

# HANSER



## Leseprobe

zu

## Produktkomplexität managen

von Günther Schuh, Michael Riesener

ISBN (Buch): 978-3-446-45225-1

ISBN (E-Book): 978-3-446-45334-0

Weitere Informationen und Bestellungen unter  
<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-43465-3>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

# Inhalt

<b>Inhalt</b> .....	V
<b>Vorwort</b> .....	I
<b>1 Grundlagen des Managements der Produktkomplexität</b> .....	3
1.1 Aktuelle Entwicklungen des Komplexitätsmanagements .....	3
1.2 Grundlagen der Produktkomplexität .....	7
1.2.1 Komplexe Systeme .....	9
1.2.2 Komplexitätsmanagement, Variantenmanagement und Produktkomplexität .....	15
1.3 Ursachen der steigenden Produktkomplexität .....	18
1.3.1 Externe Komplexität .....	21
1.3.2 Interne Komplexität .....	23
1.4 Auswirkungen der steigenden Produktkomplexität .....	26
1.4.1 Nutzenwirkung der Vielfalt .....	30
1.4.2 Kostenwirkung der Vielfalt .....	32
1.5 Optimale Produktkomplexität .....	35
1.5.1 Fit zwischen interner und externer Komplexität .....	36
1.5.2 Optimaler Komplexitätsgrad .....	37
1.6 Best-Practice-Beispiele des Komplexitäts- und Variantenmanagements	39
<b>2 Strategien zum Management der Produktkomplexität</b> .....	43
2.1 Positionierung der Strategie zum Management der Produkt- komplexität .....	43
2.1.1 Bedeutung und Reichweite der Strategie zum Management der Produktkomplexität .....	44
2.1.2 Einbettung in den strategischen Kontext .....	45

2.2	Einflussfaktoren auf die Strategie zum Management der Produktkomplexität .....	46
2.2.1	Outside-In-Betrachtung – Umfeld und Komplexitätsstrategie: Der „Fit“ entscheidet .....	48
2.2.2	Inside-Out-Betrachtung – Die richtigen Kompetenzen auf- und ausbauen .....	52
2.2.3	Auswirkungen des fehlenden Fits – Fallbeispiel Borgward .....	55
2.3	Bezugsrahmen für die Strategie zum Management der Produktkomplexität .....	56
2.3.1	Komplexitätsmanagement im St. Galler Management-Konzept ...	56
2.3.2	Self-Assessment für das Komplexitätsmanagement .....	59
2.3.3	Handlungsfelder für die Strategie zum Management der Produktkomplexität .....	61
<b>3</b>	<b>Chancen und Herausforderungen durch Angebotsvielfalt .....</b>	<b>67</b>
3.1	Produktvielfalt als Markteintrittsbarriere nutzen .....	68
3.2	Durch Dienstleistungen Produktvielfalt kompensieren .....	69
3.3	Preisqualität durch Konfigurationslogik sichern .....	71
3.4	Beherrschung der zusätzlichen Angebotsvielfalt durch Release- Engineering .....	74
3.5	Gefahren der Angebotsvielfalt: Selbstkonkurrenzierung vermeiden ...	78
<b>4</b>	<b>Produktprogrammplanung .....</b>	<b>81</b>
4.1	Bedeutung der Produktprogrammplanung für das Komplexitätsmanagement .....	81
4.2	Strukturierung und Differenzierung des Produktprogramms .....	83
4.3	Produktprogramm szenarien .....	84
<b>5</b>	<b>Produktstrukturierung .....</b>	<b>89</b>
5.1	Was ist eine Produktarchitektur? .....	89
5.2	Typen von Produktarchitekturen .....	91
5.3	Ausprägungen der Produktarchitektur .....	93
5.3.1	Baureihen .....	93
5.3.2	Module und Modularisierung .....	93
5.3.2.1	Module .....	93
5.3.2.2	Modularisierung .....	94
5.3.3	Plattformen .....	96
5.3.4	Baukastensysteme .....	97

5.4	Baukastengestaltung – Der GiBWert-Prozess .....	99
5.4.1	Phase I – Externe und interne Anforderungen aufnehmen .....	101
5.4.2	Phase II – Baukastenstandards definieren .....	106
5.4.3	Phase III – Baukastenkonfiguration definieren .....	111
<b>6</b>	<b>Produktvielfalt abbilden .....</b>	<b>119</b>
6.1	Merkmalbaum .....	119
6.2	Stücklisten .....	123
6.2.1	Einzelstücklisten .....	125
6.2.2	Variantenstücklisten .....	126
6.3	Variantenbaum .....	128
<b>7</b>	<b>Zielkostenmanagement .....</b>	<b>133</b>
7.1	Grundprinzip des Zielkostenmanagements .....	133
7.2	Einsatzmöglichkeiten des Zielkostenmanagements .....	136
7.3	Vorgehen im Zielkostenmanagement .....	138
7.3.1	Phase 1: Zielkostenermittlung .....	139
7.3.2	Phase 2: Zielkostenspaltung .....	141
7.3.3	Phase 3: Zielkostenerreichung .....	143
<b>8</b>	<b>Vielfaltsorientierte Kalkulation .....</b>	<b>149</b>
8.1	Defizite bestehender Kostenrechnungssysteme .....	149
8.2	Komplexitätskostentheorie .....	151
8.3	Ressourcenorientierte Prozesskostenrechnung (RPK) .....	154
8.4	Anforderungen und Potenziale der Kostenberechnung für Produktvarianten mittels RPK .....	158
8.4.1	Prognosefähigkeit .....	158
8.4.2	Verursachungsgerechtigkeit je Kostenträger .....	160
8.4.3	Einfachheit in der Anwendung .....	162
8.4.4	Integrierbarkeit in das Rechnungswesen .....	164
8.5	Anwendungsbereiche der RPK .....	166
8.5.1	Auftragskalkulation .....	166
8.5.2	Produktentwicklung .....	169
8.5.3	Produktprogrammplanung .....	170

<b>9</b>	<b>Leistungsprozessgestaltung</b> .....	173
9.1	Interdependenz zwischen Prozess-, Produktprogramm- und Produktgestaltung .....	173
9.2	Komplexitätsbeherrschung durch Produkt- und Prozessgestaltung ....	174
9.2.1	Synchronisation von Produkt- und Prozessbaukästen .....	177
9.2.2	Segmentierung des Leistungserstellungsprozesses .....	182
9.3	Produktion und Steuerung der Produktvielfalt .....	184
9.3.1	Einsatz von Fertigungstechnologien .....	184
9.3.2	Planung und Steuerung der Produktvielfalt .....	186
<b>10</b>	<b>Auftragsneutrale und kundenauftragsspezifische Disposition</b>	189
10.1	Herausforderungen in der Auftragsabwicklung von Einzel- und Kleinserienfertigung .....	189
10.2	Auswirkungen des Produktstrukturtyps auf den Leistungs- erstellungsprozess .....	191
10.3	Strategische Disposition .....	192
10.3.1	Planungsprozess im Überblick .....	192
10.3.2	Konzept der strategischen Disposition .....	194
<b>11</b>	<b>Product Lifecycle Management (PLM) zur Beherrschung der Datenkomplexität</b> .....	199
11.1	Nutzen und Aufwand .....	200
11.2	Aufbau-/Ablauforganisation und Produktstruktur im PLM .....	201
11.3	Informationstechnische Umsetzung von PLM .....	205
<b>12</b>	<b>Produktkonfiguration und Vertrieb von Varianten</b> .....	211
12.1	Was heißt Konfigurieren? .....	211
12.2	Vertriebs- und Konfigurationsprozess .....	211
12.3	Konfigurationssysteme .....	214
12.4	Vorgehen zum Aufbau eines Produktkonfigurators .....	217
<b>13</b>	<b>Organisation des Komplexitätsmanagements</b> .....	225
13.1	Einführung des Komplexitätsmanagements im Unternehmen .....	225
13.1.1	Grundsätze zum Komplexitätsmanagement .....	225
13.1.2	Zehn Thesen zum Komplexitätsmanagement .....	228
13.2	Organisatorische Verankerung des Komplexitätsmanagements .....	229
13.2.1	Ablauforganisatorische Handlungsfelder .....	229
13.2.2	Aufbauorganisatorische Handlungsfelder .....	231

<b>14 Complexity Manager – ein integriertes Werkzeug zum Komplexitätsmanagement</b> .....	235
14.1 Darstellung der Marktsicht (externe Komplexität) .....	235
14.2 Darstellung der Unternehmenssicht (interne Komplexität) .....	236
<b>Literatur</b> .....	241
<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	271
<b>Complexity Manager</b> .....	275

# Vorwort der dritten Auflage

„Eine Veränderung bewirkt stets eine weitere Veränderung“ [Niccoló Macchiavelli]. – Die dritte Auflage des Buches „Produktkomplexität managen“ ist basierend auf den umfangreichen Erfahrungen und deutlichen wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Entwicklungen in den letzten Jahren entstanden. Die Erkenntnisse aus wissenschaftlichen Arbeiten und Industrieprojekten haben gezeigt, dass eine Überarbeitung der bestehenden Ansätze notwendig gewesen ist. Die weiter zunehmende Globalisierung, die immer stärker werdende Mikrosegmentierung der Märkte sowie die Verbreitung cyber-physischer Produkte im Kontext von Industrie 4.0 führen zu einer steigenden Komplexität in der gesamten Wertschöpfungskette produzierender Unternehmen. Die Wettbewerbsfähigkeit produzierender Unternehmen in Deutschland hängt maßgeblich davon ab, wie gut die Komplexität beherrscht wird. Komplexitätsmanagement wird damit zunehmend zur Chefsache.

Wie bei den ersten Auflagen ist auch dieses Buch eine Kombination aus theoretischer Erläuterung und praktischen Hinweisen zur Umsetzung des Managements der Produktkomplexität. Das Ziel des Buches besteht darin, für die Aus- und Weiterbildung sowie die Anwendung in Forschung und Industrie die relevanten Fragen zu stellen und zu beantworten.

Die Überarbeitung des Buches profitiert im Wesentlichen von den zahlreichen Erfahrungen aus Studien, Beratungsprojekten, Industrieprojekten, Forschungsprojekten, Dissertationen etc. Wie bei der letzten Auflage wurde auch dieses mal der Fokus darauf gelegt, praktische Erfahrungen und Best Practices zum Umgang mit der Produktkomplexität auszuarbeiten und anwendungsgerecht vorzustellen.

Im Vergleich zur zweiten Auflage wurden teilweise deutliche Veränderungen vorgenommen. Im Kern wurde eine neue Gliederung der Kapitel eingeführt, um eine anwendungsnähere Struktur zu erhalten. Die Kapitel wurden um praktische Erfahrungen aus dutzenden Industrie- und Forschungsprojekten und aktuellen Studien ergänzt, um die Inhalte dem Leser möglichst anschaulich nahezubringen. Darüber hinaus wurden einige Beschreibungen der relevanten Ansätze und Methoden aktualisiert.

Wesentliche inhaltliche Neuerungen ergeben sich in den Bereichen Produktarchitekturentwicklung und Baukastenentwicklung, welche beide in den vergangenen Jahren branchenübergreifend eine weite Verbreitung in der produzierenden Industrie erlebt haben. In diesem Zusammenhang ist auch die organisatorische Verankerung des Komplexitätsmanagements in den vergangenen Jahren zunehmend wichtiger geworden. Im Kontext der horizontalen und vertikalen Vernetzung durch Industrie 4.0 stellt auch das Product Lifecycle Management einen wesentlichen Stellhebel dar, um erfolgreiches Komplexitätsmanagement zu betreiben.

An dieser Stelle möchten wir ein herzliches Dankeschön an das gesamte Team der wissenschaftlichen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Abteilung Innovationsmanagement für den großartigen Einsatz und die fachliche Überarbeitung bei der Erstellung der neuen Auflage richten. Die neue Auflage wurde wesentlich geprägt durch Dr. Stefan Breunig, Christian Dölle, Manuel Ebi, Dr. Michael Schiffer, Sebastian Schloesser und Elisabeth Schrey.

Darüber hinaus bedanken wir uns sehr herzlich bei Dr. Stephan Krumm, Geschäftsführer der Schuh & Co. GmbH, sowie bei Michael Friedrich, Manager der Schuh & Co. GmbH, welche die Überarbeitung fachlich unterstützt, Erfahrungen eingebracht und die Software „Complexity Manager“ weiterentwickelt haben.

Wir hoffen und denken, dass die neue Auflage des Buches den Leser dazu motivieren und dabei unterstützen kann, das nach wie vor höchstrelevante Thema der Produktkomplexität systematisch anzugehen. Dabei wünschen wir allen Beteiligten viel Erfolg!

Aachen, im Herbst 2017

*Günther Schuh, Michael Riesener*



## ■ Vorwort der zweiten Auflage

„Kein Buch kann jemals fertig werden: während wir daran arbeiten, lernen wir immer gerade genug, um seine Unzulänglichkeit klar zu sehen“ [Karl Popper]. – So ist nun auch die zweite Auflage meines Buches „Produktkomplexität managen“ ihrerseits Ergebnis permanenten Wandels. Dies ist insbesondere durch eine weiterhin ungebremschte Dynamik des wissenschaftlichen, wirtschaftlichen und technologischen Umfeldes bedingt, was zu einer für den Einzelnen immer weniger überschaubaren Technologiewelt führt und die Unternehmen für das Komplexitätsmanagement weiter sensibilisiert hat. Diesem Themenkomplex ist hierbei jedoch weiter reichend und tiefer gehend als durch „Reorganisationen“ oder „Restrukturierungen“ zu begegnen. Unternehmen wie auch Wissenschaftler, die in dieser unüberschaubaren Welt agieren, streben eine Neubestimmung der Erfolgsposition der Unternehmung im Markt und Wettbewerb und eine grundlegende Umgestaltung der Potenziale an, auf denen diese Position beruht. Genau dies sind Fragen, denen das Prädikat „Komplexität managen“ zukommt. Die Bewältigung dieser Zukunftsaufgaben und die Sicherung des Standortes Deutschland beziehungsweise Westeuropa ist nur durch eine effiziente Umsetzung eines Komplexitätsmanagements der Anschluss, respektive eine Vorreiterrolle im Hinblick auf den Weg hin zur Wissens- und Innovationsgesellschaft möglich.

Ausgehend von diesem Verständnis haben wir uns die Aufgabe gestellt, die theoretische Erklärung und die praktische Bewältigung des Komplexitätsmanagements weiter voranzutreiben bzw. zu unterstützen und damit einen Beitrag zur Erklärung und Hilfestellung zur Umsetzung des Komplexitätsmanagements zu leisten. Somit wendet sich diese zweite Auflage wie auch schon die erste an Leser, die Antworten auf die komplizierten Fragen des Komplexitätsmanagements in Aus- und Weiterbildung, in Wissenschaft und Praxis suchen und sich darauf einlassen wollen, neue Fragen zu stellen oder alte Probleme in einem neuen Licht zu sehen.

An dieser Stelle möchte ich mich bei meinem Team für die Einsatzbereitschaft, fachliche Unterstützung sowie die Begeisterung, mit der alle zu Werke gingen, bedanken. Diese sind Dr. Christian Neubaur, Mitglied der Geschäftsleitung der GPS AG, Dipl.-Ing. Michael Friedrich, Senior Consultant der GPS Schuh & Co. GmbH, mein Koautor der ersten Auflage Dr. Urs Schwenk, sowie die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Abteilung Innovationsmanagements meines Lehrstuhls an der RWTH Aachen, insbesondere Dipl.-Ing. Jens Meier.

Die zweite Auflage wurde in allen Kapiteln überarbeitet beziehungsweise ergänzt, zwei neue Kapitel mit Beispielen aus der unternehmerischen Praxis wurden eingefügt. Das eine behandelt die Fragen des strategischen Variantenmanagements, das andere präsentiert die Aspekte zur Nutzung zusätzlicher Marktchancen durch eine größere Angebotsvielfalt. Weiterhin ist die immer häufiger anzutreffende The-

matik des Product Lifecycle Managements (PLM), das wesentliche Aspekte des Komplexitätsmanagements verkörpert, in einem neuen Unterkapitel beschrieben. Die in der ersten Auflage beigefügte Software des Complexity Managers® ist durch eine aktuelle Version ersetzt worden.

Die Verbesserungen und Erweiterungen profitieren maßgeblich von mittlerweile gewonnenen Erfahrungen mit der Anwendung und Umsetzung in Vorträgen, Studien, Seminaren, diversen wissenschaftlichen Projekten und Praxisprojekten im Wirkungsumfeld des Komplexitätsmanagements sowie davon, dass einige der wissenschaftlichen Mitarbeiter inzwischen selbst gestandene Praktiker sind. Somit zeichnen sich die einzelnen Kapitel wie schon in der ersten Auflage durch eine hohe Praxisnähe und Aktualität aus. Sowohl die neuen als auch die überarbeiteten Kapitel enthalten viele praktische Regeln, Vorgehensweisen und Erfahrungen – allerdings nicht in Form von „Kochrezepten“, sondern eingebettet in argumentative und erklärende Zusammenhänge. Die Leser sollen durch dieses Buch angespornt werden, Mut zu fassen, um das nach wie vor dringende Problem der Produktkomplexität systematisch anzugehen. Nun bleibt mir nur zu hoffen, dass sich auch in den Augen des Lesers die Mühe aller Beteiligten gelohnt hat.

Aachen, im Frühjahr 2005

*Günther Schuh*

## ■ Vorwort der ersten Auflage

„Komplexität managen ist wie Haare schneiden“, sagte vor kurzem ein Mitarbeiter zu mir. Deshalb gefalle ihm sein Job so gut. Es sei immer eine methodisch anspruchsvolle Querschnittsaufgabe, die man mit einem umfassenden Werkzeugkasten lösen kann. Das Thema unterliege immer wieder neuen Moden wie JIT, TQM, Modularisierung, Mass Customization, Plattformkonzept oder jetzt Collaborative Commerce. Eins aber bleibe immer gleich – wie beim Friseur: Von Zeit zu Zeit brauche man Anstrengungen und zum Teil auch professionelle Unterstützung, um die „nachgewachsene“ Komplexität wieder neu zu bewältigen.

Komplexität managen heißt aber nicht nur, Façon in das Unternehmen zu bekommen, Ordnung zu schaffen und Unnötiges wegzuschneiden. Komplexität kann zur Einzigartigkeit des Unternehmens signifikant beitragen. Sie kann Markteintrittsbarrieren aufbauen, „Lock-in’s“ produzieren und eigenständige strategische Erfolgsposition sein.

Kernstück der Unternehmenskomplexität ist die Produktkomplexität. Ohne die Fähigkeit, die Produktkomplexität zu managen, d.h. letztlich die Variantenvielfalt als Waffe im Wettbewerb einzusetzen, wird jeweils nur an den Symptomen „geschraubt“.

Nach nun fast 20 Jahren intensiver Auseinandersetzung mit dem Thema Variantenvielfalt, mehr als 200 Projekten, unzähligen Diplomarbeiten, einem Dutzend Dissertationen, verschiedenen Tools und mit dem Rückenwind eines umfassenden Benchmarking-Projektes, ist es an der Zeit, eine Zusammenstellung von zueinander kompatiblen Variantenstrategien, Methoden und Tools im Sinne eines ganzheitlichen Ansatzes zu versuchen. Dies umso mehr, als das Internet-Zeitalter ansetzt, die Transaktionskosten (Malone) zu senken, die Spezialisierung (Coase) zu erhöhen und die Kommunikationsreichweite drastisch zu verbessern. Das Wertschöpfungsgefüge wird in jeder Hinsicht komplexer, gleichzeitig lässt sich die Komplexität durch die bessere Transparenz und Vergleichbarkeit der Produkte weniger gut in Preisqualität umsetzen.

Wir haben uns bei der redaktionellen Arbeit zu dem Buch von drei Gedanken leiten lassen:

1. Komplexität sollte ganzheitlich verstanden werden, d.h., die wichtigsten Interdependenzen z.B. zwischen Strategie, Produktstruktur und Maßnahme werden erkennbar.
2. Die Produktkomplexität als originäre Ursache der Unternehmenskomplexität steht im Vordergrund unserer Maßnahmen und Tools.
3. Ein erprobter Werkzeugkasten zur konkreten Unterstützung der Praktiker und Berater war uns wichtiger als der wissenschaftliche Diskurs oder die theoretische Herleitung.

Die beigefügte CD mit der Demo-Version des Complexity Managers® mit den Modulen F/V (Merkmals-/Variantenbaum) und C (Ressourcenorientierte Prozesskostenrechnung) sowie den Systemerläuterungen und weiterführender Literatur soll ein Übriges tun, um den Leser sofort bei der praktischen Lösungsfindung zu unterstützen.

Ursprünglich ging die Initiative zu dem Buch vom Carl Hanser Verlag aus, dem ich mit seinen verschiedenen Promotoren, insbesondere Herrn Martin Janik, für das Interesse, die Ausdauer und die gründliche Arbeit danken möchte.

Besonderer Dank gilt meinem Koautor Urs Schwenk, der die Elemente zusammengetragen und maßgeblich redigiert hat, sodass ein komplexes Ganzes entstehen konnte.

Großer Dank gebührt neben den Mitarbeitern des Benchmarking-Centers (TEC-TEM) am Institut für Technologiemanagement unter Leitung von Dr. Christian Bodmer auch dem Team der GPS Schuh & Co GmbH unter Leitung von Dr. Stephan Krumm, die nicht nur unermüdlich Erfahrung eingebracht und Methoden weiterentwickelt haben, sondern auch die Demo-CD zur Verfügung gestellt haben.

Ein Buch ist immer ein Stück von einem selbst, erst recht, wenn man Ideen aus vielen Jahren zusammenfasst. Es absorbiert nicht nur die Autoren, es beansprucht auch sehr stark deren Umfeld. Ich danke all jenen, die unter der Zusatzarbeit gelitten haben, für ihr Verständnis.

*Günther Schuh*

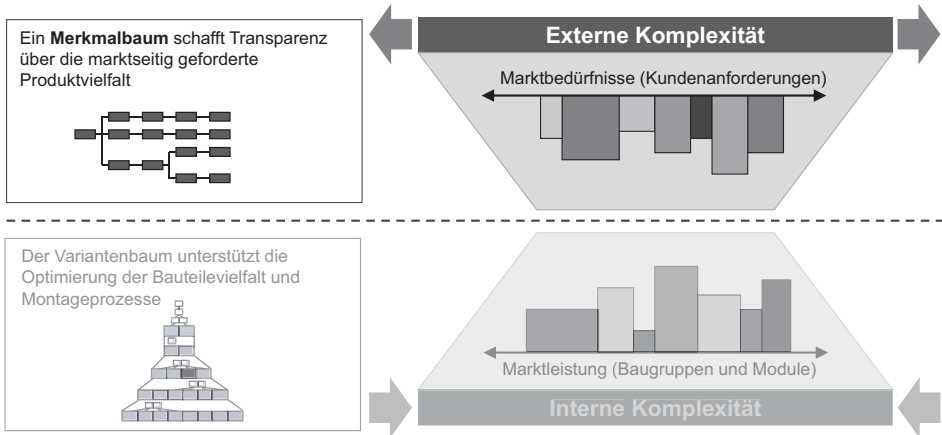
# 6

## Produktvielfalt abbilden

Im Rahmen der Produktstrukturierung wurden bereits Vorgehensweisen zur Planung und Beherrschung der Produktvielfalt vorgestellt. Um besser mit Vielfalt umgehen zu können, werden im Folgenden unterschiedliche Möglichkeiten aufgezeigt, wie Produktvielfalt abgebildet werden kann. Die Abbildung der Vielfalt und die damit einhergehende Schaffung von Transparenz ist eine notwendige Voraussetzung für das Management von Produktkomplexität.

### ■ 6.1 Merkmalbaum

Sowohl bei der Baukastengestaltung als auch beim reinen Variantenmanagement ist es im ersten Schritt notwendig, die marktseitige Vielfalt zu erfassen. Diese Vielfalt führt in Verbindung mit der zugrundeliegenden Dynamik der Märkte und Kundenanforderungen zu der externen Komplexität. Da sich externe Faktoren durch das Unternehmen nur schwer oder gar nicht beeinflussen lassen, muss die zum Markt hin angebotene Vielfalt ausreichend groß sein. Mit einer ungeplant großen und ausufernden Produktvielfalt ist jedoch keinem Unternehmen geholfen (vgl. Kapitel 3). Das Management der externen Komplexität bzw. der marktseitig angebotenen Vielfalt muss systematisch an den Anforderungen der Märkte sowie der Unternehmensstrategie ausgerichtet werden. Um den Prozess der Planung der externen Vielfalt zu unterstützen, kann das Werkzeug des Merkmalbaums genutzt werden (vgl. Bild 6.1).



**Bild 6.1** Abbildung der externen Komplexität durch den Merkmalbaum

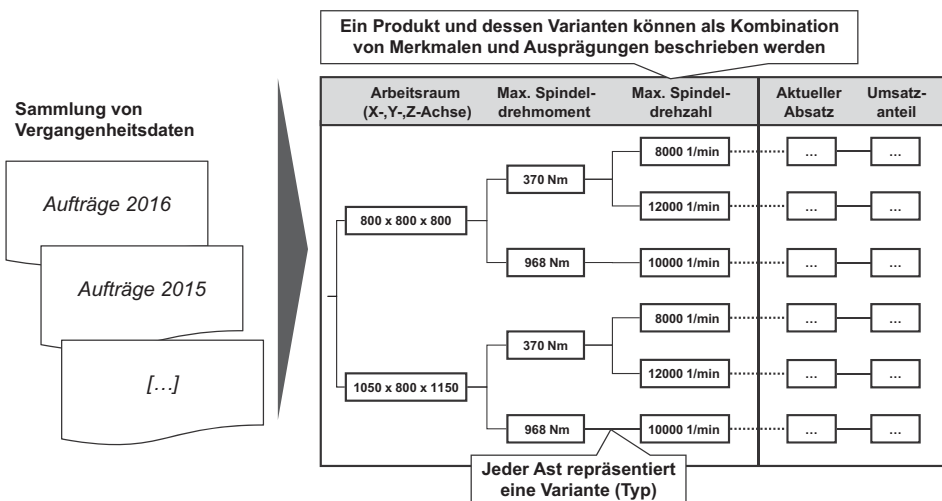
Der Merkmalbaum beschreibt eine Visualisierungsform, die für unterschiedliche Aufgaben herangezogen werden kann. Im Folgenden wird der Merkmalbaum in seinem Aufbau beschrieben und seine Anwendung für die retrospektive Analyse und die prospektive Planung der externen Produktvielfalt wird demonstriert.

Der Merkmalbaum ist eine hierarchische Struktur gebildet aus Merkmalen, deren Ausprägungen sowie einer zugrundeliegenden Kombinatorik. Geeignete Merkmale müssen eine marktseitige Relevanz besitzen, was heißt, dass ein Kunde diese Merkmale aktiv wählen möchte. Häufig handelt es sich dabei um Merkmale, die zum Beispiel in Produkt- oder Vertriebskonfiguratoren als Auswahlkategorien verwendet werden. Bei den Merkmalen handelt es sich ausdrücklich nicht um spezifische Baugruppen und Bauteile, auch wenn diese insbesondere im Maschinen- und Anlagenbau häufig sehr eng mit den nachgefragten Merkmalen verknüpft sind. Die Auswahl der Merkmale soll kurz am Beispiel einer Werkzeugmaschine verdeutlicht werden. Für den Kunden, der einen bestimmten Typ Werkstück bearbeiten will, sind der verfügbare Arbeitsraum sowie das maximale Spindeldrehmoment und die maximale Spindeldrehzahl relevante Merkmale, die seine Kaufentscheidung beeinflussen. Die konkrete Spindelbaugruppe hingegen spiegelt nicht die individuelle Kundenanforderung wider. Insbesondere wenn der Merkmalbaum zur vorausschauenden Planung verwendet wird, ist es ungünstig, bestehende Baugruppen als Merkmale aufzunehmen, da der Lösungsraum automatisch eingeschränkt wird. Weiterhin ist es einem Kunden häufig gleichgültig, durch welche Baugruppe seine gewünschte Funktion erfüllt wird.

Die Ausprägungen der Merkmale beschreiben entsprechend die von Kunden nachgefragten Auswahloptionen. Für den Arbeitsraum einer Maschine könnten zum Beispiel eine Standardgröße sowie ein größerer Arbeitsraum für spezielle Werk-

stücke als Ausprägungen definiert werden. Idealerweise können die Ausprägungen mit konkreten Werten eindeutig quantifiziert werden. Je eindeutiger die Ausprägungen sind, desto schärfer können anschließend Implikationen bei der Übertragung auf die interne Vielfalt berücksichtigt werden.

Der letzte Aspekt, der die Gestalt eines Merkmalbaums festlegt, ist die zugrundeliegende Kombinatorik von Merkmalsausprägungen. Die Kombinatorik beschreibt, welche Ausprägungen unterschiedlicher Merkmale einander ausschließen oder zwingend bedingen. Sie besteht somit aus klar formulierbaren Kombinationsverböten und -zwingen. Ohne diese Einschränkungen resultiert aus der Multiplikation der Ausprägungen schnell eine sehr große Anzahl an Typen. Ein Typ ist entsprechend durch einen Ast des Merkmalbaums beschrieben (vgl. Bild 6.2).

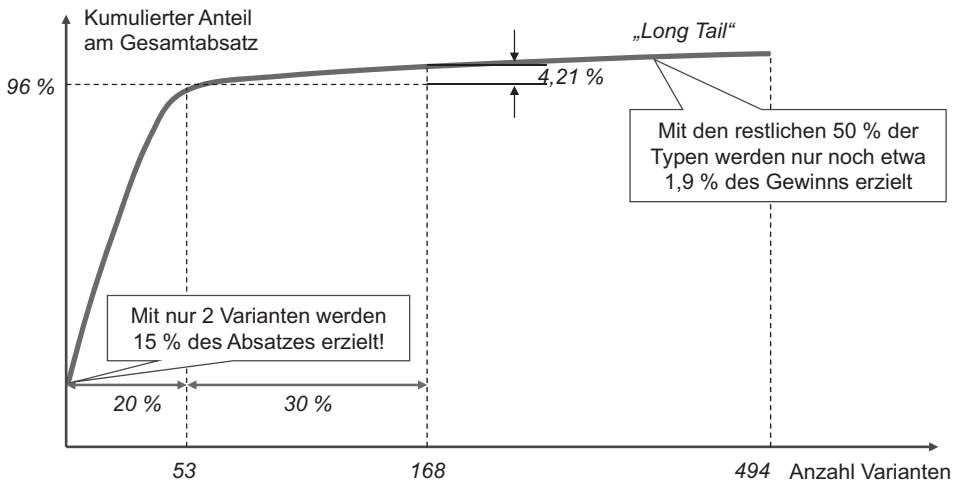


**Bild 6.2** Retrospektive Analyse der Vielfalt mit dem Merkmalbaum

Zur Abbildung der marktseitigen Vielfalt im Ist-Zustand kann der Merkmalbaum für eine retrospektive Analyse herangezogen werden. Grundlage hierfür bildet die Sammlung von Vergangenheitsdaten in Form von abgewickelten Aufträgen. Je nach Unternehmenskontext kann es sinnvoll sein, bis zu fünf Jahre in die Vergangenheit zu schauen. Auftragsdaten können dabei auf unterschiedliche Weise akquiriert werden. Besitzt das Unternehmen einen Produktkonfigurator, so können häufig zu den Aufträgen die relevanten Merkmale und Ausprägungen relativ einfach ausgelesen werden. Verfügt das Unternehmen über keine vergleichbare Ausgangslage, kann es durchaus aufwendig sein, alle vergangenen Aufträge durch Merkmale und Ausprägungen zu beschreiben. Um die Ergebnisse automatisiert in einen Merkmalbaum zu überführen, kann die Software *Complexity Manager* der Schuh & Co. GmbH verwendet werden (vgl. Kapitel 14). Durch die Beschreibung

von Aufträgen in Form generischer Merkmale und Ausprägungen werden automatisch Aufträge mit gleichen Ausprägungen in einem Ast zusammengefasst. Hierdurch lässt sich der kumulierte Absatz und Umsatz einer Variante, sprich eines Astes im Merkmalbaum, errechnen (vgl. Bild 6.2).

Auf Basis dieser Informationen lassen sich weitere Auswertungen erstellen, die den Ist-Zustand der Produktvielfalt abbilden. Eine Möglichkeit ist die Abbildung des kumulierten Anteils am Gesamtumsatz für die Produktvarianten des Merkmalbaums (vgl. Bild 6.3).



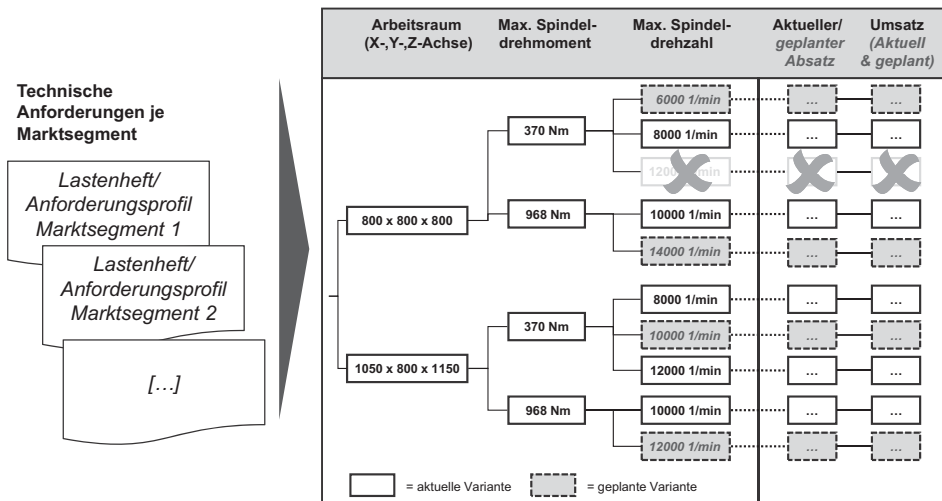
**Bild 6.3** Pareto-Diagramm der abgesetzten Produktvarianten

Das Ergebnis gibt Aufschluss darüber, welcher Anteil an Vielfalt zu welchem Absatzanteil führt. Häufig ergibt sich hierbei eine Pareto-Verteilung, bei der etwa 20 % der Varianten für 80 % des Absatzes verantwortlich sind. In dem oben gezeigten Beispiel stellt sich die Situation sogar noch drastischer dar. Insbesondere der sogenannte „Long Tail“ verdeutlicht häufig, dass mit einer hohen Anzahl an exotischen Varianten nur ein geringer Anteil am Absatz realisiert wird.

Die so geschaffene Transparenz kann in der ersten Phase der Baukastengestaltung oder zum Variantenmanagement genutzt werden. Um Varianten effizient zu managen, kann der Merkmalbaum zudem für eine prospektive Vielfaltsplanung eingesetzt werden. Aufbauend auf dem retrospektiven Merkmalbaum können Maßnahmen zum Variantenmanagement abgebildet und simuliert werden. Dabei können durch die Anpassung der Ausprägungen und der Kombinatorik bestehende Varianten eliminiert oder neue Varianten ergänzt werden. Die Bereinigung um Varianten kann direkt auf Basis der Pareto-Analyse vorgenommen werden. Produktvarianten mit geringem Anteil am Absatz und keiner signifikanten Bedeutung für



das Leistungsangebot der Zukunft können entsprechend eliminiert werden. Dies kann entweder durch das Formulieren eines Kombinationsverbots oder die Streichung einer Ausprägung erfolgen. Es ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Streichung einer Ausprägung einen Einfluss auf eine Vielzahl an Varianten haben kann. Diese Auswirkung, insbesondere auf den prognostizierten Absatz, lässt sich nun mit Hilfe des Merkmalbaums systematisch analysieren. Weiterhin ist es möglich, neue Varianten durch das Aufheben von Verboten oder die Hinzunahme von Ausprägungen zu generieren (vgl. Bild 6.4).



**Bild 6.4** Prospektive Planung der Vielfalt mit dem Merkmalbaum

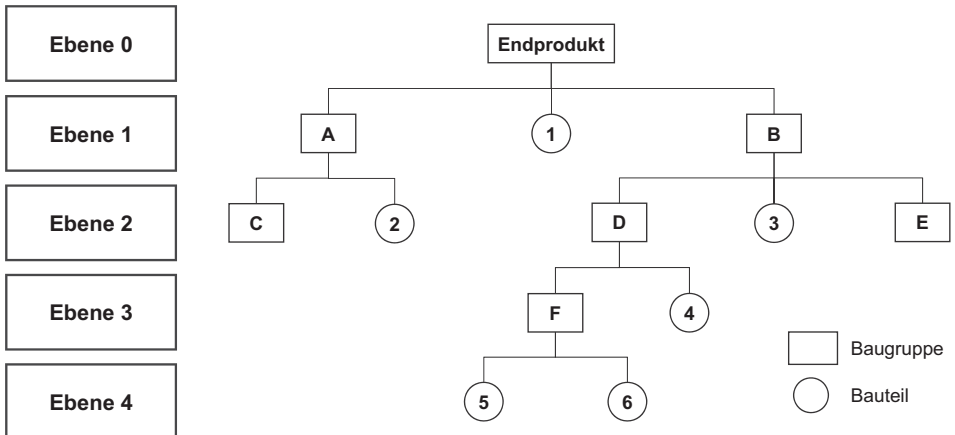
Der Merkmalbaum kann somit zur Analyse des Ist-Zustandes sowie zur vorausschauenden Planung von Produktvarianten genutzt werden. Insbesondere durch die Nutzung der Software *Complexity Manager* kann hierdurch eine weitreichende Transparenz hinsichtlich der externen Komplexität erzeugt werden.

## ■ 6.2 Stücklisten

In den meisten Unternehmen findet sich die Produktstruktur in Form unterschiedlich strukturierter Stücklisten wieder. Die Anforderungen an die Produktstruktur sind bereichs- wie auch unternehmensspezifisch. Verlangt die Konstruktion Hilfsmittel zur Herstellung der systematisch-funktionalen Strukturbeziehungen, konzentriert sich die Montage auf eine Darstellung von vormontierbaren und vorprüfba- ren Baugruppen und der Vertrieb auf die Ansicht verkaufsrelevanter Pro-

duktfunktionen. Da sich die Forderungen an die Produktstruktur teilweise widersprechen, ist unternehmensspezifisch jeweils zu entscheiden, welche „Sichtweise“ erforderlich bzw. ob ein Kompromiss zwischen den verschiedenen Forderungen möglich ist. Der Einsatz moderner PLM-Systeme<sup>1</sup> ermöglicht hierzu bereits das Wechseln der Sichten auf die Produktstruktur (vgl. Kapitel 12).

Die *Produktstruktur* wird häufig als Stammbaum dargestellt (vgl. Bild 6.5), wobei die oberste Ebene das Produkt repräsentiert (vgl. Abschnitt 6.1). In einer Produktstruktur wird jedem Artikel ein Strukturstufencode zugeordnet, der sich umgekehrt zur relativen Tiefe der Komponente in der Produktstruktur verhält. Ein Endprodukt hat so im Allgemeinen den Strukturstufencode 0. Die direkten Komponenten eines Endprodukts haben den Strukturstufencode 1. Eine Komponente einer Baugruppe oder eines Einzelteils hat einen um 1 höheren Strukturstufencode als die Baugruppe oder als ein Einzelteil.



**Bild 6.5** Mehrstufige Produktstruktur

In Abhängigkeit der Produktkomplexität variiert die Anzahl der Ebenen sehr stark. Bei komplexen Produkten wie Werkzeugmaschinen sind bis zu sieben Ebenen keine Seltenheit. Um die Produktstruktur für entsprechende Sichtweisen abzubilden, werden Stücklistenstrukturen verwendet. Grundlegend kann hinsichtlich des Betrachtungsumfangs zwischen Einzel- und Variantenstücklisten differenziert werden.

<sup>1</sup> PLM: Product Lifecycle Management

### 6.2.1 Einzelstücklisten

Nach *Eversheim* können die Einzelstücklisten wiederum in Mengen-, Struktur- und Baukastenstücklisten unterschieden werden.<sup>2</sup>

In der *Mengenstückliste* (vgl. Bild 6.6) sind für ein Erzeugnis alle Bauteile nur einmal mit der Angabe der erforderlichen Gesamtmenge enthalten. Es ist nicht dargestellt, wie viele Gliederungsebenen die Produktstruktur enthält und welchen Baugruppen die Elemente zugeordnet sind. Mengenstücklisten finden daher nur bei einfachen Erzeugnissen mit ein bis zwei Strukturebenen Anwendung.

Die *Strukturstückliste* zeigt die Zusammensetzung eines Produktes über alle Strukturstufen. Sie führt alle Baugruppen und Einzelteile des Erzeugnisses in strukturierter Form auf, wobei jede Baugruppe jeweils bis zur untersten Strukturebene aufgelöst ist. Zusätzlich zu den in der Mengenstückliste enthaltenen Angaben wird hier in einer besonderen Spalte die Ebenenzugehörigkeit jedes Elements dargestellt. Strukturstücklisten werden bei komplexeren Erzeugnissen verwendet. Ihr Nachteil liegt in der wiederholten Auflistung ganzer Baugruppen mit allen untergeordneten Elementen. Der Vorteil der erhöhten Übersichtlichkeit geht bei zunehmendem Umfang der Strukturstückliste rasch verloren.

#### Mengenstückliste

Erzeugnisstückliste			
Pos.	Ident.-Nr.	Menge	
1	1	8	
2	2	1	
3	3	11	
4	4	5	
5	5	3	
6	6	1	

#### Strukturstückliste

Erzeugnisstückliste				
Pos.	Ebene	Ident.-Nr.	Menge	
1	1	A	1	
2	.2	C	2	
3	..3	3	2	
4	..3	5	1	
5	.2	2	1	
6	1	1	8	
7	1	B		
8	.2			

**Bild 6.6** Mengen- und Strukturstückliste<sup>3</sup>

Der Nachteil der Unübersichtlichkeit wird bei der *Baukastenstückliste* (vgl. Bild 6.7) vermieden. Diese enthält nur die Elemente einer Baugruppe, die sich in der nächsttieferen Strukturebene befinden. Die Mengenangaben beziehen sich jeweils auf die im Stücklistenkopf mit der Menge 1 angegebene Baugruppe bzw. das Erzeug-

<sup>2</sup> vgl. Eversheim (1996) S. 7 – 7

<sup>3</sup> in Anlehnung an Eversheim (1996) S. 7 – 7f.

nis. Wenn ein aufgelistetes Element eine Baugruppe darstellt, so wird dies durch einen Auflösungsverweis angezeigt. Bereits im einfachen oben dargestellten Beispiel entstehen viele einzelne Stücklisten. Allerdings werden wiederholt auftretende Baugruppen nur durch eine Stückliste dargestellt, auf die mehrfach verwiesen wird. Der Vorteil der Baukastenstückliste liegt darin, dass der Erstellungs-, Speicher- und auch Änderungsaufwand zum Teil entfällt, da eine Änderung einer Baugruppe zur Änderung nur einer Stückliste führt. Daher hat sich die Baukastenstückliste für industrielle Erzeugnisse weitgehend durchgesetzt. Die Möglichkeit, Mengen- und Strukturstücklisten aus der Baukastenstückliste abzuleiten, begründet deren weite Verbreitung.

Erzeugnisstückliste				
Pos.	Ident.-Nr.	Menge	AV	
1	A	1	*	
2	1	8		
3	B	1	*	

Baugruppe A				
Pos.	Ident.-Nr.	Menge	AV	
1	C	2	*	
2	2	1		

Baugruppe B				
Pos.	Ident.-Nr.	Menge	AV	
1	D	1	*	
2	3	5		
3	4	5		

Baugruppe C				
Pos.	Ident.-Nr.	Menge	AV	
1	3	2		
2	5	1		

Baugruppe D				
Pos.	Ident.-Nr.	Menge	AV	
1	C	1	*	
2	6	1		

Pos.: Position  
 Ident.-Nr.: Ident-Nummer  
 AV: Auflösungsverweis

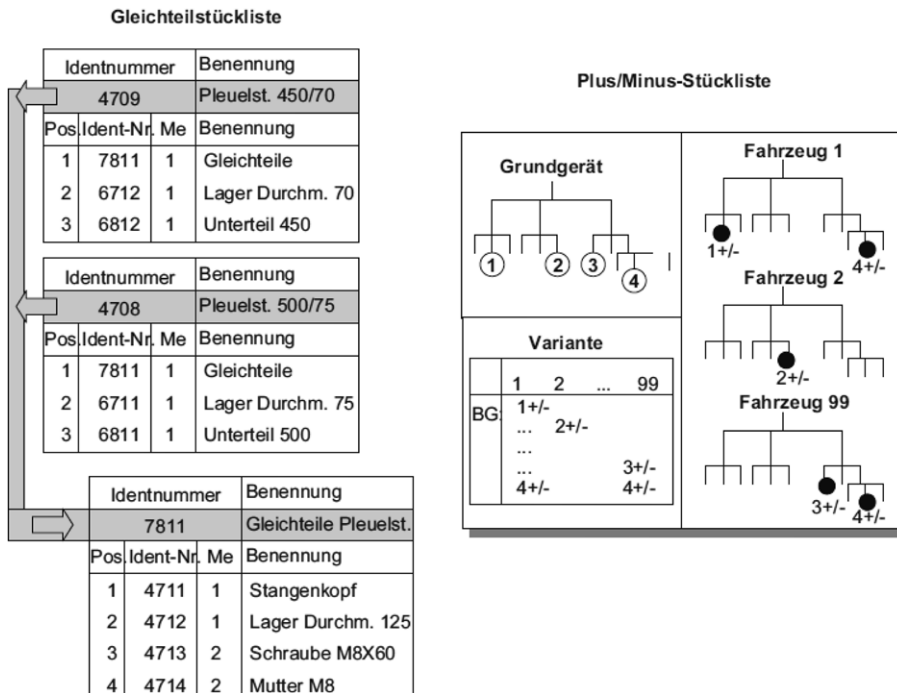
**Bild 6.7** Baukastenstückliste<sup>4</sup>

## 6.2.2 Variantenstücklisten

Vor dem Hintergrund der steigenden Produktvielfalt ist eine Abbildung der Produktstruktur in Form von Variantenstücklisten zielführend. Bei einer Vielzahl von Produktvarianten, die einen hohen Gleichteileanteil besitzen, ist es nicht sinnvoll, für jede Variante eine eigene Stückliste zu erstellen. Um die Datenredundanz zu verringern, wird die *Gleichteilestückliste* eingeführt (vgl. Bild 6.8). In der Gleichteilestückliste wird das Produkt in eine kundenanonyme Gleichteilegruppe und in varianten-(kunden-)spezifische Variantengruppen unterteilt. Die Gleichteilegruppe beinhaltet den höchstmöglichen Komplettierungsgrad, der ohne die ge-

<sup>4</sup> in Anlehnung an Eversheim (1996) S. 7–47f.

neuen Kenntnisse der Kundenvarianten möglich ist. Die Gleichteilestückliste ist besonders dann sinnvoll, wenn die Gleichteile über eine längere Zeit konstant bleiben.



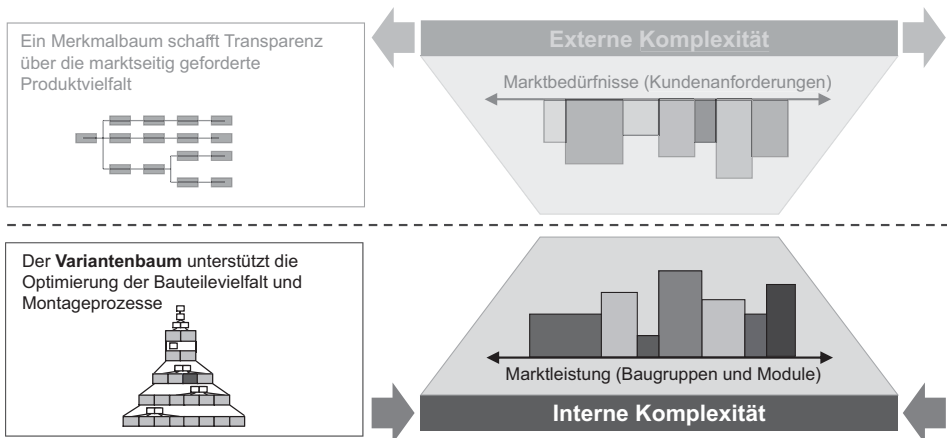
**Bild 6.8** Gleichteilestückliste

Variabler sind dagegen *Plus/Minus-Stücklisten*. Sie sind von allen Systemen die flexibelste Methodik. Eine „Variante“ wird als Grunderzeugnis definiert. Die Unterschiede zu den anderen Varianten werden durch Plus- bzw. Minusteile ausgedrückt. In den Strukturansätzen gibt jeweils das Vorzeichen an, ob das Teil zum Grunderzeugnis hinzukommt (+) oder abgezogen (-) werden muss. Die Plus/Minus-Methodik eignet sich für Produkte mit hochkomplexen Variantenstrukturen. Je mehr Baugruppen durch Kundenvarianten geändert werden müssen, desto eher bietet sie sich an. In diesen Fällen wäre der Verwaltungsaufwand für eine Gleichteilestückliste infolge reduzierten Gleichteileumfangs ungemein höher.

Durch die industrieweite Verwendung von PLM-Systemen ergeben sich umfassende Möglichkeiten zur Strukturierung und Verwaltung der digitalen Produktdaten (vgl. Abschnitt 12). In Folge dessen ist es wichtig, Stücklistenstrukturen unterscheiden zu können, um ein Verständnis für die Abbildbarkeit der Produktvielfalt zu erhalten.

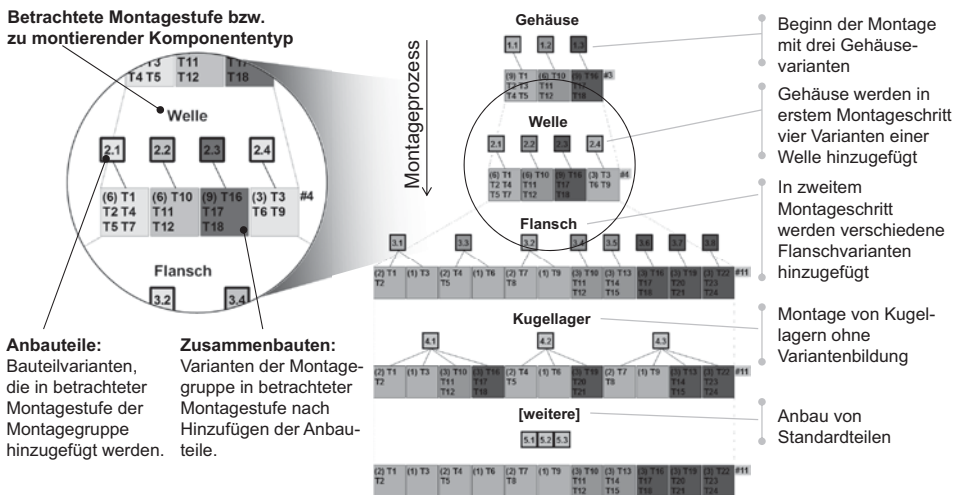
## ■ 6.3 Variantenbaum

Als Gegenstück zu dem Merkmalbaum, der die externe Vielfalt abbildet, kann zur Visualisierung der internen Vielfalt der Variantenbaum genutzt werden. Auf der Grundlage von Erzeugnisstücklisten kann durch diese Visualisierungsmethode Transparenz bzgl. der internen Bauteilvielfalt erzeugt werden (vgl. Bild 6.9). Eine Besonderheit des Variantenbaums ist, dass er die Ausprägung der Vielfalt über die Stufen des Montageprozesses abbilden kann. Weiterhin ermöglicht er eine Verknüpfung mit dem Merkmalbaum. Insbesondere die Berücksichtigung der Wechselwirkungen zwischen der externen und der internen Sicht schafft eine umfassende Abbildung der Produktvielfalt beziehungsweise unter Berücksichtigung dynamischer Faktoren der Produktkomplexität.



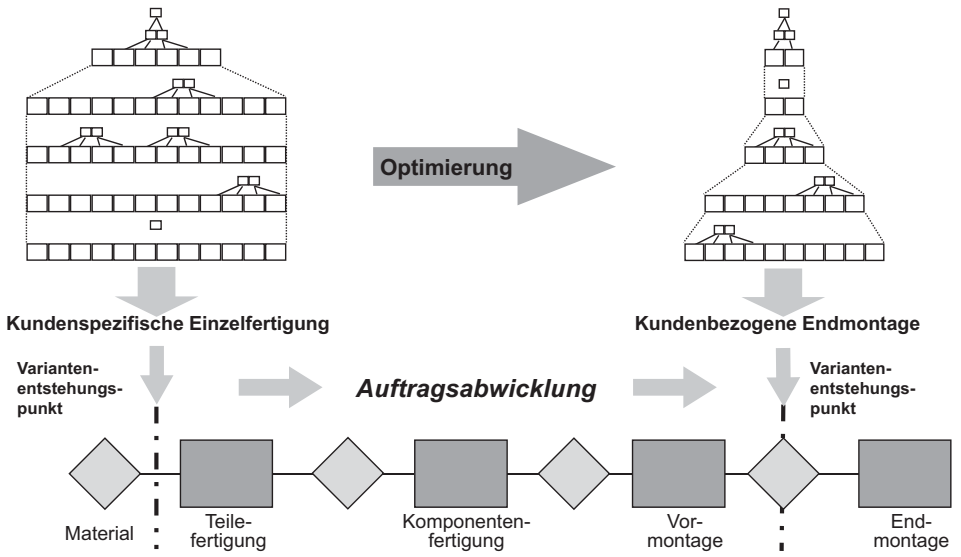
**Bild 6.9** Abbildung der internen Komplexität durch den Variantenbaum

Durch den Aufbau des Merkmalbaums wurde bereits die Anzahl an anzubietenden Produktvarianten (Typen) festgelegt. Diese Typen müssen nun durch entsprechende Baugruppen und Bauteile realisiert werden. An diesem Punkt setzt der Variantenbaum an. In einer hierarchischen Gliederung bildet er die Montagestufen zur Herstellung des kundenindividuellen Produktes ab. In jeder Stufe wird dabei die Menge aller benötigten Baugruppen- und Bauteilvarianten abgebildet. In dieser Struktur können nun alle Typen einsortiert werden. In der letzten Stufe resultiert hieraus die maximale Anzahl an physisch unterschiedlichen Produktvarianten. Diese Zahl stimmt wieder mit der Anzahl an Varianten, die im Merkmalbaum definiert wird, überein. Der Aufbau des Variantenbaums kann analog zum Merkmalbaum durch die Software *Complexity Manager* unterstützt werden. Ein Beispiel mit weiteren Erläuterungen zum Aufbau der Baumstruktur wird in Bild 6.10 dargestellt.



**Bild 6.10** Aufbau des Variantenbaums

Der Variantenbaum erfüllt in erster Linie den Zweck, Transparenz über die interne Variantenvielfalt zu schaffen. Durch die Berücksichtigung der Montagesstufen kann der Variantenbaum zudem zur Optimierung der Montage genutzt werden. Dabei wird die Zielsetzung verfolgt, den Variantenentstehungspunkt so weit wie möglich in eine spätere Montagesstufe zu verlegen. Denn je später die Varianz generiert wird, desto schlanker können die Montageprozesse vor dem Variantenentstehungspunkt gestaltet werden. Zudem kann eine kundenneutrale Vorproduktion eines Grundprodukts erfolgen. Der Idealzustand wäre eine kundenindividuelle Veredelung eines Standardproduktes in der letzten Montagesstufe. Auch wenn dieser Zustand in der industriellen Praxis kaum erreicht werden kann, so beschreibt er dennoch treffend die Stoßrichtung der Optimierung. Hinsichtlich des Erscheinungsbildes der entsprechenden Variantenbäume kann zur Optimierung das folgende Ziel formuliert werden: „*Von der breiten Eiche zur schmalen Tanne*“. Dieser Ansatz kann über den Montageprozess hinaus auf den gesamten Auftragsabwicklungsprozess übertragen werden (vgl. Bild 6.11). Die Verschlinkung des Baums kann neben der Veränderung der Montagereihenfolge insbesondere durch die Strukturierung von Standardbaugruppen oder Grundmodulen realisiert werden. Der Variantenbaum kann somit zur Bewertung der Auswirkung einer Baugruppenstandardisierung oder der Streichung einer Produktvariante genutzt werden. In Kombination mit einem verknüpften Merkmalbaum bieten sich somit vielfältige Möglichkeiten zur Abbildung und Gestaltung der Produktvielfalt.



**Bild 6.11** Optimierung durch Verschieben des Variantenentstehungspunktes



# Stichwortverzeichnis

## A

Ablauforganisation 229  
Änderungsprozess 231  
Angebotsvielfalt 67  
Anker-Effekt 73  
Aufbauorganisation 231  
Auftragsabwicklung 189

## B

Baukastengestaltung 100  
Baukastengremium 234  
Baukastenkonfiguration 111  
Baukastenlastenheft 106  
Baukastenpflichtenheft 117  
Baukastenstandards 106  
Baukastensystem 97  
Baukastenvarianten 111  
Baukastenverantwortlicher 234  
Baureihe 93

## C

Complexity Manager 235

## D

Dienstleistungen 69  
Differenzierung 78  
Differenzierungsplan 106  
Disposition 192

## E

Engineering Change Prozess 230  
Erfolgspositionen 46  
Externe Komplexität 21

## F

Funktionsstruktur 89

## G

generische Produktstruktur 105  
GiBWert-Prozess 100

## H

Härtegradlogik 144  
Hystere-Effekt 34

## I

Industrie 4.0 69  
integrale Produktarchitektur 92  
integriertes Produktmodell 204  
Interne Komplexität 23

## K

Kano-Modell 71  
Komplexität 9  
Komplexitätskosten 151  
Komplexitätskubus 13

Komplexitätsmanagement 15, 56, 61, 81, 225  
 Komplexitätsmanagementstrategie 81  
 Komplexitätsmanagementstrategien 43  
 Komplexitätstreiber 19  
 Konfiguration 211  
 Konfigurationssystem 217  
 konstituierende Merkmale 110  
 Kosten- und Nutzeneffekte der Vielfalt 30

**L**

Leistungsangebot 83  
 Leistungserstellungsprozess 174  
 Leistungsstaffelung 78  
 Leistungssystem 69

**M**

Marktanforderungen 101  
 Marktsegmentierung 103  
 Mass Customization 67, 81  
 Merkmalbaum 104, 120, 236  
 Merkmale 219  
 Modul 93  
 modulare Produktarchitektur 92  
 Modularität 95  
 Modulschnittstellen 116  
 Modulsteckbrief 116  
 Modulstruktur 112  
 Modultreiber 114  
 Modulverantwortlicher 233

**N**

Nomogramm 154

**O**

Opportunitätskosten 39  
 Organisation 225

**P**

Product Lifecycle Management (PLM) 200  
 Produktarchitektur 89  
 Produktbaukasten 97  
 Produktionssystem 184  
 Produktionsvielfalt 179  
 Produktkomplexität 17  
 Produktkonfiguration 211  
 Produktlebenszyklus 32  
 Produktplattform 96  
 Produktportfolio 69  
 Produktprogramm 84  
 Produktstruktur 90, 124, 204, 221  
 Produktvarianz 107  
 Produktverantwortlicher 233  
 Produktvielfalt 71  
 Produktwechsel 12  
 Prozessbaukästen 179  
 Prozessstandardisierung 175

**Q**

Quersubventionierung 28

**R**

Release-Engineering 74  
 Release-Intervall 75  
 Ressourcenorientierte Prozesskostenrechnung (RPK) 144, 154

**S**

Schalenmodell 110, 115, 230  
 Selbstkonkurrenzierung 78  
 Self-Assessment 59  
 Standardisierungsplan 106  
 St. Galler Management-Konzept (SGMK) 57  
 Stücklisten 124

**T**

Target Costing 136  
Trickle-down-Effekt 69

**V**

Variantenbaum 128, 237  
Variantenmanagement 16  
Variantentreiber 107  
Varianzmerkmale 107  
Varianz-Portfolio 108  
Varianzsensitivität 107

Varianzsensitivitätsanalyse 108

Vertrieb 211

Vielfalt 71

**W**

Wertanalyse 147, 152

**Z**

Zielkostenindex 145

Zielkostenmanagement 134