unterstützender Softwareprogramme. Verfahren mit **stochastischer Zeitrechnung** erlauben dagegen die Berücksichtigung unsicherer Vorgangsdauern und Zeitabstände bei Anordnungsbeziehungen durch Angabe von Schwankungsbreiten der Zeitwerte. Dabei wird aber immer noch ein deterministischer Projektablauf (ohne Alternativen und Unsicherheiten) angenommen. In der Folge werden Wahrscheinlichkeitsverteilungen für die jeweiligen Projektzeitwerte ermittelt. Das bekannteste Verfahren ist hier die Program Evaluation and Review Technique (PERT). Kritisch ist hierbei anzumerken, dass die Wahrscheinlichkeitsverteilungen häufig nicht genau angegeben werden können. Außerdem wird das wahrscheinlichkeitstheoretische Konzept der Methode teilweise angezweifelt [KUHLMANN 1994, S. 49]. Verfahren mit **stochastischer Zeitrechnung bei unsicherem Projektablauf**, wie z. B. die nachfolgend beschriebene Graphical Evaluation and Review Technique (GERT), berücksichtigen schließlich die reale Situation, dass oft erst im Projektverlauf entschieden werden kann, welche Aktivitäten überhaupt und wie häufig durchzuführen sind. Der Projektablauf wird hier mit definierten Logikelementen beschrieben, wobei jeder Knoten aus einer Eingangs- und einer Ausgangslogik besteht. Diese beschreibt die Eintrittsbedingungen bzw. bestimmt, welche ausgehenden Anordnungsbeziehungen auftreten können (Und-/Oder-Verknüpfung). Die Methode weist allerdings gravierende Nachteile hinsichtlich der Handhabung und Berechnung der Netzpläne auf. Zudem sind die stochastischen Vorgangsdauern sowie die Eintrittswahrscheinlichkeiten für Anordnungsbeziehungen nur schwierig abzuschätzen oder in der Regel sogar unbekannt. Die „Berechnung“ kann nur durch eine Simulation erfolgen [KUHLMANN 1994, S. 50]. Für eine sehr detaillierte Darstellung der gebräuchlichsten Netzplanarten sei auf BURGHARDT [2002, S. 221 ff.] verwiesen.

Für das Management komplexer Entwicklungsprozesse bilden Netzplanmethoden zwar grundsätzlich eine wichtige Basis, sie sind allerdings aufgrund ihrer Ausrichtung auf eine vorwiegend zeitliche, kapazitive und monetäre Planung und Überwachung von Projekten für die Modellierung hochdynamischer (Entwicklungs-) Prozesse weniger geeignet [MURR 1999, S. 20]. Zudem wird die Erstellung von Entwicklungsprozessplänen durch Netzplanmethoden nur unzureichend unterstützt [SCHUMANN 1994, S. 2]. Auch sind Änderungen und Konsistenthaltung der Pläne mitunter schwierig und Informationen über kausale Abhängigkeiten

zwischen Prozessschritten fehlen. Dennoch werden Netzpläne bei der Planung und Steuerung von kundenspezifischen Entwicklungsvorhaben häufig eingesetzt [MUNTSLAG 1993, S. 51].

### Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK)

Ereignisgesteuerte Prozessketten (EPK) sind eine Teilmethode der Architektur integrierter Informationssysteme (ARIS), einem umfassenden Ansatz zur Unternehmensmodellierung [vgl. SCHEER 2001].<sup>160</sup> Mit Ereignisgesteuerten Prozessketten, die SCHEER [2001, S. 125] zufolge auf Petrinetzen und Netzplanverfahren aufbauen, lassen sich beliebige Abläufe und (Geschäfts-) Prozesse graphenorientiert abbilden. Die Beschreibungselemente sind Ereignisse (Zustände) und Funktionen (Zustandsänderungen, Transformationsprozesse), die durch Knoten repräsentiert werden, sowie der so genannte Kontrollfluss, der mittels verbindender Kanten die zeitlich-logischen Beziehungen zwischen den Knoten beschreibt (vgl. Bild A-13).

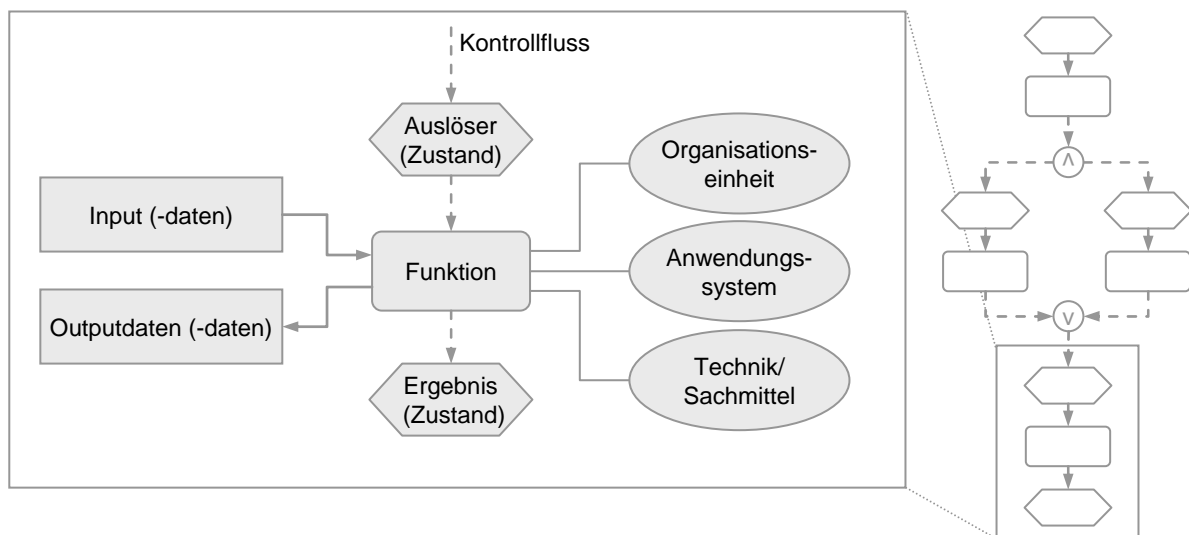


Bild A-13. Modellelemente Ereignisgesteuerter Prozessketten [nach KELLER & MEINHARDT 1994, S. 40]

Die Ereignisse können dabei Auslöser oder Ergebnis von Funktionen sein. Jeder Prozess beginnt definitionsgemäß mit einem Ereignis. Zur Abbildung von logischen Strukturen (z. B. Verzweigungen, Zusammenführungen) dienen Konnektoren sowie weitere Notationselemente, wie z. B. Prozesswegweiser. Diese stellen die Verbindung zu parallelen Prozessketten her oder verweisen auf untergeordnete Prozessketten. Erweiterte Ereignisgesteuerte Prozessketten (eEPK) erlauben zudem die Abbildung/Zuordnung von Organisationseinheiten, Anwendungs-

<sup>160</sup> ARIS unterscheidet hierbei verschiedene „Sichten“ auf das Unternehmensmodell, das sind die Funktions-, die Organisations-, die Daten- und die Steuerungssicht. Die Abbildung von Prozessen mittels Ereignisgesteuerter Prozessketten ist Bestandteil der zentralen Steuerungssicht, in der Funktions-, Daten- und Organisations-sicht verknüpft werden [SCHEER 2001, S. 102 ff.].

systemen und Informationsobjekten, z. B. Daten [ALLWEYER 2005, S. 133 ff.; BECKER ET AL. 2002, S. 65 ff.; KELLER & MEINHARDT 1994, S. 38 ff.; RUPP 2004, S. 168 ff.].

Ereignisgesteuerte Prozessketten verfügen über eine anschauliche und gut strukturierte Notation, mit der sich Unternehmensabläufe sehr gut und detailliert abbilden lassen. Zudem existieren ausgereifte Hilfsmittel zur rechnergestützten Modellerstellung und -verarbeitung. Auch die Einbindung in ein relativ weit verbreitetes Unternehmensmodell ist vorteilhaft. Allerdings werden mit EPK modellierte Prozessmodelle schnell sehr umfangreich und unübersichtlich. Insbesondere die Darstellung häufig selbstverständlicher Ereignisse trägt entscheidend zur Komplexitätserhöhung bei [RUPP 2004, S. 169]. Ereignisgesteuerte Prozessketten sind damit vor allem zur Modellierung von wenig komplexen Routine-Geschäftsprozessen geeignet. Ein Beispiel ist in Bild A-14 angegeben.

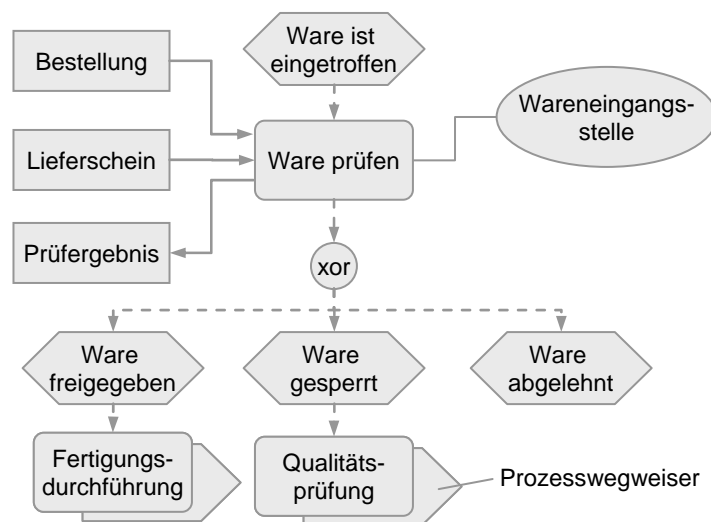


Bild A-14. Modellierung eines Wareneingangsprozesses mittels EPK [KELLER & MEINHARDT 1994, S. 42]

### Objektorientierte Methode für die Geschäftsprozessmodellierung und -analyse (OMEGA)

OMEGA stellt eine von FAHRWINKEL [1995] entwickelte, objektorientierte Methode zur Geschäftsprozessmodellierung dar, die aufgrund der enthaltenen Modellelemente auch zur Modellierung von Entwicklungsprozessen gut geeignet ist. Die wesentlichen Modellierungskonstrukte sind in Bild A-15 im Überblick dargestellt, das sind die Grundeinheiten der Aufbauorganisation (Abteilung, Stelle und Team) sowie die Geschäftsprozesse, die durch Bearbeitungsobjekte und technische Ressourcen zur Ausführung der Geschäftsprozesse beschrieben werden. Bearbeitungsobjekte können Material- oder Informationsobjekte sein, wobei verschiedene Informationsträger unterschieden werden. Im Geschäftsprozessmodell erfolgt die Zuordnung von Prozessen zu Stellen in der Aufbauorganisation [vgl. FAHRWINKEL 1995, S. 70 ff.]. Die Verkettung der Prozesse erfolgt über Kommunikationsbeziehungen, auf denen die Bearbeitungsobjekte angeordnet sind. Der Abstraktionsgrad bzw. die Detaillierungstiefe des

Modells wird durch Aggregation bzw. Dekomposition des Geschäftsprozesses gesteuert. Hierzu werden den einzelnen Konstrukten des Geschäftsprozessmodells Aggregationsbeziehungen zugewiesen [FAHRWINKEL 1995, S. 77].

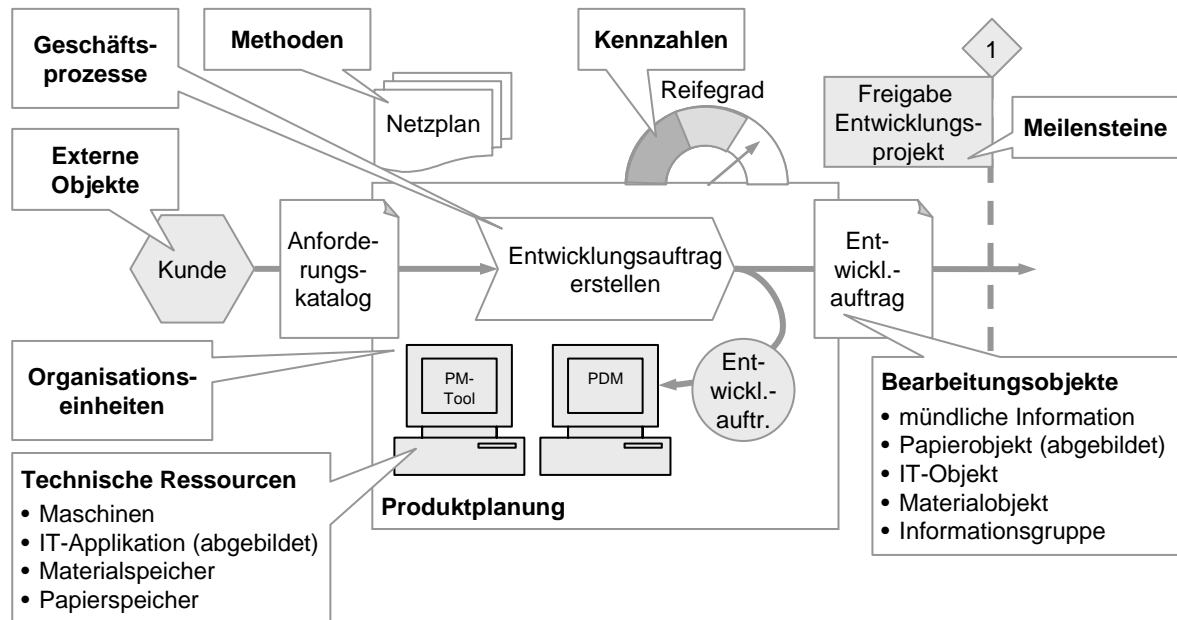


Bild A-15. Konstrukte der Modellierungssprache OMEGA [GAUSEMEIER ET AL. 2006, S. 231]

Mit OMEGA sollen vor allem Reorganisationsprojekte unterstützt werden. Die Methode zielt auf eine einfache Abbildung von Prozessen, beteiligten Organisationseinheiten, und Ressourcen sowie deren Beziehungen ab [FAHRWINKEL 1995, S. 11 ff.]. Damit wird der Aufbau umfassender prozessorientierter Unternehmensmodelle ermöglicht. Die Identifikation von Schwachstellen und die Erarbeitung von Verbesserungsvorschlägen wird vor allem durch die anschauliche graphische Visualisierung von Prozessen in ihrem logischen und zeitlichen Zusammenhang erreicht [GAUSEMEIER ET AL. 2006, S. 230]. Die Methodik enthält neben den formalen Darstellungselementen detaillierte Vorgehensanleitungen zur Entwicklung der Modelle von Aufbauorganisation und Geschäftsprozessen [vgl. FAHRWINKEL 1995, S. 95 ff.] sowie Hinweise zur Modellanalyse im Rahmen der Reorganisation [ebd., S. 130 ff.].

### Prozessplan nach TRÄNCKNER (Proplan)

Eine Modellierungsmethode, die vor allem zur Abbildung komplexer Auftragsabwicklungsprozesse geeignet ist, stellt der von TRÄNCKNER [1990] entwickelte Prozessplan (Proplan) dar. Mit der Methode werden existierende Unternehmensprozesse aufgenommen und die Teilprozesse mit ihrem durchschnittlichem Zeitbedarf und den Störungswahrscheinlichkeiten ermittelt. Hierbei wird eine Beschreibungssprache verwendet, die auf 14 generischen Grundtätigkeiten basiert und mit denen alle Vorgänge des Auftragsabwicklungsprozesses abgebildet werden können (vgl. Bild A-16).

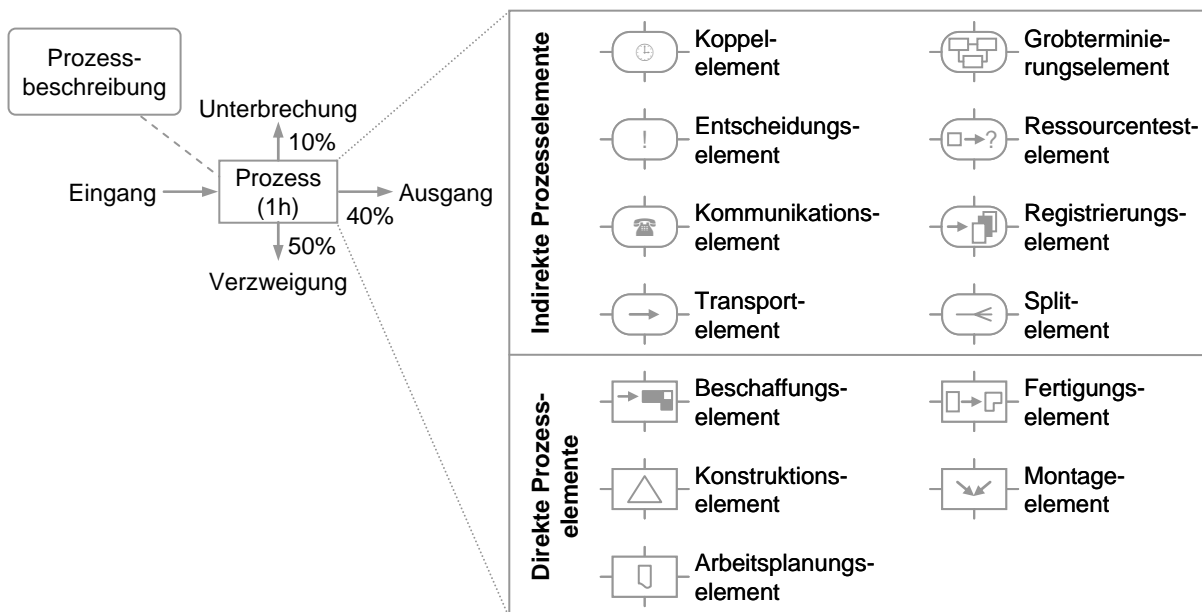


Bild A-16. Prozesselemente des Prozessplans [nach TRÄNCKNER 1990, S. 78 ff.]

Ein Auftragsabwicklungsprozess umfasst nach TRÄNCKNER [1990, S. 78] dabei Aktivitäten, die direkt zur Erledigung eines Auftrages notwendig sind. Er beinhaltet jedoch auch Aktivitäten, die zwar auftragsbezogen auftreten, jedoch nicht in direktem Zusammenhang mit der Aufgabenerfüllung stehen [ebd.]. Solche Aktivitäten ergeben sich z. B. aus dem Bedarf, die verschiedenen Prozessschritte zu koordinieren, zu synchronisieren und zu terminieren, sowie der Notwendigkeit auftragsabhängig zu treffender Entscheidungen und situationsbedingter Reaktionen auf Störungen [TRÄNCKNER 1990, S. 14]. Entsprechend werden direkte und indirekte Elemente unterschieden [TRÄNCKNER 1990, S. 79]. Zu den **direkten Elementen** zählen entsprechend Bild A-16 Beschaffungs-, Konstruktions-, Arbeitsplanungs-, Fertigungs- und Montageprozesse. Die **indirekten Prozesselemente** sind z. B. Kommunikations-, Transport- oder Auftragsterminierungsprozesse [TRÄNCKNER 1990, S. 90 ff.]. Die Verknüpfung der Prozesselemente erfolgt über einen abstrakten Auftragsfluss ohne Angabe des Verknüpfungsbzw. Transportmediums und des Verknüpfungsgehaltes [TRÄNCKNER 1990, S. 76]. Jedoch enthält Proplan auch eine Syntax zur Verkettung der Prozesselemente [TRÄNCKNER 1990, S. 79 f.]. Jedes Prozesselement besitzt einen Eingang (links vom Prozesselement) und bis drei Ausgänge. Neben dem mittigen regulären Prozessausgang existieren zusätzlich zwei Ausgänge für bedingte Verzweigungen des Prozesses, das können Unterbrechungen (Ausgang nach oben) und Verzweigungen (Ausgang nach unten) sein.<sup>161</sup> Eine **Unterbrechung** des Pro-

<sup>161</sup> Die Aufteilung des Auftragsflusses in mehrere, parallel zu bearbeitende Teilaufträge wird bei TRÄNCKNER [1990, S. 81] als eigenständiges Prozesselement aufgefasst und mit dem Splitelement dargestellt. Dieses (indirekte) Prozesselement kann folglich mehr als einen Prozessausgang besitzen und zur Darstellung alternativer



zesses tritt auf, wenn z. B. in Folge einer Störung mit dem Prozessdurchlauf erst fortgefahren werden kann, sobald über den weiteren Auftragsdurchlauf entschieden oder alternative Bearbeitungsprozesse angestoßen wurden (der Prozess wird hierbei in eine „Zwischenspeichersituation“ überführt). Eine **Verzweigung** beschreibt dagegen eine Bedingungssituation, die immer im Rahmen des Prozesses abgefragt wird – die Art der jeweils zu treffenden Entscheidung ist hierbei also ex ante bekannt. So können z. B. fehlende Informationen einen (standardmäßigen) Rücksprung oder die Verzweigung zu anderen Prozessschritten, z. B. der Informationsbeschaffung, notwendig machen.

Jedem Prozesselement kann zudem ein Zeit- und Kostenbedarf sowie eine ergänzende Prozessbeschreibung zugeordnet werden, die zur genauen Erläuterung der durchgeführten Tätigkeiten dient. Ebenso ist eine Detaillierung einzelner Prozesselemente durch rekursive Beschreibung von Prozessketten auf untergeordneter Hierarchiestufe prinzipiell möglich [TRÄNCKNER 1990, S. 106]. Eine beispielhafte Prozessmodellierung findet sich in Bild A-17.

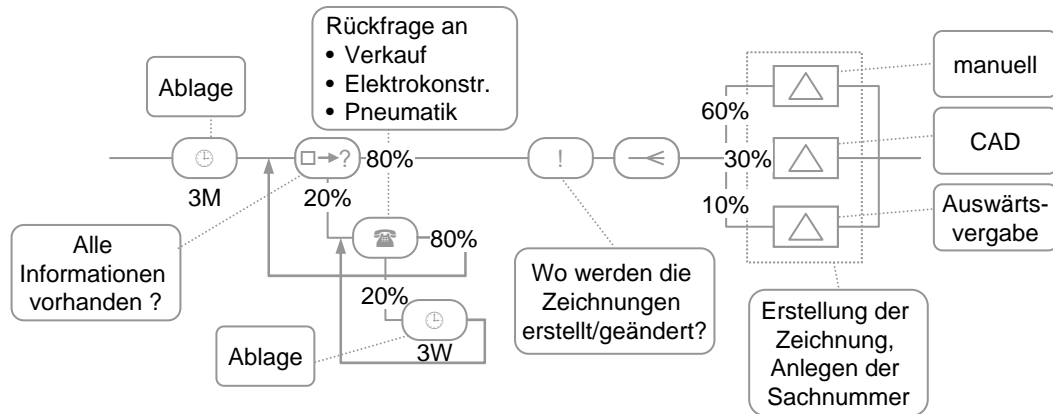


Bild A-17. Prozessmodellierung mit Proplan (Ausschnitt)[nach EVERSHEIM 1995, S. 57]

Der Prozessplan nach TRÄNCKNER [1990] ermöglicht insbesondere eine schwachstellenorientierte Analyse von Auftragsabwicklungsprozessen in Bezug auf hohe Durchlaufzeiten, Störungen, unnötige Wiederholungsschleifen und Liegezeiten [EVERSHEIM 1998, S. 198]. Durch Rückgriff auf Vergangenheitsdaten (Prozesszeiten, Prozessverläufe) und deren statistische Auswertung können auch durchschnittliche Abwicklungszeiten oder der wahrscheinlichste „Aufenthaltsort“ eines Auftrages innerhalb der Prozesskette berechnet werden<sup>162</sup> und z. B. zur Prognose von Lieferterminen herangezogen werden [TRÄNCKNER 1990, S. 82 ff.]. Die ein-

Prozesspfade herangezogen werden. Die in Bild A-17 angegebenen Prozentzahlen beziehen sich auf Ausgangswahrscheinlichkeiten. Die jeweiligen Bedingungen, die zur Verzweigung oder Unterbrechung führen, werden dabei nicht angegeben [ebd., S. 80]. Dazugehörige Zusammenführungen wie auch zeitliche Synchronisationsprozesse werden durch das so genannte Koppелеlement abgebildet [ebd., S. 90].

<sup>162</sup> Zur Darstellung des Aufenthaltsortes eines Auftrages zu einem bestimmten Zeitpunkt werden vergleichbar zu Petri-Netzen Marken verwendet [TRÄNCKNER 1990, S.82].

fache und vergleichbare Modellerstellung wird durch die transparente Prozessdarstellung mit den normierten Darstellungselementen „geringer Komplexität“ erreicht [EVERSHEIM 1998, S. 193 ff.; TRÄNCKNER 1990, S. 33 ff.]. Mit dem Prozessplan können jedoch keine konstruktionspezifischen oder andere Unternehmensprozesse abgebildet werden und die Anwendung ist weitestgehend auf Auftragsabwicklungsprozesse mit starkem Fokus auf die Produktionsplanung und -steuerung beschränkt.

### K3-Modellierung

Auch der, Proplan sehr ähnliche, K3-Modellierungsansatz erlaubt eine semiformale Darstellung von Arbeitsprozessen. Die Abkürzung K3 steht hierbei für Koordination, Kooperation und Kommunikation und repräsentiert die Ziele des Modellierungsansatzes. Der Modellierungsansatz eignet sich insbesondere zur Darstellung von Kommunikationsbedürfnissen. Die wesentlichen Modellierungskonstrukte sowie ein Beispiel sind in Bild A-18 dargestellt.

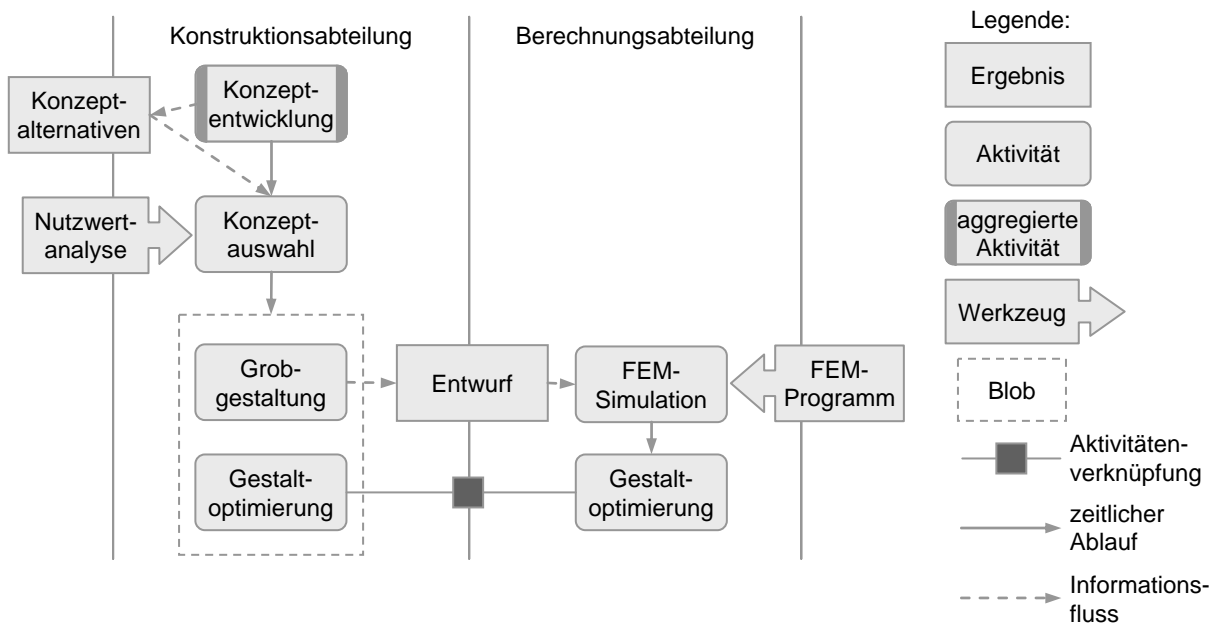


Bild A-18. K3-Modellierung [EGGERSMANN ET AL. 2003, S. 79]

Analog zu Proplan werden bei der K3-Modellierung verschiedene Aktivitätentypen unterschieden [vgl. EVERSHEIM & SCHUH 2005, S. 40], das sind z. B. Planen, Konstruieren, Analysieren, Koordinieren und Entscheiden. Die Aktivitäten werden entsprechend ihres zeitlichen Ablaufs verkettet und so genannten „Swimlanes“ zugeordnet, mit der die Durchführungsverantwortung gekennzeichnet ist. Bereichsübergreifende Aktivitäten, die gemeinsam durchgeführt werden, sind in verschiedenen Swimlanes aufgeführt, weisen aber eine Aktivitätenverknüpfung auf. So können Abstimmungsbedarfe leichter identifiziert werden. Aktivitäten, die z. B. aufgrund starker wechselseitiger Rückkopplungen oder simultaner Bearbeitung nicht in eine lineare zeitliche Abfolge gebracht werden können, werden durch so genannte „Blobs“

gekennzeichnet. Diese repräsentieren Aktivitätengruppen, die mit Bezug auf die Aufbauorganisation und den Prozess vorzugsweise integriert zu bearbeiten sind. Den Aktivitäten können über Informationsflüsse auch Prozessergebnisse (Informationen, Artefakte) zugewiesen werden. Dies ist jedoch nicht zwingend und erfolgt aus Gründen einer massiven Komplexitätsreduktion nur für besonders wichtige Prozessergebnisse. Es kann damit aber gekennzeichnet werden, in welchen Prozessschritten eine bestimmte Information erzeugt oder verarbeitet wird. Den Aktivitäten können zudem unterstützende Werkzeuge/Methoden zugeordnet werden. Eine Zusammenfassung von Teilaktivitäten zu aggregierten Aktivitäten höherer Abstraktion kann sinnvoll sein, um eine Modellvereinfachung zu erreichen, was jedoch nicht mit den erwähnten Blobs zu verwechseln ist [EGGERSMANN ET AL. 2003, S. 78 f.].

### *Konstruktionsspezifische Methoden zur Modellierung von Produktentwicklungsprozessen*

Nachfolgend sollen drei Ansätze zur Prozessmodellierung diskutiert werden, die der Konstruktionsforschung entstammen und speziell für die Abbildung von Konstruktionsprozessen konzipiert wurden, das sind

- die Konstruktionslandkarte,
- die konstruktionstechnische Ordnungsmatrix und
- das prozessbasierte Konstruktionssystem PROSUS.

Die Modellierungsmethoden weisen nur eine sehr eingeschränkte Anzahl von Modellelementen auf, die zudem konstruktionsspezifisch ausgeprägt sind. Entsprechend ist ihr Abbildungsumfang begrenzt und sonstige Unternehmensprozesse können nicht ohne eine Anpassung der Modellinhalte modelliert werden. Im Gegenzug können Konstruktionsprozesse sehr detailliert abgebildet werden.

Mit der **Konstruktionslandkarte** nach SCHRODA bzw. JAHN [JAHN 2002] wird vor allem eine anschaulich-bildhafte Darstellung von Entwicklungsprozessen angestrebt. Die Konstruktionslandkarte enthält, wie in Bild A-19 dargestellt, eine durch Punkte repräsentierte Sammlung von Hauptarbeitsschritten bzw. Konstruktionstätigkeiten, anhand derer der eingeschlagene Lösungsweg (Prozess) abgebildet werden kann. Dabei wird im Gegensatz zu bekannten Vorgehensplänen jedoch keine abzuarbeitende Folge von Tätigkeiten vorgegeben [JAHN 2002, S. 106 ff.]. Die einzelnen Tätigkeiten werden durch Pfeile verbunden und können mit Bearbeitungszeiten versehen werden. Nicht in der ursprünglichen Landkarte aufgeführte Tätigkeiten können an unbeschrifteten Punkten ergänzt werden. In der Landkarte sind auch Unterstützungsmittel aufgeführt, die den Tätigkeiten zugeordnet werden können. Hierbei wird eine Unterscheidung in methodische, bildhaft-gegenständliche (Skizzen, Modelle) und verbale/numerische Unterstützungsformen (Notizen, Berechnungen etc.) vorgenommen. Die Methode eignet sich gut zur Abbildung des Verlaufs von Konstruktionsprozessen, sie wird bei komplexen Prozessen/Projekten aber sehr schnell unübersichtlich. Zudem sind die Abbildungsmöglichkeiten begrenzt und es werden keine Planungshilfen gegeben. Die Konstruktionslandkarte kann daher vor allem zur Dokumentation oder Reflexion einfacher konstruktiver Tätigkeiten herangezogen werden, was jedoch auch im Kontext ihres ursprünglichen Einsatzgebietes, der

Protokollierung von Konstruktionsexperimenten im Rahmen der empirischen Konstruktionsforschung, zu bewerten ist.

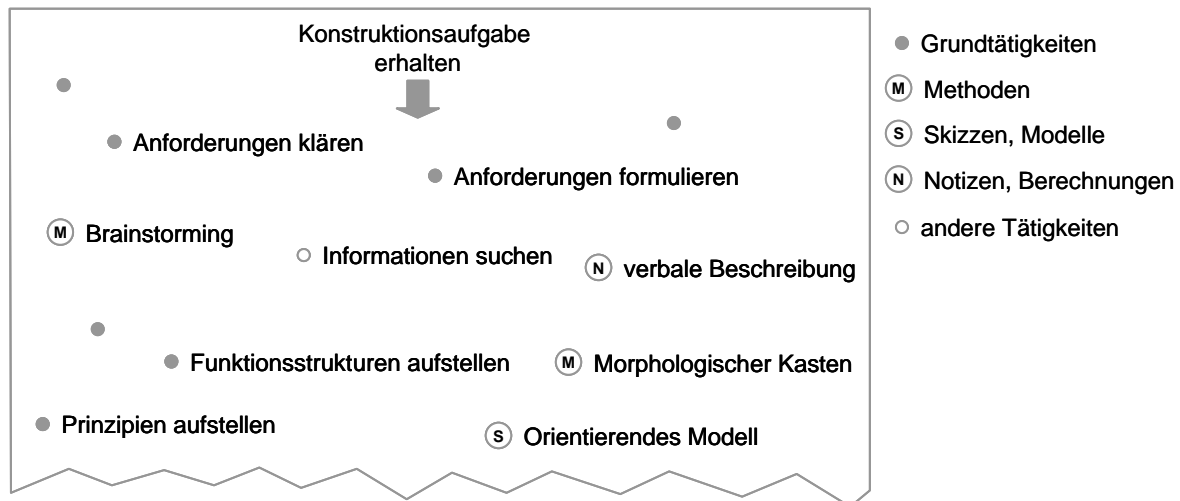


Bild A-19. Konstruktionslandkarte nach SCHRODA [in Anlehnung an JAHN 2002, S. 108 ff.]

Einen elaborierteren, aber grundsätzlich mit denselben Schwachstellen behafteten Ansatz stellt die **konstruktionstechnische Ordnungsmatrix** nach MÜLLER [1990, S. 101 ff.] dar. Hierbei werden Konstruktionsprozesse durch Verknüpfung von Eingangs- und Ausgangszuständen auf Basis eines aktivitätsorientierten Graphen abgebildet, was schematisch in Bild A-20 dargestellt ist. Die Eingangs- und Ausgangsgrößen sind allgemeinen Entwicklungsphasen zugeordnet. In den Feldern der Matrix stehen die Operationen (Knoten des Graphen), die zur entsprechenden Transformation von Eingangs- in Ausgangszustände notwendig sind. MÜLLER [1990, S. 107] stellt hierzu eine umfassende Liste möglicher Operationen (z. B. Berechnen, Erproben, Entscheiden, Entwickeln, Ändern u. a.) bereit. Alle Operationen, die oberhalb der Diagonale liegen, entsprechen einer Konkretisierung, während Operationen unterhalb der Diagonale Iterationen und Rückkopplungen kennzeichnen. Ebenso können Bearbeitungssprünge sehr gut identifiziert werden. Analog zur Konstruktionslandkarte nach SCHRODA können mit der konstruktionstechnischen Ordnungsmatrix vor allem reale Entwicklungsprozesse dargestellt bzw. individuelle Vorgehensweisen protokollierend erfasst werden.<sup>163</sup> Eine Planung wird nicht unterstützt.

<sup>163</sup> vgl. z. B. die Anwendung bei [FRICKE 1993, S. 91 ff.]

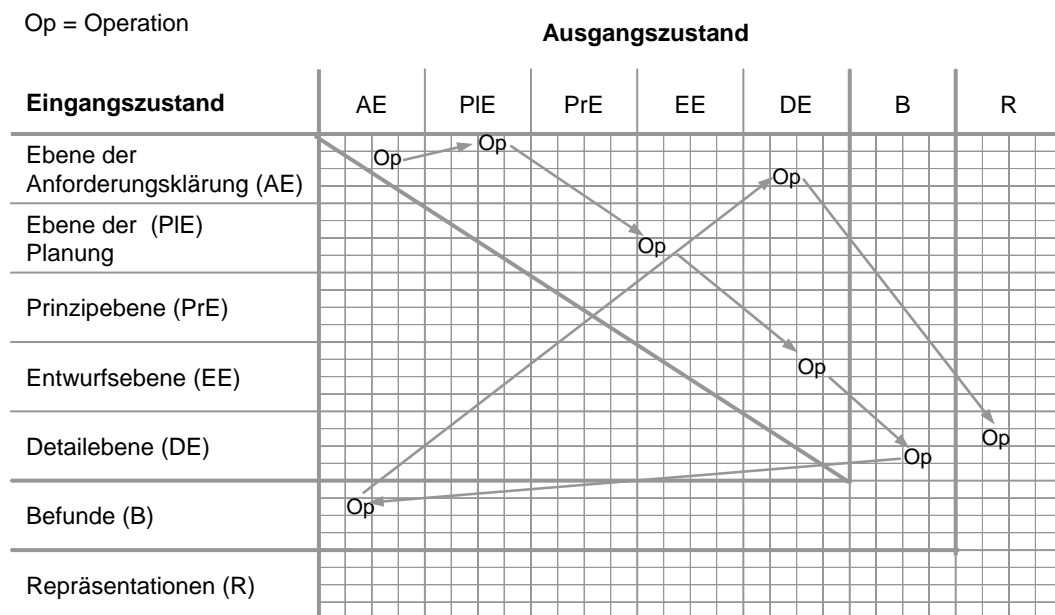


Bild A-20. Schematische Darstellung des Entwurfsprozesses mittels konstruktionstechnischer Ordnungsmatrix [nach MÜLLER 1990, S. 101 ff.]

BLESSING [1994] stellt im Rahmen der Konzeption des **prozessbasierten Konstruktionssystems PROSUS** ein Prozessmodell auf, das Phasen (stages), Aktivitäten (activities) und Strategien (strategies) unterscheidet. Die (Konstruktions-) Phasen stellen inhaltlich-zeitliche Abschnitte des Entwicklungsprozesses mit einem bestimmten Produktreifegrad dar. Das sind z.B. die Problemdefinition, die Konzeptentwicklung und die Produktausarbeitung. Die Aktivitäten beziehen sich dagegen auf den individuellen Problemlösungsprozess und können vielfach im Produktentwicklungsprozess auftreten. Dabei unterscheidet BLESSING [1994, S. 10] folgende Grundaktivitäten:

- Generieren, d. h. Finden oder Erschaffen von Lösungen
- Bewerten und Auswählen von Lösungsalternativen
- Verändern/Variieren von vorhandenen Lösungsalternativen
- Dokumentieren als Speicherung von Projektinformationen
- Informationen sammeln und
- Anwendung von Methoden und Werkzeugen.

Strategien beziehen sich schließlich auf das gewählte Vorgehen, d. h. die Reihenfolge mit der die Phasen durchlaufen und Aktivitäten ausgeführt werden [BLESSING 1994, S. 10]. Die jeweilige Strategie eines Konstruktionsprozesses kann in der in Bild A-21 dargestellten Konstruktionsmatrix abgebildet werden. Den zeilenweise aufgetragenen Phasen des Konstruktions-

tionsprozesses werden dabei die verschiedenen, zu lösenden Problembereiche („issues“) zugeordnet. In den Spalten sind die Problemlösungsaktivitäten aufgetragen. Die Modellierung des Konstruktionsverlaufes erfolgt durch Befüllen der Zellen, z. B. mit den jeweils gewählten Methoden oder konkreten Entwicklungsergebnissen. Jede Zelle der Matrix repräsentiert hierbei einen Schritt im Entwicklungsprozess [vgl. BLESSING 1994, S. 159 ff.]. Konstruktionsmatrizen können auf verschiedenen Hierarchieebenen der Produktstruktur erstellt werden, z. B. auf Gesamtprodukt-, Baugruppen- oder Bauteilebene. Die zu lösenden Problembereiche können dabei abhängig von der betrachteten Hierarchieebene unterschiedlich ausgeprägt sein.

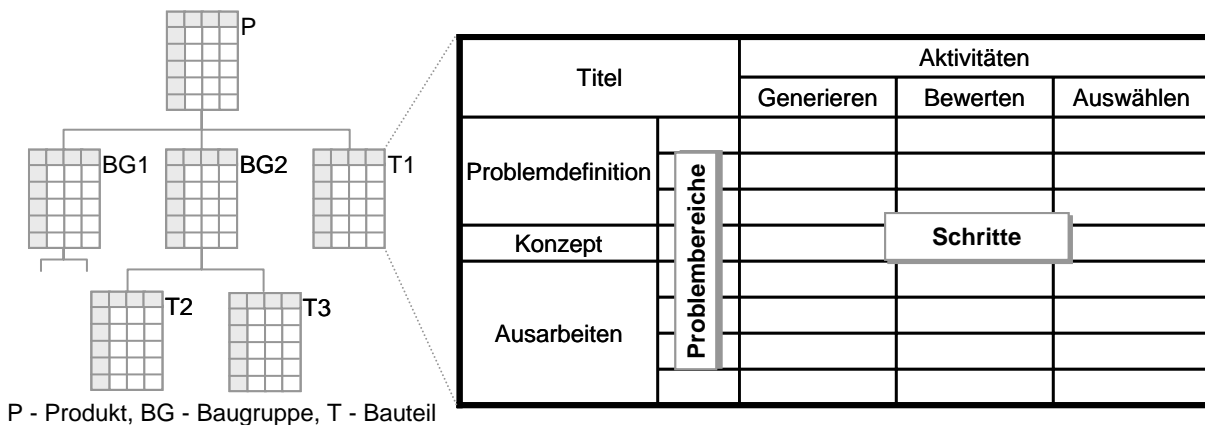


Bild A-21. Konstruktionsmatrix [nach BLESSING 1994, S. 159]

Mit der Methode und dem darauf aufbauenden Konstruktionssystem PROSUS kann Wissen über den Konstruktionsprozess strukturiert und beliebig detailliert abgebildet werden. Die nur grob vorstrukturierte Konstruktionsmatrix weist hierbei einen weitaus größeren potenziellen Abbildungsumfang als die oben diskutierte Konstruktionslandkarte und die konstruktions-technische Ordnungsmatrix auf. So können nicht nur Entwicklungsschritte (Aktivitäten) und ihre Verknüpfung (in Form der Konstruktionsstrategien), sondern auch unterstützende Hilfsmittel und Ergebnisse erfasst werden. Die Methode ist daher sowohl auf eine Erfassung von Projektverläufen als auch die Dokumentation von Ergebnissen und Erfahrungen ausgerichtet. Als besonders hilfreich erweist sich auch hier die Vorgabe der Grundaktivitäten, die ein angemessenes Detaillierungsniveau auf der Ebene von Elementartätigkeiten aufweisen.

### Entwicklungsprozessbausteine nach Bichlmaier & Grunwald

Eine speziell für Entwicklungsprozesse ausgerichtete Modellierungsmethode stellt auch das von BICHLMAIER [2000] und GRUNWALD [2002] beschriebene Konzept der Entwicklungsprozessbausteine dar. Damit soll vor allem eine flexible Modellierung integrierter Produktentwicklungs- und Montageplanungsprozesse unterstützt werden. Das Grundelement der Modellierungsmethode ist der in Bild A-22 dargestellte Prozessbaustein. Die Bausteine enthalten definierte Arbeitsinhalte (Tätigkeiten), die ein bereichsübergreifendes Gestaltungsobjekt im Entwicklungs- und Montageplanungsprozess zum Gegenstand haben [vgl. BICHLMAIER 2000,

S. 78; GRUNWALD 2002, S. 73 f.].<sup>164</sup> Zu den Tätigkeiten werden innerhalb des Bausteins auch benötigte Ressourcen bzw. Kompetenzen, z. B. mittels Anforderungsprofilen sowie einzusetzende Methoden und Werkzeuge angegeben. Außerdem werden Planzeiten und -kosten für die Bearbeitung definiert [GRUNWALD 2002, S. 75 ff.].

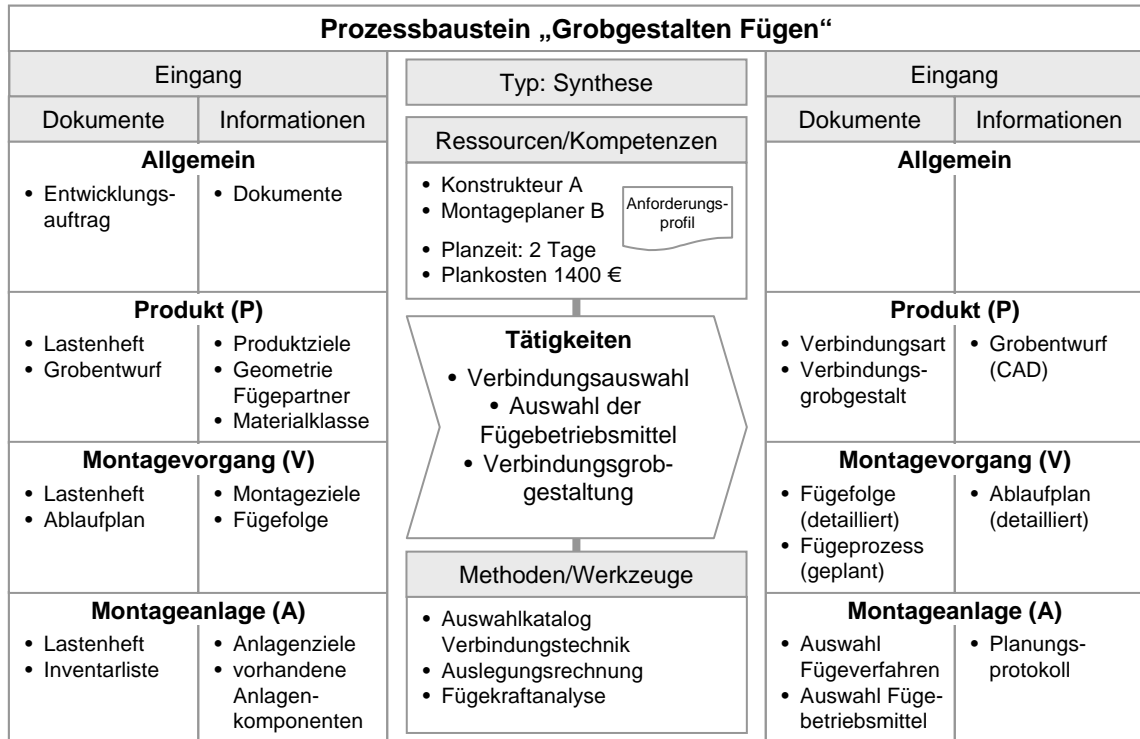


Bild A-22. Beispiel für einen Prozessbaustein nach BICHLMAIER und GRUNWALD [GRUNWALD 2002, S. 75]

Für jeden Prozessbaustein werden jeweils ein Bausteintyp spezifiziert sowie Eingangs- und Ausgangsinformationen bzw. -dokumente bestimmt und den Gestaltungsobjekten zugeordnet. BICHLMAIER ET AL. [1999, S. 4 f.] unterscheiden vier Grundtypen von Bausteinen, die durch definierte Verknüpfungsregeln miteinander verbunden werden können. Diese Grundtypen sind entsprechend Bild A-23

- Synthese (Festlegen der Produkt-/Prozesseigenschaften),
- Analyse (Festlegung und Absicherung der Produkt-/Prozesseigenschaften),
- Bewerten (Abgleichen von Zielen und aktuellen Produkt-/Prozesseigenschaften, Neuorientierung im Prozess) und

<sup>164</sup> Jeder Prozessbaustein bezieht sich dabei auf die Gestaltungsobjekte Produkt (Baugruppen oder Einzelteile), Montageablauf (Einzelprozesse/Vorgänge) und Montageanlage (Betriebsmittel), die integriert betrachtet werden sollen.

- Auswählen (Selektion und Freigabe einer oder mehrerer Produkt-/Prozessvarianten).

Sinnvollerweise lassen sich dabei nicht alle Bausteintypen in beliebiger Reihenfolge zu Prozessketten verbinden, sondern werden entsprechend einer vorgegebenen Verkettungslogik zusammengeschlossen (z. B. Synthese – Analyse – Bewertung – Auswahl). Zudem sind Synchronisationsbausteine vorgesehen, deren Aufgabe die Strukturierung des Gesamtprozesses und die Zusammenführung von parallel entstandenen Teilergebnissen ist.

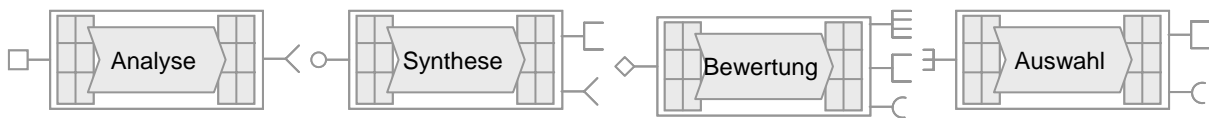


Bild A-23. Verkettung von Prozessbausteinen entsprechend des Bausteintyps [BICHLMAIER ET AL. 1999, S. 5]

Darüber hinaus erfolgt die Vernetzung der einzelnen Bausteine zu Prozessketten mittels Verknüpfung von Ausgangs- und Eingangselementen im Sinne einer Kunden-Lieferanten-Kette [vgl. BICHLMAIER 2000, S. 89 ff.]. Mittels der Eingangs- und Ausgangselemente wird dabei angegeben, welche Dokumente und Informationen in welcher Reife vorliegen müssen, um mit der Bearbeitung des Bausteins beginnen bzw. diesen abschließen/freigeben zu können. Die Bestimmung der Reifegrades erfolgt anhand des Konkretisierungsgrades, des Absicherungsgrades und der Verbindlichkeit (Änderungswahrscheinlichkeit) der im Baustein behandelten Entwicklungsobjekte [vgl. GRUNWALD 2002, S. 76 f.].

Durch die integrierte Betrachtung der Gestaltungsobjekte und -aktivitäten in einem Prozessbaustein sollen vor allem organisationsbezogene Prozessbarrieren überwunden werden. Direkt abhängige Entwicklungs- und Planungstätigkeiten werden dabei nicht funktional isoliert betrachtet, sondern in einem Prozessbaustein zusammengefasst. Die Tätigkeiten sollen ein logisch abgeschlossenes Arbeitspaket darstellen und gerade so umfangreich sein, dass sie noch von einer Organisationseinheit autonom bearbeitet werden können. Zudem erfolgt mit Hilfe der Prozessbausteine keine Betrachtung und Verallgemeinerung von Entwicklungsprozessen auf einer übergeordneten Ebene (wie etwa bei Vorgehensmodellen). Vielmehr wird der Entwicklungsprozess auf einer objekt- und tätigkeitsbezogenen Prozessebene mit ausreichender, aber nicht zu feiner Granularität betrachtet. Dabei wird davon ausgegangen, dass sich Entwicklungsprozesse in eine Anzahl elementarer Bausteine mit identischer Grundstruktur zerlegen lassen, was entscheidend zur Reduzierung der Komplexität bei der Prozessmodellierung beiträgt. Prozessbausteine können damit allgemein als ein geeigneter Ansatz zur Modellierung von Entwicklungsprozessen angesehen werden. Vergleichbare Ansätze zur Modellierung finden sich daher auch bei [FREISLEBEN 2001, S. 57 ff.; GOLM 1996, S. 66; MEIBNER & BLESSING 2006, S. 78 ff.; NEGELE 1998, S. 154 ff.; MURR 1999, S. 59 ff.].



### A.8 Beschreibung ausgewählter Methoden der Prozessplanung

Nachfolgend werden ausgewählte Methoden der inhaltlichen und ablaufbezogenen Planung von Entwicklungsprozessen dargestellt. Zunächst wird hierbei kurz auf den Inhalt und den allgemeinen Ablauf der Prozessplanung eingegangen.

Nach ULLMAN [1997, S. 85 ff.] umfasst die Planung von Entwicklungsprozessen fünf Schritte, das sind

- die Identifikation der Teilaufgaben,
- die Definition von Zielen für die Teilaufgaben,
- die Festlegung einer Bearbeitungsreihenfolge,
- die Zuordnung von Terminzielen und Ressourcen sowie die Berechnung der entstehenden Kosten und
- die Planoptimierung.

Zunächst werden ausgehend von der Ziel- oder Aufgabenstellung die notwendigen Teilaufgaben zu deren Realisierung bestimmt. Anschließend werden jeder identifizierten Teilaufgabe Zielgrößen in Bezug auf das jeweilige Ergebnis zugeordnet. Dabei sollten, wie in Bild A-24 veranschaulicht, bei Entwicklungsprozessen weniger die exakt auszuführenden Aktivitäten, sondern eher die grundlegenden Prozessfunktionen und die zu erbringenden Outputgrößen, d. h. ein bestimmter Informationsstand oder Reifegrad des zu bearbeitenden Objekts, spezifiziert werden [vgl. auch SCHWERMER 1998, S. 86 ff.]. Auf Grundlage der logischen Abhängigkeiten wird danach die Reihenfolge der auszuführenden Aufgaben und für jede Teilaufgabe der notwendige Zeitbedarf bestimmt. Hierbei erfolgen eine Abstimmung mit den Terminzielen, eine entsprechende Zuordnung von Personalkapazitäten und notwendigen Hilfsmitteln sowie ggf. eine Optimierung des Planablaufs (z. B. durch Parallelisierung oder Änderung der Reihenfolge). Abschließend können unter Berücksichtigung der benötigten Ressourcen eine Kostenabschätzung vorgenommen und bei Bedarf Sach-, Termin- und Kostenziele aufeinander abgestimmt werden.

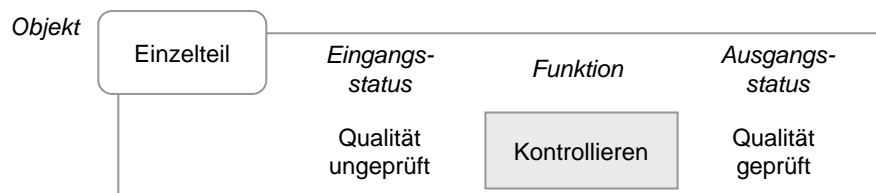


Bild A-24. Beispielhafte Prozessfunktion [in Anlehnung an SCHWERMER 1998, S. 87]

Nachfolgend werden ausgewählte methodische Ansätze der Prozessplanung diskutiert, wobei die Identifikation der Teilaufgaben bzw. die Bestimmung der notwendigen Prozessfunktionen zur Zielerreichung und die Planung des logischen Prozessablaufes im Vordergrund stehen.

Die Termin- und Ressourcenplanung wird dagegen aus der Betrachtung ausgeschlossen. Folgende Prozessplanungsmethoden werden erörtert:

- Projektstrukturplanung
- Adaptive Planung von Entwicklungsprozessen nach SCHUMANN [1994]
- Matrixbasierte Planungsansätze
- Prozessplanungsmethodik nach VEH [2002]
- Adaptive Prozessplanung nach DEMERS [2000]
- Prozessplanung mit Prozessbausteinen nach BICHLMAIER [2000]/GRUNWALD [2002].

### Projektstrukturplanung

SCHUMANN [1994, S. 2] zufolge dominieren in der Praxis bei der Planung von Produktentwicklungsprozessen die Methoden des Projektmanagements. Bezüglich der Identifikation von notwendigen Teilaufgaben sind hier vor allem die Methoden der Projektstrukturplanung relevant, wobei ein wesentliches Grundprinzip des Systemdenkens – die Strukturierung – angewendet wird. Das zu gestaltende System wird dazu in seine Bestandteile (Elemente) zerlegt und es werden die Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen festgelegt. Entsprechend Bild A-25 kann sich diese Strukturierung auf Projektziele, den Projektgegenstand, die Projektaufgaben und den Projektablauf beziehen [vgl. PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 11 f.].

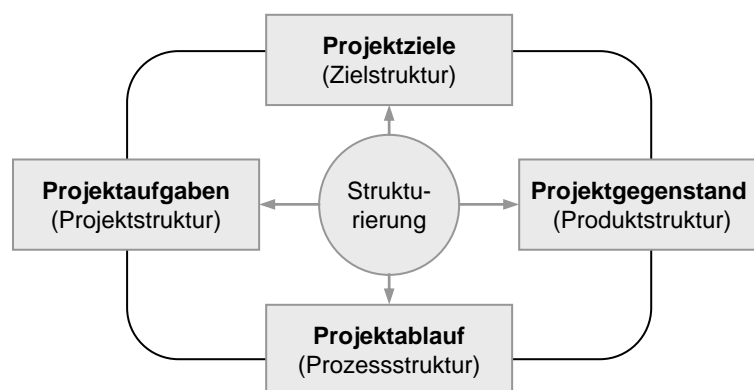


Bild A-25. Strukturierung von Entwicklungsprojekten [PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 12]

Bei der Strukturierung der **Projektziele** werden Projektziele in Teilziele zerlegt und eine Zielhierarchie erstellt. Auf der untersten Hierarchieebene sind hierbei die Projektanforderungen angesiedelt. Bei Strukturierung des **Projektgegenstands** werden im Unterschied zur in Kapitel 3.3 behandelten Produktstrukturplanung das zu entwickelnde Sachsystem lediglich in Teilsysteme, Baugruppen, Bauteile zerlegt und eine hierarchische Produktstruktur erstellt, die als Basis für die Aufgabenplanung dienen kann. Bei der Strukturierung der **Projektaufgaben** werden schließlich die notwendigen Aktivitäten der Systementwicklung bestimmt, das sind direkte Entwicklungsaktivitäten und Lenkungsaktivitäten. Ergebnis ist eine hierarchische

Aufgabenstruktur. Bei der Planung des **Projektablaufs** werden daraus entsprechende Flussstrukturen gebildet. Dazu wird der Gesamtablauf in Projektphasen und z. T. parallel ablaufende Teilprozesse aufgeteilt und über Meilensteine synchronisiert.

Die vier Teilstrukturen hängen dabei in vielfältiger Weise voneinander ab und determinieren das Vorgehen der Projektstrukturplanung [vgl. PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 34]. Ausgehend von operationalen Teilzielen der Zielstruktur erfolgen in einem ersten Schritt die Strukturierung des Projektgegenstandes und die Erstellung eines Produktstrukturplans. Dieser beschreibt den kompletten Leistungsumfang, d. h. alle zu entwickelnden Baugruppen, Komponenten und Programme. Diese Produkt- bzw. Leistungsstrukturierung erfolgt nach PLATZ & SCHMELZER [1986, S. 151] in der Regel funktions-, komponenten- oder montageorientiert und soll Klarheit darüber schaffen, welche Objekte auf welchen Integrationsstufen im Projektablauf erstellt werden müssen, wodurch eine große inhaltliche Nähe zur Planung der Projektstruktur besteht.<sup>165</sup> Diese umfasst die Planung des kompletten Arbeitsvolumens eines Projektes, das dazu in zu bearbeitende Teilaufgaben bzw. Arbeitspakete<sup>166</sup> gegliedert wird. Die Planung der Projektstruktur kann dabei durch Dekomposition von Teilaufgaben, d. h. beispielsweise zunehmende objekt-, phasen- oder verrichtungsorientierte Zerlegung (deduktiver Ansatz) [vgl. BURGHARDT 2002, S. 139; PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 157]), durch Sammlung von Teilaufgaben und aufwärtsgerichtete Strukturbildung (induktiver Ansatz) oder Kombination dieser Ansätze erfolgen [PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 145; LITKE 1995, S. 97]. Dabei wird noch keine aufbau- oder ablauforganisatorische Zuordnung der Aufgaben vorgenommen. Ergebnis der Projektstrukturierung ist der Projektstrukturplan (englisch: work breakdown structure [vgl. KOSSIAKOFF & SWEET 2003, S. 91; PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 34]). Nach der Planung der Projektstruktur wird die sachlogische Ablauffolge der einzelnen zu bearbeitenden Aufgaben bzw. Arbeitspakete, d.h. die Prozessstruktur, festgelegt. Dieser Vorgang wird gemeinhin auch als Ablaufplanung bezeichnet. Sie erfolgt auf Basis der vermuteten Beziehungsstrukturen im Projektstrukturplan. Zunächst müssen dazu die Arbeitspakete (Aufgaben) zu Tätigkeitsfolgen (Aktivitäten) zusammengestellt werden. Hierbei erfolgt eine Betrachtung der ablauforientierten Abhängigkeiten bezüglich notwendiger Zulieferungen durch Vorgängeraktivitäten (retrograde Ablaufplanung) oder geplanter Weiterverwendungen der erzeugten Zwischenergebnisse durch Nachfolgeaktivitäten (progressive Ablaufplanung) [vgl. PATZAK & RATTAY 2004, S. 189; PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 195 f.]. Für die Strukturplanung von Entwicklungsprojekten ergibt sich damit das in Bild A-26 dargestellte Schema.

---

<sup>165</sup> Eine spezielle Form des Produktstrukturplanes stellt der Objektstrukturplan dar, der neben der Produktstruktur alle im Rahmen des Projektes zu erstellenden Zwischenergebnisse (z. B. zu erstellende Dokumente, Muster, Prototypen, Betriebsmittel, Vorrichtungen, Versuchs- und Installationseinrichtungen) enthält [BURGHARDT 2002, S. 139, PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 139]. Die Objektstrukturplanung kann als Zwischenschritt zwischen Produktstruktur- und Projektstrukturplanung aufgefasst werden [PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 152].

<sup>166</sup> Ein Arbeitspaket stellt eine in sich geschlossene Arbeitsmenge dar, die ein klar definiertes, technisch überschaubares und termin- und kostenmäßig gut planbares Arbeitsergebnis erbringt. Es wird von einer Person oder Organisationseinheit selbständig erledigt [PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 158 f.]. Durch Schaffung planbarer Arbeitsvolumen und Förderung der Eigenverantwortlichkeit bestehen Parallelen zwischen Prozessmodulen und Arbeitspaketen, wobei letztere projektspezifisch definiert werden.

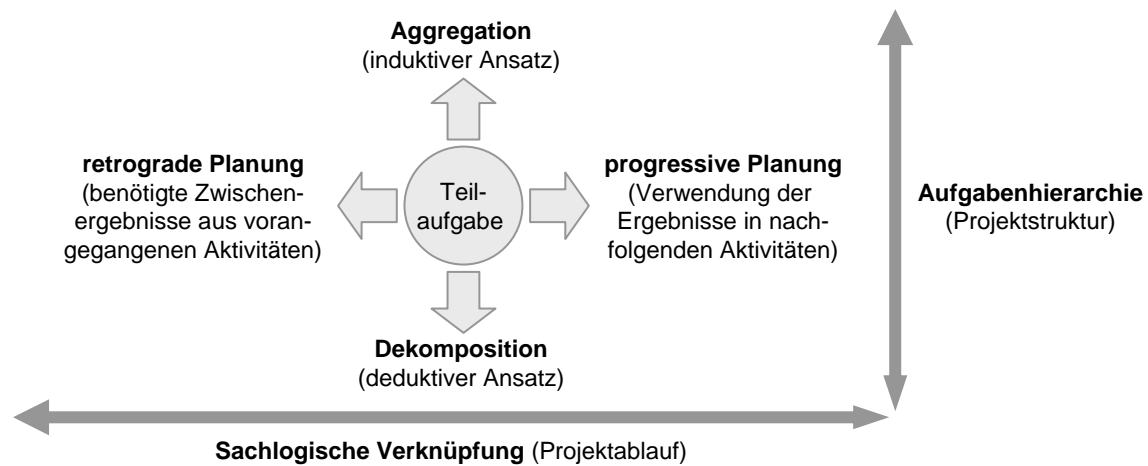


Bild A-26. Schema der Projektstruktur- und -ablaufplanung

Ergebnis der Ablaufplanung und Grundlage der sich daran anschließenden Termin-, Ressourcen- und Ressourceneinsatzplanung [vgl. PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 108] sind die im vorherigen Kapitel diskutierten Netzpläne.

Die Projektstrukturplanung stellt ein sehr umfassendes und etabliertes Konzept zur Planung von Entwicklungsprojekten dar. Die Methodik ist allerdings eher auf die Planung neuartiger und umfangreicher Projekte und weniger zur Planung von Entwicklungsprozessen mit geringem Umfang geeignet. Entsprechend liegt der Schwerpunkt der Planungsmethodik auf der Termin- und Ressourcenplanung, während die eigentliche Plangenerierung (Erstellung der Ablaufpläne) nur unzureichend methodisch unterstützt wird [SCHUMANN 1994, S. 36].<sup>167</sup> Dies betrifft vor allem die kausale Verknüpfung von Projektzielen und Entwicklungsaufgaben [ebd., S. 46]. Zudem ist der Einsatz von Methoden der Projektstrukturplanung sehr aufwendig und lohnt nur für entsprechende „Großprojekte“.<sup>168</sup>

<sup>167</sup> Ein vergleichsweise detaillierter Ansatz zur Ablaufplanung von Entwicklungsprozessen auf Basis von Meilensteinen wird von STUFFER [1994, S. 68] vorgestellt. Hierbei werden drei Planungsebenen für die Meilensteindefinition unterschieden. Das sind die phasenorientierte Planungsebene, auf der Meilensteine Abschlusstermine von übergeordneten Projektphasen darstellen und die Synchronisation verschiedener Teilphasen sicherstellen, die ergebnisorientierte Planungsebene, bei der Meilensteine ergebnisbezogene Abstimmungs- und Weitergabepunkte zwischen verschiedenen Teams repräsentieren, und eine gruppenbezogene Planungsebene, bei der dezentral Ergebnisse innerhalb von funktionalen Teams geplant und abgestimmt werden. Hier besteht ein vergleichsweise hoher Planungsspielraum seitens des Entwicklungsteams im Rahmen der durch die Meilensteine der anderen Planungsebene vorgegebenen Restriktionen. Der Ansatz zielt dabei aber vor allem auf eine Umsetzung des Projektplans innerhalb der aufbauorganisatorischen Struktur ab.

<sup>168</sup> Eine erhebliche Aufwandsreduzierung kann mittels so genannter produktneutraler Entwicklungspläne erreicht werden [vgl. SARETZ 1993, S. 96 ff.]. Diese Pläne enthalten für eine bestimmte Produktgruppe einen Mus-

### *Adaptive Prozessplanung nach SCHUMANN [1994]*

SCHUMANN [1994] kritisiert in seiner Arbeit vor allem die mangelnde Eignung statischer Vorgehens- und Netzpläne zur Beschreibung komplexer Neuentwicklungsprozesse und konzipiert in der Folge eine Methode, mit der dynamische Modelle des Produktentwicklungsprozesses geplant werden können. Der grundlegende Ansatz besteht in einer kontinuierlichen, adaptiven Planung des Prozesses in Abhängigkeit vom jeweiligen Ergebnisfortschritt – ein erreichtes Prozessergebnis löst dabei weitere Planungs- und Entwicklungsschritte aus. Durch diese weitestgehende Parallelisierung von Plangenerierung und -ausführung können planungsrelevante Informationen, die erst bei der Planausführung entstehen, bei der Folgeplanung berücksichtigt werden [SCHUMANN 1994, S. 31]. Dazu muss eine Rückkopplung von Ausführungsprozessen, d. h. Entwicklungsprozessen, zu Planungsprozessen sichergestellt werden. Dies erfolgt durch die Erfassung des tatsächlichen Gestaltungsfortschritts nach der Ausführung geplanter Prozessaktivitäten und die Rückführung von planungsrelevanten Informationen [vgl. SCHUMANN 1994, S. 57]. Auf Basis eines Abgleichs zwischen realem und geplantem Prozess werden ausführbare Entwicklungsaktivitäten identifiziert und gegebenenfalls initiiert. Damit entfalten sich Planungs- und Entwicklungsprozesse entsprechend des tatsächlichen Gestaltungsfortschritts.<sup>169</sup>

SCHUMANN [1994, S. 12] unterscheidet in der Folge zwei Gestaltungsebenen in Entwicklungsprozessen, das sind die produktorientierte und die produktentwicklungsprozessorientierte Gestaltungsebene. Die **produktorientierte Gestaltungsebene** bezieht sich auf das Produkt als Gestaltungsgegenstand, während auf der **produktentwicklungsprozessorientierten Gestaltungsebene** die Entscheidungen bezüglich des Entwicklungsprozesses angesiedelt sind. Zwischen beiden Gestaltungsebenen wird hierbei permanent gewechselt, d. h. das Produkt betreffende Entscheidungen wechseln sich mit Entscheidungen über die Vorgehensweise zur Erreichung der produktbezogenen Gestaltungsziele ab. Im Zentrum der adaptiven Planungsme-

---

*terprozessablauf mit vorgegebenen Phasen, Meilensteinen sowie definierten Teilergebnissen und Informationsflüssen. Außerdem können Ressourcen zuordnet werden. Häufig wiederkehrende Projekte mit ähnlichem Ablauf lassen sich dadurch deutlich schneller planen und übergreifend optimieren, indem die projektneutralen Entwicklungspläne entsprechend der jeweiligen Randbedingungen angepasst werden. Ein vergleichbarer Ansatz findet sich auch bei MERAT [1996, S. 47 f.], der die auftragsspezifische Anpassung von Referenzmodellen propagiert. Die Referenzmodelle werden auf Basis der Analyse abgeschlossener Konstruktionsprozesse (Eingangsrößen, Arbeitsschritte, Meilensteine, Mitarbeiter, Werkzeuge) erstellt. Anschließend wird durch Auswahl von Referenzmodellen und ggf. Ergänzung von Aktivitäten eine spezifische Tätigkeitsstruktur abgeleitet.*

<sup>169</sup> Ein vergleichbarer Ansatz zum adaptiven Prozessmanagement wurde auch im Rahmen des iViP-Forschungsprojektes erarbeitet [vgl. KRAUSE ET AL. 2002, S. 33 ff.]. Auch der hier entwickelte Ansatz basiert auf der Rückkopplung von Prozessplanung und operativer Prozessebene, bei der Planung, Steuerung und Überwachung als parallel zum Entwicklungsprozess verlaufende Prozessmanagementaktivitäten aufgefasst werden. Der adaptive Planungsansatz integriert Methoden und Werkzeuge der Prozessmodellierung (ARIS), des Projektmanagements (Termin- und Kapazitätsplanung) und des Workflowmanagements (Prozessausführung und -überwachung). Bei der Prozessmodellierung wird auf Referenzprozesse oder gespeicherte Prozessvorlagen aus Vorgängerprojekten zurückgegriffen. Außerdem werden abgeschlossene Prozesse hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit bewertet und auf Optimierungsmöglichkeiten untersucht, was eine kontinuierliche Prozessverbesserung gewährleistet.

thodik stehen drei Modelle, das sind das Produktmodell, das Produktmodellierungsmodell und das Entwicklungsprozessmodell [SCHUMANN 1994, S. 19]. Das **Produktmodell** stellt eine Repräsentation des Gestaltungsobjekts (Gestaltungsgegenstände sowie deren Struktur und Gestaltungsmerkmale) dar und ist Gegenstand und Ergebnis des Entwicklungs- bzw. Produktmodellierungsprozesses. Das **Produktmodellierungsmodell** repräsentiert den unmittelbaren Gestaltungsprozess. Es enthält die Operationen zur Manipulation des Produktmodells, das sind die so genannten „Produktmodellierungsaktionen“<sup>170</sup>, sowie deren Reihenfolge und Zerlegungsstruktur. Jede Produktmodellierungsaktion kann durch verschiedene Aktionsstati und Attribute beschrieben werden [SCHUMANN 1994, S. 124 f.]. Komplexe Produktentwicklungsaktivitäten (bzw. Produktmodellierungsaktionen), die nicht ohne weiteres direkt ausführbar sind, werden hierbei schrittweise bis auf die Ebene elementarer, direkt ausführbarer Aktionen gegliedert (vgl. Bild A-27).

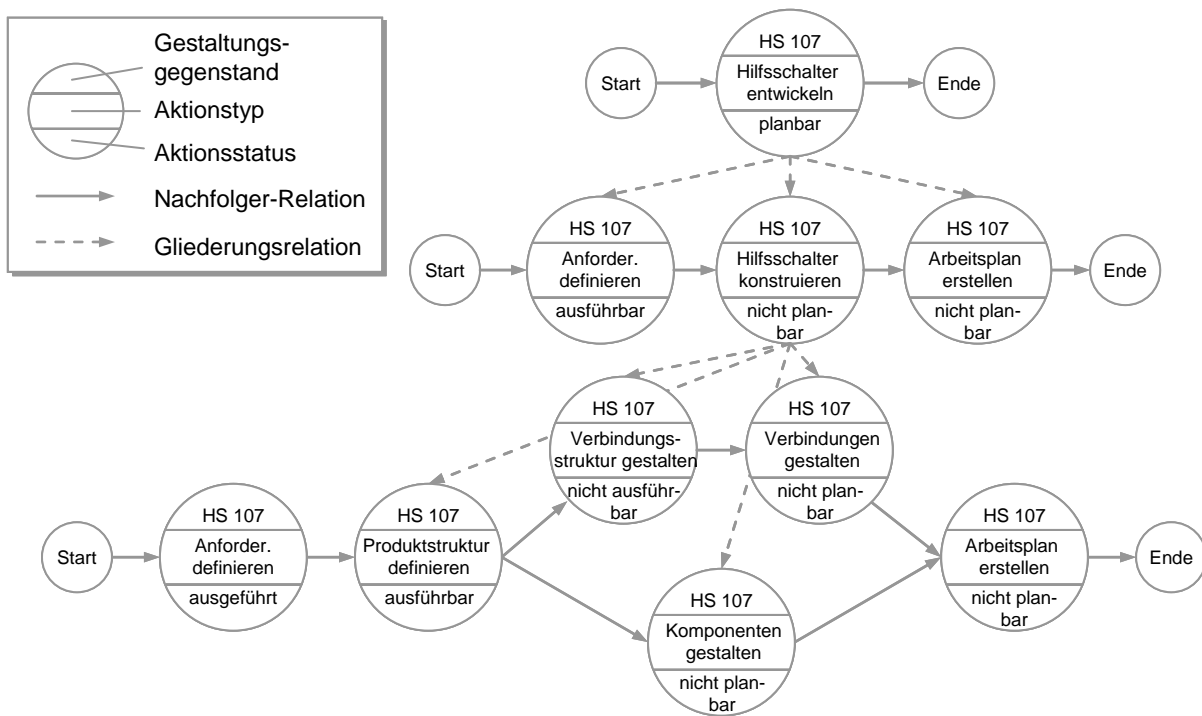


Bild A-27. Hierarchische Zerlegung abstrakter Produktmodellierungsaktionen [SCHUMANN 1994, S. 59]

Jede komplexe Aktion stellt dabei eine *Lösung des Planungsproblems* auf ihrer Abstraktionsstufe und eine *Planungsaufgabe* auf untergeordneten Detaillierungsstufen dar.

<sup>170</sup> Produktmodellierungsaktionen sind nach [SCHUMANN 1994, S. 14] die elementaren Einheiten des Entwicklungs- bzw. Produktmodellierungsprozesses. Eine Produktmodellierungsaktion beinhaltet die Aufbereitung von entscheidungsrelevanten Informationen (Produktwissen, Aufgabenstellung, Anforderungen, bisher erreichter Gestaltungsfortschritt etc.), die Entscheidung über die Gestaltung des Produktes sowie deren Umsetzung, d. h. die Erzeugung bzw. Manipulation des Produktmodells.

Ein Planungsfortschritt wird nach SCHUMANN [1994, S. 58] folglich „durch das Expandieren komplexer Aktionen erreicht“. Zwischen den Planungsschritten wird hierbei die Ausführung elementarer Aktionen veranlasst, so dass die Resultate der Ausführung bei der Planung der Folgeschritte einbezogen werden können.<sup>171</sup> Das **Entwicklungsprozessmodell** (auch: „Metaproduktmodellierungmodell“) repräsentiert schließlich den Planungs-, Steuerungs- und Überwachungsprozess. Damit werden die Produktmodellierungsaktionen geplant, initiiert und die Erreichung des gewünschten Gestaltungsfortschritts kontrolliert. SCHUMANN [1994, S. 130] definiert hierzu verschiedene Attribute und Modellierungsaktionen zur Beschreibung und Manipulation des Entwicklungsprozessmodells. Zur Planung und Steuerung der Aktivitätensauswahl werden die Produktmodellierungsaktionen durch Planungs- und Ausführungsvoraussetzungen (Bedingungen) und Effekte (Wirkungen) näher beschrieben [vgl. SCHUMANN 1994, S. 76 ff.]. Die Steuerung des Entwicklungsprozesses basiert auf der Überprüfung der Ausführungsvoraussetzungen und dem Abgleich der geplanten Effekte mit dem gewünschten Status des Produktmodells. Auf einer übergeordneten Modellierungsebene erfolgt schließlich noch die Koordination der verschiedenen Aktivitäten des Entwicklungsprozesses.

SCHUMANN [1994] erreicht mit der von ihm vorgeschlagenen Methode zur adaptiven Prozessplanung vor allem eine Integration von Prozessplanung und -ausführung. Ziel ist hierbei eine kontinuierliche Anpassung des Planes an den realen Verlauf von Entwicklungsprozessen, was mit den bereits besprochenen Methoden der Projektstrukturplanung so nicht möglich ist. Das Planungsvorgehen nach SCHUMANN [1994] wird daher insbesondere der Tatsache gerecht, dass sich Entwicklungsprozess erst im Verlauf entfalten und aufgrund ihres nichtdeterministischen Verhaltens nur begrenzt vorgeplant werden können. Im Gegensatz zu anderen, in dieser Arbeit behandelten Ansätzen erfolgt zudem die Modellierung und Planung von Entwicklungsprozessen nicht auf einer inhaltlichen, sondern auf einer formalen Ebene. Konkrete Anforderungen und Entwicklungsergebnisse oder präzise Prozesseingangs- und -ausgangsinformationen werden hier nicht betrachtet, sondern es werden lediglich die Gestaltungsobjekte und deren Zustände abgebildet.<sup>172</sup> So wird beispielsweise nicht die konkrete Geometrie eines Gestaltungsobjektes, sondern lediglich die Tatsache beschrieben, dass die Geometrie des Gestaltungsobjektes zu definieren ist bzw. diese definiert wurde [SCHUMANN 1994, S. 22 ff.]. Dies stellt eine wesentliche Vereinfachung des Modellierungsvorganges und seines -umfangs dar, da die Komplexität des Gestaltungsobjektes auf formale Gestaltungszustände reduziert, zugleich aber detaillierte Aussagen zum Entwicklungsprozess und dessen Zielzuständen erlaubt werden. Schließlich wird auch dem kreativen Charakter von Entwicklungsprozessen Rechnung getragen, da mit den Gestaltungszuständen keine präzisen Lösungsinhalte, sondern lediglich formal spezifizierte Lösungsräume vorgegeben werden. Die Planung lässt sich be-

---

<sup>171</sup> SCHUMANN [1996, S. 62] spricht hier von einer *Least-Commitment-Strategie*, d. h. Planungsentscheidungen, für die eine ausreichende Informationsgrundlage fehlt, werden solange herausgezögert, bis eine Entscheidung zwingend erforderlich ist.

<sup>172</sup> Gestaltungszustände sind abstrakte Beschreibungen des im Produktmodell repräsentierten Gestaltungsfortschritts. Der Anfangszustand ist hierbei definiert durch eine Aufgabenstellung und einen Gestaltungsgegenstand, der Zielzustand wird durch das vollständige Produktmodell des Gestaltungsgegenstandes gebildet. Aktionen beschreiben, wie Veränderungen von Gestaltungszuständen erreicht werden [SCHUMANN 1994, S. 27].

liebig detaillieren und auf verschiedenen Detaillierungsebenen anwenden. Allerdings werden mit der adaptiven Planungsmethode von SCHUMANN vor allem das dynamische Zeitverhalten von Entwicklungsprozessen und weniger situations- oder anforderungsspezifische Einflussgrößen auf die Prozessplanung berücksichtigt. Die Methode ist somit eher zur Planung allgemeiner Neuentwicklungsprojekte als zur Planung kundenspezifischer Adaptionsprozesse geeignet. Zudem wird hierfür nicht allein die Abbildung formaler Produktzustände angestrebt, sondern es soll auch konkretes Gestaltungswissen im Prozessmodell enthalten sein.

### *Matrizenbasierte Planungsansätze*

Die Planung von Prozessen auf Basis der kausalen bzw. logischen Verknüpfung von Prozessschritten über ihre Ein- und Ausgangsgrößen stellt eine sehr gebräuchliche Herangehensweise dar [vgl. u. a. BICHLMAIER 2000, S. 89 ff.; GRUNWALD 2002, S. 82; MÜLLER 1990, S. 101 ff.]. Einen methodischen Ansatz zur Formalisierung dieses Vorgehens stellen Design Structure Matrices (DSM) dar, die nachfolgend als Planungshilfsmittel betrachtet werden sollen.

So nutzen beispielsweise EPPINGER ET AL. [1992, S. 304 ff.] Design Structure Matrices im Rahmen der Ablaufplanung von Entwicklungsprojekten. In den quadratischen Matrizen mit jeweils identischen Zeilen und Spalten werden Abhängigkeiten zwischen Aktivitäten abgebildet. Durch Identifikation logisch ent- bzw. gekoppelter Aktivitäten sollen eine optimale Bearbeitungsreihenfolge der Entwicklungsaktivitäten ermittelt und unnötige Prozessschleifen vermieden werden. Voneinander abhängige bzw. unabhängige Aktivitäten werden hierbei durch Partitionierung, d. h. Umstrukturierung der Matrix ermittelt. So kann auf sequentiell bzw. parallel zu bearbeitende Aktivitäten geschlossen werden.<sup>173</sup>

Ein matrizenbasierter Planungsansatz zur phasen- und objektorientierten Strukturierung des Entwicklungsprozesses wird ebenfalls von KUSIAK & PARK [1990] vorgeschlagen. Sie entwickeln eine Methode zur Dekomposition von Projektablaufen, bei der zu entwickelnde Module und Entwicklungsaktivitäten einander gegenübergestellt und verknüpft werden. Durch Transformation der Matrix werden Modul-Aktivitäten-Cluster identifiziert. Aktivitäten innerhalb einer Gruppe müssen integriert, unterschiedliche Gruppen können parallel bearbeitet werden.

Ein umfassender matrizenbasierter Planungsansatz wird auch von BOCHTLER [1996] und GRÄBLER [1999] vorgestellt. Dieser basiert auf einem übergeordneten Modell des Entwicklungsprozesses, als dessen ablaufbestimmende Kernelemente Informationen, Aktivitäten, integrierende Methoden und technische Systeme bzw. Produktkomponenten angesehen werden [BOCHTLER 1996, S. 44 ff.]. Diese Kernelemente werden in Partialmodellen detailliert und über so genannte Basismatrizen miteinander verknüpft. Solche Basismatrizen sind die System-Struktur-Matrix, die Aktivitäten-Informationen-Matrix, die Methoden-Informationen-Matrix und die Informationen-Abhängigkeits-Matrix [vgl. BOCHTLER 1996, S. 61]. Mit der

---

<sup>173</sup> Beziehungen zwischen Aktivitäten, die oberhalb der Matrixdiagonalen angeordnet sind, entsprechen einer einfachen Sender-Empfänger- bzw. Ursache-Wirkungs-Kette, Iterationen/Rücksprünge sind dagegen durch Beziehungen unterhalb der Diagonalen gekennzeichnet. In der Matrix können auch voneinander unabhängige Aktivitäten oder isolierte Aktivitätencluster ermittelt werden [vgl. auch GRÄBLER 1999, S. 149 ff.].



**System-Struktur-Matrix** werden die Produktkomponenten den Produktstrukturstufen Produkt, Modul, Baugruppen und Einzelteil zugeordnet. Mit der **Aktivitäten-Informations-Matrix** erfolgt eine Zuordnung von Eingangs- und Ausgangsinformationen zu Aktivitäten. Mit der **Methoden-Informations-Matrix** werden Zusammenhänge zwischen Informationen und Methoden dargestellt. Die **Informations-Abhängigkeits-Matrix** bildet schließlich Abhängigkeiten zwischen produkt- und prozessdefinierenden Informationen ab. Auf Grundlage der beschriebenen Verknüpfungen werden durch Bildung von so genannten aggregierten Matrizen, das sind die Methoden-Aktivitäten-Matrix und die Aktivitätenabhängigkeits-Matrix die wesentliche Zusammenhänge des Prozessablaufes dargestellt und beispielsweise zur Planung von Abstimmungspunkten, einzusetzenden Methoden sowie weiterzugebenden, prozessrelevanten Informationen/Ergebnissen herangezogen [BOCHTLER 1996, S. 70 ff.]. Auf dem Ansatz von BOCHTLER aufbauend, entwickelt GRÄBLER [1999] eine Methode zur informationsbasierten Planung und Ausführung von Entwicklungsprozessen. Dabei erfolgt im Gegensatz zu BOCHTLER eine anwendungsspezifische Instanziierung der Partialmodelle. Zudem wird eine Workflow-Methode konzipiert, die die Umsetzung der geplanten Abläufe und Integrationsmaßnahmen unterstützen soll. Auch GRÄBLER [1999, S. 55 ff.] verwendet hierzu Basis- und aggregierte Matrizen. Basismatrizen sind analog zu BOCHTLER die Aktivitäten-Informations-Matrix, die Informationsabhängigkeits-Matrix, die Methoden-Informations-Matrix sowie zusätzlich die **Konstruktionsarten-Aktivitäten-Matrix** (Abbildung der je nach Konstruktionsart bzw. Neuigkeitsgrad notwendigen Prozessaktivitäten) und die **Komponentenarten-Informations-Matrix** (Abbildung der Bezüge zwischen den Produktstrukturstufen und den Informationen). Aggregierte Matrizen sind die **Aktivitätenabhängigkeits-Matrix** (Darstellung der Abhängigkeitsgrade von Aktivitäten), die **Aktivitäten-Aktivitäten-Matrix** (Darstellung der Folgebeziehungen von Aktivitäten auf Basis der Informationsflüsse), die **Methoden-Aktivitäten-Matrix** (Zuordnung von Methoden und Aktivitäten über erzeugte/benötigte/abzustimmende Informationen) und die **Konstruktionsarten-Informations-Matrix** (Zuordnung von Informationen zu Konstruktionsarten). Diese Matrizen unterstützen im Rahmen der Prozessplanung die Identifikation von prozess- oder komponentenbezogenen Abstimmungsbedarfen (notwendige Informationsweitergabe), die Auswahl integrierend wirkender Methoden sowie die Bestimmung deren Einsatzpunkte [GRÄBLER 1999, S. 68 ff.]. Außerdem sollen ablauf- und objektbezogene Parallelisierungspotenziale identifiziert werden. Auf Basis der Matrizen wird ein Prozessmodell erstellt, mit dem die parallelen Aktivitäten, die integrierenden Methoden und die Informationseinheiten und -flüsse im Zeitverlauf abgebildet werden [GRÄBLER 1999, S. 78]. Die Ausführung der Abläufe und Integrationsmaßnahmen ist Bestandteil der Workflow-Methodik. Hierbei werden die Ausführungszeitpunkte anhand definierter Zeitpunkte oder anderer Ereignisse automatisch erkannt und entsprechende Aktivitäten ausgelöst [GRÄBLER 1999, S. 88].

Ein weiterer matrizenbasierter Ansatz zur Prozessplanung vor allem im Kontext des Änderungsmanagements ist das so genannte Signposting [vgl. CLARKSON & HAMILTON 1999; O'DONOVAN 2005, S. 79 ff.; WYNN ET AL. 2005]. Es stellt zudem eine Methode zur Modellierung und Simulation hoch iterativer Entwicklungsprozesse sowie zur Sicherung von Prozesswissen dar. Beim Signposting wird auf Basis vorhandener Prozessmodelle ermittelt, welche Aktivitäten sinnvoll als nächstes im Prozess auszuführen sind. Grundlage dieser Entscheidung sind Prozessnetze, bei denen Aktivitäten durch ihre Eingangs- und Ausgangspara-

meter verknüpft werden. Zur Identifikation ausführbarer Aktivitäten wird überprüft, ob die notwendigen Eingangsgrößen vorliegen und ob die Prozessaktivität zu einem Entwicklungsfortschritt beiträgt. Der Entwicklungsfortschritt bemisst sich hierbei aus einer Erhöhung des Grades an Vertrauenswürdigkeit („confidence“) spezifischer Parameter des Konstruktionsproblems. Damit wird die Wahrscheinlichkeit beschrieben, mit der eine Änderung der Parameter im weiteren Prozessverlauf eintritt. Da eine ausschließliche Betrachtung der nächsten Aktivitäten aber in vielen Fällen nicht ausreichend ist, bietet die Methode auch Unterstützung bei der Simulation gesamter „Entwicklungsprozesspfade“ auf Basis von Wahrscheinlichkeitsrechnungen. Hierbei sollen z. B. die Prozesspfade identifiziert werden, die ein geringes „Änderungsrisiko“ aufweisen.

Zusammenfassend dienen die beschriebenen Ansätze auf Basis einer ablauforientierten Verknüpfung von Ein- und Ausgangsgrößen vor allem der Ablaufsteuerung und der Auswahl geeigneter Integrationsmaßnahmen und Methoden [vgl. z. B. GRÄBLER 1999, S. 48]. Hier sollen durch Ablaufoptimierung Parallelisierungspotenziale erschlossen und unnötige Rückkopplungsschleifen vermieden werden. Eine Anwendung der beschriebenen matrizenbasierten Planungsansätze erfolgt daher in erster Linie im Rahmen von Simultaneous Engineering-Konzeptionen. Eine inhaltliche Aufgabenplanung einschließlich einer zielorientierten Bestimmung auszuführender Entwicklungsaktivitäten wird dagegen nicht unterstützt. Auch ein konkreter Produktbezug wird nur ansatzweise hergestellt [vgl. KUSIAK & PARK 1990, S. 1884, GRÄBLER 1999, S. 61 ff.]

### *Planungsmethodik nach VEH [2002]*

Auch VEH [2002] entwickelt ein umfassendes, matrizenbasiertes Planungskonzept für die Entwurfsphase im Entwicklungsprozess, das aber im Gegensatz zu oben genannten Methoden nicht in erster Linie auf eine ablaufoptimale Vernetzung von Entwicklungsaktivitäten, sondern auf deren objekt- und prozessbezogene Identifikation abzielt. Die Planungsmethodik enthält dabei Methoden zur Aufgaben-, Ablauf-, Termin- und Ressourcenplanung.

Zunächst werden die zu gestaltenden Elemente der Produktstruktur identifiziert, miteinander in der so genannten Objektkonnektivitätsmatrix über Schnittstellenbeziehungen (Konnektivitäten)<sup>174</sup> in Verbindung gesetzt und hinsichtlich ihrer Bedeutung für den Entwicklungsprozess bewertet [vgl. VEH 2002, S. 28]. Indikatoren für eine hohe Bedeutung der Produktkomponente sind dabei nach VEH [2002, S. 42 ff.] kritische Anforderungsbereiche (z. B. Festigkeit, Gesetzesvorgaben, Packaging, Kundenakzeptanz, Fertigung etc.), die Komplexität der Produktkomponente (Variantenzahl, Vernetztheit der Funktionen, Modularisierungsgrad etc.) sowie die Änderungsauswirkungen (Kostenverursachung, Terminauswirkungen, Abhängigkeit zu anderen Produktkomponenten). Die Bedeutung der Produktkomponenten bzw. die Höhe der einzelnen Indikatoren hat dabei Auswirkungen auf den Umfang und die zeitliche Lage entsprechender Entwicklungsaktivitäten im Gesamtentwicklungsprozess. So sollen bei kritischen Anforderungsbereichen und starken Änderungsauswirkungen Bearbeitungsumfänge in frühen

---

<sup>174</sup> VEH [2002, S. 28] unterscheidet dabei verschiedene Arten von Objektkonnektivitäten, z. B. geometrische (G), festigkeitstechnische (F), kinematische (KA), funktionale (FU), thermische (T), werkstofftechnische (W), und herstellungstechnische (HE) Konnektivität.

Entwicklungsphasen erhöht werden, um Nacharbeiten oder Integrationsprobleme in späteren Phasen zu vermeiden. Außerdem sollen kritische Komponenten schwerpunktmäßig bereits in der Vorentwicklungsphase bearbeitet werden. Komponenten mit hoher Komplexität sollten nach VEH [2002, S. 43] ebenfalls frühzeitig bearbeitet werden. Neben dieser ablaforientierten Sicht auf die Produktkomponenten kann die Ausprägung bestimmter Indikatoren auch generelle inhaltliche Hinweise auf durchzuführende Prozessaktivitäten liefern. So muss z. B. eine Komponente mit kritischen Anforderungen hinsichtlich der Festigkeit u. U. durch besondere Berechnungsverfahren oder Versuche abgesichert werden.

Nachdem die Produktkomponenten identifiziert und grundsätzlich bewertet wurden, erfolgt die Ableitung notwendiger Entwicklungsprozesse [VEH 2002, S. 29 ff.]. Dabei wird auf vier Basisprozesse zurückgegriffen, das sind die Basisprozesse

- Gestalten,
- Berechnen/Simulieren,
- Erproben und
- Qualität sichern.

**Gestaltungsprozesse** umfassen dabei die vollständige Festlegung der Geometrie und des Werkstoffs der Produktkomponenten einschließlich Vorentwürfen, der Ausarbeitung und der Gestaltoptimierung. **Berechnungs- bzw. Simulationsprozesse** dienen der Beurteilung, Absicherung und Verbesserung der zu erstellenden Gestalt auf Basis von Berechnungen oder anderen mathematischen Verfahren. **Erprobungsprozesse** dienen ebenfalls der Beurteilung und Absicherung bereits entwickelter Komponenten auf Basis von Versuchen. **Qualitätssicherungsprozesse** haben schließlich die Identifikation, Abstimmung und Behebung von qualitätsrelevanten Problembereichen der Produktkomponenten zum Ziel. VEH [2002, S. 30 f.] unterscheidet hierbei generell zwischen objekt- bzw. komponentenbezogenen Prozessen und Integrationsprozessen, die der Abstimmung der einzelnen Produktkomponenten und der Erzeugung eines stimmigen Gesamtproduktes dienen (dabei weisen Integrationsprozesse immer ein spezifisches Untersuchungsziel auf), sowie zwischen Prozessen der Vor- und der Detailentwicklungsphase. Die Darstellung der Prozesse erfolgt mittels SADT [VEH 2002, S. 35 f.]. Analog zu den Entwicklungsobjekten werden die identifizierten Entwicklungsprozesse hinsichtlich ihrer Bedeutung bewertet und auf gegenseitige Abhängigkeiten untersucht. Letzteres erfolgt mithilfe einer so genannten Prozesskonnektivitätsmatrix. In dieser, in Bild A-28 beispielhaft dargestellten, Matrix werden die Art und der Grad der Abhängigkeit zwischen einzelnen Prozessen abgebildet, wobei derartige Abhängigkeiten aus den identifizierten Objektkonnektivitäten oder anderen logischen Zusammenhängen zwischen Einzelprozessen resultieren können [VEH 2002, S. 34]. Die Bewertung der Prozessbedeutung erfolgt analog zur Komponentenbewertung und soll ebenfalls Rückschlüsse auf den Bearbeitungsumfang und die zeitliche Anordnung im Entwicklungsprozess erlauben. Die Indikatoren dienen zudem zur Bestimmung von detaillierten Maßnahmen und zur Methodenauswahl im Rahmen der Prozessbearbeitung. Als Indikatoren der Prozessbedeutung werden kritische Anforderungsbereiche, Änderungsauswirkungen, Komplexität und Fremdvergabebeignung genannt [VEH 2002, S. 48]. Die Prozesskonnektivitätsmatrix besteht aufgrund der Einteilung in eine Vor- und eine

Detailentwicklungsphase aus vier Quadranten (vgl. Bild A-28). Im ersten und dritten Quadrant sind entsprechende Prozessrelationen innerhalb der jeweiligen Entwicklungsphasen dargestellt, während der zweite und der vierte Quadrant phasenübergreifende Abhängigkeiten abbilden. Von besonderer Bedeutung ist hierbei der vierte Quadrant. Er stellt die Verknüpfung zwischen Vor- und Detailentwicklungsphase dar und wird daher auch Übergangsmatrix genannt. Über die hier enthaltenen Abhängigkeiten können z. B. im Rahmen des Simultaneous Engineering Parallelisierungspotenziale zwischen beiden Phasen identifiziert werden [VEH 2002, S. 71].

Phase	Prozesse	Prozessbe- deutung	Terminplan	Abarbeitungs- grad (%)	Vorentwurf			Detailentwurf				
					Rahmen gest.	Welle gest.	Welle berech.	Rahmen gestalt.	Rahmen QS	Welle gest.	Welle erproben	Integr. Gestalt.
					Vor- ent- wurf	Rahmen gestalten					G4	
Welle gestalten				G2		1				4		G5
Welle berechnen						F4					F4	
De- tail- ent- wurf	Rahmen gestalten											G2
	Rahmen QS							G2				
	Welle gestalten					2				3		
	Welle erproben									F5		
	Integration Gestaltung											

**Prozesskonnektivität**  
 G – geometrische Konn.  
 F – festigkeitstechn. Konn.  
 Grad: 1 (niedrig) – 5 (hoch)

frühest. Beginn	Dauer	frühest. Ende
spät. Beginn		spät. Ende

Bild A-28. Prozesskonnektivitätsmatrix als Basis der Prozessplanung [in Anlehnung an VEH 2002, S. 35]

Auf Basis der beschriebenen Identifikation und Bewertung von Entwicklungsaktivitäten erfolgt die Termin- und Ressourcenplanung. Die Terminplanung orientiert sich an den bereits beschriebenen Projektplanungsmethoden. Außerdem kann auf Basis der dargestellten Prozessabhängigkeiten eine matrixbasierte Reihenfolgeplanung vorgenommen werden (siehe oben). Die Ressourcenplanung wird durch den Abgleich von Prozess- und Leistungsprofilen unterstützt. Beide Profilarten basieren auf einer strukturierten Ressourcenbeschreibung, wobei das Prozessprofil den Ressourcenbedarf und das Leistungsprofil die verfügbaren Kompetenzen und Kapazitäten enthält [VEH 2002, S. 37 ff.].

Der Ansatz von VEH [2002] stellt ein sehr umfassendes Konzept zur Planung von Entwicklungsprozessen dar. Dabei wird versucht, die inhaltliche Prozessplanung und die Ablaufplanung und -optimierung in einem Ansatz zu integrieren. Die inhaltliche Planung erfolgt durch die Dekomposition des Entwicklungsobjektes und die Zuordnung generischer Entwicklungs-

aktivitäten. Die eigentliche Identifikation der Aktivitäten wird jedoch von VEH nicht weiter beschrieben. Zudem besteht keine Zuordnung zu konkreten Produkthanforderungen. Die Ablaufplanung und -optimierung wird durch die Bewertung von Entwicklungsobjekten und -aktivitäten und die Darstellung in der Konnektivitätsmatrix unterstützt. Hierbei werden jedoch nur semantische Abhängigkeiten und keine prozessorientierten Verknüpfungen z. B. über auszutauschende Informationsobjekte betrachtet. Der Planungsansatz bleibt damit vergleichsweise allgemein und ist vor allem zur Unterstützung der Projekt(struktur)planung geeignet.

#### *Adaptive Prozessplanung nach DEMERS [2000]*

Mit dem von DEMERS [2000] konzipierten Planungsansatz sollen insbesondere kausale Zusammenhänge bei der Prozessplanung berücksichtigt werden. Grundannahme der Methode ist, dass Planen den Entwurf einer vorweggenommenen Handlungsfolge darstellt, „welche über inhaltliche und zeitlich zweckmäßig zu wählende Teilziele ein End-/Gesamtziel verwirklicht“ [DEMERS 2000, S. 69]. Beim Planen sollen daher, vom Gesamtziel ausgehend, rückwärts schreitend Teilziele, Teilergebnisse und Aktivitäten festgelegt werden, die dieses Gesamtziel verwirklichen. Damit wird „eine Kausalkette von Aktivitäten, Zwischenergebnissen und benötigten Ressourcen geschaffen, die im geplanten Gesamtergebnis endet“ [ebd.]. Die Modellierung wird hierbei durch eine, an die relationsorientierte Funktionsstrukturierung angelehnte [vgl. LINDEMANN 2007, S. 119 f.], Notation unterstützt (vgl. Bild A-29). Kausale Zusammenhänge (z. B. Ziele und Aktivitäten, aber auch Ereignisse oder Produktzustände) werden durch Relationen miteinander verknüpft, was eine direkte Planung ausgehend von den Gesamt- und Teilzielen bzw. auftretenden Ereignissen ermöglicht. Dabei werden fünf Relationsarten unterschieden, das sind nach DEMERS [2000, S. 77]

- die Relationsart „wird benötigt für“, mit der kausale Ziel-Aktivitäten-Zusammenhänge dargestellt werden,
- die Relationsart „verursacht“ zur Abbildung negativer Ereignisse oder Prozesse, die mit der Ausführung bestimmter Aktivitäten oder Ereignisse zusammenhängen,
- die Relationsart „wird eingeführt, um zu eliminieren“ zur Verknüpfung von Prozessen, die zur Vermeidung oder Beseitigung unerwünschter Ereignisse dienen,
- die Relationsart „löst aus“ zur Abbildung zeitlicher Abhängigkeiten sowie
- die Relationsart „verhindert“ zur Darstellung der Auswirkungen bestimmter Ereignisse auf die Erreichung von gewünschten Prozesszuständen.

Weitere Modellelemente sind Aktivitäten, Eingangs- und Ausgangsgrößen, Steuergrößen, Ressourcen und Zustände. Eingangs-, Ausgangs- und Steuergrößen (s) sowie Ressourcen (r) werden über verschiedene Ein- und Ausgänge den Aktivitäten zugewiesen. Die Zustände werden weiter in positive/neutrale und negative Ereignisse unterschieden [DEMERS 2000, S. 75 f.]. Die Methode sieht außerdem eine Differenzierung in abgeschlossene/vergangene (V), aktuelle/gegenwärtige (G) und zukünftige (Z) Entwicklungsprozesse bzw. -situationen vor.

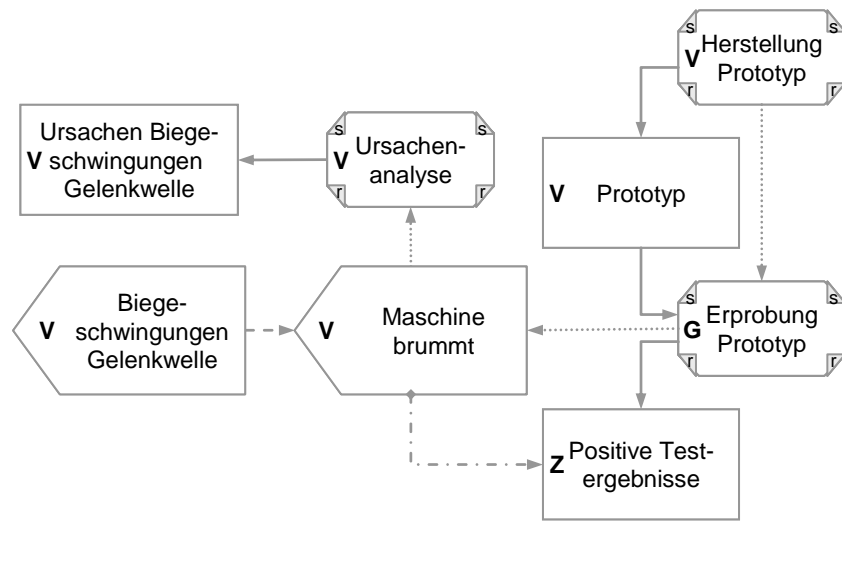
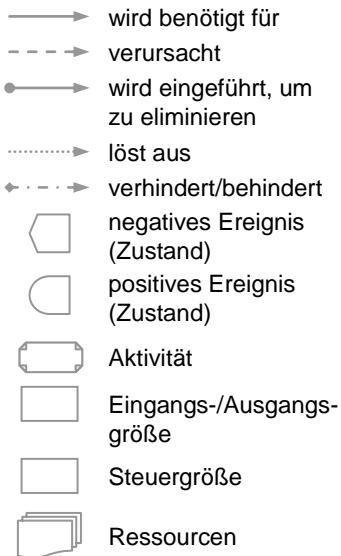
**Legende:**

Bild A-29. Methode zur dynamischen Planung von Entwicklungsprozessen [DEMERS 2000, S. 78]

Zusammenfassend ermöglicht der Planungsansatz nach DEMERS [2000] vor allem eine Ursache-Wirkungs-Betrachtung des Entwicklungsprozesses und erreicht darüber eine situative Prozessplanung.<sup>175</sup> Hierbei lassen sich alle Prozessaktivitäten auf bestimmte Gestaltungsziele oder Prozessereignisse zurückführen bzw. entsprechend planen. Allerdings erfolgt eine sehr starke Verknüpfung der Produkt- und Prozesssicht, so dass insbesondere mit Bezug auf das Beispiel in Bild A-29 nicht genau zwischen der Prozessplanung und einer produktbezogenen Schwachstellenoptimierung getrennt werden kann. Zudem werden die Methodenanwendung und die Prozessdarstellung bei Berücksichtigung vielfältiger Einflussfaktoren sehr komplex. Der grundsätzliche methodische Ansatz einer kausalen Ableitung von Prozessaktivitäten aus Gestaltungszielen und -randbedingungen ist nach Meinung des Verfassers aber folgerichtig, sollte jedoch mit Bezug auf die jeweilige Ausrichtung der situativen Planungsmethodik hinsichtlich der zu berücksichtigenden Einflussgrößen eingeschränkt werden.

### Prozessplanung mit Prozessbausteinen nach BICHLMAIER [2000]/GRUNWALD [2002]

Aufbauend auf der im Anhang A.7 dargestellten Methode zur Prozessmodellierung mittels Prozessbausteinen beschreiben BICHLMAIER [2000] und GRUNWALD [2002] auch eine Methode zur Prozessplanung. Die Planungsmethode wird durch das so genannte „Process Design Tool“ unterstützt (vgl. auch Kap. 7.3), das aus einem Visualisierungsmodul zur Darstellung

<sup>175</sup> Die Methode unterstützt allerdings nicht nur eine dynamische Planung von Entwicklungsprozessen, sondern auch die Prozessanalyse (z. B. Identifikation nicht erfolgreich durchgeführter Aktivitäten) mit Hilfe bestimmter Prozesskonstellationen und die Ableitung entsprechender Gegenmaßnahmen [DEMERS 2000, S. 80].

des Prozessnetzes sowie einer Vorlagendatenbank („Prozessmodellierer“) und einer Bausteindatenbank („Prozessbaukasten“) besteht [BICHLMAIER 2000, S. 100 ff.; GRUNWALD 2002, S. 139 ff.]. Der Prozessbaukasten stellt das zentrale Element des Planungsansatzes dar, der auf der Auswahl („Konfiguration“) von vorhandenen Prozessbausteinen des Prozessbaukastens beruht. Bei Bedarf können neue Prozessbausteine definiert und der Prozessbaukasten erweitert werden.<sup>176</sup> Zur Definition neuer Prozessbausteine dient der Prozessmodellierer, mit dem auch eine „Instanziierung“ bzw. Anpassung von vorhandenen Prozessbausteinen an die jeweiligen Rahmenbedingungen vorgenommen werden kann (Anpassung der Arbeitsinhalte, Herstellung spezifischer Objektbezüge, Spezifizierung von Eingangs- und Ausgangsinformationen). Weitere Funktionen des Planungsinstruments sind das Einpassen der Prozessbausteine in das Prozessnetz durch Vernetzung von Ein- und Ausgangsgrößen sowie die (nachträgliche) Änderung von Prozessbausteinen oder des Gesamtprozesses infolge einer adaptiven Prozessplanung und -anpassung (vgl. Bild A-30).<sup>177</sup>

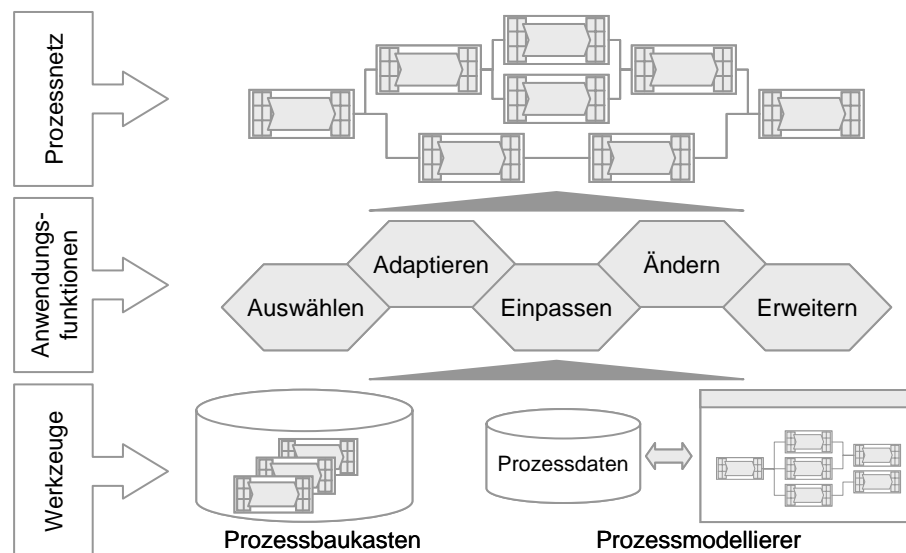


Bild A-30. Anwendung der Prozessbausteinmethodik [BICHLMAIER 2000, S. 84]

<sup>176</sup> BICHLMAIER [2000, S. 143 ff.] und GRUNWALD [2002, S. 192 ff.] definieren hierbei einen anwendungsneutralen Prozessbaukasten, der aus 85 allgemeinen (generischen) Prozessbausteinen besteht, die den Entwicklungs- und Montageplanungsprozess vom Projektauftrag bis zum Produktionsanlauf abbilden.

<sup>177</sup> Ein vergleichbarer Planungsansatz wird auch von MURR [1999] vorgeschlagen, wobei die erforderlichen Eingangs- und die generierten Ausgangszustände mit Hilfe von objektbezogenen Reifegradindikatoren (z. B. Status, Detaillierungsgrad, Strukturgrad oder Varianten des jeweiligen Entwicklungsobjektes) beschrieben werden, was ein einheitliches Verständnis des Entwicklungsfortschrittes und eine präzisere Planung der Wertschöpfung innerhalb des Prozessschrittes ermöglicht [MURR 1999, S. 81].

Der flexible Planungsansatz von BICHLMAIER [2000] und GRUNWALD [2002] basiert damit in erster Linie auf der projektbezogenen Konfiguration modularer Prozessbausteine. Dabei wird allerdings keine explizite Planungsmethode entwickelt, sondern es werden vor allem allgemeine Hinweise für eine zweckmäßige Prozessplanung auf Basis des Bausteinkonzepts abgeleitet. Dieses Bausteinkonzept ermöglicht, wie bereits im vorangegangenen Abschnitt dargestellt, eine flexible Vernetzung der Bausteine und damit eine sehr gute Berücksichtigung der situativen Ausprägungen und der Dynamik von Entwicklungsprozessen im Sinne einer adaptive Planung und Steuerung. Eine direkte, aufgabenspezifische Bausteinauswahl bzw. Prozesskonfiguration wie auch die Definition neuer Bausteine (Bausteinsynthese) wird jedoch methodisch nicht ausreichend unterstützt. Hierzu mangelt es nach Meinung des Autors vor allem an einem konkreten Bezug zu den inhaltlichen Prozesszielen. Allerdings wird durch das zugrunde liegende, datenbankbasierte Planungswerkzeug die Möglichkeit gegeben, Prozessplanungswissen aufzubauen und Anwendungserfahrungen zu sichern. Damit können Synergien zwischen unterschiedlichen Entwicklungsprojekten genutzt werden.



## A.9 Grundlegende Basisaktivitäten in Produktentwicklungsprozessen

Im folgenden Abschnitt soll auf ausgewählte Strukturierungsansätze von Konstruktionsprozessen eingegangen werden. Die hierbei untersuchten elementaren Aktivitäten von Konstruktionsprozessen dienen zur Definition von generischen Basisaktivitäten als wesentlichem Bestandteil der in Kapitel 7 vorgestellten Methodik zur Planung und Modellierung kundenindividueller Adaptionsprozesse. Die generischen Basisaktivitäten sollen hierbei die notwendige Varianz verschiedenartiger Entwicklungsprozesse abbilden, zugleich aber auf eine endliche und überschaubare Anzahl beschränkt sein [TRÄNCKNER 1990, S. 47]. Entsprechend Bild A-31 können generische Basisaktivitäten durch Detaillierung weiter verfeinert oder durch Spezifizierung anwendungs- und unternehmensbezogenen ausgeprägt werden [vgl. auch MALONE ET AL. 1999, S. 428]. Dies erfolgt im Rahmen der Prozessplanung bzw. -modellierung und führt zur Ausbildung konkreter Prozesstypen. Die Basisaktivitäten geben hierbei lediglich die ordnende Struktur (Prozesstaxonomie) vor, mit der die Vielfalt spezifischer Ausprägungen aufwandsarm aber realitätsnah beschrieben werden kann.

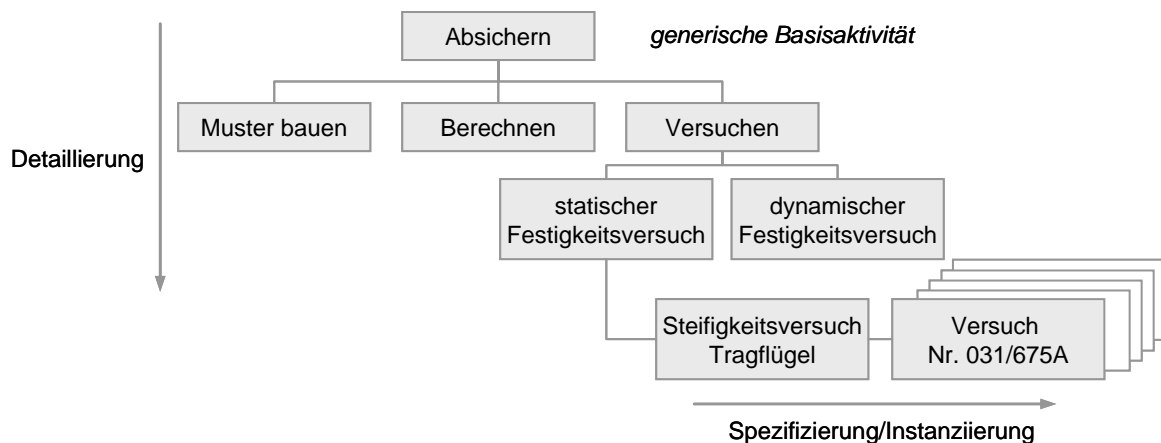


Bild A-31. Detaillierung und Spezialisierung generischer Prozessaktivitäten am Beispiel „Absichern“

KOLLER [1994, S. 75, 122] zufolge ließe sich der Konstruktionsprozess lediglich anhand der beiden elementaren Operationen Analyse und Synthese vollständig beschreiben.<sup>178</sup> Zur Unterstützung der operativen Prozessplanung können jedoch weitere grundlegende Entwicklungsoperationen als Basisaktivitäten definiert werden. Verbreitet ist dabei die Unterscheidung von direkten und indirekten Konstruktionstätigkeiten, die auch für die vorliegende Arbeit übernommen wird [vgl. z. B. BEITZ 1979, S. 16; EVERSHEIM 1998, S. 83; KOLLER 1994, S. 78; MERAT 1996, S. 12; PAHL ET AL. 2005, S. 169]. Tabelle A.7 zeigt eine Übersicht über entsprechende Vorschläge zur Strukturierung des Konstruktionsprozesses.

<sup>178</sup> Vgl. auch BICHLMAIER et al. [1999; S. 4], die noch eine Erweiterung um Bewertung und Auswahl vornehmen.

Tabelle A.7: Direkte und indirekte Tätigkeiten Konstruktionsprozessen

Autor	Direkte Konstruktionsaktivitäten	Indirekte Konstruktionsaktivitäten
BURGHARDT 2002, S. 133	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwerfen</li> <li>• Realisieren</li> <li>• Qualität sichern</li> <li>• Dokumentieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Projektmanagement</li> </ul>
CRABTREE ET AL. 1997, S. 72	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problemlösen/Denken (inkl. Simulieren, Analysieren, Experimentieren)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationen sammeln (Suchen und Lesen von Dokumenten, Recherche)</li> <li>• Dokumentieren (Anfertigung von Notizen, Berichten, Zeichnungen)</li> <li>• Planen (Planung und Terminierung von Aktivitäten)</li> <li>• Verhandeln (Festlegung und Änderung von Anforderungen)</li> <li>• Unterstützen/Beraten (Besprechungen, Beantwortung von Nachfragen)</li> </ul>
EVERSHEIM & WIENDAHL 1971, S. 26; EVERSHEIM 1998, S. 201	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entwerfen</li> <li>• Berechnen</li> <li>• Ausarbeiten/Zeichnen</li> <li>• Ändern</li> <li>• Dokumentieren,</li> <li>• Kontrollieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wiederholteile suchen</li> <li>• Informieren</li> <li>• Angebote erstellen und Kommunizieren (Schriftwechsel)</li> </ul>
FREISLEBEN 2001, S. 62 f.; BLESSING 1994, S. 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suchen (mit Problemanalyse, Zerlegung in Teilprobleme, Lösungssuche)</li> <li>• Bewerten</li> <li>• Auswählen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kommunikation</li> <li>• Dokumentation</li> <li>• Informationsbeschaffung</li> <li>• Methodenanwendung</li> </ul>
GOLM 1996, S. 66	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstruieren</li> <li>• Schnittstellen überprüfen</li> <li>• Festlegen kritischer Bereiche</li> <li>• Fehlerkontrolle</li> <li>• Bewertung und Auswahl</li> <li>• Versuch</li> <li>• Berechnen/Simulieren</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informationsanalyse/Ähnlichkeitsuche</li> </ul>
HALES 1991, S. 59	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Produktplanung</li> <li>• Aufgabenklärung</li> <li>• Konzeptfindung</li> <li>• Entwerfen</li> <li>• Ausarbeitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• generelle Aktivitäten (z. B. Arbeit planen, Informationen beschaffen, Kosten schätzen, Besprechen, Berichten)</li> </ul>
HUBKA 1976, S. 97	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anordnen</li> <li>• Gestalten</li> <li>• Bemessen</li> <li>• Werkstoff und Fertigungsart wählen</li> <li>• Toleranzen und Oberflächen festlegen</li> <li>• Darstellen</li> <li>• Festigkeit berechnen</li> <li>• Eignung prüfen</li> </ul>	
PLATZ & SCHMELZER 1986, S. 155	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definieren</li> <li>• Entwickeln (mit Entwerfen, Realisieren und Testen/Erproben),</li> <li>• Integrieren</li> <li>• Qualität sichern (Ergebnisüberprüfung)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leiten</li> <li>• Planen und Überwachen</li> </ul>

RAUPACH 2000, S. 94 ff.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Konstruieren</li> <li>• Testen (physische Produktverifikation)</li> <li>• Berechnen/Simulieren (modellbasierte Produktverifikation)</li> <li>• Fertigen (Aufbau physischer Prototypen)</li> <li>• Bewerten (Vergleich von Alternativen)</li> <li>• Entscheiden (Auswahl von Alternativen, Freigabe, Initiierung von Änderungen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Informieren (Beschaffung und Analyse von produktrelevanten Informationen, Ähnlichkeitsuche)</li> <li>• kaufmännische Tätigkeiten (z. B. Bestimmung von Produktkosten)</li> </ul>
-------------------------	---	---

Sehr umfassende, für die vorliegende Anwendung jedoch zu detaillierte, Zusammenstellungen elementarer Konstruktionsoperationen finden sich auch bei MÜLLER [1990, S. 107] und ZANKER [1999, S. 62]. Zusammenfassend weisen die aufgezeigten Strukturierungsansätze bei jeweils ähnlichem Detaillierungsgrad große Überschneidungen auf. Die Schnittmenge der wesentlichen Grundtätigkeiten zeigt im Überblick Tabelle A.8 auf [vgl. EHRENSPIEL 2007, S. 246]. Die für die Arbeit übernommenen Basisaktivitäten sind dabei fett markiert.

Tabelle A.8: Grundtätigkeiten und begleitende Tätigkeiten beim Konstruieren [nach EHRENSPIEL 2007, S. 246]

		Tätigkeiten	ähnliche Begriffe
Grundtätigkeiten	Lösung suchen	Anforderungen klären	Aufgabe klären, Ziele/Anforderungen/Restriktionen erkennen
		Prinzipielle Lösung suchen	Konzept/Funktionsprinzip suchen, <b>Konzipieren</b>
		Gestaltlösung suchen	Lösungen <b>gestalten</b> /suchen/übernehmen
		Fertigungsgerecht gestaltete Lösung suchen	Fertigungs-, montage- und normgerecht fertig <b>gestalten</b>
	Lösung auswählen	Berechnen	<b>Auslegen</b> , dimensionieren, simulieren, kalkulieren
		Experimentieren	Probieren, testen, simulieren, versuchen, <b>absichern</b>
		Beurteilen/Entscheiden	Bewerten, auswählen, vergleichen, festlegen
	Darstellen	Zeichnerisch darstellen	Skizzieren, zeichnen, <b>dokumentieren</b> , darstellen
Schriftlich darstellen		Schreiben, Stücklisten erstellen, <b>dokumentieren</b>	
Begleitende Tätigkeiten	Sich informieren		<b>Informationen beschaffen</b> /suchen/auswerten
	Strukturieren, Ordnen		<b>Analysieren</b> , systematisieren, gliedern, klassifizieren
	Kontrollieren, Prüfen		(Ab-)Messen, testen, vergleichen, prüfen
	Korrigieren		Ausbessern, <b>optimieren</b> , iterieren, <b>ändern</b>
	Organisieren, <b>Planen</b>		Verantwortlich machen, einteilen, festlegen, motivieren
	Korrespondieren		Nachfragen, schreiben, erkunden
	Diskutieren, Beraten		Erklären, horchen, formulieren, verstehen, erkennen

### A.10 Zuordnung geeigneter Methoden der individuellen Produktdefinition zu Basiselementen der Produktstruktur individualisierter Produkte

In der nachfolgenden Tabelle sind grundlegende Methoden der individuellen Anforderungsklä- rung und Produktgestaltung den Basiselementen der Produktstruktur von individualisierten Produkten zugeordnet. Die Tabelle kann dabei als einfaches Hilfsmittel zur Auswahl geeigneter Methoden der kundenspezifischen Produktdefinition entsprechend der vorliegenden pro- duktstrukturellen Randbedingungen dienen.

Tabelle A.9: Umfänge der kundenindividuellen Produktdefinition in Abhängigkeit von der Produktstruktur

Strukturelement	Individuelle Anforderungsklä- rung	Individuelle Produktgestaltung
Fixer Bereich (z.B. Platt- form, Basismodule, Gestell)	Keine kundenspezifischen Prozesse der Produktdefinition	
Obligatorische Alternativen (z. B. Funktionsmodule, Antriebsarten)	Muss-Auswahl bzw. Verwendung vor- eingestellter Elemente, erfolgt vorrangig durch direkte Methoden der Anforde- rungserhebung (z. B. (Mustervergleich, Konfiguration), ggf. Erfassung der spe- zifischen Nutzungsbedingungen und darauf basierende Alternativenauswahl	Konfiguration bzw. Baukastenkonstruk- tion, d. h. Kombination existierender Alternativen, ggf. Modifikation oder Neuentwicklung zusätzlicher Alternativen
Optionale Alternativen (z. B. ergänzende Module, Zubehör)	Methoden identisch zu obligatorischen Alternativen, allerdings Kann-Auswahl	
Skalierbare Bereiche (z. B. Anpassmodule, Mensch- Maschine-Schnittstellen)	Erfassung der relevanten Parameter mittels direkter Methoden der Anforde- rungserhebung (z. B. durch Messung)	Parametrische Anpassung der Produkt- elemente entsprechend der vorher fest- gelegten Adaptionenregeln (Prinzip- konstruktion), Machbarkeitsbewertung bei Überschreitung des vorgegebenen Wertebereiches erforderlich
Prinzipielle Lösungen (z. B. grundlegende Funktionselemente, Verbindungen)	Bestimmung der spezifischen Gestalt- anforderungen, Einsatz direkter und in- direkter Methoden der Anforderungs- erhebung	Detaillkonstruktion entsprechend dem beschriebenen Wirk- oder Gestaltprin- zip (nicht auf funktionaler Ebene, Varianten-/Prinzipkonstruktion), Ab- sicherung der Gestaltlösung
Definierte Freiräume (z. B. Gehäuse)	Festlegung der entsprechenden indivi- duellen Produktparameter durch den Kunden auf funktionaler und Gestalt- ebene, vor allem Anwendung indirekter Methoden der Anforderungserhebung, Einsatz von Toolkits	Varianten bzw. Anpassungskonstruk- tion (innerhalb definierter Restriktionen)
Allgemeine Freiräume (z. B. für Zusatzmodule)	Anforderungsklä- rung entsprechend all- gemeiner Konstruktionsmethodik bzw. mit indirekten Methoden der Anforde- rungserhebung	Anpassungs- oder Variantenent- wicklung nach Konstruktionsmethodik, Wiederverwendung von Teillösungs- elementen soweit möglich

## **B       Dissertationsverzeichnis des Lehrstuhls für Produktentwicklung**

Lehrstuhl für Produktentwicklung  
Technische Universität München, Boltzmannstraße 15, 85748 Garching

Dissertationen betreut von

- Prof. Dr.-Ing. W. Rodenacker,
- Prof. Dr.-Ing. K. Ehrlenspiel und
- Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann

- D1   COLLIN, H.:  
Entwicklung eines Einwalzenkalenders nach einer systematischen Konstruktionsmethode. München: TU, Diss. 1969.
- D2   OTT, J.:  
Untersuchungen und Vorrichtungen zum Offen-End-Spinnen.  
München: TU, Diss. 1971.
- D3   STEINWACHS, H.:  
Informationsgewinnung an bandförmigen Produkten für die Konstruktion der Produktmaschine.  
München: TU, Diss. 1971.
- D4   SCHMETTOW, D.:  
Entwicklung eines Rehabilitationsgerätes für Schwerstkörperbehinderte.  
München: TU, Diss. 1972.
- D5   LUBITZSCH, W.:  
Die Entwicklung eines Maschinensystems zur Verarbeitung von chemischen Endlosfasern.  
München: TU, Diss. 1974.
- D6   SCHEITENBERGER, H.:  
Entwurf und Optimierung eines Getriebesystems für einen Rotationsquerschneider mit allgemeingültigen Methoden.  
München: TU, Diss. 1974.
- D7   BAUMGARTH, R.:  
Die Vereinfachung von Geräten zur Konstanthaltung physikalischer Größen.  
München: TU, Diss. 1976.
- D8   MAUDERER, E.:  
Beitrag zum konstruktionsmethodischen Vorgehen durchgeführt am Beispiel eines Hochleistungsschalter-Antriebs.  
München: TU, Diss. 1976.
- D9   SCHÄFER, J.:  
Die Anwendung des methodischen Konstruierens auf verfahrenstechnische Aufgabenstellungen.  
München: TU, Diss. 1977.
- D10  WEBER, J.:  
Extruder mit Feststoffpumpe – Ein Beitrag zum Methodischen Konstruieren.  
München: TU, Diss. 1978.
- D11  HEISIG, R.:  
Längencodierer mit Hilfsbewegung.  
München: TU, Diss. 1979.

- D12 KIEWERT, A.:  
Systematische Erarbeitung von Hilfsmitteln zum kostenarmen Konstruieren.  
München: TU, Diss. 1979.
- D13 LINDEMANN, U.:  
Systemtechnische Betrachtung des Konstruktionsprozesses unter besonderer Berücksichtigung der Herstellkostenbeeinflussung beim Festlegen der Gestalt.  
Düsseldorf: VDI-Verlag 1980. (Fortschritt-Berichte der VDI-Zeitschriften Reihe 1, Nr. 60).  
Zugl. München: TU, Diss. 1980.
- D14 NJOYA, G.:  
Untersuchungen zur Kinematik im Wälzlager bei synchron umlaufenden Innen- und Außenringen.  
Hannover: Universität, Diss. 1980.
- D15 HENKEL, G.:  
Theoretische und experimentelle Untersuchungen ebener konzentrisch gewellter Kreisringmembranen.  
Hannover: Universität, Diss. 1980.
- D16 BALKEN, J.:  
Systematische Entwicklung von Gleichlaufgelenken.  
München: TU, Diss. 1981.
- D17 PETRA, H.:  
Systematik, Erweiterung und Einschränkung von Lastausgleichslösungen für Standgetriebe mit zwei Leistungswegen – Ein Beitrag zum methodischen Konstruieren.  
München: TU, Diss. 1981.
- D18 BAUMANN, G.:  
Ein Kosteninformationssystem für die Gestaltungsphase im Betriebsmittelbau.  
München: TU, Diss. 1982.
- D19 FISCHER, D.:  
Kostenanalyse von Stirnzahnrädern. Erarbeitung und Vergleich von Hilfsmitteln zur Kostenfrüherkennung.  
München: TU, Diss. 1983.
- D20 AUGUSTIN, W.:  
Sicherheitstechnik und Konstruktionsmethodiken – Sicherheitsgerechtes Konstruieren.  
Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz 1985. Zugl. München: TU, Diss. 1984.
- D21 RUTZ, A.:  
Konstruieren als gedanklicher Prozess.  
München: TU, Diss. 1985.
- D22 SAUERMAN, H. J.:  
Eine Produktkostenplanung für Unternehmen des Maschinenbaues.  
München: TU, Diss. 1986.
- D23 HAFNER, J.:  
Entscheidungshilfen für das kostengünstige Konstruieren von Schweiß- und Gussgehäusen.  
München: TU, Diss. 1987.
- D24 JOHN, T.:  
Systematische Entwicklung von homokinetischen Wellenkupplungen.  
München: TU, Diss. 1987.
- D25 FIGEL, K.:  
Optimieren beim Konstruieren.  
München: Hanser 1988. Zugl. München: TU, Diss. 1988 u. d. T.: Figel, K.: Integration automatisierter Optimierungsverfahren in den rechnerunterstützten Konstruktionsprozess.

Reihe Konstruktionstechnik München

- D26 TROPSCHUH, P. F.:  
Rechnerunterstützung für das Projektieren mit Hilfe eines wissensbasierten Systems.  
München: Hanser 1989. (Konstruktionstechnik München, Band 1). Zugl. München: TU, Diss. 1988 u. d.  
T.: Tropschuh, P. F.: Rechnerunterstützung für das Projektieren am Beispiel Schiffsgetriebe.
- D27 PICKEL, H.:  
Kostenmodelle als Hilfsmittel zum Kostengünstigen Konstruieren.  
München: Hanser 1989. (Konstruktionstechnik München, Band 2). Zugl. München: TU, Diss. 1988.
- D28 KITSTEINER, H.-J.:  
Die Auswahl und Gestaltung von kostengünstigen Welle-Nabe-Verbindungen.  
München: Hanser 1990. (Konstruktionstechnik München, Band 3). Zugl. München: TU, Diss. 1989.
- D29 HILLEBRAND, A.:  
Ein Kosteninformationssystem für die Neukonstruktion mit der Möglichkeit zum Anschluss an ein CAD-  
System.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 4). Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D30 DYLLA, N.:  
Denk- und Handlungsabläufe beim Konstruieren.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 5). Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D31 MÜLLER, R.  
Datenbankgestützte Teilverwaltung und Wiederholteilsuche.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 6). Zugl. München: TU, Diss. 1990.
- D32 NEESE, J.:  
Methodik einer wissensbasierten Schadenanalyse am Beispiel Wälzlagerungen.  
München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 7). Zugl. München: TU, Diss. 1991.
- D33 SCHAAL, S.:  
Integrierte Wissensverarbeitung mit CAD – Am Beispiel der konstruktionsbegleitenden Kalkulation.  
München: Hanser 1992. (Konstruktionstechnik München, Band 8). Zugl. München: TU, Diss. 1991.
- D34 BRAUNSPERGER, M.:  
Qualitätssicherung im Entwicklungsablauf – Konzept einer präventiven Qualitätssicherung für die  
Automobilindustrie.  
München: Hanser 1993. (Konstruktionstechnik München, Band 9). Zugl. München: TU, Diss. 1992.
- D35 FEICHTER, E.:  
Systematischer Entwicklungsprozess am Beispiel von elastischen Radialversatzkupplungen.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 10). Zugl. München: TU, Diss. 1992.
- D36 WEINBRENNER, V.:  
Produktlogik als Hilfsmittel zum Automatisieren von Varianten- und Anpassungskonstruktionen.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 11). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D37 WACH, J. J.:  
Problemspezifische Hilfsmittel für die Integrierte Produktentwicklung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 12). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D38 LENK, E.:  
Zur Problematik der technischen Bewertung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 13). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D39 STUFFER, R.:  
Planung und Steuerung der Integrierten Produktentwicklung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 14). Zugl. München: TU, Diss. 1993.

- D40 SCHIEBELER, R.:  
Kostengünstig Konstruieren mit einer rechnergestützten Konstruktionsberatung.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 15). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D41 BRUCKNER, J.:  
Kostengünstige Wärmebehandlung durch Entscheidungsunterstützung in Konstruktion und Härterei.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 16). Zugl. München: TU, Diss. 1993.
- D42 WELLNIAK, R.:  
Das Produktmodell im rechnerintegrierten Konstruktionsarbeitsplatz.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 17). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D43 SCHLÜTER, A.:  
Gestaltung von Schnappverbindungen für montagegerechte Produkte.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 18). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D44 WOLFRAM, M.:  
Feature-basiertes Konstruieren und Kalkulieren.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 19). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D45 STOLZ, P.:  
Aufbau technischer Informationssysteme in Konstruktion und Entwicklung am Beispiel eines elektronischen Zeichnungsarchives.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 20). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D46 STOLL, G.:  
Montagegerechte Produkte mit feature-basiertem CAD.  
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 21). Zugl. München: TU, Diss. 1994.
- D47 STEINER, J. M.:  
Rechnergestütztes Kostensenken im praktischen Einsatz.  
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 22). Zugl. München: TU, Diss. 1995.
- D48 HUBER, T.:  
Senken von Montagezeiten und -kosten im Getriebebau.  
München: Hanser 1995. (Konstruktionstechnik München, Band 23). Zugl. München: TU, Diss. 1995.
- D49 DANNER, S.:  
Ganzheitliches Anforderungsmanagement für marktorientierte Entwicklungsprozesse.  
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 24). Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D50 MERAT, P.:  
Rechnergestützte Auftragsabwicklung an einem Praxisbeispiel.  
Aachen: Shaker 1996. (Konstruktionstechnik München, Band 25). Zugl. München: TU, Diss. 1996 u. d. T.: MERAT, P.: Rechnergestütztes Produktleitsystem
- D51 AMBROSY, S.:  
Methoden und Werkzeuge für die integrierte Produktentwicklung.  
Aachen: Shaker 1997. (Konstruktionstechnik München, Band 26). Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D52 GIAPOLIS, A.:  
Modelle für effektive Konstruktionsprozesse.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 27). Zugl. München: TU, Diss. 1996.
- D53 STEINMEIER, E.:  
Realisierung eines systemtechnischen Produktmodells – Einsatz in der Pkw-Entwicklung  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 28). Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D54 KLEEDÖRFER, R.:  
Prozess- und Änderungsmanagement der Integrierten Produktentwicklung.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 29). Zugl. München: TU, Diss. 1998.



- D55 GÜNTHER, J.:  
Individuelle Einflüsse auf den Konstruktionsprozess.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 30). Zugl. München: TU, Diss. 1998.
- D56 BIERSACK, H.:  
Methode für Krafeinleitungsstellenkonstruktion in Blechstrukturen.  
München: TU, Diss. 1998.
- D57 IRLINGER, R.:  
Methoden und Werkzeuge zur nachvollziehbaren Dokumentation in der Produktentwicklung.  
Aachen: Shaker 1998. (Konstruktionstechnik München, Band 31). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D58 EILETZ, R.:  
Zielkonfliktmanagement bei der Entwicklung komplexer Produkte – am Bsp. PKW-Entwicklung.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 32). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D59 STÖSSER, R.:  
Zielkostenmanagement in integrierten Produkterstellungsprozessen.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 33). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D60 PHLEPS, U.:  
Recyclinggerechte Produktdefinition – Methodische Unterstützung für Upgrading und Verwertung.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 34). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D61 BERNARD, R.:  
Early Evaluation of Product Properties within the Integrated Product Development.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 35). Zugl. München: TU, Diss. 1999.
- D62 ZANKER, W.:  
Situative Anpassung und Neukombination von Entwicklungsmethoden.  
Aachen: Shaker 1999. (Konstruktionstechnik München, Band 36). Zugl. München: TU, Diss. 1999.

### Reihe Produktentwicklung München

- D63 ALLMANSBERGER, G.:  
Erweiterung der Konstruktionsmethodik zur Unterstützung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 37). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D64 ASSMANN, G.:  
Gestaltung von Änderungsprozessen in der Produktentwicklung.  
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 38). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D65 BICHLMAIER, C.:  
Methoden zur flexiblen Gestaltung von integrierten Entwicklungsprozessen.  
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 39). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D66 DEMERS, M. T.  
Methoden zur dynamischen Planung und Steuerung von Produktentwicklungsprozessen.  
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 40). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D67 STETTER, R.:  
Method Implementation in Integrated Product Development.  
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 41). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D68 VIERTLBÖCK, M.:  
Modell der Methoden- und Hilfsmiteleinführung im Bereich der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2000. (Produktentwicklung München, Band 42). Zugl. München: TU, Diss. 2000.

- D69 COLLIN, H.:  
Management von Produkt-Informationen in kleinen und mittelständischen Unternehmen.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 43). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D70 REISCHL, C.:  
Simulation von Produktkosten in der Entwicklungsphase.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 44). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D71 GAUL, H.-D.:  
Verteilte Produktentwicklung - Perspektiven und Modell zur Optimierung.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 45). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D72 GIERHARDT, H.:  
Global verteilte Produktentwicklungsprojekte – Ein Vorgehensmodell auf der operativen Ebene.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 46). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D73 SCHOEN, S.:  
Gestaltung und Unterstützung von Community of Practice.  
München: Utz 2000. (Produktentwicklung München, Band 47). Zugl. München: TU, Diss. 2000.
- D74 BENDER, B.:  
Zielorientiertes Kooperationsmanagement.  
München: Dr. Hut 2001. (Produktentwicklung München, Band 48). Zugl. München: TU, Diss. 2001.
- D75 SCHWANKL, L.:  
Analyse und Dokumentation in den frühen Phasen der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 49). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D76 WULF, J.:  
Elementarmethoden zur Lösungssuche.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 50). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D77 MÖRTL, M.:  
Entwicklungsmanagement für langlebige, upgradinggerechte Produkte.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 51). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D78 GERST, M.:  
Strategische Produktentscheidungen in der integrierten Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2002. (Produktentwicklung München, Band 52). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D79 AMFT, M.:  
Phasenübergreifende bidirektionale Integration von Gestaltung und Berechnung.  
München: Dr. Hut 2003. (Produktentwicklung München, Band 53). Zugl. München: TU, Diss. 2002.
- D80 FÖRSTER, M.:  
Variantenmanagement nach Fusionen in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus.  
München: TU, Diss. 2003.
- D81 GRAMANN, J.:  
Problemmodelle und Bionik als Methode.  
München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 55). Zugl. München: TU, Diss. 2004.
- D82 PULM, U.:  
Eine systemtheoretische Betrachtung der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2004. (Produktentwicklung München, Band 56). Zugl. München: TU, Diss. 2004.
- D83 HUTTERER, P.:  
Reflexive Dialoge und Denkbausteine für die methodische Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 57). Zugl. München: TU, Diss. 2005.
- D84 FUCHS, D.:  
Konstruktionsprinzipien für die Problemanalyse in der Produktentwicklung.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 58). Zugl. München: TU, Diss. 2005.

- D85 PACHE, M.:  
Sketching for Conceptual Design.  
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 59). Zugl. München: TU, Diss. 2005.
- D86 BRAUN, T.:  
Methodische Unterstützung der strategischen Produktplanung in einem mittelständisch geprägten Umfeld.  
München: Dr. Hut 2005. (Produktentwicklung München, Band 60). Zugl. München: TU, Diss. 2005.
- D87 JUNG, C.:  
Anforderungskklärung in interdisziplinärer Entwicklungsumgebung.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 61). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D88 HEßLING, T.:  
Einführung der Integrierten Produktpolitik in kleinen und mittelständischen Unternehmen.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 62). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D89 STRICKER, H.:  
Bionik in der Produktentwicklung unter der Berücksichtigung menschlichen Verhaltens.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 63). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D90 NIßL, A.:  
Modell zur Integration der Zielkostenverfolgung in den Produktentwicklungsprozess.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 64). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D91 MÜLLER, F.:  
Intuitive digitale Geometriemodellierung in frühen Entwicklungsphasen.  
München: Dr. Hut 2007. (Produktentwicklung München, Band 65). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D92 ERDELL, E.:  
Methodenanwendung in der Hochbauplanung – Ergebnisse einer Schwachstellenanalyse.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 66). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D93 GAHR, A.:  
Pfadkostenrechnung individualisierter Produkte.  
München: Dr. Hut 2006. (Produktentwicklung München, Band 67). Zugl. München: TU, Diss. 2006.
- D94 RENNER, I.:  
Methodische Unterstützung funktionsorientierter Baukastenentwicklung am Beispiel Automobil.  
München: Dr. Hut 2007. (Produktentwicklung München, Band 68). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D95 PONN, J.:  
Situative Unterstützung der methodischen Konzeptentwicklung technischer Produkte.  
München: Dr. Hut 2007. (Produktentwicklung München, Band 69). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D96 HERFELD, U.:  
Matrix-basierte Verknüpfung von Komponenten und Funktionen zur Integration von Konstruktion und numerischer Simulation.  
München: Dr. Hut 2007. (Produktentwicklung München, Band 70). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D98 FELGEN, L.:  
Systemorientierte Qualitätssicherung für mechatronische Produkte.  
München: Dr. Hut 2007. (Produktentwicklung München, Band 72). Zugl. München: TU, Diss. 2007.
- D99 GRIEB, J.:  
Auswahl von Werkzeugen und Methoden für verteilte Produktentwicklungsprozesse.  
München: TU, Diss. 2007.
- D100 MAURER, M.:  
Structural Awareness in Complex Product Design.  
München: Dr. Hut 2007. (Produktentwicklung München, Band 74). Zugl. München: TU, Diss. 2007.

*Für Greta.* 