

Lehrstuhl für Produktentwicklung

Variantenmanagement nach Fusionen in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus

Michael Förster

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. H. Hoffmann

Prüfer der Dissertation: 1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Lindemann

2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. M. Zäh

Die Dissertation wurde am 16.06.2003 bei der Technischen Universität
München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen
am 29.10.2003 angenommen

Danksagung des Autors

Dieses Buch entstand während meiner Tätigkeit als Doktorand bei der Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH und als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl für Produktentwicklung der Technischen Universität München in den Jahren 2000 bis 2003.

Mein besonderer Dank gilt meinem Doktorvater Herrn Prof. Dr.-Ing. Udo Lindemann dafür, dass er es mir ermöglicht hat neben meiner Tätigkeit bei der Knorr-Bremse am Lehrstuhl zu promovieren. Ihre Unterstützung und die notwendigen Freiräume haben es mir ermöglicht, trotz meiner Position zwischen den Stühlen meine Dr. Arbeit zu schreiben.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh bedanke ich mich sehr herzlich für die Mitberichterstattung, die noch wichtigen Anregungen, sowie dem Interesse an der Arbeit. Für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing Hartmut Hoffmann danken.

Leider kann ich hier an dieser Stelle nicht alle Kolleginnen und Kollegen des Lehrstuhls namentlich nennen, ich möchte mich jedoch bei allen für die gute Zusammenarbeit, die fachlichen Diskussionen und die schöne Zeit am Lehrstuhl bedanken.

Dr. Wach und Herrn Störzinger danke ich für die Möglichkeit neben meiner Tätigkeit bei der Knorr-Bremse zu promovieren und für die Unterstützung und auch Rückendeckung bei der Bearbeitung meiner Projekte.

Meinem Kollegen Dr. Amft möchte ich dafür danken, dass er mich von Anfang an am Lehrstuhl und später bei der Knorr-Bremse unterstützt hat und mit seiner Erfahrung zur Seite stand. Auch für die oft schmerzhaft Kritik zu meiner Dr. Arbeit möchte ich Ihm danken.

Besonders aber möchte ich meiner Frau für Ihre Unterstützung, Ihren Antrieb und für Ihre Geduld und meinem Sohn für die schlaflosen Nächte in denen ich meine Dissertation schreiben konnte danken.

München, im April 2004

Michael Förster

Inhaltsverzeichnis

1. EINLEITUNG	1
1.1. PROBLEMSTELLUNG	2
1.2. ZIELSETZUNG DER ARBEIT UND ABGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSFELDES.....	5
AUFBAU DER ARBEIT	6
2. CHARAKTERISTIK DES ANLAGEN- UND MASCHINENBAUS UND URSACHEN DER VIELFALT	9
2.1. EINTEILUNG VON UNTERNEHMEN.....	9
2.2. CHARAKTERISTIK DER PRODUKTE IM ANLAGEN UND MASCHINENBAU.....	12
2.3. ORGANISATION UND PROZESSE.....	17
2.4. ZUSAMMENFASSUNG.....	24
3. NEGATIVE AUSWIRKUNGEN ÜBERHÖHTER TEILE- UND PRODUKTVIELFALT	25
3.1. STRUKTURIERUNG DER AUSWIRKUNGEN VON VARIANTENVIELFALT	25
3.2. AUSWIRKUNGEN DER VARIANTENVIELFALT AUF DIE VERSCHIEDENEN BEREICHE DES UNTERNEHMENS	26
3.3. KOSTENWIRKUNG DER VARIANTENVIELFALT	31
3.4. ZUSAMMENFASSUNG.....	40
4. VARIANTENVIELFALT UND VARIANTENMANAGEMENT NACH FUSIONEN	41
4.1. BEGRIFFE UND GRUNDLAGEN	41
4.2. INTEGRATION FUSIONIERTER UNTERNEHMEN	42
4.3. AUSWIRKUNGEN DER INTEGRATION FUSIONIERTER UNTERNEHMEN AUF DAS PRODUKTPROGRAMM.....	45
4.4. ZUSAMMENFASSUNG.....	47
5. ÜBERBLICK ÜBER DIE METHODIK DES VARIANTENMANAGEMENTS	49
5.1. GRUNDLAGEN UND DEFINITIONEN.....	49
5.2. DIE BAUSTEINE DER METHODIK DES VARIANTENMANAGEMENTS.....	51
5.3. VORGEHEN BEI DER IMPLEMENTIERUNG DER METHODIK	53
5.4. ZUSAMMENFASSUNG.....	54

6. ORGANISATION UND PROZESSE FÜR EIN VARIANTENMANAGEMENT	55
6.1. PRODUKTMANAGEMENT IM UNTERNEHMEN	56
6.2. KLASSIFIZIERUNG DER MODULE NACH VERTRIEBSORIENTIERTEN GESICHTSPUNKTEN.....	58
6.3. RAHMENBEDINGUNGEN FÜR DEN VERTRIEB	60
6.4. KENNZAHLEN FÜR DAS VARIANTENMANAGEMENT	61
6.5. ZUSAMMENFASSUNG.....	64
7. VARIANTENMANAGEMENT DER SYSTEME	65
7.1. WETTBEWERBS- UND VARIANTENMANAGEMENTSTRATEGIEN.....	65
7.2. STRATEGIEBILDUNG IM ANLAGEN- UND MASCHINENBAU	69
7.3. OPERATIVES VARIANTENMANAGEMENT DER SYSTEME	79
7.4. RETURN-ON-INVEST RECHNUNG FÜR KUNDENPROJEKTE.....	89
7.5. ZUSAMMENFASSUNG.....	92
8. VARIANTENMANAGEMENT DER MODULE UND SUBSYSTEME.....	93
8.1. METHODE ZUR VARIANTENSANIERUNG EINER PRODUKTFAMILIE	94
8.2. MODULARISIERUNG, BAUKASTEN- UND PLATTFORMBAUWEISE.....	109
8.3. GESTALTUNGSPRINZIPIEN FÜR VARIANTENGERECHTE PRODUKTE.....	115
8.4. ZUSAMMENFASSUNG.....	120
9. VARIANTENMANAGEMENT VON EINZELTEILEN	121
9.1. GRUNDLAGEN.....	121
9.2. METHODEN UND LÖSUNGSANSÄTZE.....	122
9.3. ZUSAMMENFASSUNG.....	130
10. VARIANTENMANAGEMENT VON KONSTRUKTIONSPRINZIPIEN	131
10.1. GRUNDLAGEN	131
10.2. KONSTRUKTIONSRICHTLINIEN UND NORMIERUNG.....	131
10.3. PARAMETRIK.....	133
10.4. ZUSAMMENFASSUNG	135
11. ANWENDUNG DER METHODIK IN EINEM UNTERNEHMEN	137
11.1. DIE AUSGANGSSITUATION	138
11.2. DAS PROJEKT "STANDARDISIERUNG SYSTEME UND KOMPONENTEN COC BC"	144
11.3. ORGANISATION UND PROZESSE FÜR EIN VARIANTENMANAGEMENT	146
11.4. VARIANTENMANAGEMENT DER MODULE.....	149
11.5. VARIANTENMANAGEMENT DER SYSTEME UND SUBSYSTEME.....	157
11.6. VARIANTENMANAGEMENT VON EINZELTEILEN	161
11.7. VARIANTENMANAGEMENT VON KONSTRUKTIONSPRINZIPIEN	164
12. FAZIT UND AUSBLICK	171

13. LITERATUR	173
14. DISSERTATIONSVERZEICHNIS	184

1. Einleitung

Globalisierung und Internationalisierung sind Phänomene, die in den letzten Jahren mehr und mehr an Bedeutung gewonnen haben. Mitte der 80er Jahre sprach der Japaner OHMAE (1985) erstmals von Globalisierung. In den folgenden Jahren beschäftigten sich eine Vielzahl von Veröffentlichungen mit diesen Themen. Trotz der Fülle an Veröffentlichungen lässt sich bis heute noch keine eindeutige Definition für den Begriff der "Globalisierung" ableiten. Je nach Blickwinkel wird eine positive oder negative Darstellung des Globalisierungsbegriffes aufgezeigt. Globalisierung lässt sich jedoch als einen Wandel auf politischer, technologischer und soziokultureller Ebene beschreiben, der zu einer intensiveren Interaktion zwischen global verteilten Partnern führt. (GIERHARDT 2001)

Die zunehmende Interaktion zwischen global verteilten Unternehmen und Märkten wird unter anderem durch das Ziel der Unternehmen, den **Marktanteil** zu erhöhen und damit **das Unternehmensergebnis** zu verbessern, hervorgerufen (WINKLER et al. 2000). Die Erhöhung des Marktanteils kann entweder durch eigenes Wachstum oder durch Fusionen erreicht werden. Da die für das Wachstum und die Internationalisierung zur Verfügung stehende Zeit durch die gleichen Bestrebungen der Wettbewerber eingeschränkt ist, lässt sich die Erhöhung des Weltmarktanteils meist nur durch die zweite Variante, **durch Fusionen** von Firmen realisieren. Diese Firmenzusammenschlüsse finden innerhalb einer Branche statt und werden als horizontale Integration bezeichnet. Neben der Erhöhung des Marktanteils wird nach der Fusion die Realisierung von Synergieeffekten angestrebt, um die Wettbewerbsvorteile zu verbessern.

Auffallend ist dennoch, dass mehr als 60% der **Merger & Acquisitions scheitern**, bei mehr als 90% unvorhergesehene Schwierigkeiten auftreten und bei mehr als 50% kein schnelleres Wachstum als im Branchendurchschnitt stattfindet. Die Realisierung von Synergieeffekten und Einsparungen, verbunden mit mehr Umsatz, höheren Erträgen und einem steigenden Kapitalmarktwert bei einer gleichzeitigen Berücksichtigung der notwendigen Kundenorientierung werden oft nicht erreicht. (SCHEWE 2002)

Der **zweite Trend**, der die Unternehmen in den letzten Jahren mehr und mehr forderte, ist die steigende **Individualisierung der Produkte**. Für die Unternehmen bedeutet dies, dass sie ihre Produkte vermehrt an die Kundenwünsche anpassen müssen und somit die Anzahl der Produktvarianten und die Komplexität im Unternehmen steigt. Die zunehmende Individualisierung im Unternehmen erfordert angepasste Prozesse, um weiterhin wettbewerbsfähig agieren zu können und stellt, wie die Globalisierung, eine große Herausforderung an die Unternehmen dar (SCHUH & SCHWENK 2001).

Wenn Unternehmen, die sehr kundenspezifisch Produkte entwickeln und fertigen, stetig durch Akquisitionen wachsen, stehen diese vor der Herausforderung ihre Produkte und Prozesse den sich kontinuierlich wechselnden Rahmenbedingungen anzupassen, um die Komplexität, die im Unternehmen entsteht, noch beherrschen zu können. Ein Beispiel für Unternehmenstypen, die sehr kundenindividuell Produkte entwickeln und in den letzten Jahren sehr viele M&As durchführten, ist der Anlagen- und Maschinenbau (A.T. KEARNEY 2001).

1.1. Problemstellung

Die bereits beschriebene hohe Flexibilität gegenüber Kundenwünschen im Anlagen- und Maschinenbau und die stetige Zunahme des globalen Wachstums von Konzernen durch Fusionen führen, wie im Folgenden dargestellt werden soll, zu der in dieser Arbeit behandelten Problemstellung, einer **stark überhöhten und stetig wachsenden Variantenvielfalt in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus**.

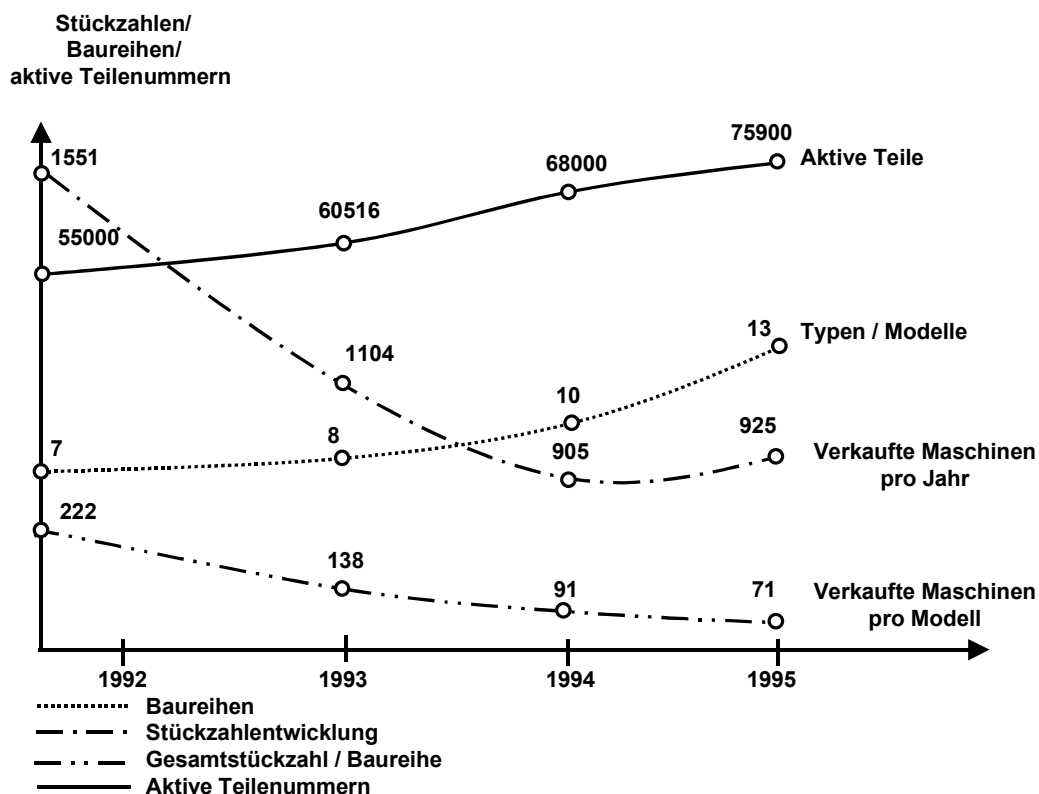


Abbildung 1-1: Vielfaltsentwicklung im Anlagenbau (SCHUH & SCHWENK 2001)

Die Erhöhung der Vielfalt in den Endprodukten zieht in der Regel eine Erhöhung der Vielfalt der Einzelteile und Unterbaugruppen nach sich. Betrachtet man die Anzahl der insgesamt verkauften Maschinen und die Anzahl der verkauften Maschinen pro Modell im Vergleich, so ist die Anzahl der Maschinen pro Modell rückläufig. Diese Entwicklung veranschaulicht die **typische Problemstellung des Variantenmanagements**, steigende Anzahl der Varianten bei stagnierenden oder sinkenden Stückzahlen.

Variantenvielfalt kann sich **positiv**, als auch **negativ** auf den Unternehmenserfolg auswirken. Die Verfügbarkeit an Varianten ermöglicht es dem Vertrieb zusätzliche Absatzmärkte und Zielgruppen zu bedienen. Demgegenüber führt ein Anstieg der wachsenden Produktvariantenvielfalt zu einem **Kostenanstieg** im Unternehmen (LINGNAU 1994). Die Betrachtung der Erlös- und Kostenverläufe verdeutlicht, dass die Bestimmung der Variantenvielfalt eines Produktprogramms theoretisch den Charakter eines **Optimierungsproblems** hat (HICHERT 1985). Wie in Abbildung 1-2 dargestellt, steigen die Kosten mit zunehmender Variantenvielfalt stärker als die dadurch erzielten Erlöse.

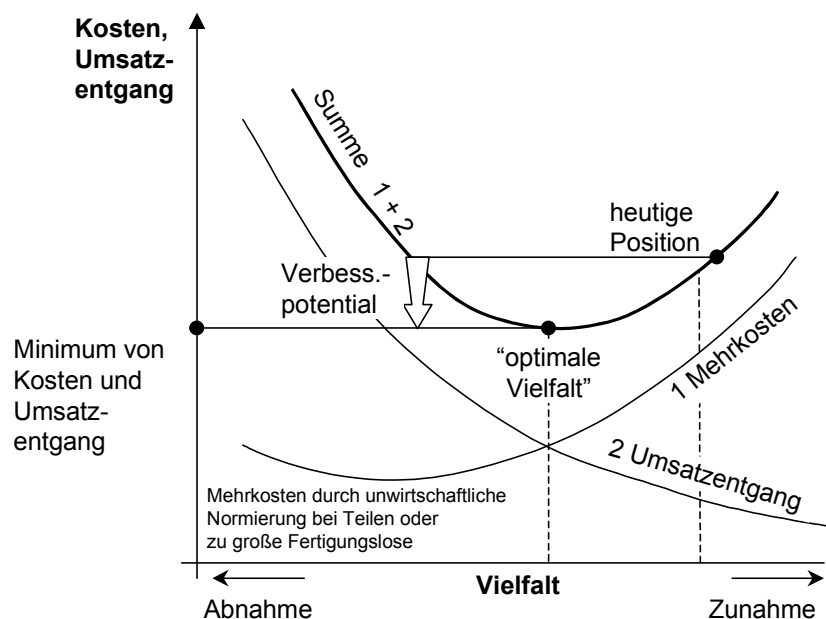


Abbildung 1-2: Produktvariantenvielfalt als Optimierungsproblem (HICHERT 1985)

Neben den Herausforderungen der Individualisierung stehen die Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus auch denen der Globalisierung gegenüber. Im heutigen globalen Wettbewerb existieren viele Unternehmen, die für ihre Kunden auf der ganzen Welt Maschinen und Anlagen planen und vertreiben. Um auf den Kunden, seine speziellen Anfor-

derungen und die örtlichen Gegebenheiten und Vorschriften eingehen zu können ist es meist erforderlich, in dem jeweiligen Land den Vertrieb und möglicherweise die Projektierung¹ der Anlagen bzw. Maschinen durchzuführen. Dies führt zu **verteilten Strukturen mit sehr vielen Standorten**.

Des Weiteren zwingt der in den letzten Jahren stark gestiegene globale Wettbewerb Unternehmen durch **Akquisitionen** zu wachsen. Wesentliche Ziele der Akquisitionen können, neben dem Ausbau des internationalen Vertriebsnetz und der Erhöhung von Marktanteilen, Synergien durch Reduzierung der Kosten in Produktion und Entwicklung sein. Zu diesem Zeitpunkt der Fusion findet neben dem Zusammenschluss zweier Firmen ebenso eine **Ver-einigung der Produkte** statt.

Da Fusionen oder Akquisitionen meist in der eigenen Branche stattfinden, setzt sich das gemeinsame Produktspektrum aus vielen Komponenten zusammen, die zuvor teilweise Konkurrenzprodukte waren und eine hohe **Übereinstimmung in Funktionen und Eigenschaften** besitzen. Durch die **kontinuierliche Integration der Produkte** der übernommenen Firmen in das eigene Produktprogramm **steigen die Komplexitätskosten** durch die Erhöhung der Variantenzahl stetig an. Die Auswirkungen sind im Vergleich zu einem evolutionären Anwachsen der Variantenvielfalt wesentlich gravierender, da sich die Produktfamilien aus den meist konkurrierenden Firmen stark in den Technologien und der Gestalt unterscheiden und die Gleichteilstrategie einer Baukastenbauweise nicht mehr existiert.

Die Unternehmen im Anlagen- und Maschinenbau stehen somit vor der Herausforderung, **den Komplexitäts- und Kostenanstieg im Unternehmen durch fortschreitende Individualisierung, sowie Globalisierung** zu vermeiden, zu reduzieren und zu beherrschen.

Zur **Lösung dieser Problemstellung** wurden bisher eine **Vielzahl von Methoden des Variantenmanagements** entwickelt, wie z.B. die VMEA, die Komplexitätskostenrechnung, die Prozesskostenrechnung und viele andere, die jedoch, wie durch empirische Untersuchungen ersichtlich wird, aus verschiedenen Gründen entweder nicht angewandt werden, oder nicht den erforderliche Effekt bewirken. Eine erhöhte Variantenvielfalt stellt für die Unternehmen im Anlagen- und Maschinenbau somit immer noch ein wesentliches und ungelöstes Problem dar.

¹ Unter dem Begriff Projektierung soll das Klären der Anforderungen und die Erstellung des Konzepts der Anlage verstanden werden. Eine Definition des Begriffs befindet sich in Kapitel 2.3..

1.2. Zielsetzung der Arbeit und Abgrenzung des Untersuchungsfeldes

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung einer effektiven und effizienten Methodik² für ein Variantenmanagement in Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus, die Methoden und Lösungsansätze für die im Produktentstehungsprozess beteiligten Bereiche des Unternehmens zur Verfügung stellt.

Wie aus dem Titel der Arbeit bereits ersichtlich, ist der **Fokus** der Arbeit auf **Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus** gerichtet. Die in der Arbeit behandelte Problemstellung der Variantenvielfalt findet sich in verschiedensten Branchen wieder, jedoch mit jeweils anderen Ausprägungen und möglichen Lösungsansätzen. Die Konzentration der Arbeit auf die Branchen der Hersteller von maschinenbaulichen Anlagen soll zu einem **verringerten Abstraktionsgrad** in den erarbeiteten Ergebnissen und somit zu einer höheren Praxisnähe und Anwendbarkeit führen.

Um die Problemstellung im Unternehmen ganzheitlich zu lösen, bzw. die negativen Auswirkungen der Variantenvielfalt im Unternehmen zu reduzieren, müssen alle Bereiche des Unternehmens (Vertrieb, Entwicklung, Produktion, usw.) hinsichtlich der ihnen gestellten Anforderungen reagieren und Lösungsansätze finden. Die **in dieser Arbeit zu erarbeitenden Lösungsansätze konzentrieren sich auf die Bereiche, in welchen die Produktdefinitionen stattfinden**, d.h. hauptsächlich **Vertrieb und Entwicklung**. Eine exakte Trennung zu den anderen Bereichen kann nicht stattfinden, jedoch sollen die Schwerpunkte der Arbeit auf diese beiden Bereiche ausgerichtet sein.

Ausgehend von der dargestellten Problemstellung will diese Arbeit, neben der Generierung neuen Wissens, praxisorientierte Lösungen zur beschriebenen Variantenproblematik in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus bereitstellen. Die Schritte dazu werden aus der in dem nächsten Kapitel vorgestellten Vorgehensweise ersichtlich.

Die in dieser Arbeit entwickelten Methoden basieren auf einem allgemein anwendbaren Produktmodell für die Produkte des Anlagen- und Maschinenbaus, welches in Kapitel 2 vorgestellt wird. Das Produktmodell soll die Allgemeingültigkeit der entwickelten Methoden gewährleisten.

² **Methoden** beschreiben ein planmäßiges und regelbasiertes Vorgehen, bzw. Handeln zum Lösen einer Aufgabe oder eines Problems. Für die Anwendung von Methoden sind gegebenenfalls **Hilfsmittel** notwendig. Ein einfaches Beispiel für eine Methode ist die ABC-Analyse zur Identifizierung von Schwerpunkten. **Mehrere Methoden, eingebettet in ein übergeordnetes Vorgehensmodell, bilden eine Methodik.**

1.3. Aufbau der Arbeit

Der Aufbau der Arbeit ist in Abbildung 1-3 dargestellt. Zu Beginn werden die notwendigen Grundlagen für die folgenden Kapitel erarbeitet. Die Vorstellung der Methodik für ein Variantenmanagement in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus, welche durch die Erfahrungen bei der Anwendung in einem Unternehmen verifiziert wird, erfolgt im Anschluss.

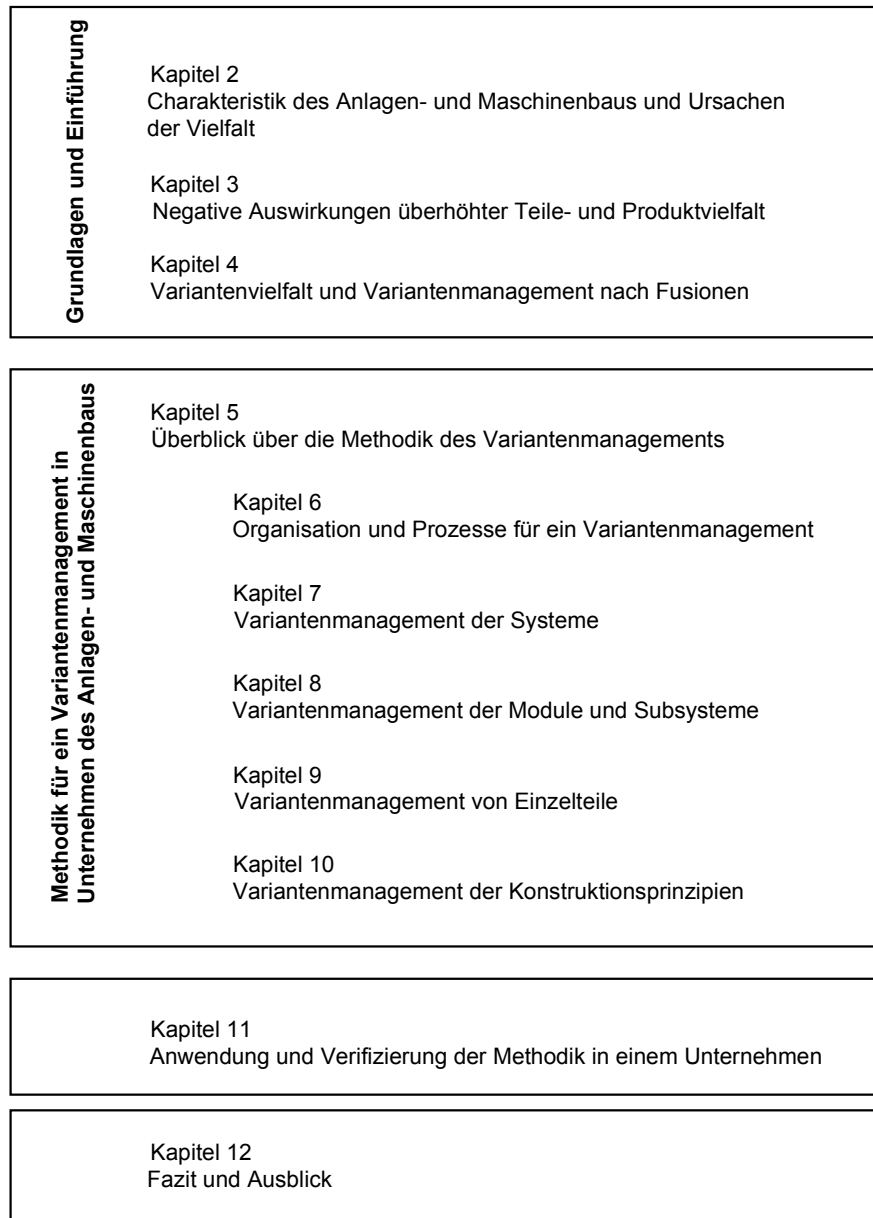


Abbildung 1-3: Aufbau der Arbeit

In **Kapitel 2** ist die Charakteristik von Unternehmen im Anlagen- und Maschinenbau als Grundlage für die folgenden Kapitel dargestellt. Dazu sind die Eigenschaften der Produkte beschrieben und ein Produktmodell aufgestellt. Im Anschluss daran sind die wichtigsten Schritte im Produkterstellungsprozess speziell für diese Branche beschrieben. Aus diesen Tätigkeiten lassen sich die Ursachen für Variantenvielfalt ableiten, so dass, um Redundanz zu vermeiden, mögliche Ursachen der Variantenvielfalt in diesem Kapitel bereits aufgeführt sind.

Kapitel 3 beinhaltet die negativen Auswirkungen der Teile- und Produktvielfalt im Unternehmen. Dazu sind, wiederum basierend auf den in Kapitel 2 beschriebenen Tätigkeiten im Produkterstellungsprozess, die Auswirkungen auf die unterschiedlichen Bereiche des Unternehmens dargestellt. Anschließend ist die Kostenwirkung der Variantenvielfalt diskutiert.

In **Kapitel 4** wird dann speziell auf die Auswirkungen von Fusionen auf das Produktprogramm und das Variantenmanagement eingegangen.

Die **Kapitel 5-10** umfassen den Kern der Arbeit, die Methodik für ein Variantenmanagement in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus. In **Kapitel 5** sind dazu zuerst die theoretischen Grundlagen des Variantenmanagements beschrieben, um im Anschluss einen Überblick über die Methodik darzustellen. Das Kapitel beinhaltet zudem die Zusammenhänge zwischen den einzelnen Methoden.

In **Kapitel 6** sind dann die notwendigen organisatorischen Rahmenbedingungen und Prozesse beschrieben, die für die Implementierung der Methodik in einem Unternehmen erforderlich sind. Unter anderem sind Instrumente zur Lenkung des Vertriebs und der Entwicklung und Hilfsmittel zur Steuerung der Produktprogramms vorgestellt.

Kapitel 7 umfasst die Methoden für ein Variantenmanagement der Systeme. Das Variantenmanagement der Systeme beinhaltet den Zusammenhang zwischen Produktstrategie des Unternehmens und dem Variantenmanagement, einfache Methoden zur Strategieentwicklung und operative Methoden zur Optimierung der Vielfalt der Systeme.

Kapitel 8 handelt von den Methoden für ein Variantenmanagement der Module und Subsysteme. Dies beinhaltet eine Methode zur Variantensanierung, den Zusammenhang zwischen Vielfalt, Kosten und Anforderungen an die Produkte, die Grundlagen zu Baukastensystemen, Plattformbauweise und Modularisierung, sowie Gestaltungsprinzipien für variantengerechte Produkte.

In **Kapitel 9 und 10** sind, um die Methodik abzuschließen, Lösungsansätze für ein Variantenmanagement von Einzelteilen und Konstruktionsprinzipien vorgestellt.

Kapitel 11 beinhaltet die Erfahrungen bei der Anwendung der Methodik während eines zwei Jahre andauernden Projektes in einem Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus. In diesem Projekt wurden alle in dieser Arbeit vorgestellten Elemente der Methodik erfolgreich angewandt und deren Auswirkung analysiert.

Die Arbeit wird dann in **Kapitel 12** mit einem Fazit und Ausblick abgeschlossen.

2. Charakteristik des Anlagen- und Maschinenbaus und Ursachen der Vielfalt

Wie in den Zielen der Arbeit bereits dargestellt, soll in dieser Arbeit eine Methodik für ein Variantenmanagement für Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus entwickelt werden. Der Fokus auf einen Unternehmenstyp soll zu einem **verringerten Abstraktionsgrad in den erarbeiteten Ergebnissen und somit zu einer höheren Praxisnähe und Anwendbarkeit führen**. Die Eigenschaften und Charakteristik des Unternehmenstyps hat, wie sich in den folgenden Kapiteln zeigen wird, einen erheblichen Einfluss auf die Anforderungen an die Methodik und stellt somit die Grundlage für alle weiteren Kapitel dar.

In diesem Kapitel werden zuerst einige **Definitionen** aufgeführt und die Einteilung von Unternehmen in Unternehmensgruppen diskutiert. Im Anschluss daran wird ein **Produktmodell** erstellt und die **Charakteristik der Produkte des Anlagen- und Maschinenbaus** beschrieben. Das Produktmodell soll es ermöglichen, übertragbare Lösungsansätze für Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus zu entwickeln.

Neben den Eigenschaften der Produkte sind überwiegend auch die **Prozesse der Produktterstellung** im Unternehmen wesentliche Rahmenbedingungen für eine Methodik des Variantenmanagements. Somit werden die wesentlichen Schritte des Produktentstehungsprozesses, aufbauend auf dem Produktmodell, beschrieben.

Aus der Beschreibung des Produktmodells und den einzelnen Tätigkeiten in den verschiedenen Abteilungen lassen sich die **Ursachen einer erhöhten Variantenvielfalt** ableiten. Um Wiederholungen zu vermeiden bietet es sich an, die Ursachen einer überhöhten Vielfalt zusammen mit den Eigenschaften des Unternehmens ebenfalls in diesem Kapitel zu behandeln.

2.1. Einteilung von Unternehmen

Für die Definition des Begriffes "Anlagen- und Maschinenbau" eignet sich eine Klassifikation von Produktionsunternehmen. Dazu existieren in der Literatur sehr viele unterschiedliche Ansätze.

Grundsätzlich können Unternehmen sowohl hinsichtlich der **Produktart und des Produktprogramms**, als auch hinsichtlich der **Produktionsart** unterschieden werden (EHRLENSPIEL et al. 1998). Es kann, wie in Übersicht 2-1 dargestellt, unterschieden werden in einfache und komplexe Produkte, Konsumgüter oder Investitionsgüter und Einzelkunden oder anonyme Kunden.

Übersicht 2-1: **Einteilung von Unternehmen**

Produktart und Produktprogramm

- ⇒ Einfache oder komplexe Produkte
- ⇒ Konsumgüter oder Investitionsgüter
- ⇒ Einzelkunden oder anonyme Kunden

Produktionsart

- ⇒ Einzelfertigung und Serienfertigung
- ⇒ Fertigungstiefe

In dieser Arbeit soll als Grundlage für eine Definition von Anlagen- und Maschinenbau eine Klassifikation in **6 Unternehmensgruppen** in Anlehnung an GAUSEMEIER et al. (2000) verwendet werden. Dort werden Produktionsunternehmen in die in Übersicht 2-2 dargestellten Unternehmensgruppen aufgeteilt. Unternehmen können in Hersteller von Aggregaten, Elektrogeräten, Maschinen und Anlagen, Produktionsmaschinen, Kraftfahrzeugen und Zulieferer für Komponenten und Einzelteile klassifiziert werden.

Übersicht 2-2: **Einteilung von Unternehmen in Unternehmensgruppen**

- ⇒ Hersteller von Aggregaten
- ⇒ Hersteller von Elektrogeräten
- ⇒ Hersteller von Maschinen und Anlagen
- ⇒ Hersteller von Produktionsmaschinen
- ⇒ Hersteller von Kraftfahrzeugen
- ⇒ Zulieferer für Komponenten und Einzelteilen

Um die Unterschiede der Unternehmen in den verschiedenen Unternehmensgruppen zu verdeutlichen, können die in Abbildung 2-1 dargestellten Kenngrößen als Beispiel herangezogen werden. Diese **Kenngrößen** sind messbare Kennzahlen, die den Grad der Komplexität im Unternehmen erkennen lassen.

Vergleicht man beispielsweise die Anzahl der Eigenfertigungsteile und die sich daraus ableitende Anzahl der Arbeitspläne in den beiden Unternehmenstypen, so lässt sich die um ein Vielfaches höhere Komplexität in den Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus

gegenüber einem Unternehmen, welches einfache Produkte in Serie produziert, deutlich erkennen.

Aus den anderen in der Tabelle dargestellten Kenngrößen von Serienfertigung und auftragsbezogener Kleinserienfertigung lassen sich ebenfalls die **unterschiedlichen Anforderungen an das Variantenmanagement in den beiden Unternehmenstypen** und die Auswirkungen eines nicht effizienten Variantenmanagements auf die Kosten erahnen. Alle Kenngrößen verdeutlichen die wesentlich höhere Komplexität in den Unternehmen mit Auftragsfertigung kundenspezifischer Produkte.

Ein **einfaches Beispiel** für die unterschiedlichen Anforderungen an eine Methodik für ein Variantenmanagement ist die Vorbereitung der Entscheidung, eine neue Variante in das Produktprogramm aufzunehmen. Bei der Serienfertigung muss diese Entscheidung hinsichtlich ihrer Wirtschaftlichkeit sehr genau analysiert werden, da aufgrund der in der Regel hohen Stückzahlen die Auswirkungen auf das Unternehmen wesentlich gravierender sind, als beispielsweise bei einem Anlagenbauer, der die neue Variante evtl. nur für einen Auftrag benötigt. Die Entscheidung bei einer Serienfertigung wird in der Regel durch einige wenige Personen, wenn nicht sogar durch die Geschäftsleitung getroffen, wohingegen bei dem Bau einer Anlage diese in der Regel die Konstrukteure oder die Projektierer fällen.

Kenngrößen	Mittelständische Serienfertigung einfacher Produkte	Mittelständische Auftragsfertigung komplexer Produkte
Anzahl Endprodukte (verschiedene)	300	5.000
Eigenfertigungsteile Fremdfertigungsteile	200, 45 verschiedene 800	50.000, 10.000 verschiedene 800
Anzahl Stücklistenebenen	2-5	10-20
Anzahl Betriebsmittel Anzahl Arbeitsplätze	50 80-120	1.000 2.500
Anzahl Arbeitspläne, Vielfalt	300, 5 verschiedene	75.000, 40.000 verschiedene
Arbeitsplatzzustände (Rüstkustände)	Max. 300	20.000
Dynamik, Veränderlichkeit	Gering, nur bei Änderung der Produkte und Prozesse	Sehr hoch, mit jedem Auftrag vielfältige Anpassung

Abbildung 2-1: Kenngrößen von Serienfertigung und auftragsbezogener Einzel- und Kleinserienfertigung (MENGE 2001)

2.2. Charakteristik der Produkte im Anlagen und Maschinenbau

Die Produkte im Anlagen- und Maschinenbau, komplexe Sondermaschinen und Anlagen, können, wie im Folgenden gezeigt werden wird, mit einem **Produktmodell** abstrahiert werden. Das Produktmodell und die in diesem Kapitel definierten Begriffe dienen als Grundlage für die **Allgemeingültigkeit** der in dieser Arbeit hergeleiteten Lösungsansätze.

Der Begriff „Anlage“ wird nach VDMA als „eine Kombination von einzelnen, in ihrer Funktion nicht selbstständigen Bauelementen wie Maschinen, Apparaten, elektrische Antrieben, Steuerungen und den verbindenden Elementen wie elektrische Verbindungsleitungen, die zusammen einen bestimmten Produktions- oder Arbeitsprozess bewirken“ definiert. (VDMA 1976)

Als **Beispiel** für die Anlagen und Maschinen können Textilmaschinen, Verpackungsmaschinen und Nahrungsmittelmaschinen genannt werden. In einer weiteren Betrachtung können jedoch auch Produkte in diese Gruppe aufgenommen werden, die eine entsprechende Komplexität beinhalten und in kleinen Stückzahlen und speziell für jeden Auftrag neu angepasst und geplant werden. Beispiele hierfür sind Schienenfahrzeuge, große stationäre Dieselmotoren und Druckmaschinen.

Eine Möglichkeit zur **Klassifizierung von Produkten** liefert PAHL & BEITZ (1997). Die Lösung technischer Aufgaben ist dort als ein technisches System verstanden, welches als Anlage, Apparat, Maschine, Gerät, Baugruppe, Maschinenelement oder Einzelteil bezeichnet werden kann. Je nach Fachgebiet und Betrachtungsstufe ist die Verwendung dieser Bezeichnungen jedoch unterschiedlich. So wird z.B. ein Apparat (Reaktor, Verdampfer, ...) als ein Element höherer Komplexität in einer Anlage angesehen.

Für die weitere Nomenklatur dieser Arbeit ist der Vorschlag von HUBKA (1984) vorteilhaft, technische Gebilde, in unserem Fall **Maschinen und Anlagen, mit systemtechnischer Betrachtung als System aufzufassen**. Dazu soll im Folgenden kurz auf die wesentlichen Inhalte des Systembegriffs eingegangen werden.³

Wie in Abbildung 2-2 dargestellt, besteht ein System nach EHRENSPIEL (1995) aus einer Menge von Elementen (Teilsystemen), welche Eigenschaften besitzen und durch Beziehungen miteinander verknüpft sind. Ein System wird durch seine Systemgrenze limitiert und steht, wenn es sich um ein offenes System handelt, durch seinen Input und Output in Beziehung. Der **Systembegriff** ist, wie in Abbildung 2-2 sichtbar, auf beliebigen Abstraktions- und Komplexitätsebenen anwendbar.

³ Systems Engineering wurde Mitte der 1960er Jahre in den USA zunächst vor allem zur Gestaltung technischer Systeme entwickelt (CHESTNUT 1967).

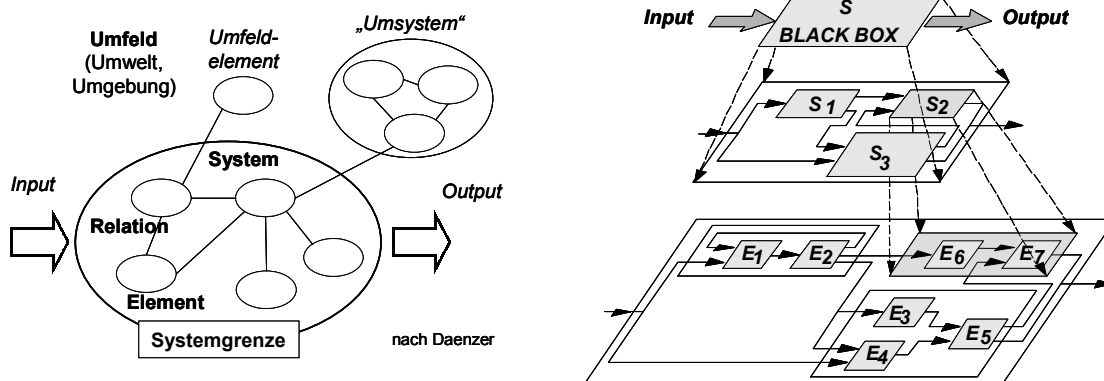


Abbildung 2-2: Strukturierungsebenen von Maschinen- und Anlagen (DAENZER et al. 1999) (EHRENSPIEL 1995)

Das übergeordnete System wird als Black-Box bezeichnet, da nur Ein- und Ausgangsgrößen und keine Struktur erkennbar sind. Dies ist die abstrakteste Darstellung eines Systems oder einer Anlage (EHRENSPIEL 1995). Je nach Ziel der Betrachtung und Art des Objektes können unterschiedliche Detaillierungsgrade zur Analyse und Abstraktion des Objektes gewählt werden.

Nach der **Definition von Komplexität** „als die Eigenschaft eines technischen Systems, die durch die Anzahl seiner Elemente und die Anzahl der Beziehungen seiner Elemente gekennzeichnet ist“ (HEINRICH 1994) steigt somit die Komplexität mit steigendem Detaillierungsgrad, wobei die Subsysteme und Elemente an Komplexität abnehmen. Die in dieser Arbeit betrachteten Anlagen und Maschinen können durch ihre hohe Anzahl an Einzelteilen und Relationen, im Vergleich zu anderen Produkten, als komplex bezeichnet werden.

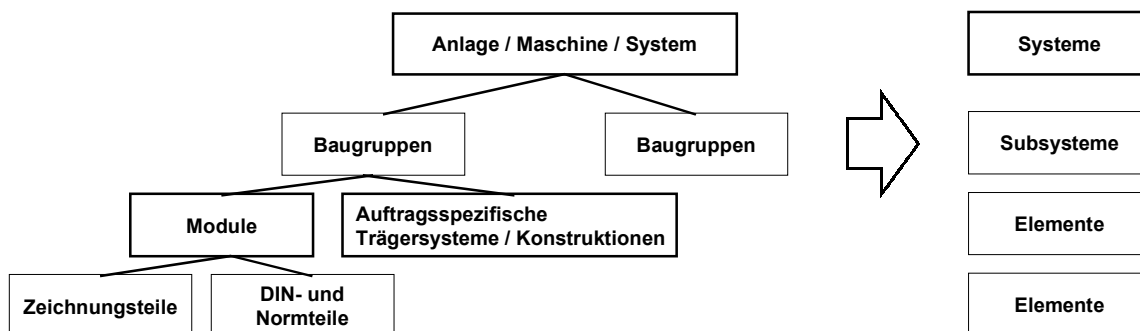


Abbildung 2-3: Struktur von Anlagen und Maschinen

Technische Anlagen und Maschinen werden mit ihren Elementen in einer **Produktstruktur** dokumentiert. Sie zeigt die Struktur der Einzelteile und Baugruppen eines Produktes. Wie in Abbildung 2-3 dargestellt, besteht eine Anlage oder eine Maschine somit aus Baugruppen. Baugruppen bestehen aus **Modulen** und **auftragspezifischen Konstruktionen**, die jedoch wiederum Baugruppen sein können. Module bestehen aus **Einzelteilen**, die sich in Zeichnungsteile und Normteile untergliedern lassen.

Die Aufteilung der Baugruppen in **Module und auftragspezifische Konstruktionen** ist in der Literatur nicht üblich, jedoch für die weiteren Kapitel der Arbeit wichtig. Anlagen werden, wie in Kapitel 3 noch erläutert werden wird, bei der Systemplanung aus bestehenden Modulen/Baugruppen zusammengesetzt und mit auftragspezifischen Konstruktionen zum Gesamtsystem komplettiert.

Ein weiterer für diese Arbeit wichtiger Begriff ist der Begriff "**Typ**". Eine Klasse von ähnlichen Produkten wird als **Typ** oder Produkttyp bezeichnet. Diese Produkte sind im Bezug auf gewisse Eigenschaften (z.B. Funktion, Konstruktionsart, ...) vergleichbar (LINGNAU 1994). Für die folgenden Kapitel dieser Arbeit soll der Begriff **Produktfamilie** und Produkttyp auf die Module angewandt werden, wobei eine Produktfamilie durch die Funktion definiert ist und ein Produkttyp durch seine Bauart. Dies bedeutet, dass in einer Produktfamilie verschiedene Typen zusammengefasst sind (siehe Abbildung 2-4).

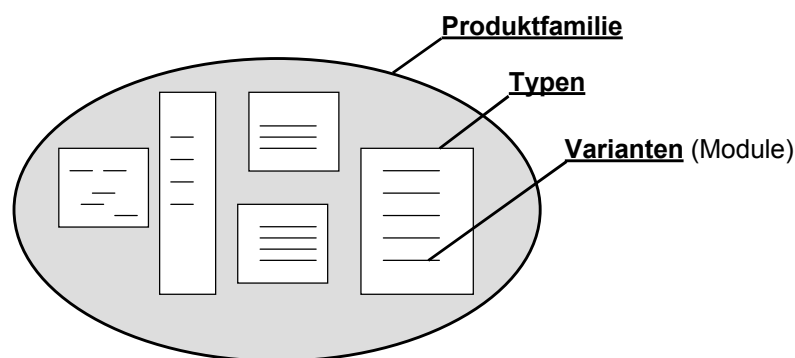


Abbildung 2-4: Einteilung der Module

In der DIN 199 Teil 2 werden folgende Begriffsdefinitionen vorgenommen: Ein **Einzelteil** ist ein Teil, das nicht zerstörungsfrei zerlegt werden kann. **Baugruppen** sind Gegenstände, die aus mindestens zwei Gruppen niedriger Ordnung bestehen. Ein Teil ist ein Gegenstand, für dessen weitere Aufgliederung aus Sicht des Anwenders dieses Begriffes, kein Bedürfnis besteht.

Nach der Klärung der Begriffe sollen nun die **Eigenschaften und Besonderheiten** der **Produkte** des Anlagen- und Maschinenbaus beschrieben werden (siehe Übersicht 2-3).

Daraus lassen sich dann **erste Ursachen für die Variantenvielfalt** in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus ableiten.

Übersicht 2-3: **Eigenschaften und Besonderheiten der Produkte des Anlagen- und Maschinenbaus**

- ⇒ Komplexe Systeme
- ⇒ Investitionsgüter
- ⇒ Kundenindividuell
- ⇒ Niedrige Stückzahlen der Baugruppen, Module und Einzelteile
- ⇒ Oftmals hohe technische Anforderungen an die Module
- ⇒ Lange Nutzungszeit der Produkte und somit lange Verpflichtung Ersatzteile zu liefern

Die Produkte des Anlagen- und Maschinenbaus sind komplexe Systeme, welche speziell auf die Anforderungen des Kunden und dessen Funktionswünsche hin entwickelt werden. Die **niedrigen Stückzahlen und die hohe Komplexität der Anlagen** führen sehr oft zu einer hohen Variantenvielfalt in den Modulen, den projektspezifischen Baugruppen und den Einzelteilen.

Die **Entwicklungskapazität** für eine Anlage ist aufgrund der niedrigen Stückzahl wesentlich geringer als bei einem Serienprodukt, so dass meist im Vordergrund steht, die Funktion und die Lieferung der Anlage termingerecht zu gewährleisten. Die Herstellkosten spielen neben diesen Zielen ebenfalls eine Rolle, jedoch sind Serienprodukte im Allgemeinen hinsichtlich der Kosten weiter optimiert.

Durch die hohe **Flexibilität gegenüber Kundenwünschen** existiert in der Regel eine hohe Varianz in den Systemen und Subsystemen. Dadurch wird die Vorausplanung der Varianten einer Produktfamilie erschwert und Vielfalt bei den Modulen erzeugt.

Bei den **projektspezifischen Konstruktionen** kann eine Variantenvielfalt der Teile und Baugruppen nicht verhindert werden, da sie nur sehr selten in weiteren Projekten eingesetzt werden können. Je nach Typ der Anlage können hier jedoch auch Baukastensysteme zur Reduzierung der negativen Auswirkungen der Vielfalt führen.

Eine für die später folgenden Inhalte der Arbeit wichtige Eigenschaft der Produkte lässt sich durch die Absicht des Kunden beim Kauf der Anlage ableiten. Der Kunde möchte ein **System, welches eine Funktion nach seinen Anforderungen ausführt**. Diese Funktion muss unter den gegebenen Randbedingungen gewährleistet sein. In den meisten Fällen wird die Auswahl und Gestaltung der Module und Unterbaugruppen nach Erstellen der Spezifikation des Systems dem Anlagenbauer überlassen. Dieser im Vergleich zu anderen Produkten besonders starke Einfluss der Funktion auf den Kundennutzen hat, wie an späterer Stelle gezeigt werden wird, Einfluss auf das Variantenmanagement der Module.

Betrachtet man den **Produktlebenszyklus der Produkte**, so zeichnet sich dieser durch eine sehr **lange Nutzungszeit** aus. Da es sich bei den Systemen um Investitionsgüter handelt, werden diese so lange wie möglich genutzt, um die getätigte Investition zu amortisieren und danach Gewinn zu erwirtschaften. Dies bedeutet für die Unternehmen, dass sie für die Zeit der Nutzung der Maschine meist die Lieferung der Ersatzteile garantieren müssen. Diese Verpflichtung, sehr lange Zeit Ersatzteile zu liefern, kann, wie in Kapitel 3 gezeigt werden wird, als eine Ursache für Vielfalt im Unternehmen betrachtet werden.

2.3. Organisation und Prozesse

In diesem Unterkapitel soll auf die spezifischen Aufgaben in den Unternehmensbereichen **Vertrieb, Entwicklung, Produktion und Ersatzteilwesen** des Anlagen- und Maschinenbaus eingegangen werden. Potenzielle Ursachen für eine überhöhte Produkt und Teilevielfalt lassen sich dann aus den Tätigkeiten im Produktentstehungsprozess ableiten.

2.3.1. Vertrieb und Projektierung

Die Aufgaben des Vertriebs in Unternehmen des Anlagenbaus sind sehr stark durch die **Produktstruktur und individuelle Gestaltung der Produkte** geprägt.

Betrachtet man die Anlagen, wie im vorherigen Kapitel bereits beschrieben, als System, so muss der Vertrieb aus den Anforderungen des Kunden das **System definieren**. In der Problemstellung des Kunden werden die, durch die Anlage zu realisierenden, Funktionen und/oder der vorliegende Anfangs- und Endzustand des zu bearbeitenden Umsatzproduktes beschrieben. Die Beschreibung erfolgt dabei aus Anwender-, bzw. Nutzersicht, d.h. sie muss durch den Vertrieb zunächst so aufbereitet und strukturiert werden, dass sie die Grundlage des Produktes sein kann (SCHARES 1999). Die Ergebnisse des **Projektierens** werden in „Projektlisten oder Angebotszeichnungen“ und im Angebot (Beschreibung, Preise) dargestellt (TROPSCHUH 1988).

In der Literatur finden sich verschiedene **Definitionen** für den Begriff „**Projektieren**“. Für den weiteren Verlauf der Arbeit soll für den Begriff „Projektieren“ die Definition von TROPSCHUH (1988) Verwendung finden. „Unter Projektieren versteht man alle Tätigkeiten, die im Zeitraum zwischen Kundenanfrage und Angebotsabgabe an den Kunden liegen“. Dies ist eine sehr pragmatische Definition, die auch für den Anlagen- und Maschinenbau gilt.

Der Prozess der Produktentstehung beginnt damit, dass der Vertrieb die **Information über die Absicht des Kunden** eine neue Anlage oder Maschine zu kaufen erhält. Durch diese Information angeregt, ist die erste Aufgabe des Vertriebs, aufbauend auf der durch den Kunden in der Anfrage geschilderten Problemstellung, einen ersten konzeptionellen Anlagenentwurf zu erarbeiten. Hierzu werden, vor dem Hintergrund des vorgesehenen Einsatzzweckes der Anlage, zunächst die gewünschten Anlagen-Funktionalitäten ermittelt und anschließend festgelegt, mittels welcher Maschinen und Module diese **Funktionalität** realisiert wird (SCHARES 1999).

Für die Problematik der Variantenvielfalt ist es an dieser Stelle besonders wichtig, wie in Kapitel 2.1 bereits erwähnt wurde, dass sich die **Entscheidungen der Produktprogram-**

erweiterung, bzw. Variantengenerierung von Modulen in Unternehmen des Anlagenbaus sehr stark von der Entscheidung in anderen Industriezweigen, wie beispielsweise bei einem Automobilzulieferer, unterscheidet. Im Anlagenbau entstehen die Entscheidungen neue Varianten der Module zu generieren durch die zu realisierenden Funktionen und Anforderungen aus den Kundenprojekten. Dies bedeutet, die mit dem Kunden vereinbarte **Funktionalität muss** realisiert werden. Dafür werden, wenn notwendig, neue Varianten von Modulen erzeugt, selbst wenn diese für alle weiteren Projekte ungeeignet sind.

Die **Entscheidung neue Varianten** zu erstellen wird häufig nicht durch die Geschäftsleitung, je nach Unternehmensgröße auch nicht durch die Entwicklungsleitung getroffen, sondern findet aufgrund der hohen Anzahl an neuen Sachnummern pro Monat im Allgemeinen **durch die Konstrukteure in der Entwicklung oder den Vertriebsmitarbeiter** statt. Dies führt dazu, dass der Vertrieb maßgeblichen Einfluss auf die Sortimentstiefe und -breite hat. (WILDEMANN 2000)

Das erste Angebot für eine Anlage wird in den meisten Fällen aus einem **bereits existierendem Pool von Anlagen** ausgesucht und nach den in der Anfrage formulierten Kundenwünschen variiert. Je nach Unternehmen und Komplexität der Anlagen stehen dem Vertrieb Hilfsmittel zur Erstellung des Angebotes zur Verfügung. Dies können sehr einfache Hilfsmittel, wie Stücklisten von definierten Musterprojekten, oder komplexere Hilfsmittel, wie **Produktkonfiguratoren**, sein. Dieses erste Anlagenkonzept dient als Diskussionsgrundlage für die nachfolgende technische Konkretisierung der Anlage zusammen mit dem Kunden.

In diesem ersten Prozessschritt der Produktentstehung, der Angebotserstellung, definiert der Vertrieb die Module **des Systems**, die in der Anlage zum Einsatz kommen und welche kunden- und **projektspezifischen Anpassungen** und Konstruktionen durchgeführt werden müssen. Durch diese Tätigkeit können viele neue Varianten entstehen.

Wichtig hierbei ist die Unterstützung des Vertriebes mit **Informationen** über die **bereits bestehenden Module** und die in den Baukastensystemen durch die Entwicklung bereits vorausgedachten möglichen Variationen. Hierzu sind im Zusammenhang mit den Produktkonfiguratoren EDV-Tools notwendig, um ein starkes Anwachsen der Modulvielfalt zu verhindern.

Im Zuge der Angebotserstellung muss der Vertrieb mit dem Kunden den **Preis** für die Anlage verhandeln. Treten für den Kunden keine ersichtlichen Preis- und Kostenvorteile bei der Wahl eines Standardproduktes gegenüber einem für ihn speziell modifizierten Produkt auf, so besteht nur ein geringer Anreiz für die Wahl eines Standardproduktes. Dies bedeutet, dass der Vertrieb mit seiner **Preispolitik** steuernd auf die Vielfalt einwirkt und die Preispolitik des Vertriebes auf die Variantenvielfalt Einfluss hat. Eine Ursache für das

Anwachsen der Vielfalt kann somit auch das **Anreizsystem der Vertriebsmitarbeiter** sein, wenn der Vertriebsmitarbeiter nach **Umsatz** und nicht nach **Deckungsbeitrag** seiner Projekte entlohnt wird.

Betrachtet man in diesem Zusammenhang die **Kosteninformationen**, die den Vertriebsmitarbeitern bei einer klassischen Zuschlagskalkulation zur Verfügung stehen, so spiegeln diese nicht die Kostenrealität wieder. Bei einer traditionellen Zuschlagskalkulation werden die Gemeinkosten, die im Maschinenbau bis zu 50 % der Kosten ausmachen können, nicht verursachungsgerecht auf die Produkte aufgeteilt, so dass für den Vertrieb eine exotische Variante die gleichen Kosten verursacht, wie ein Standardprodukt. Dies führt zu einer fehlenden Steuerung des Vertriebes und stellt somit eine weitere Ursache für Variantenvielfalt dar. (EHRENSPIEL et al. 1998)

Neben der reinen Projektierung der Systeme kann die **Haltung des Vertriebes** beim Unterbreiten des Angebotes eine weitere wichtige Ursache für Variantenvielfalt im Unternehmen sein. Bietet der Vertrieb mit der Frage an „Wie wollen Sie den Ihre Anlage haben?“, anstatt mit dem Satz „Ich kann Ihnen für ihre gewünschte Funktion folgende Anlage anbieten“, so führt diese zu offene Haltung des Vertriebes gegenüber dem Kunden zu einer starken Vielfalt der Systeme und der darin enthaltenen Module.

Der nächste Schritt nach der Abgabe des ersten Angebots an den Kunden bei durchzuführenden Konstruktionen oder Entwicklungen ist die **Kommunikation der Anforderungen** des Kunden an die Entwicklung im Unternehmen. Das Erfassen der wahren Anforderungen an ein Produkt ist ein oft unterschätzter Arbeitsschritt, welcher jedoch gravierende Auswirkungen auf die Produktkosten haben kann. Hier ist die Aufgabe des Vertriebes, die Anforderungen des Kunden so zu hinterfragen, dass die wahren Anforderungen des Kunden formuliert werden und keine Varianten entstehen, die nicht notwendig gewesen wären. Ein für Sondermaschinen und Anlagen weltweiter Absatzmarkt mit **regional, bzw. national unterschiedlichen Restriktionen** und kundenindividuellen Begriffsverständnissen erschwert diese Aufgabe und kann eine wichtige Bestimmungsgröße für die Variantenvielfalt im Unternehmen sein.

Eine weitere Besonderheit des Maschinen- und Anlagenbaus ist der hohe **Änderungsaufwand** selbst nach dem Vertragsabschluss im laufenden Projekt. Bei Änderungen zu einem späten Zeitpunkt des Projektes werden oft zusätzliche und unnötige Varianten erzeugt.

In vielen Stellen der Literatur wird dem Vertrieb die „**Hauptschuld**“ an der Variantenvielfalt im Unternehmen gegeben. EHRENSPIEL (1995) spricht dabei, als eine Ursache für die Vielfalt im Unternehmen, von der Dominanz des Vertriebes gegenüber der Konstruktion. Die in dieser Arbeit vertretene Auffassung ist, dass dem Vertrieb die richtigen Produkte, Prozesse, Anreizsysteme und Tools zur Verfügung gestellt werden müssen, so dass er

durch seine Anreize gesteuert und seine Hilfsmittel unterstützt, richtig agiert. Auf diese Punkte wird an späterer Stelle dieser Arbeit noch weiter im Detail eingegangen.

2.3.2. Entwicklung und Konstruktion

Bei der Anlagenplanung stehen die Kombination handelsüblicher oder speziell entwickelter Maschinen, Geräte und Bauelemente (in dieser Arbeit als Module bezeichnet), sowie steuerungs- und regelungstechnischer Probleme im Vordergrund (PAHL & BEITZ 1997). Die Aufgaben, die dabei auf die Entwicklung zukommen, lassen sich nach **Entwicklungsinhalten oder Konstruktionsarten** beschreiben.

Die **Entwicklungstätigkeit** kann nach PAHL & BEITZ (1997) im Wesentlichen in drei Konstruktionsarten aufgeteilt werden, in Neukonstruktionen, Anpassungskonstruktionen und Variantenkonstruktionen.

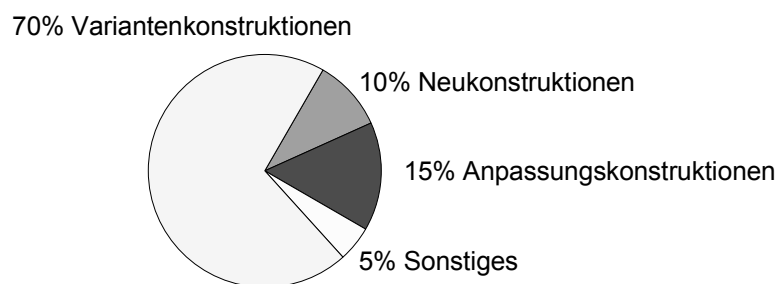


Abbildung 2-5: Konstruktionsarten und Verteilung im Maschinenbau (nach PAHL & BEITZ 1997)

Unter **Neukonstruktionen** werden Lösungen von Problemen und Aufgabenstellungen mit neuen Lösungsprinzipien verstanden, welche entweder durch Auswahl und Kombination an sich bekannter oder neuer Prinzipien und Technologien entwickelt werden.

Bei **Anpassungskonstruktionen** bleiben die bisherigen Lösungsprinzipien erhalten, die Gestalt wird an die veränderten Rahmenbedingungen angepasst. Bei dieser Aufgabenart stehen geometrische, fertigungs- und werkstofftechnische Fragestellungen im Vordergrund.

Bei **Variantenkonstruktionen** werden im Zuge der Auftragsabwicklung Größe und/oder Anordnung von Teilen und Baugruppen innerhalb der Grenzen vorausgeplanter Systeme variiert (z.B. Baureihen, Baukästen). Durch die Vorausplanung ergeben sich bei der Auftragsabwicklung keine größeren Probleme in der Konstruktion.

In der Praxis lassen sich zwischen Anpassungs- und Variantenkonstruktionen häufig keine scharfen Abgrenzungen finden. Wie in Abbildung 2-5 dargestellt, fallen ca. **85% der Entwicklungskapazität in diesen beiden Konstruktionsarten an**.

Betrachtet man die Aufgaben der Entwicklung im Anlagen- und Maschinenbau genauer, so lassen sich Neuentwicklungen und Anpassungskonstruktionen weiter strukturieren. Grundsätzlich lassen sich die Tätigkeiten im Anlagen- und Maschinenbau in die **Konstruktion der Systeme und Subsysteme** und in die **Betreuung und Entwicklung selbst entwickelter oder handelsüblicher Geräte (Module)** unterteilen (siehe Abbildung 2-6).

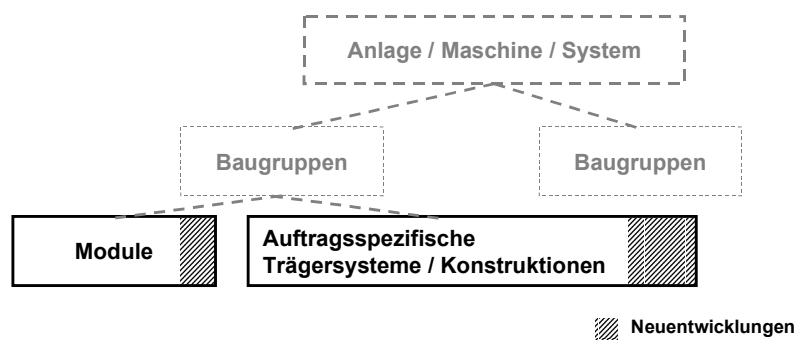


Abbildung 2-6: Entwicklung im Anlagen- und Maschinenbau

Bei der Entwicklung der **Subsysteme und Systeme** werden projektabhängig Baugruppen konstruiert oder angepasst. Diese Konstruktionen werden nach bestimmten Konstruktionsprinzipien, bzw. in definierten Technologien durchgeführt. Neben der mechanischen Konstruktion der Baugruppen findet die Anpassung in der Elektronik der Anlage meist in der Software statt und die Hardware der Elektronik wird mit standardisierter Hardware durchgeführt. Die Systeme betreffend sind die Konstruktionen der kundenspezifischen Anlagen in die Konstruktionsart der Varianten- und Anpassungskonstruktionen einzuordnen. Neuentwicklungen sind beispielsweise die Entwicklung der neuen Systemphilosophien oder einer neuen Technologie, welche bei der Konstruktion neuer Systeme angewandt werden soll.

Die Tätigkeiten bei der Entwicklung und Betreuung der **Module** hängen sehr stark von dem Anteil der selbst entwickelten Module gegenüber den handelsüblichen Komponenten ab. Während bei den Kaufteilen die Erstellung der Pflichtenhefte, die Auswahl und die Betreuung der Zulieferer im Vordergrund stehen, sind die Tätigkeiten bei Eigenentwicklungen wesentlich komplexer. Neuentwicklungen sind hier die Entwicklung eines neuen

Typs unter Verwendung einer neuen Technologie, neuer physikalischer Effekte oder neuer Wirkzusammenhänge.

Die **Ursachen für eine überhöhte Variantenvielfalt** lassen sich nicht nur im Vertrieb, sondern auch in der Entwicklung finden. Hierbei kann man in Ursachen bei der Gestaltung der Systeme / Subsysteme und bei der Entwicklung der Module unterscheiden.

Eine erhöhte Komplexität und Vielfalt in den Systemen und Subsystemen tritt bei einer nicht vorhandenen **Systemdefinition** auf. Hierbei ist die Entwicklung gefordert, bei der Definition der möglichen Systeme und deren Varianz, die vom Kunden benötigten Funktionen vorauszudenken und die Baugruppen und Subsysteme wie in einem Baukastensystem daraufhin zu entwickeln.

Wichtig bei der Konstruktion der Systeme ist die einheitliche Verwendung von **Konstruktionsprinzipien** durch alle Konstrukteure, um später in der Montage die Komplexität zu verringern.

Bei der Entwicklung der **Module** sind die Ursachen für Variantenvielfalt in einer nicht oder nur schlecht durchgeführten **Produktprogrammplanung** zu finden. Bei der Produktplanung müssen alle zukünftigen Anforderungen an die Produktfamilien und deren Funktionsspektrum vorausgeplant werden, um die Produkte hinsichtlich dieser Planung variantengerecht und möglichst universal einsetzbar zu gestalten.

Eine weitere Ursache für die Vielfalt ist die **nicht baukastengerechte Entwicklung** der Module. Sie führt zu einem erhöhten Aufwand in der Entwicklung und zu höheren Kosten, falls die für Kundenprojekte benötigten Varianten nachträglich entwickelt werden müssen.

2.3.3. Produktion und Logistik

Die Produktion der Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau ist auf **projekt- und kundengebundene Einzelaufträge** mit einem hohen Anteil kundenspezifischer Varianten und individueller Bauteilumfänge ausgerichtet. **Auftragsübergreifende Losgrößenbildung** ist nur bei den Produkten möglich, die keinen Anpassungen durch Kundenwünsche unterliegen (Module). (SCHARES 1999)

Die Komplexität in der Produktion eines Anlagenbauers ist zum einen durch die Produktion auftragsspezifischer Baugruppen in **kleinen Stückzahlen**, zum anderen durch die hohe **Varianz der Module**, welche **auftragsunabhängig** eingesetzt werden, bestimmt. Trotz der **großen Zeitspanne**, innerhalb welcher die Projekte abzuwickeln sind, ist die **Verfügbarkeit der Komponenten für die Endmontage** eines der Hauptprobleme der Produktion und der Logistik.

Je nach System werden die Anlagen aufgrund der Größe und des Gewichtes beim Kunden in **Baustellenmontage** zusammengebaut. Die im Betrieb bereits teilweise montierten Anlagen werden nach ersten Tests im Werk wieder zerlegt und so zum Kunden transportiert. Das endgültige Zusammenfügen inklusive des mechanischen und elektrischen Verbindens aller Anlagenkomponenten und die **Inbetriebnahme** der Anlage können erst **beim Kunden** erfolgen. (SCHARES 1999)

In Bezug auf die Variantenvielfalt ist die Produktion nur mit den negativen Auswirkungen der Vielfalt **belastet, ohne auf sie einwirken** zu können. Die Lösungsansätze zielen darauf ab, die existierende Komplexität mit minimiertem Aufwand zu bewältigen. Auf die Lösungsansätze der Produktion soll in dieser Arbeit nicht eingegangen werden.

2.4. Zusammenfassung

Als Fazit des 2. Kapitels "Charakteristik des Anlagen- und Maschinenbaus und Ursachen der Vielfalt" lassen sich die in Übersicht 2-4 aufgelisteten Kernaussagen formulieren:

Übersicht 2-3: **Kernaussagen des Kapitels 2**

"Eigenschaften des Anlagen- und Maschinenbaus und Ursachen der Vielfalt"

- ⇒ Die Produkte des Anlagen- und Maschinenbaus sind komplexe Systeme, welche gemäß den Anforderungen des Kunden projiziert und entwickelt werden.
- ⇒ Die Komplexität in Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus ist bedingt durch das Produkt und den Markt im Vergleich zu anderen Unternehmensgruppen sehr hoch.
- ⇒ Die Ursachen der Variantenvielfalt lassen sich in den Kernprozessen aller Abteilungen des Unternehmens erkennen.
- ⇒ Nicht optimale Variantenvielfalt ist in den Unternehmen heutzutage immer noch ein großes Problem. Die derzeit existierenden Methoden und Lösungsansätze sind nicht ausreichend.
- ⇒ Eine effektive Methodik für ein Variantenmanagement muss speziell für den jeweiligen Unternehmenstyp entwickelt werden.

3. Negative Auswirkungen überhöhter Teile- und Produktvielfalt

In diesem Kapitel werden die negativen Auswirkungen einer überhöhten Teile- und Produktvariantenvielfalt beschrieben. Dazu findet zunächst eine Strukturierung der Auswirkungen von Variantenvielfalt statt. In den folgenden Abschnitten werden dann zuerst die negativen Auswirkungen auf die verschiedenen Bereiche des Unternehmens qualitativ und danach die Auswirkungen auf die Kosten dargestellt. Aus der Kenntnis der negativen Auswirkungen durch die bereits existierende Variantenvielfalt lassen sich in den folgenden Kapiteln Ansätze zu der Reduzierung der Komplexität der notwendigen und somit nicht vermeidbaren Vielfalt ableiten.

3.1. Strukturierung der Auswirkungen von Variantenvielfalt

Wie in Abbildung 3-1 dargestellt, lassen sich die Auswirkungen der Variantenvielfalt aus verschiedenen Blickwinkeln betrachten.

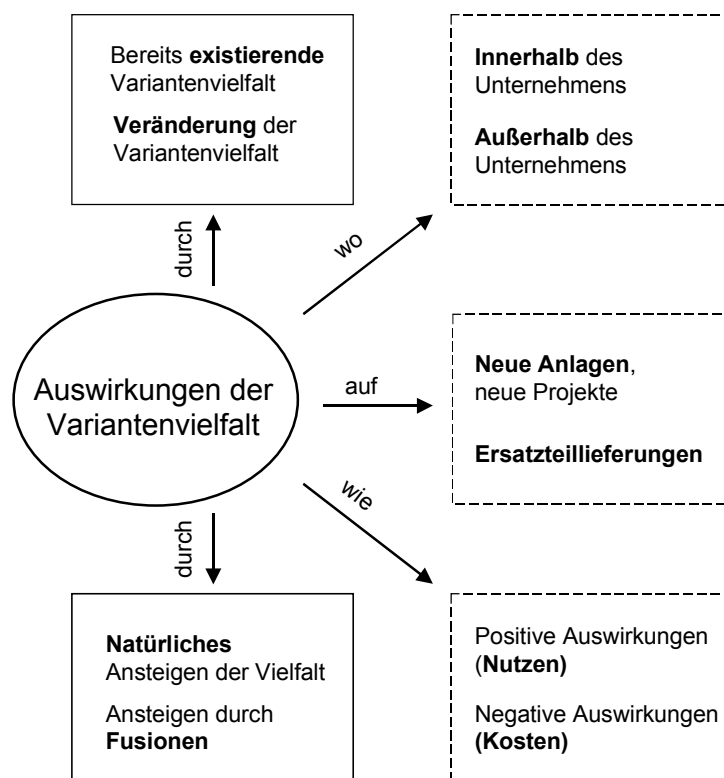


Abbildung 3-1: Strukturierung der Auswirkungen der Variantenvielfalt

Bei der Analyse der Auswirkungen überhöhter Variantenvielfalt muss unterschieden werden zwischen der **bereits existierenden Vielfalt** und der **Veränderung der Vielfalt**. Aus der Betrachtung der bereits existierenden Vielfalt können beispielsweise Hilfsmittel entstehen, um die negativen Auswirkungen zu reduzieren. Dagegen ist die Analyse der Veränderung der Vielfalt wichtig für die Entscheidungen des Variantenmanagements bei der Neuanlage oder der Reduzierung von Varianten. Ein bekanntes Beispiel hierfür ist die Analyse der Kosten beim Anlegen einer neuen Sachnummer.

Wie in Kapitel 4 gezeigt werden wird, unterscheiden sich die Auswirkungen von Vielfalt durch "**natürliches**" Wachstum sehr stark von den Auswirkungen der Erhöhung der Vielfalt durch **Fusionen**.

Die Auswirkungen der Vielfalt können weiterhin als **negativ oder positiv** angesehen werden. Negativ ist beispielsweise der Komplexitätsanstieg **innerhalb** des Unternehmens, positiv die höhere Flexibilität gegenüber den Kunden. Des Weiteren gibt es Unterschiede zwischen den Auswirkungen der Vielfalt bei der Abwicklung des **Ersatzteilwesens** und der **Abwicklung** neuer Anlagen. Diese werden in den folgenden Unterkapiteln im Detail beschrieben.

3.2. Auswirkungen der Variantenvielfalt auf die verschiedenen Bereiche des Unternehmens

Im folgenden Abschnitt werden die Auswirkungen einer überhöhten Variantenvielfalt auf die einzelnen Bereiche des Unternehmens aufgezeigt. Die in Kapitel 2 beschriebenen Besonderheiten der verschiedenen Bereiche des Anlagen- und Maschinenbaus dienen hierfür als Grundlage.

3.2.1. Auswirkungen im Vertrieb

Die Auswirkungen hoher Variantenvielfalt auf den Vertrieb treten bei der Abwicklung von **neuen Systemen** und im **Ersatzteilwesen** auf.

Eine Tätigkeit der Vertriebsmitarbeiter bei der **Projektierung neuer Systeme (OEM - Original Equipment Market)** ist die Auswahl und Definition der Module und Baugruppen für die Anlage. Eine hohe Vielfalt der Module führt bei nicht speziell darauf ausgerichteten Tools für die Projektierung zu einer erhöhten Dauer bei der Auswahl der Module. Daraus ergibt sich ein erhöhter **Aufwand** bei der **Erstellung des Angebotes** im Vertrieb.

Die für die Projektierung der Systeme notwendige Kenntnis der Module zur Erstellung des Angebotes führt bei einer erhöhten Vielfalt zu einem erhöhten **Schulungs- und Fortbil-**

dungsaufwand der Mitarbeiter. Ist die Vielfalt der Module bereits sehr stark angestiegen und sind gleichzeitig die Tools für die Projektierung nicht auf die Vielfalt ausgerichtet, so führt dies oftmals zu einer aus Kostensicht nicht optimalen Projektierung der Systeme. Der Zeitdruck beim Erstellen des Angebotes zwingt den Vertrieb aus den ihnen bekannten Modulen auszuwählen, oder eines der zuerst gefundenen Module zu projektieren, obwohl für diesen Anwendungsfall eventuell eine Lösung mit niedrigeren Kosten zur Verfügung stünde.

Eine weitere negative Auswirkung der hohen Vielfalt ist die oftmals unzureichende **Datenqualität der Kosteninformationen** und die dadurch oftmals zu **niedrigen Deckungsbeiträge bei neuen Systemen**. In der knappen Zeit, die dem Vertrieb zur Erstellung des Angebotes bleibt, ist es meist nicht möglich eine detaillierte Kalkulation der Anlage zu erstellen. Somit ist es wichtig, auf die bereits vorhandenen Kostendaten zurückzugreifen und die unbekannt Anteile zu schätzen. Der Aufwand, die Kostendaten in den Systemen aktuell zu halten, steigt stetig mit der Anzahl der Sachnummern an. In den Unternehmen ist es ab einer gewissen Vielfalt oft nicht mehr möglich diesen Aufwand zu erbringen, was zu einer hohen Dateninkonsistenz der Kostendaten führt. Gerade Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus leiden aufgrund der wesentlich erhöhten Sachnummernanzahl unter dieser Problematik.

Neben der Projektierung neuer Systeme ist die Abwicklung des **Ersatzteilwesens**, der Verkauf von Ersatzteilen Aufgabe des Vertriebes. Dieser spielt, wie in Kapitel 2 bereits beschrieben, eine wichtige Rolle in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus, da aufgrund der langen Lebensdauer der Anlagen, Ersatzteile über einen langen Zeitraum verfügbar sein müssen. Unabhängig von den Prozessen im Unternehmen ist **die Klärung der Verfügbarkeit**, der Termine und der Kosten für Produkte oftmals mit sehr viel Aufwand verbunden. Im Anlagenbau werden nicht selten Produkte, die seit 10 Jahren nicht mehr produziert, bzw. beschafft worden sind, vom Kunden als Ersatzteil in niedrigen Stückzahlen angefragt, so dass die Informationen über die Produkte aufgrund des langen Zeitabschnitts seit der letzten Bestellung nicht mehr aktuell sind. Um so höher die Vielfalt der Produkte im Unternehmen ist, um so höher ist in Zukunft der Aufwand um die Angebote für die Ersatzteilanfragen zu erstellen.

3.2.2. Auswirkungen auf die Entwicklung

Eine erhöhte Variantenvielfalt führt auch in der Entwicklung zu **erhöhtem Aufwand**. Wie in Kapitel 2 bereits erläutert wurde, wird ca. 90% der Entwicklungskapazität für Anpassungs- und Variantenkonstruktionen aufgewendet. Gerade dieser Aufwand in der Entwicklung steigt mit der Anzahl der bereits existierenden Varianten und den zu betreuenden

Produkten. Wie im Folgenden gezeigt werden wird, steigt der Entwicklungsaufwand besonders durch die unnötige Typenvielfalt von Geräten und die erhöhte Anzahl an notwendigen Änderungen.

Eine erhöhte **Vielfalt der Typen** ist dadurch gekennzeichnet, dass für Funktionen in den Systemen verschiedene Typen bei der Auswahl der Module zur Verfügung stehen. Bei der Projektierung neuer Anlagen aus einer zu großen Anzahl von Typen fordert der Vertrieb nun die Erzeugung von Varianten aus allen ihm zur Verfügung stehenden Typen und verursacht somit in der Entwicklung eine Vielzahl von Variantenkonstruktionen.

Neben einer erhöhten Vielfalt in den Typen führt eine **erhöhte Vielfalt der Varianten** eines Typs ebenfalls zu zusätzlichem Aufwand in der Entwicklung. Geht man davon aus, dass alle sich im aktiven Sortiment befindlichen Module nach dem aktuellen Stand der Technik ausgeführt sein sollen, so würde beispielsweise die Änderung einer Norm zu einer Vielzahl von Änderungen, abhängig von der Anzahl der Varianten, führen.

Ein zusätzlicher Effekt der Variantenvielfalt, welcher die Entwicklung betrifft, ist die **durchschnittlich niedrigere Entwicklungskapazität pro Typ**, hervorgerufen durch die geringeren Stückzahlen in der Produktion. Die Entwicklungskapazität wird in der Regel durch einen Prozentsatz vom Umsatz festgelegt und sinkt somit anteilig mit der Anzahl der Typen. Dies führt zwangsläufig zu einer **geringeren Optimierung der Produkte** hinsichtlich Kosten, Funktion und Gestalt.

3.2.3. Auswirkungen auf die Produktion und die Logistik

Die Auswirkungen der Variantenvielfalt auf die Produktion sind neben den Auswirkungen auf die Entwicklung am gravierendsten (WILDEMANN 2000). Die negativen Auswirkungen der Variantenvielfalt treten bei der **Produktion neuer Anlagen** und im **Ersatzteilwesen** auf.

Die negativen Auswirkungen erhöhter Vielfalt bei der **Produktion neuer Anlagen** lassen sich, wie bereits in Kapitel 2 beschrieben, in der Verfügbarkeit der Einzelteile in der Endmontage und dem damit verknüpften Aufwand in der Logistik erkennen. Die Zeitspanne, in der ein System fertig gestellt und in Betrieb genommen werden kann, hängt von der Wiederbeschaffungszeit aller Komponenten ab. Dies bedeutet, dass einzelnen Module mit sehr langen Wiederbeschaffungszeiten zu einer Verlängerung der Durchlaufzeit der Anlage führen können. Gerade um diese kritischen Bauteile oder Module zu beschaffen, werden oftmals erhöhte Kosten und vermehrter Aufwand in Kauf genommen, um die in den Verträgen zugesicherten Liefertermine nicht zu gefährden und die damit verbundenen Kosten zu

vermeiden. Ein weiterer negativer Aspekt der erhöhten Durchlaufzeiten für die neuen Anlagen ist die erhöhte **Kapitalbindung** durch die notwendige Lagerhaltung.

Bei der **Produktion der Module** treten durch die **niedrigen Losgrößen** erhöhte Kosten, bspw. durch Rüstzeiten und Vorbereitung der Arbeit auf. Meist werden nur wenige der eingesetzten Module in höheren Stückzahlen benötigt und können somit auch **auftragsunabhängig produziert** werden. Für diese auftragsunabhängig produzierten Module können kurze Wiederbeschaffungszeiten ohne große Kapitalbindung durch Lagerhaltung erreicht werden.

Module, welche in sehr niedrigen Stückzahlen produziert werden und auftragsspezifische Konstruktionen können in einer traditionell aufgebauten Fertigungsorganisation erst nach Auftragseingabe und Abschluss der Konstruktion beauftragt werden. Erst dann starten die Prozesse, welche bei der ersten Produktion von Bauteilen und Modulen notwendig sind, wie beispielsweise das Schreiben des Arbeitsplanes oder das Erstellen der NC-Programme. Dies führt zu **hohen Wiederbeschaffungszeiten oder erhöhten Aufwänden im Unternehmen** um die Lieferzeiten einhalten zu können.

Durch die oftmals sehr niedrigen Stückzahlen der Bauteile und Module treten erhöhte Kosten in der Produktion auch durch die für **diese Stückzahlen geeigneten Fertigungsverfahren** auf. Sehr viele kostengünstige Fertigungsverfahren und der dazu notwendige Automatisierungsgrad der Produktion können erst ab höheren Stückzahlen sinnvoll eingesetzt werden. Gerade im Maschinen- und Anlagenbau führt dies dazu, dass manche modernen Fertigungsverfahren, wie z.B. Kunststoffspritzguss, aufgrund der zu hohen Werkzeugkosten nicht eingesetzt werden können und sich somit die Herstellkosten gegenüber diesen Bauteilen wesentlich erhöhen.

Eine erhöhte Vielfalt führt neben der Abwicklung neuer Systeme besonders bei der **Produktion der Ersatzteile** zu erhöhten Kosten und Lieferzeiten. In manchen Branchen verpflichten sich Unternehmen bis zu 30 Jahre nach Auslieferung des Systems noch Ersatzteile zu liefern. Dies ist beispielsweise bei Komponenten von Bremssystemen für Schienenfahrzeuge der Normalfall. Aufgrund dieser, meist sehr langen Verpflichtung Ersatzteile zu liefern, kommt es vor, dass Bauteile vom Kunden bestellt werden, die seit einigen Jahren nicht mehr produziert wurden. Diese Teile sind teilweise für die Produktion so aufwendig wie Neuentwicklungen. Erhöhte Kosten können zum Beispiel durch veraltete Fertigungsverfahren, nicht mehr existente Gussmodelle oder Mindestabnahmemengen entstehen.

Die **negativen Auswirkungen überhöhter Vielfalt im Ersatzteilwesen** unterscheiden sich von den Auswirkungen bei neuen Systemen in den wirtschaftlichen Rahmenbedingungen. Aufgrund des höheren Preisniveaus für Ersatzteile sind die zu erzielenden Deckungs-

beiträge trotz der erhöhten Kosten meist ausreichend. Die erhöhten Kosten bei der Produktion der Ersatzteile könnten jedoch, wie an späterer Stelle dieser Arbeit gezeigt werden wird, verhindert und somit der Deckungsbeitrag für die Ersatzteile weiter erhöht werden.

3.2.4. Auswirkungen auf den Einkauf

Die für die Produktion beschriebenen Auswirkungen lassen sich auf den Einkauf übertragen. Auch der Einkauf steht vor den **gleichen Herausforderungen** bei der Beschaffung der Teile und Module für **neue Systeme** und **für das Ersatzteilwesen**.

Für die Beschaffung der Komponenten für **neue Systeme** sinken bei steigender Vielfalt die Stückzahlen. Zusätzlich steigt in der Regel die Anzahl der Lieferanten, was zu einer Reduzierung des Einkaufsvolumens bei den Zulieferern führt.

Dies wirkt sich negativ auf die Einkaufspreise und die Wiederbeschaffungszeiten aus. Besonders problematisch ist, wenn der Umsatzanteil des Unternehmens beim Lieferanten so gering ist, dass der Lieferant kaum noch Anreize hat die Aufträge zu bearbeiten und wichtigere Kunden besser und schneller beliefert. Das Unternehmen muss dann erhebliche Anstrengungen anstellen, um terminkritische Komponenten rechtzeitig zur Verfügung zu haben.

Die Auswirkungen der hohen Vielfalt im Einkauf **für das Ersatzteilwesen** sind vergleichbar mit den Problemen in der Produktion. Oftmals ist zum Zeitpunkt der Bestellung durch den Kunden nicht geklärt, ob die Teile überhaupt noch zu beschaffen sind und wie hoch die aktuellen Kosten sind.

3.2.5. Auswirkungen auf das Controlling und die Kalkulation

Neben den Auswirkungen in den Bereichen Produktion, Entwicklung und Vertrieb, lässt sich die erhöhte Komplexität durch die hohe Anzahl der Sachnummern auch in Bereichen des Unternehmens erkennen, die sich nicht direkt in der Wertschöpfungskette befinden. Ein Beispiel hierfür ist das Controlling.

Eine hohe Anzahl an Sachnummern im Unternehmen führt zu einem stark angestiegenen Aufwand zur Pflege und Aktualisierung der Daten in den Datenbanken. Dieser hohe Aufwand wird von den meisten Unternehmen aus wirtschaftlichen Gründen nicht vollständig erbracht, was zu einem hohen Grad an falschen und nicht mehr aktuellen Daten führt. Um so schlechter die Datenbasis ist, um so schwieriger ist es für das Controlling diese auszuwerten. Strategisch wichtige Entscheidungen werden aufgrund der schlechten Datenbasis oftmals sehr schwierig und sind letztlich mit einem sehr hohen Aufwand verbunden.

Das steuernde Eingreifen und die dafür notwendige Entscheidungsvorbereitung durch das Controlling ist durch eine erhöhte Variantenvielfalt sehr schwierig und aufwendig.

3.3. Kostenwirkung der Variantenvielfalt

Die in Kapitel 3 bisher beschriebenen negativen Auswirkungen der Variantenvielfalt sind in den Unternehmen meist leicht erkennbar. Wesentlich schwieriger als das Erkennen der negativen Auswirkungen ist deren **Quantifizierung, d.h. das Ermitteln der Kostenerhöhung durch die Variantenvielfalt**. Neben der Ermittlung der Kostenerhöhung ist auch die **Ermittlung der Kostenreduzierung** durch einzelne Maßnahmen von wesentlicher Bedeutung für das Variantenmanagement, beispielsweise für die Wirtschaftlichkeitsrechnung von internen Projekten des Variantenmanagements.

Dieses Kapitel beginnt mit einem Überblick über die notwendigen Begriffe und Grundlagen der Kostenrechnung. Im Anschluß daran wird auf die verschiedenen Arten der Analyse der Kostenwirkung von Variantenvielfalt eingegangen und einige beispielhafte Untersuchungsergebnisse vorgestellt. Anschließend wird dann der Einfluss der Stückzahlen auf die variablen Kosten behandelt.

3.3.1. Begriffe und Grundlagen

In der Betriebswirtschaftslehre werden Kosten allgemein als **in Geld bewerteter Güterverbrauch für die betriebliche Leistungserstellung** definiert. Als Güter im Sinne dieser Definition gelten Material, Energie und Betriebseinrichtungen, ebenso wie die menschliche Arbeitskraft, Information oder die Nutzung von Kapital. Ziel des Gütereinsatzes ist die Schaffung von Produkten oder das Erbringen von Dienstleistungen. (EHRENSPIEL et al. 1998)

Kosten können, wie in Abbildung 3-2 dargestellt, **aus verschiedenen Sichtweisen** betrachtet werden. Aus Sicht der Auslastung oder Mengenänderung können die Kosten in variable und fixe Kosten eingeteilt werden. Aus Sicht der Zurechenbarkeit in Einzel- und Gemeinkosten und aus Sicht der Kostenarten in Material-, Personal- und Kapitalkosten.

Für die Analyse der Kostenwirkung der Variantenvielfalt bedeutet dies, dass, aus Sicht der Zurechenbarkeit, die negativen Auswirkungen in **Einzel- und Gemeinkosten** eingeteilt werden können. Einzelkosten sind alle Kosten, die einem Zurechnungsobjekt direkt zugeordnet werden können. Gemeinkosten können nicht direkt zugeordnet werden. (EHRLENSPIEL 1998)

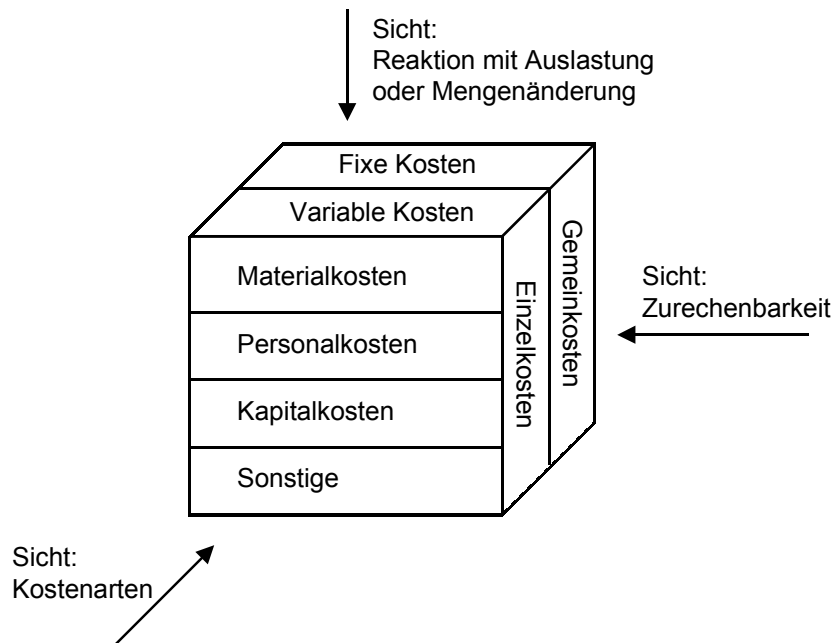


Abbildung 3-2: Verschiedene Sichten auf die Selbstkosten eines Unternehmens
(EHRENSPIEL et al. 1998)

Der Nachweis der Kostenwirkung von Vielfalt auf Gemeinkosten kann meist nur geschätzt und nicht im Detail ermittelt werden. Eine Möglichkeit der Analyse der Gemeinkosten ist die Prozesskostenanalyse. Wesentlich genauer jedoch kann der Einfluss auf die Einzelkosten analysiert und nachgewiesen werden.

Für **Analysen konkreter Maßnahmen** des Variantenmanagements ist die Sicht der Kostenarten zielführend. Betrachtet man Kosten aus der Sicht der Kostenarten, so lassen sich **Kosten grundsätzlich in Materialkosten, Personalkosten und Kapitalkosten einteilen.**

Den Kern der produktbezogenen Kosten (Einzelkosten) bilden die Herstellkosten. Die Herstellkosten setzen sich im Wesentlichen zusammen aus Materialkosten und Fertigungskosten (Lohnkosten). Die Verwaltungskosten werden zusammen mit den Herstellkosten zu den Selbstkosten eines Produktes.

Dies bedeutet für die Analyse von Maßnahmen des Variantenmanagements zur Kostensenkung, dass **ausschließlich dann eine Kostensenkung im Unternehmen vorliegt**, wenn die in Übersicht 3-1 dargestellten Bedingungen nachgewiesen werden können.

Übersicht 3-1: Kostensenkung liegt vor, wenn ...

- ⇒ eine vor der Aktion notwendige Tätigkeit in einem direkten Bereich (Fertigung) oder indirekten Bereich (Entwicklung, Logistik, ...) nicht mehr anfällt (Lohnkosten),
- ⇒ Einkaufspreise durch die Stückzahlerhöhung gesenkt wurden (Materialkosten),
- ⇒ Objekte oder Teile komplett entfallen,
- ⇒ oder die Kapitalbindung durch beispielsweise schnellere Durchlaufzeiten bzw. geringeren Lagerbestand reduziert wurde (Kapitalkosten).

Zur Analyse der Kostenwirkung stehen verschiedene Methoden zur Verfügung. Grundsätzlich lassen sich die Analyseansätze durch deren Perspektive unterscheiden. Man kann unterscheiden in die **Kennzahlenanalysen** und die **Maßnahmenanalysen**.

Kennzahlenanalysen sind Betrachtungen von Unternehmenskennzahlen und den gesamten Kosten eines oder mehrerer Unternehmen, branchenintern oder branchenübergreifend (in dieser Arbeit in Abhängigkeit der Variantenvielfalt). Aus diesen Analysen lassen sich empirische Richtwerte ermitteln, die jedoch für eine konkrete Bewertung von einzelnen Maßnahmen im Unternehmen nicht anwendbar sind. Gerade für eine sehr spezielle Betrachtung einer Branche, wie in dieser Arbeit die Betrachtung des Maschinen- und Anlagenbaus, kann diese Art der Analyse nur die Größenordnungen der Kostenwirkung von Variantenreichtum vermitteln.

Maßnahmenanalysen sind detaillierte Analysen einzelner Maßnahmen oder Prozesse hinsichtlich der entstehenden oder eingesparten Kosten. Die Erkenntnisse aus den Maßnahmenanalysen sind, wie an späterer Stelle an einem konkreten Beispiel aus der Praxis gezeigt werden wird, hilfreich für die Entscheidung, ob der Aufwand für gewisse Aktionen durch eine Kosteneinsparung amortisiert wird, oder ob der Aufwand der Maßnahme größer ist als ihr Nutzen.

In diesem Kapitel werden die Grundlagen für detailliertere Analysen der Auswirkungen auf Kosten beschrieben. Ein Beispiel aus der Praxis befindet sich in Kapitel 11.

Übersicht 3-2: **Kostenwirkung der Variantenvielfalt**

⇒ Beispiele für **Kennzahlenanalysen**

Analyse des gesamten Unternehmens

Vergleich von Unternehmen

⇒ Beispiele für **Maßnahmenanalysen**

Reduzierung der für neue Projekte eingesetzten Sachnummer

Eliminierung einer Sachnummer

Anlegen einer neuen Sachnummer

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung für die Entwicklung eines neuen Baukastens

3.3.2. Kennzahlenanalysen

Ein sehr gutes **Beispiel** für eine Kennzahlenanalyse ist die Analyse von WILDEMANN (1998), in welcher zum einen die Auswirkungen erhöhter Vielfalt im gesamten Unternehmen und zum anderen ein Vergleich zwischen verschiedenen Unternehmen durchgeführt wurde.

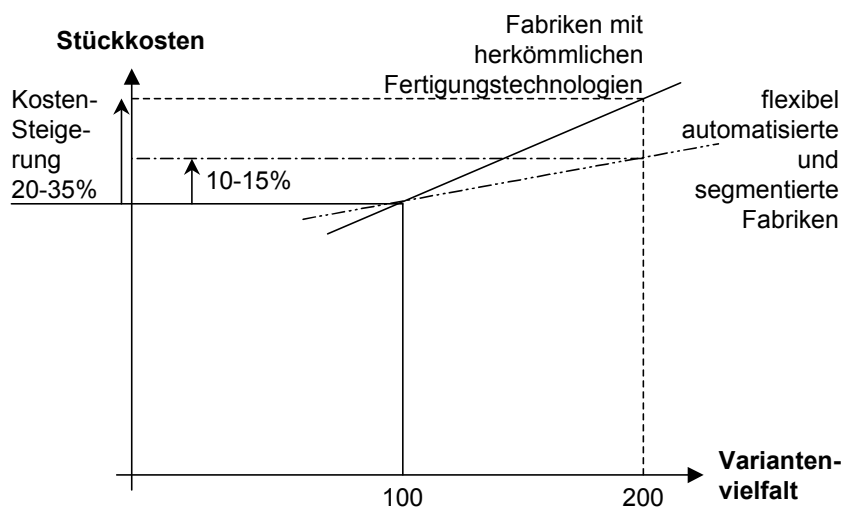


Abbildung 3-3: Auswirkung einer Variantenverdoppelung auf die Stückkosten (WILDEMANN 1998)

Ein wesentliches Ergebnis dieser Untersuchung ist, wie in Abbildung 3-3 dargestellt, die Auswirkung **einer Verdoppelung der Variantenvielfalt auf die Stückkosten**. Eine Verdoppelung der Variantenvielfalt führt somit nach WILDEMANN zu **einer Kostensteigerung der Stückkosten um 20-30 %**. Abhängig von der Organisation der Fertigung wirkt sich die höhere Variantenvielfalt stärker oder schwächer aus. Die Kostensteigerung ist um so gravierender, desto traditioneller die Fertigungsorganisation ausgestaltet ist.

Neben der Analyse der Herstellkosten wurden Auswirkungen auf weitere Kosten untersucht. Ein Beispiel ist die Auswirkung der Variantenvielfalt auf die **Logistikkosten**. Vergleicht man erfolgreiche mit durchschnittlichen und weniger **erfolgreichen Unternehmen**, so kann beobachtet werden, dass einer Erhöhung der Vielfalt grundsätzlich eine Erhöhung der Logistikkosten folgt (siehe Abbildung 3-4).

Diese beiden Beispiele für Kennzahlenanalysen zeigen, welche Informationen aus diesen Analysen gewonnen werden können. Die Erkenntnisse sind generelle Aussagen, die in den jeweiligen Unternehmen stark voneinander abweichen können. Ein Vorteil dieser Analysen ist der im Vergleich zu den detaillierteren Maßnahmenanalysen geringere Aufwand und die Wiederverwendbarkeit der Ergebnisse. Oftmals ist die Größenordnung, die aus den Kennzahlenanalysen abgeleitet werden kann, ausreichend für die zu treffenden Entscheidungen.

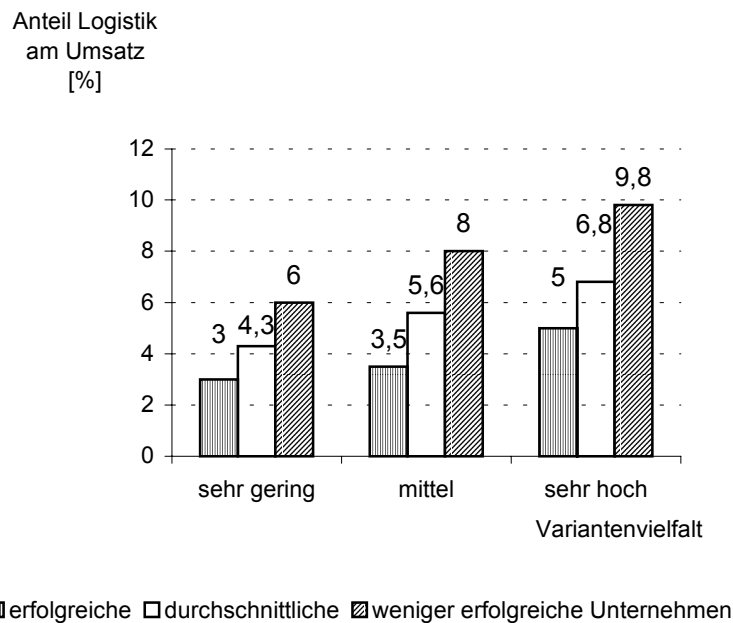


Abbildung 3-4: Anteil der Logistikkosten in Abhängigkeit der Variantenvielfalt bei erfolgreichen und weniger erfolgreichen Unternehmen (WILDEMANN 1998)

3.3.3. Massnahmenanalysen

Neben den Kennzahlenanalysen können die Auswirkungen der Variantenvielfalt auch durch die **Analyse konkreter Maßnahmen** oder **Prozessanalysen** erfasst werden. Diese Art der Analysen sollen in dieser Arbeit als **Maßnahmenanalysen** bezeichnet werden.

Im Wesentlichen existieren **zwei Gründe** für die Durchführung von Maßnahmenanalysen für ein Variantenmanagement. Zum einen ist die Kenntnis über die Kosten einer neuen Variante wichtig für die Beherrschung der Variantenvielfalt. Zum anderen ist es notwendig den Aufwand, der durch die Maßnahmen des Variantenmanagements im Unternehmen entsteht, dem Nutzen, d.h. der Kostenreduzierung gegenüberzustellen.

Übersicht 3-3: **Informationen aus Maßnahmenanalysen**

- ⇒ Kosten, die durch die Realisierung einer neuen Variante im gesamten Unternehmen entstehen
- ⇒ Aufwand und Nutzen Ermittlung für Aktivitäten des Variantenmanagements

Die Grundlagen für diese Art der Analysen wurden in Kapitel 3-2 dargestellt. Die Auswirkungen einzelner Maßnahmen auf die Einzel- und Gemeinkosten, sowie auf Material-, Lohn- und Kapitalkosten müssen bei der Durchführung der Maßnahmenanalyse betrachtet werden. Für die Analyse der Gemeinkosten bietet sich die **Prozesskostenanalyse** an.

Die **Methoden zur Durchführung** der Analysen sind **unternehmensspezifisch** und können aufgrund der meist geringen Komplexität für die jeweiligen Analysen vor der Durchführung entworfen werden. Die Schwierigkeit dieser Analysen liegt in der Verfügbarkeit und der Qualität der relevanten Daten und im meist hohen Aufwand.

3.3.4. Einfluss der Stückzahlen auf die Herstellkosten

Der Einfluss der Stückzahlen auf die Herstellkosten eines Produktes lässt sich an dem extremen Vergleich der Herstellkosten eines Prototypen mit einem Serienprodukt verdeutlichen. Gerade bei den meist niedrigen Stückzahlen in den Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus wirkt sich der Einfluss der Stückzahlen auf die Herstellkosten besonders gravierend aus.

Im Wesentlichen hat EHRENSPIEL et al. (1998), wie in Übersicht 3-4 dargestellt, **vier Ursachen** für die Kostensenkung der Herstellkosten bei zunehmender Stückzahl identifiziert.

Übersicht 3-4: Ursachen für Kostensenkung bei höheren Stückzahlen

- ⇒ Aufteilung der einmaligen Kosten
- ⇒ Trainiereffekt
- ⇒ Leistungsfähigere Fertigungsverfahren
- ⇒ Reduzierung der Einkaufspreise durch Mengenrabat

Die **Aufteilung der einmaligen Kosten** bei Betrachtung der Herstellkosten lässt sich, wie in der unten dargestellten Formel ersichtlich, durch die Aufteilung der Rüstkosten auf die höhere Losgröße erklären.

In Abhängigkeit des Anteils der Rüstkosten an den gesamten Herstellkosten wirkt sich dieser Effekt bei höherem Anteil der Rüstkosten wesentlich stärker aus.

$$HK_n = \frac{FKr}{n} + FKe + MK \left[\frac{DM}{Stück} \right]$$

HK_n = Herstellkosten pro Stück

n = Stückzahl

FKr = Rüstkosten

FKe = Fertigungskosten aus Einzelzeiten

MK = Materialkosten

Der **Trainiereffekt** bezeichnet den Effekt, dass bei zunehmender Wiederholung einer Tätigkeit der Zeitaufwand mit der Anzahl der Ausführung abnimmt. Wie in Abbildung 3-5

dargestellt, kann der Einfluss sogar sehr erheblich sein. BAUMANN (1982) spricht davon, dass bei einer 10-maligen Wiederholung nur noch 60% des Zeitaufwandes der ersten Durchführung benötigt werden.

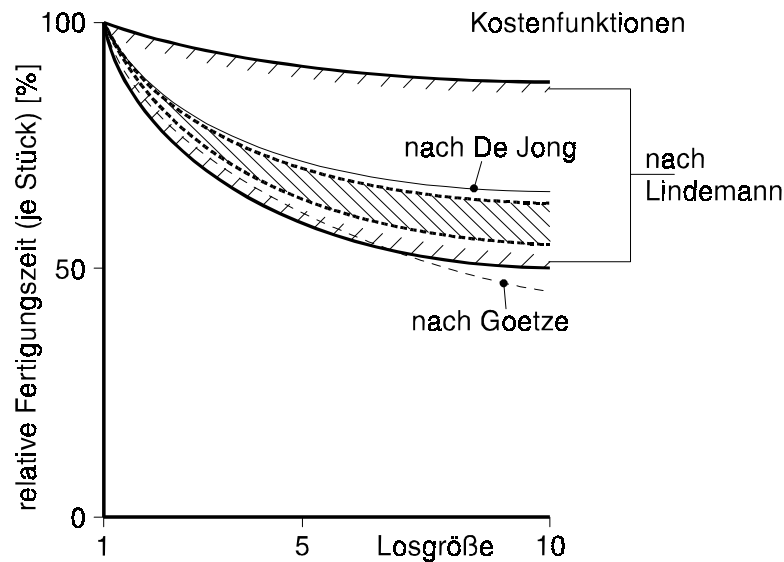


Abbildung 3-5: Fertigungskostendegression in Abhängigkeit von der gefertigten Losgröße (EHRENSPIEL et al. 1982)

Die Wahl des **Fertigungsverfahrens** hat einen wesentlichen Einfluss auf die Kosten des Produktes. Bei der Gestaltung des Produktes muss der Entwickler bereits wissen, welches Fertigungsverfahren zur Anwendung kommt. Diese Auswahl des Fertigungsverfahrens hängt sehr stark von der zu produzierenden Stückzahl ab, da zusammen mit den Einmalkosten, jedes Fertigungsverfahren bei einer bestimmten Stückzahl die niedrigsten Kosten verursacht. Dieser Zusammenhang ist in Abbildung 3-6 am Beispiel verschiedener Gussverfahren dargestellt. Leistungsfähigere Fertigungsverfahren, d.h. solche die für eine jeweils größere Losgröße niedrigere Herstellkosten pro Stück ergeben, haben meist höhere einmalige Kosten. (EHRENSPIEL 1998)

Neben dem starken Einfluss auf die in der Produktion anfallenden Kosten haben die Stückzahlen ebenfalls Einfluss auf die **Einkaufspreise**. Die Einkaufspreise sind jedoch meist nicht durch die Losgröße, sondern durch die in den Rahmenverträgen verhandelten Jahresmengen des Bauteils definiert.

Der Einfluss der Stückzahlen auf die Preise von Standardprodukten (z.B. Elektromotoren, Turbolader) und Halbzeugen kann im Mittel, nach einer Untersuchung der BBC entsprechend den Unterlagen von Boston Consulting, mit einer Absenkung von 20-30% bei Verdoppelung der Stückzahlen geschätzt werden (TRECHSEL 1978). Dies ist jedoch immer im Einzelfall zu analysieren und kann von Fall zu Fall stark abweichen.

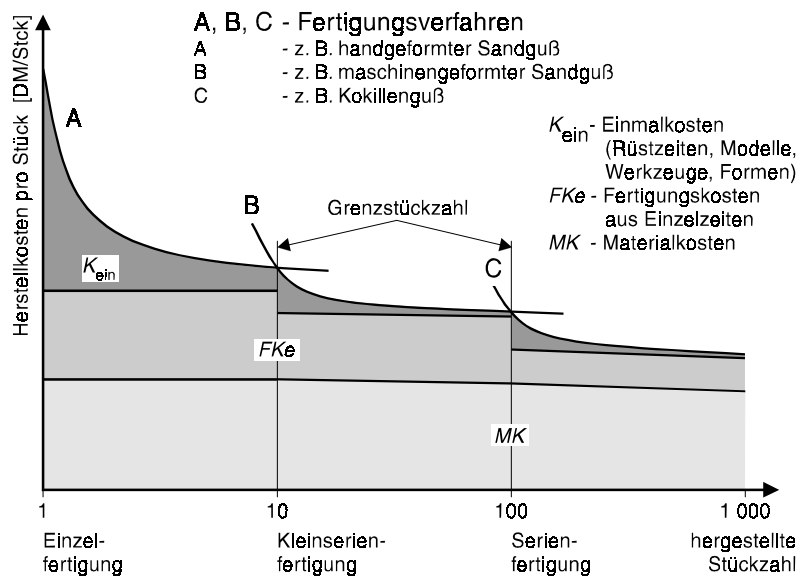


Abbildung 3-6: Absinken der Herstellkosten mit steigender Stückzahl abhängig vom Fertigungsverfahren (EHRENSPIEL 1998)

3.4. Zusammenfassung

Das Kapitel 3 "Negative Auswirkungen überhöhter Teile und Produktvielfalt" lässt sich mit Hilfe der in Übersicht 3-5 aufgelisteten Kernaussagen zusammenfassen.

Übersicht 3-5: **Kernaussagen des Kapitels 3**

"Negative Auswirkungen überhöhter Teile und Produktvielfalt"

- ⇒ Die Auswirkungen überhöhter Variantenvielfalt können in allen Bereichen des Unternehmens meist leicht erkannt werden. Sie lassen sich jedoch nur sehr schwer und mit hohem Aufwand quantifizieren.
- ⇒ Die Methoden zur Analyse der Kostenwirkung lassen sich aufteilen in Maßnahmenanalysen und Kennzahlenanalysen.
- ⇒ Eine Erhöhung oder Reduzierung der Kosten kann nur durch eine Veränderung der Lohn-, Material- oder Kapitalkosten nachgewiesen werden.
- ⇒ Der Nachweis der Reduzierung der Gemeinkosten lässt sich nur sehr schwer erbringen, im Gegensatz zu dem der Reduzierung der Einzelkosten.

4. Variantenvielfalt und Variantenmanagement nach Fusionen

In diesem Kapitel sollen nun, nach den in Kapitel 3 beschriebenen grundsätzlichen Auswirkungen überhöhter Variantenvielfalt, die **Auswirkungen von Fusionen** auf das Produktprogramm diskutiert werden. Dazu wird zuerst anhand eines einfachen Modells auf die **Integration von Unternehmen** nach einer Fusion eingegangen. Darauf aufbauend können dann die Auswirkungen von Fusionen auf das Produktprogramm und die notwendigen **Voraussetzungen für die**, in Kapitel 5 beschriebene, **Methodik** für ein Variantenmanagement nach Fusionen abgeleitet werden.

4.1. Begriffe und Grundlagen

Begrifflich ist bei Fusionen zwischen Zusammenschluss und Übernahme oder zwischen **Merger and Acquisition**, wie die oftmals verwendeten englischen Begriffe lauten, zu unterscheiden. Unter Merger wird im Allgemeinen der Firmenzusammenschluss unter Gleichen verstanden (Merger of Equals), während Acquisition für einen Unternehmensaufkauf steht.⁴

Weiter können Fusionen unterschieden werden in **vertikale, horizontale oder Konglomerats-Integrationen**. Unter vertikaler Integration versteht man den Zusammenschluss innerhalb einer Wertschöpfungskette. Dieser Fall liegt vor, wenn beispielsweise ein Automobilhersteller einen Reifenproduzenten aufkauft. Unter **horizontaler Integration** versteht man eine Verschmelzung von Unternehmen der gleichen Branche und als Konglomeratsintegration bezeichnet man das Zusammenführen von Unternehmen aus unverwandten Branchen mit unterschiedlichen Geschäftsfeldern. Da diese Unterscheidung jedoch nicht immer trennscharf vorgenommen werden kann, werden Unternehmenszusammenschlüsse ganz allgemein als **Merger and Acquisition (M&A) oder Fusion** bezeichnet. Zumeist finden diese Firmenzusammenschlüsse jedoch **innerhalb der gleichen Branche** oder zwischen eng verbundenen Branchen statt, da dort das Potenzial für Synergien am ehesten erwartet wird.

⁴ Bei Firmenzusammenschlüssen wird in den Medien zwar meist von einem Merger of Equals berichtet, jedoch zeigt sich aus den späteren Berichten über genau diese Fusionen, dass Firmenzusammenschlüsse in der Regel Akquisitionen sind.

4.2. Integration fusionierter Unternehmen

Die Auswirkungen von Fusionen auf die Variantenvielfalt der Produkte im Unternehmen sind, wie im Folgenden gezeigt werden wird, stark von der **Strategie des Unternehmens für die Integration** abhängig.

Die **Aufgaben bei der Integration** eines neuen Unternehmens in einen Konzernverbund oder der Integration eines Wettbewerbers in ein einzelnes Unternehmen kann sehr anschaulich an dem in Abbildung 4-1 dargestellten **Modell** verdeutlicht werden. Das Modell soll die Komplexität einer Integration vereinfacht darstellen und ist speziell auf den Blickwinkel dieser Arbeit ausgerichtet.

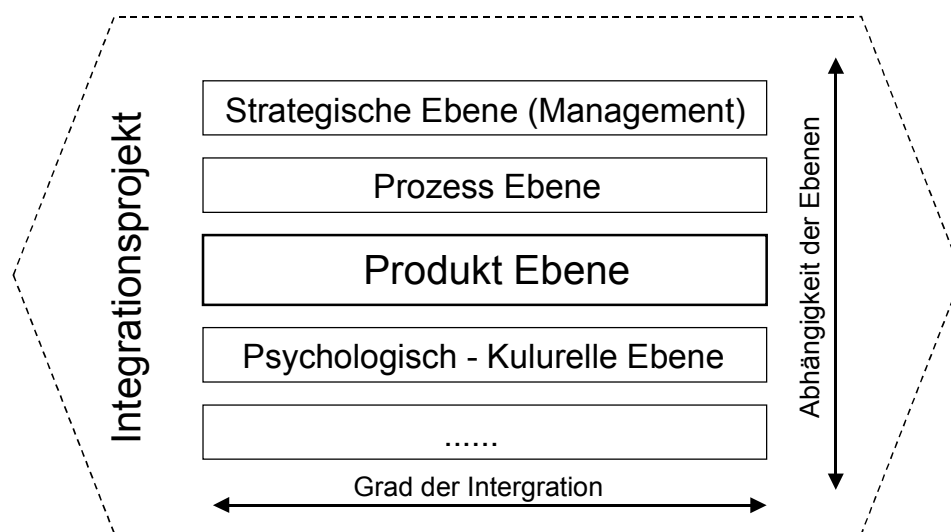


Abbildung 4-1: Ebenenmodell für die Integration eines Unternehmens

Grundsätzlich können alle für eine Integration eines Unternehmens notwendigen **Entscheidungen, Aktionen und Probleme** in verschiedene **Ebenen** aufgeteilt werden. Wie in Abbildung 4-1 dargestellt existieren bei der Integration eines Unternehmens eine strategische Ebene, eine Prozess Ebene, eine Produkt Ebene und weitere, wie beispielsweise die psychologisch kulturelle Ebene.

Die Entscheidungen auf den verschiedenen Ebenen sind in der Regel durch verschiedene Personen auf unterschiedlichen Hierarchieebenen zu fällen. Beispielsweise werden die strategischen Entscheidungen durch die Unternehmensleitung getroffen.

Der **strategischen Ebene** kommt eine besondere Bedeutung im Integrationsprojekt zu, da hier die Weichen für alle weiteren Ebenen gestellt werden (DERESKY 2000). Auf dieser

Ebene müssen unter anderem die in Übersicht 4-1 aufgelisteten Entscheidungen gefällt werden.

Übersicht 4-1: **Beispiele für die Entscheidungen auf der strategischen Ebene für eine Integration ...**

- ⇒ Strategische Einbindung des neuen Unternehmens in den Gesamtkonzern
- ⇒ Grad der Integration des neuen Unternehmens
- ⇒ Mittel- und Langfristplanung (Finanzen)
- ⇒ Personalpolitik im Management
- ⇒ Planung und Controlling des Integrationsprojektes

Eine der wichtigsten Fragen, die auf dieser Ebene zu entscheiden ist, ist der **Grad der Integration** des Unternehmens.

Die **Aufgaben einer Integration auf der Prozess Ebene** hängen sehr stark von dem angestrebten Grad an Integration ab. Soll das neue Unternehmen mit seinen eigenen Märkten und eigenen Produkten wie ein eigenständiges und unabhängiges Unternehmen agieren, so sind im Wesentlichen die Prozesse für das Controlling in dem neuen Unternehmen einzuführen, wie beispielsweise Finanzplanung, Reporting, Kostenrechnung, usw..

Ist der angestrebte Grad der Integration des Unternehmens jedoch wesentlich höher, so müssen nahezu alle Prozesse im Unternehmen synchronisiert werden. Betrachtet man alleine die Kernprozesse der Produkterstellung, so reichen diese von dem Angebotsprozess, über den Entwicklungsprozess bis zur Produktion und der Beschaffung. Einheitliche Prozesse fordern beispielsweise ein einheitliches PDM- und PPS-System. Dies bedeutet letztlich für das akquirierte Unternehmen einen enormen Aufwand, verbunden mit hohen Kosten für die Integration, so dass oftmals versucht wird, nur die Prozesse zu verändern, die für die Zusammenarbeit wirklich notwendig sind.

Für die **Produkt Ebene** der Integration gilt wie für die Prozess Ebene, dass je höher der angestrebte Grad der Integration, desto höher der Aufwand und gleichzeitig das Synergiepotenzial. Eine vollständige Integration der beiden Unternehmen führt zu den im Folgenden Unterkapitel beschriebenen Auswirkungen auf das Produktprogramm.⁵

⁵ Die Methoden und notwendigen Prozesse für eine vollständige Integration auf der Produktebene werden ab Kapitel 5 beschrieben.

Wichtig für die Integrationsarbeit auf der Produkt Ebene sind die auf der strategischen Ebene zu treffenden Entscheidungen und die klare Verantwortlichkeit im Management nach der Fusion. Eine Gefahr für die Integration auf Produkt Ebene ist eine bereits auf strategischer Ebene existierende Unstimmigkeit über die Ziele der Integration und eine daraus folgende Behinderung der operativen Ebene durch ein überhöhtes Maß an Politik im Management.

Eine organisatorische Aufgabe, ohne welche die Ziele der **Integration auf Produkt Ebene** nur mit erhöhtem Aufwand erreichbar sind, ist die **Reorganisation der Entwicklungsverantwortlichkeiten**. Direkt nach der Fusion existieren in einem Unternehmen, wie bei der Redundanz der Produkte, redundante Entwicklungsverantwortlichkeiten. Die Entwicklungsabteilungen waren, wie die Produkte, in der Vergangenheit meist Konkurrenten und wurden durch die Fusion in einem Unternehmen vereint. Jede der beiden Entwicklungsabteilungen ist nach der Fusion noch für die Produkte verantwortlich, die sie in der Vergangenheit entwickelt hat.

Das Ziel der Reorganisation der Entwicklungsverantwortlichkeiten ist die Redundanz in der Entwicklung zu reduzieren und die Verantwortung für Produkte, Systeme und Subsysteme, die aus **strategischen Gesichtspunkten in einer Abteilung** entwickelt werden sollten, zu **konzentrieren**. Diese Aktion führt zu einer **Kapazitätsanpassung der Entwicklung** und somit zu einer Realisierung der angestrebten Synergien.

Die **Gründe**, die für die Reorganisation der Entwicklung sprechen, sind neben der unausweichlichen mittel- und langfristigen Konzentration der Entwicklung aus strategischen Gesichtspunkten, die vereinfachte Durchführung der "Variantensanierung"⁶ nach der Fusion. Existieren in einem Unternehmen noch zwei Entwicklungsabteilungen, die in Konkurrenz gleiche oder ähnliche Produkte entwickeln, wird **die bei einem Vergleich der beiden Produkte stattfindende Politik**, jede sachliche Methodik und interne Bewertung der Produkte verhindern.

Bei der Konzentration der Entwicklungsabteilungen besteht natürlich die Gefahr, dass das bekannte "not invented here"-Syndrom die Aufnahme der neuen Produkte als Ersatz für die selbst entwickelten Produkte verhindert. Dieses Phänomen kann jedoch durch die in Kapitel 6 beschriebenen organisatorischen Rahmenbedingungen für ein Variantenmanagement verhindert werden.

⁶ Die Methode "Variantensanierung" wird in Kapitel 8 "Variantenmanagement der Module und Subsysteme" beschrieben.

4.3. Auswirkungen der Integration fusionierter Unternehmen auf das Produktprogramm

In diesem Unterkapitel sollen die Auswirkungen der Integration eines Unternehmens im Anlagen- und Maschinenbau auf das Produktprogramm verdeutlicht werden. Als Ziel der Fusion wird ein hoher Grad an Integration angenommen. Nach dem in Kapitel 2 beschriebenen Produktmodell findet durch die Fusion eine Erhöhung der Vielfalt auf allen Ebenen des Modells statt.

Übersicht 4-2: **Fusionen mit dem Ziel der Integration des neuen Unternehmens erhöhen die Variantenvielfalt der ...**

- ⇒ Systeme / Systemphilosophien
- ⇒ Subsysteme und Module
- ⇒ Einzelteile und Normteile / Sachnummernsysteme
- ⇒ Konstruktionsprinzipien

Betrachtet man die **Systeme** der fusionierten Firmen, so werden die gleichen **Funktionen** in den Anlagen mit unterschiedlichen Systemphilosophien realisiert. Diese **Systemphilosophien** sind über die Jahre in den Firmen entstanden und die Anlagen daraus konfiguriert und konstruiert worden. In der Regel sind sie sehr firmenspezifisch und werden sehr stark durch einzelne Mitarbeiter geprägt.

Die **projektspezifischen Konstruktionen** werden nach gewissen Konstruktionsprinzipien ausgeführt. Die dort angewandten Fertigungsverfahren sind ein Teil der Systemphilosophie und richten sich in der Regel nach den zur Verfügung stehenden Fertigungsverfahren des Unternehmens bzw. der Zulieferer. Die Fertigungsverfahren der Unternehmen unterscheiden sich, wie die Systemphilosophien, meist sehr stark voneinander.

Die **Typenvielfalt der Module** steigt ebenfalls sprunghaft an. Die Module, die in den Unternehmen selbst produziert werden, sind in der Regel baukastengerecht konstruiert. Dies führt dazu, dass die Typenvielfalt durch Fusionen, verglichen mit natürlich angestiegenem Wachstum der Vielfalt, zu einem wesentlich stärkeren Anstieg der Vielfalt der Einzelteile führt. Die Module unterscheiden sich, ähnlich wie die Systemphilosophien, durch die eingesetzten Technologien, Fertigungsverfahren, usw..

In Abbildung 4-2 ist die Redundanz der Produkte aus den verschiedenen Unternehmen schematisch abgebildet. Betrachtet man die durch die Baukästen und Module realisierbaren

Funktionen, so lassen sich durch die verschiedenen Baukästen jeweils unterschiedliche Funktionsbereiche abdecken.

Selbst auf der Ebene der **Normteile** finden in den Unternehmen meist unterschiedliche unternehmensinterne Standards Anwendung, so dass sich die Variantenvielfalt bei diesen genormten Bauteilen mit den Fusionen drastisch erhöht. Selbst bei einer zufälligen Übereinstimmung einiger Normteile erhöht sich die Variantenvielfalt durch die unterschiedlichen Sachnummernsysteme.⁷

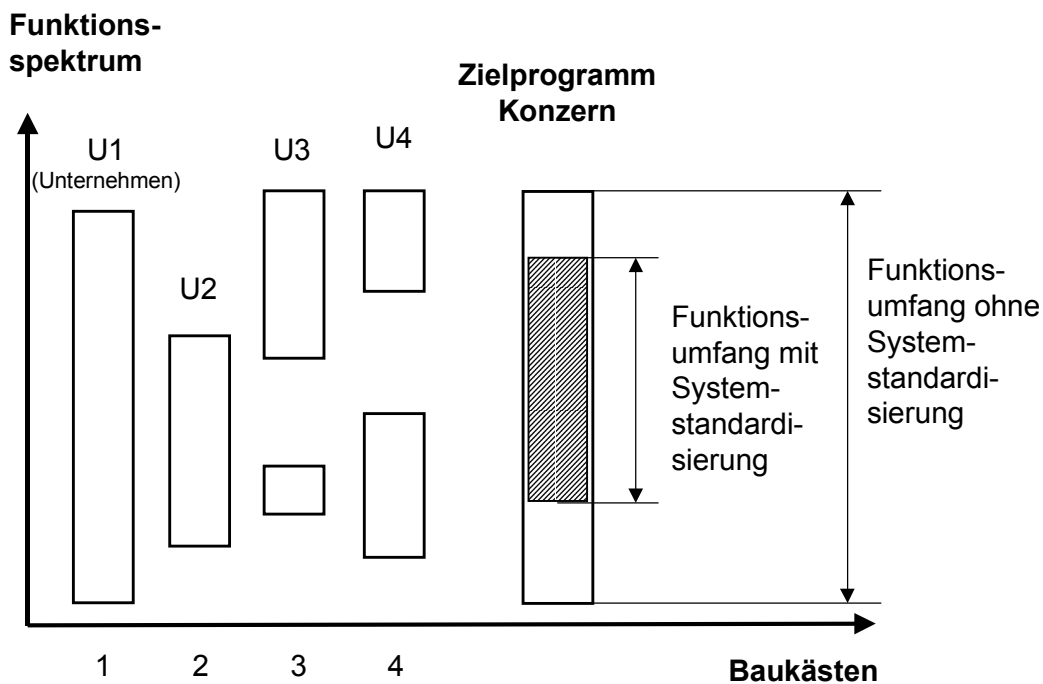


Abbildung 4-2: Ausgangssituation des Produktprogramms nach Fusionen

Betrachtet man aus dieser Ausgangssituation des Produktprogramms nach der Fusion die Ziele des Unternehmens, die mit der Fusion verknüpft waren, so kann das **Ziel für das Produktprogramm nach der Fusion nur eine Reduzierung der Vielfalt und somit der Komplexität auf allen Ebenen des Produktmodells sein**. Dies bedeutet unternehmensweit gleiche Systemphilosophien, keine Redundanz in den Modulen, einheitliche Konstruktionsprinzipien und Normteile.

⁷ In diesem Fall lässt sich die Variantenvielfalt natürlich mit geringerem Aufwand reduzieren, doch selbst diese Aufgabe beinhaltet, wie in dem Kapitel „Variantenmanagement von Einzelteilen“ beschrieben, eine gewisse Komplexität und ist mit Aufwand verbunden.

4.4. Zusammenfassung

Die Kernaussagen des Kapitels 4 "Variantenvielfalt und Variantenmanagement nach Fusionen" sind in Übersicht 4-3 zusammengefasst.

Übersicht 4-3: **Kernaussagen des Kapitels 4**

"Variantenvielfalt und Variantenmanagement nach Fusionen"

- ⇒ Die Auswirkungen einer Fusion auf das Produktprogramm sind abhängig von der mit der Fusion verfolgten Strategie und dem angestrebten Grad an Integration des neuen Unternehmens.
- ⇒ Mit dem Ziel eines hohen Integrationsgrades erhöht sich mit der Fusion zuerst einmal die Variantenvielfalt auf allen Ebenen des Produktmodells.
- ⇒ Um Synergien auf der Produkt Ebene zu erreichen, muss die durch die Fusion entstandene überhöhte Variantenvielfalt auf allen Ebenen des Produktmodells reduziert werden.
- ⇒ Die organisatorischen Rahmenbedingungen für die Integration müssen auf der strategischen Ebene durch das Management geschaffen werden. Ist diese Voraussetzung nicht gegeben, so kann auf der Produkt und Prozess Ebene nur begrenzt eine erfolgreiche Integration realisiert werden.

5. Überblick über die Methodik des Variantenmanagements

Nach dem ersten Teil, der eine Einführung in das Variantenmanagement und die Erläuterung der Grundlagen dieser Arbeit beinhaltet, soll nun zu Beginn des zweiten Teils ein **Überblick über die Methodik für das Variantenmanagement im Anlagen- und Maschinenbau** dargestellt werden.

5.1. Grundlagen und Definitionen

Methoden beschreiben ein planmäßiges und regelbasiertes Vorgehen, bzw. Handeln zum Lösen einer Aufgabe/eines Problems. Die Anwendung von Methoden verlangt gegebenenfalls Hilfsmittel und die Berücksichtigung der jeweiligen Rahmenbedingungen. Ein Beispiel für eine Methode zur Findung von Schwerpunkten ist die ABC-Analyse (Pareto).

Mehrere Methoden eingebettet in ein übergeordnetes Vorgehensmodell bilden eine **Methodik**. Wie in Abbildung 5-1 dargestellt, kann das Problem durch die Methodik alleine nicht gelöst werden. Die Methodik ermöglicht es jedoch, das Problem strukturiert und mit einer systematischen Vorgehensweise zu lösen.

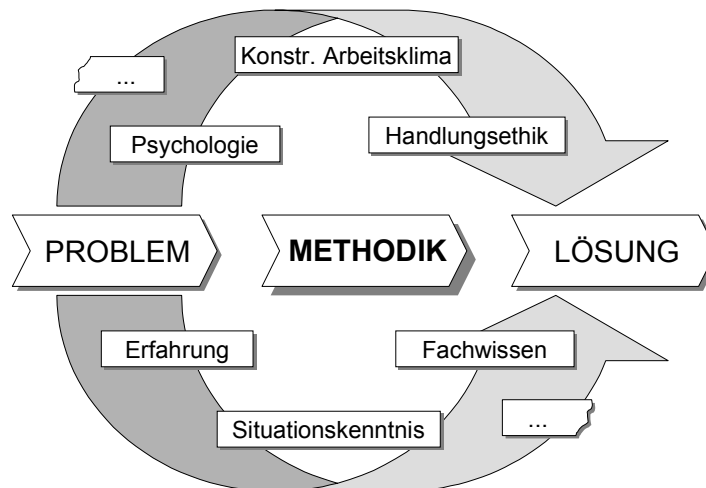


Abbildung 5-1: Methodik als Hilfsmittel zur Problemlösung

Die Problemstellung dieser Arbeit wird nach SCHUH kategorisch als **Variantenmanagement** bezeichnet. Das Variantenmanagement soll die Probleme einer breiten Produktpalette lösen. Das Produkt, bzw. Sortiment wird im Variantenmanagement in den Mittelpunkt der Betrachtung gestellt und mittels geeigneter Werkzeuge und Methoden besser auf den Markt abgestimmt.

Variantenmanagement wird demnach von SCHUH (2001) wie folgt definiert:

„Das Variantenmanagement umfasst die Entwicklung, Gestaltung und Strukturierung von Produkten und Dienstleistungen, bzw. Produktsortimenten im Unternehmen. Dadurch wird angestrebt, die vom Produkt ausgehende Komplexität (Anzahl Teile, Komponenten, Varianten, usw.) wie auch die auf das Produkt einwirkende Komplexität (Marktdiversifikation, Produktionsabläufe, usw.) mittels geeigneten Instrumenten zu bewältigen.“

Diese Definition des Variantenmanagements dient an dieser Stelle auch als Abgrenzung des Betrachtungsraumes von bereits vorhandenen Ansätzen zur Lösung der Aufgabenstellung. In dieser Arbeit werden nur Lösungsansätze behandelt, die **direkt** und **aktiv** auf die Produktgestaltung im Unternehmen Einfluss nehmen. Dies bedeutet, dass Lösungsansätze für die Bereiche Produktion, Logistik, Einkauf, usw. nicht Gegenstand unserer Betrachtung sind.

Die Problematik der Vielfalt kann stark abstrahiert, wie in Abbildung 5-2 dargestellt, durch drei wesentliche Maßnahmen, Varianten reduzieren, beherrschen und vermeiden, gelöst werden (WILDEMANN 2000). Diese drei wesentlichen Ansätze des Variantenmanagements sind schon seit sehr langer Zeit die Grundlage für die Methoden und Lösungsansätze im Variantenmanagement.

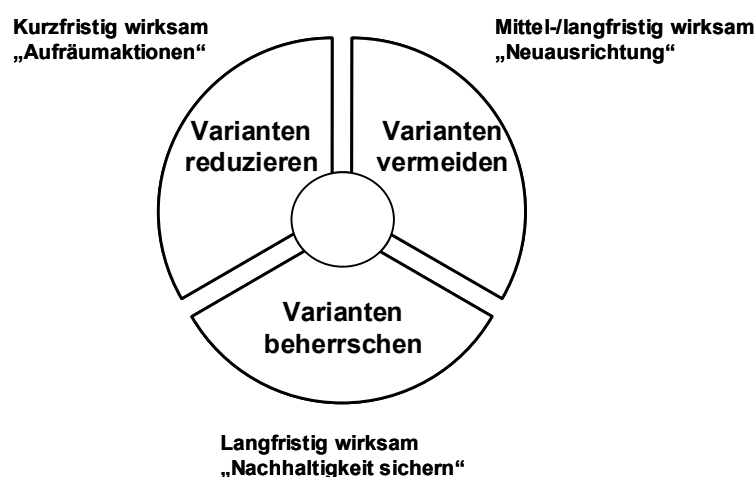


Abbildung 5-2: Variantenmanagement (nach Wildemann 2000)

5.2. Die Bausteine der Methodik des Variantenmanagements

Die **Probleme** einer überhöhten Variantenvielfalt wurden in den vorherigen Kapiteln im Detail beschrieben und wirken sich letztlich immer negativ auf die **Kosten** im Unternehmen aus. Ausgehend von der überhöhten Variantenvielfalt soll in dieser Arbeit eine Methodik entwickelt werden, die dem entgegenwirkt. Oberstes **Ziel dieser Methodik** ist somit die Verbesserung der Wettbewerbsposition des Unternehmens, welches die Reduzierung der Kosten als eines der wichtigsten Teilziele besitzt.

Im zweiten Kapitel wurde ein Modell beschrieben, um die Produkte des Anlagen- und Maschinenbaus zu strukturieren. Diese einfache Struktur ist, wie in Abbildung 5-3 dargestellt, die Grundlage für die Ansatzpunkte der Methodik für ein Variantenmanagement. Um die Probleme einer überhöhten Variantenvielfalt im Anlagen- und Maschinenbau zu lösen, **muss auf allen Ebenen dieses Produktmodells** angesetzt werden. Für jede dieser Ebenen sind Methoden notwendig, um die Variantenvielfalt zu optimieren und die negativen Auswirkungen zu reduzieren.

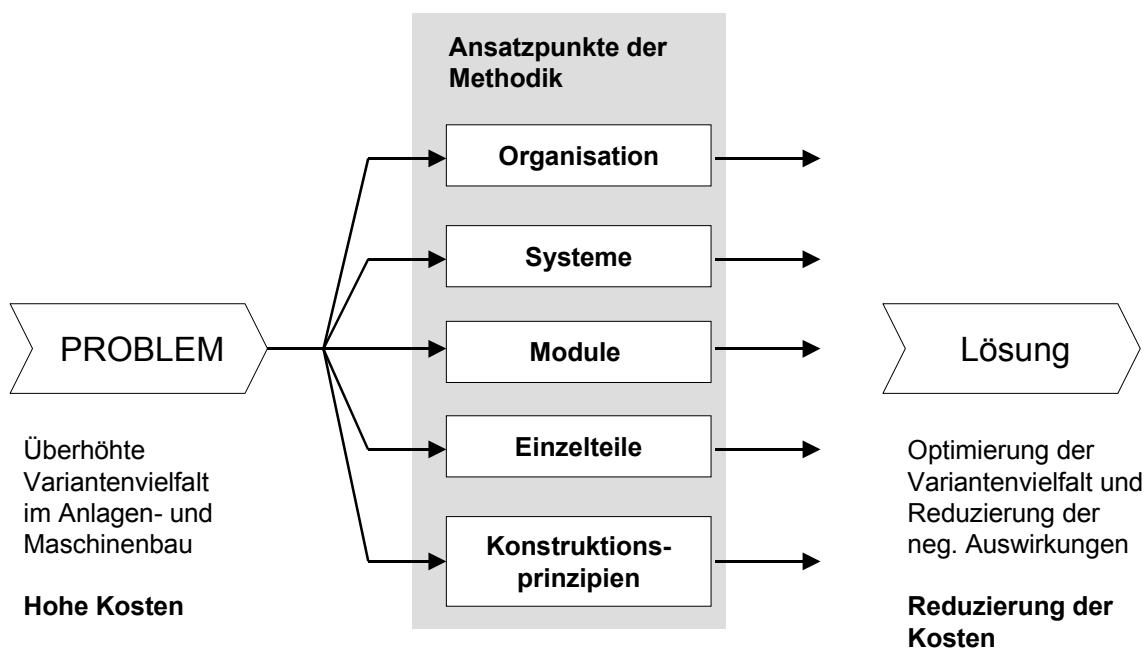


Abbildung 5-3: Ansatzpunkte der Methodik für ein Variantenmanagement im Anlagen- und Maschinenbau

Zusätzlich zu den Methoden auf den Ebenen des Produktmodells muss, wie in Kapitel 6 gezeigt werden wird, die Organisation des Unternehmens in seinen Prozessen und Verantwortlichkeiten erweitert und angepasst werden, um die Ziele der Methodik zu erreichen.

Die einzelnen Elemente der Methodik werden in den folgenden Kapiteln im Detail beschrieben. Eine Übersicht darüber ist in Abbildung 5-4 dargestellt. Bei den in den folgenden Kapiteln beschriebenen Methoden handelt es sich um eine Auswahl bereits existierender und neuer Methoden, welche in den Praxisprojekten verifiziert wurden. Es stellt somit eine Sammlung der wichtigsten Lösungsansätze dar.

Ansatzpunkte des Variantenmanagements	Elemente der Methodik für ein Variantenmanagement im Maschinen- und Anlagenbau	
Systeme Subsysteme	Wettbewerbsstrategie Produktstrategie Modularisierung	Vorausplanung der Subsysteme Projektierungshilfsmittel ROI Rechnung für Projekte
Module	Projekt zur Variantensanierung Planung der Produktfamilien Gestaltungsprinzipien	Strategische Klassifikation Modularisierung Anforderungen optimieren
Einzelteile	Wiederholteilsuche Sachmerkmalleisten	Gestaltungsprinzipien Standardisierungsprojekte Fertigungstiefe
Konstruktionsprinzipien	Konstruktionsrichtlinien	Parametrik
Organisation	Produktmanagement Klassifikation Kennzahlen	Entwicklungslenkung Vertriebslenkung

Abbildung 5-4: Übersicht über die Elemente der Methodik

5.3. Vorgehen bei der Implementierung der Methodik

Für die Implementierung des Variantenmanagements auf den verschiedenen Abstraktionsebenen des Produktmodells stellt sich die Frage nach der Reihenfolge der Durchführung der notwendigen Schritte. Eine gleichzeitige Einführung aller Lösungsansätze ist aufgrund der zu hohen Komplexität und des hohen Aufwandes nicht möglich. Zusätzlich treten bei der erstmaligen Anwendung einer Methode oftmals Probleme aufgrund fehlender Erfahrung auf. Eine mögliche Art der Einführung soll an dem in Abbildung 5-5 dargestellten Beispiel verdeutlicht werden.

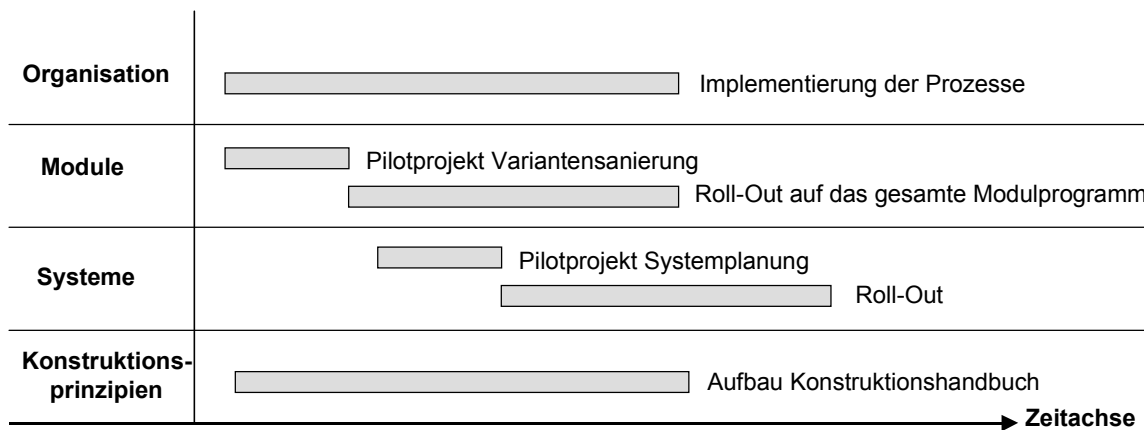


Abbildung 5-5: Beispiel für den Ablauf der Anwendung der Methodik

Die ersten Schritte müssen die, im folgenden Kapitel beschriebenen **organisatorischen Veränderungen** sein. Die Anwendung der Methodik in der Praxis hat gezeigt, dass sich parallel zu diesen organisatorischen Veränderungen, die Durchführung einiger Pilotprojekte zum Sammeln von Erfahrung besonders eignet. Mit den Erfahrungen aus diesen Pilotprojekten können dann die Projekte zur kompletten Durchführung über alle Produktfamilien geplant werden.

Für den Beginn eignet sich die Durchführung der in Kapitel 8 beschriebenen **Variantensanierung der Module**. Zu einem fortgeschritteneren Stadium der Reduzierung der Anzahl der Module, welche in neuen Projekten eingesetzt werden dürfen, sollte das Variantenmanagement der Systeme starten. Dies lässt sich damit begründen, dass eine Systemstandardisierung bei einer hohen Vielfalt der Module kaum durchführbar ist. Hat man jedoch durch die Methode der Variantensanierung die Vielfalt der Module bereits reduziert, so kann durch die Systemstandardisierung die Planung für die Produktfamilien verifiziert und die Vielfalt weiter reduziert werden.

Ein Variantenmanagement für die **Einzelteile** und für **Konstruktionsprinzipien** kann **parallel** nach dem Start der Variantensanierung der Module durchgeführt werden, da diese Projekte meist unabhängig voneinander durchgeführt werden können.

5.4. Zusammenfassung

Die Kernaussagen des Kapitels 5 "Überblick über die Methodik des Variantenmanagements" sind in Übersicht 5-1 zusammengefasst.

Übersicht 5-1: **Kernaussagen des Kapitels 5**

"Überblick über die Methodik des Variantenmanagements"

- ⇒ Eine Methodik für das Variantenmanagement in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus muss an der Organisation, den Systemen, den Modulen, den Einzelteilen und den Konstruktionsprinzipien ansetzen.
- ⇒ Der Fokus dieser Arbeit liegt auf den Methoden, die direkt auf die Produktgestaltung Einfluss nehmen.
- ⇒ Alle Methoden des Variantenmanagements lassen sich auf die Reduzierung, Vermeidung und Beherrschung von Varianten zurückführen.
- ⇒ Bei der Implementierung der Methodik sollten zuerst die Prozesse für das Variantenmanagement angepasst werden und parallel einige Pilotprojekte zur Sammlung von Erfahrungen durchgeführt werden. Mit den Erfahrungen der Pilotprojekte können dann weitere Projekte starten.

6. Organisation und Prozesse für ein Variantenmanagement

In diesem Kapitel werden die notwendigen **Prozesse**, organisatorischen **Rahmenbedingungen** und **Steuerungsmöglichkeiten** für ein effektives Variantenmanagement in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus beschrieben.⁸

Die **Notwendigkeit** von Prozessanpassungen für das Variantenmanagement soll anhand folgender Überlegung erläutert werden. Betrachtet man ein kleines mittelständisches Unternehmen mit einfachen Strukturen, so kann alleine durch die Kontrolle der Angebote durch eine einzelne Person, beispielsweise den Eigentümer, die Entwicklung der Vielfalt im Unternehmen gesteuert werden. Er kann die eingesetzten Module, die Konstruktionsprinzipien und den Preis kontrollieren und steuern. Bis zu einer gewissen Größe des Unternehmens ist es somit durch einfache Abläufe möglich, die Vielfalt zu beherrschen. Stellt man sich im Vergleich dazu nun ein international agierendes Unternehmen mit verteilter Projektierung der Anlagen vor, so ist es leicht ersichtlich, dass Hilfsmittel und Prozesse zur Beherrschung der Vielfalt aufgrund der wesentlich höheren Komplexität notwendig werden. Sind diese nicht ausreichend, so wird die Vielfalt mit der Zeit kontinuierlich anwachsen.

Die in diesem Kapitel beschriebenen Prozesse und Erweiterungen der Organisation bilden die **Voraussetzungen** für die in den folgenden Kapiteln beschriebene **Methodik für das Variantenmanagement**. Ohne sie ist eine erfolgreiche Anwendung der Methodik kaum erreichbar. In Übersicht 6-1 sind die wesentlichen Punkte, welche in diesem Kapitel behandelt werden, aufgelistet.

Übersicht 6-1: **Prozesse, Verantwortlichkeiten und Steuerungsmöglichkeiten für ein Variantenmanagement**

- ⇒ Produktmanagement
- ⇒ Klassifizierung der Module nach vertriebsorientierten Gesichtspunkten
- ⇒ Rahmenbedingungen für den Vertrieb

⁸ Die Notwendigkeit der gemeinsamen Betrachtung von Produkten und Prozessen lässt sich in der Literatur in vielen Bereichen der Wissenschaft finden. Ein Beispiel dazu ist die Integrierte Produktentwicklung (vgl. z.B. ANDREASEN & HEIN 1985).

6.1. Produktmanagement im Unternehmen

Eine heutzutage in größeren Unternehmen übliche Organisation ist die Matrix-Organisation, welche das Unternehmen in Produkt und Funktionsbereiche aufteilt.

Wie in Kapitel 2 bereits beschrieben wurde, projiziert der Vertrieb die Systeme aus den Modulen und Subsystemen der **verschiedenen Produktbereiche**. In einer Matrix-Organisation sind die Entwicklung, die Produktion, der Einkauf, usw., wie in Abbildung 6-1 dargestellt, in die verschiedenen Produktbereiche aufgeteilt. Die **Notwendigkeit der Erweiterung einer traditionellen Organisation** für ein funktionierendes Variantenmanagement soll anhand einer Betrachtung der **Motivation und Identifikation der Mitarbeiter in den unterschiedlichen Bereichen** belegt werden.

Ein guter Vertriebsmitarbeiter zeichnet sich in der Regel durch seinen hohen Umsatz aus. Dies bedeutet, der **Vertriebsmitarbeiter** identifiziert seine Leistung durch die Erringung von Aufträgen bzw. Projekten. Der **Entwickler**, im Vergleich dazu, identifiziert sich und erhält seine Bestätigung durch die Entwicklung von neuen Produkten, das Finden von Ideen und möglicherweise die Optimierung von Produkten hinsichtlich ihrer Funktion oder ihrer Kosten.

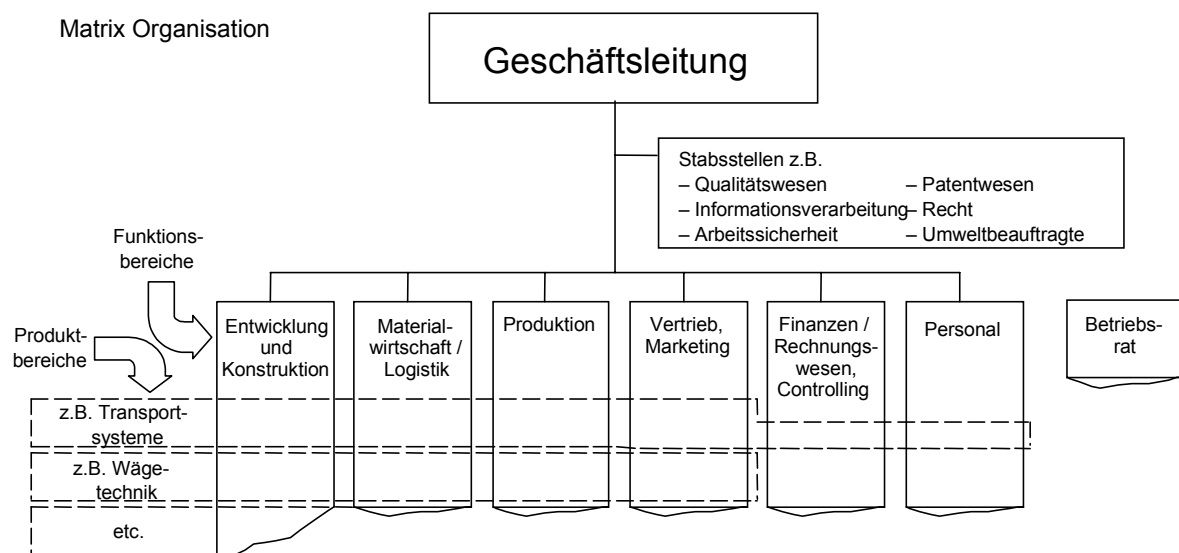


Abbildung 6-1: Schema einer Matrix-Organisation (Quelle: EHRENSPIEL 1995)

Die Auswirkungen von Variantenvielfalt sind den Vertriebsmitarbeitern und den Entwicklern in der Regel bekannt, jedoch stehen die ihnen **primär zugeteilten Aufgaben** in der **Priorität meist vor der Optimierung der Variantenvielfalt**. Oft führt die Belastung

durch „das Tagesgeschäft“ dazu, dass die internen Optimierungsprojekte nur mit geringem Kapazitätseinsatz durchgeführt werden und somit die Erfolgsquote gering ist.

Für die Variantenvielfalt von Produkten fühlt sich somit in einer traditionellen Organisation meist keiner als Hauptverantwortlicher und identifiziert seine Leistung im Wesentlichen durch deren Optimierung. **Die Vielfalt wird nicht geplant, entwickelt und auch nicht gesteuert, sie entsteht einfach.** (SCHUH & SCHWENK 2001) (KERSTEN 1999)

Um ein erfolgreiches Variantenmanagement im Unternehmen zu implementieren, bietet sich aus der obigen Argumentation heraus die Lösung an, **eine Stelle zu schaffen, deren Hauptaufgabe** es ist, die Ziele des Variantenmanagements und eine kontinuierliche Verbesserung zu erreichen. Dieser Mitarbeiter kann sich auf diese Aufgabe konzentrieren und hat im Wesentlichen nur die Chance seine Leistung zu erbringen, indem er eine kontinuierliche Optimierung hinsichtlich der Variantenvielfalt und den dadurch verursachten Kosten erreicht.

Diese Stelle ist an vielen Positionen in der Organisation denkbar. In dieser Arbeit soll beispielhaft die **Stelle des Produktmanagers** beschrieben werden. Produktmanagement ist ein für sehr viele und oftmals unterschiedliche Aufgaben verwendeter Begriff, der in den meisten Fällen sehr vertriebsnah operiert. In dieser Arbeit jedoch, wie an späterer Stelle noch gezeigt werden wird, muss der Produktmanager im optimalen Fall **zwischen Vertrieb und Entwicklung** agieren. Der Produktmanager muss zusammen mit den Vertriebs- und den Entwicklungsabteilungen an der Optimierung der Vielfalt arbeiten.

Die wesentlichen **Aufgaben des Produktmanagers** im Bezug auf das Variantenmanagements sind in Übersicht 6-2 dargestellt.

Übersicht 6-2: **Einige Aufgaben und Verantwortlichkeiten des Produktmanagements**

- ⇒ Variantenmanagement der Module
- ⇒ Produktprogrammplanung der Module und Systeme
- ⇒ Anforderungsmanagement bei Neuentwicklungen oder Variantenkonstruktionen
- ⇒ Unterstützung und Kontrolle des Vertriebes bei der Angebotserstellung
- ⇒ Werkzeuge und Hilfsmittel zur Optimierung der Variantenvielfalt
- ⇒

Neben der Projektleitung interner Projekte zur Optimierung und Reduzierung der negativen Auswirkungen der Variantenvielfalt ist eine wesentliche Aufgabe des Produktmanagements die Produktprogrammplanung. Wie im Folgenden Abschnitt beschrieben werden wird, ist die Klassifizierung der Module nach vertriebsorientierten Gesichtspunkten ein Werkzeug für das Variantenmanagement und die Produktprogrammplanung.

6.2. Klassifizierung der Module nach vertriebsorientierten Gesichtspunkten

Eine der Aufgaben des Variantenmanagements ist die Optimierung der Variantenvielfalt der Module und Subsysteme. Diese Aufgabe beinhaltet die Steuerung des Produktprogramms und die **Produktprogrammplanung**.

Nach der in Kapitel 2 aufgestellten Produktstruktur bestehen die Systeme aus Subsystemen, Modulen und projektspezifischen Konstruktionen. Jede Ausführung und Variante eines Moduls ist durch eine Sachnummer im PDM-System eindeutig identifizierbar. In der Literatur zu dem Themengebiet Variantenmanagement wird nun oft von der Eliminierung einer Variante zur Reduzierung der Vielfalt gesprochen. Was bedeutet nun die Reduzierung einer Variante?

Gerade im Anlagenbau lassen sich **lange Verpflichtungen der Unternehmen Ersatzteile zu liefern finden**. Dadurch muss bei der Eliminierung einer Variante in zwei Fälle unterschieden werden. Zum einen werden Produkte für **neue Projekte** aus dem Produktprogramm genommen und nur noch als **Ersatzteil** verkauft. Dies ist die erste Stufe der Reduzierung der Variantenvielfalt. Zum anderen wird in der zweiten Stufe die **Produktion des Produktes ganz eingestellt**.

Übersicht 6-3: Reduzierung einer Variante bedeutet

- ⇒ entweder kein Verkauf und keine Projektierung mehr für „neue“ Anlagen und Maschinen, nur noch zu Ersatzteilzwecken,
- ⇒ oder **komplette Einstellung** des Verkaufs bzw. der Produktion, möglicherweise durch Ersatz eines kompatiblen Produktes.

Aus der Überlegung heraus, dass die Eliminierung einer Variante in der Regel in diesen Schritten abläuft, muss als Grundlage für das Variantenmanagement eine Kennzeichnung

der "für neue Projekte" eliminierten Sachnummern und danach eine komplette Verkaufssperre möglich sein.

Ein oft angewendetes Hilfsmittel dafür ist eine Klassifikation der Sachnummern nach vertriebsorientierten Gesichtspunkten. Die Klassifikation wird in der Regel in dem System durchgeführt, in welchem die Systemstücklisten erzeugt werden. Oftmals ist dies das PDM-System. In Übersicht 6-4 ist ein Beispiel für solch eine Klassifikation der Module nach vertriebsorientierten Merkmalen dargestellt. Für jede dieser Klassen kann je ein Name, eine Zahl oder eine Ziffer gewählt werden, die dann zu jeder Sachnummer in die PDM-Daten eingefügt wird. Ein Beispiel dazu aus der Praxis befindet sich in Kapitel 11.

Übersicht 6-4: **Klassifizierung der Produkte nach vertriebsorientierten Gesichtspunkten**

- ⇒ Sachnummer ist im **Standardsortiment** und kann in neuen Systemen eingesetzt werden (diese Produkte würden im Produktkatalog stehen)
- ⇒ Sachnummer ist eine **kunden- und projektspezifische Konstruktion** (nicht im Produktkatalog)
- ⇒ Sachnummer soll in neuen Projekten nicht eingesetzt werden, sondern nur als **Ersatzteil**
- ⇒ Sachnummer darf nur mit **Genehmigung** als **Ersatzteil** verkauft werden
- ⇒ Sachnummer darf überhaupt **nicht mehr** verkauft werden

Diese Klassifikation der Produkte ermöglicht dem Produktmanagement in einem ersten Schritt die aus dem Variantenmanagement gewonnenen Informationen für alle verfügbar zu machen und das Angebotsverhalten des Vertriebs bei neuen Projekten in Abhängigkeit von den Prozessen im Unternehmen zu steuern und zu kontrollieren.

Ein weiterer positiver Effekt solch einer Klassifikation kann eine **Verbesserung der Datenqualität** sein. Dies lässt sich damit begründen, dass sich die beschränkte Kapazität, die für die Datenpflege zur Verfügung steht, mit höherer **Priorität** auf die **ersten beiden Klassen** konzentrieren kann. Gerade bei den Modulen, die für die Projektierung neuer Systeme verwendet werden sollen, sind Kosteninformationen zur Findung der Preisuntergrenze besonders wichtig.

Eine Methode zur Einteilung der Module in die Klassen wird in dem Kapitel 8 „Variantenmanagement von Modulen“ beschrieben werden.

6.3. Rahmenbedingungen für den Vertrieb

Um ein effektives und erfolgreiches Variantenmanagement im Unternehmen zu implementieren sind einige organisatorische Randbedingungen für den Vertrieb notwendig. Die Ziele der Vertriebslenkung sind in Übersicht 6-5 dargestellt.

Übersicht 6-5: **Ziele der Vertriebslenkung**

- ⇒ Hoher Standardisierungsgrad der Systeme, Subsysteme, Module, Einzelteile
- ⇒ Maximierung der Rendite auf das eingesetzte Kapital – nicht Umsatzmaximierung

Das Kernziel der Vertriebslenkung aus der Sicht des Variantenmanagements ist ein hoher Standardisierungsgrad der Systeme, Subsysteme, Module, Einzelteile und Konstruktionsprinzipien mit dem Ziel, die Kosten im Unternehmen zu reduzieren. Aus diesen Zielen lassen sich die in Übersicht 6-6 aufgelisteten organisatorischen Rahmenbedingungen für die Vertriebslenkung ableiten.

Übersicht 6-6: **Organisatorische Rahmenbedingungen für die Vertriebslenkung**

- ⇒ Anreizsystem der Vertriebsmitarbeiter
- ⇒ Preisgestaltung und Preispolitik

Eine notwendige Rahmenbedingung für den Vertrieb um die Ziele des Variantenmanagements zu erreichen ist das **Anreizsystem für die Vertriebsmitarbeiter**. Oft wird der variable Anteil der Entlohnung der Vertriebsmitarbeiter nach dem von ihnen erzeugten Umsatz bestimmt. Dies ist für die Ziele des Variantenmanagements kontraproduktiv, da die Vertriebsmitarbeiter nach diesem Anreizsystem versuchen, so viel wie möglich zu verkaufen, ohne auf die im Unternehmen entstehenden Kosten zu achten. Dies bedeutet, der Vertriebsmitarbeiter wird versuchen dem Kunden alle Sonderwünsche und Variationswünsche zu erfüllen und nicht den Kunden zu überzeugen, sich aus dem Standard-Produktprogramm zu bedienen. Für die Ziele des Variantenmanagements hingegen, müsste die Entlohnung der Vertriebsmitarbeiter vom Deckungsbeitrag der Projekte abhängen. Dies setzt ein **Projektcontrolling** voraus, welches alle Kosten, die durch das Projekt im Unternehmen anfallen, erfasst. Zu erfassen sind dabei die variablen Kosten des Systems und die Einmalkosten für das Projekt.

Neben diesem Anreizsystem für Vertriebsmitarbeiter muss ebenso ein **Anreizsystem für die Kunden** existieren, welches sich durch eine **Preispolitik und Preisgestaltung** aufbauen lässt. Ziel des Variantenmanagements ist es, Standardsysteme und Standardkomponenten zu verkaufen. Somit müssen sich diese auch im Preis von den Exoten oder Sonderwünschen unterscheiden. Ist dies nicht der Fall oder die steuernde Wirkung zu gering, so besteht für den Kunden kein Anreiz, die nicht individuell angepasste Sonderausführung zu fordern.

6.4. Kennzahlen für das Variantenmanagement

Ein Aspekt des Variantenmanagements ist die Erfassung der Veränderung der Vielfalt und deren negative oder positive Auswirkungen auf das Unternehmen und dessen Ergebnis. Diese Information soll zum einen ein Kontrollinstrument für die Geschäftsführung des Unternehmens sein und zum anderen eine Bewertung des Variantenmanagements im Unternehmen ermöglichen.

Eine Möglichkeit, die dafür notwendigen Informationen bereitzustellen, sind **Kennzahlen** bzw. Kennzahlensysteme (BEHR 1998). Kennzahlen sind einprägsame numerische Abbildungen von betrieblichen Sachverhalten. Sie stellen in der Regel das Verhältnis zwischen zwei Größen dar (relative Kennzahlen), können jedoch auch als absolute Größen informieren (DAENZER & HUBER 1999). Wie in Kapitel 3 bereits gezeigt wurde, treten die Auswirkungen einer erhöhten Variantenvielfalt in allen Bereichen des Unternehmens auf. Dies spiegelt sich auch in den möglichen Kennzahlen für die Bewertung des Variantenmanagements im Unternehmen wieder. In Abbildung 6-2 ist eine mögliche Strukturierung der Kennzahlen dargestellt.

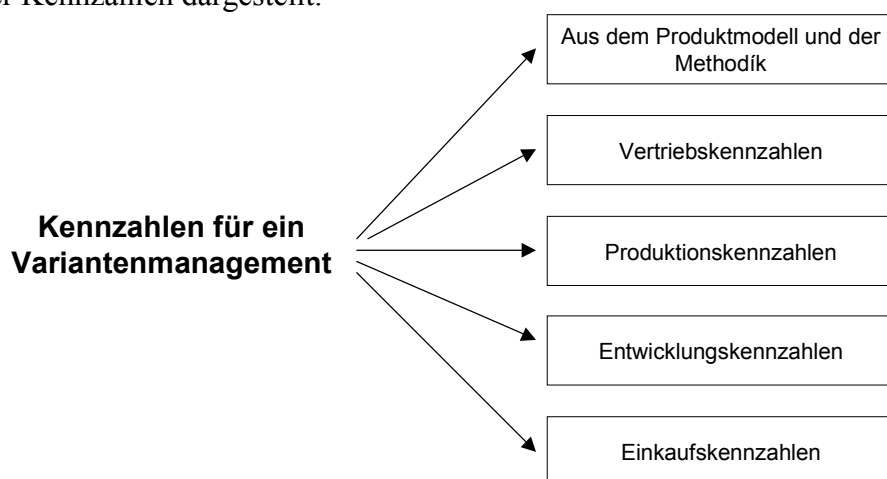


Abbildung 6-2: Strukturierung der Kennzahlen für ein Variantenmanagement

Die Kennzahlen, die direkt aus der in dieser Arbeit beschriebenen **Methodik und dem Produktmodell ableitbar** sind, spiegeln die Situation und die Entwicklung des Produktprogramms im Unternehmen wider. Diese Kennzahlen können aus der, ebenfalls in Kapitel 6 beschriebenen Klassifikation der Module ermittelt werden.

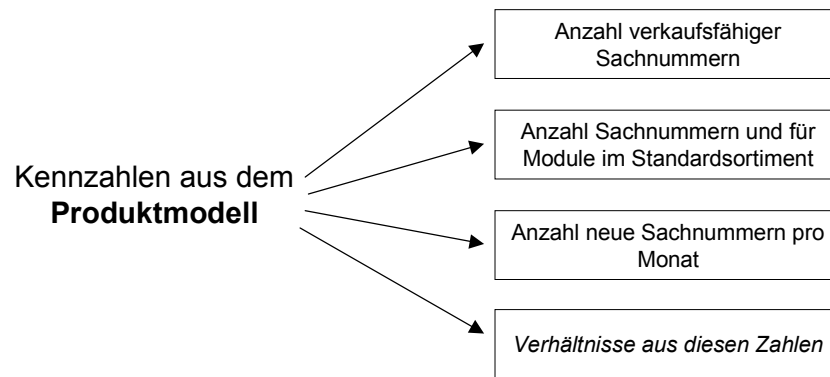


Abbildung 6-3: Kennzahlen aus der Methodik

Die Kernaussage der **Vertriebskennzahlen** ist zum einen der Anteil des Umsatzes, der mit den als Standard definierten Modulen realisiert wird, zum anderen der Aufwand, der im Vertrieb erzeugt wird.

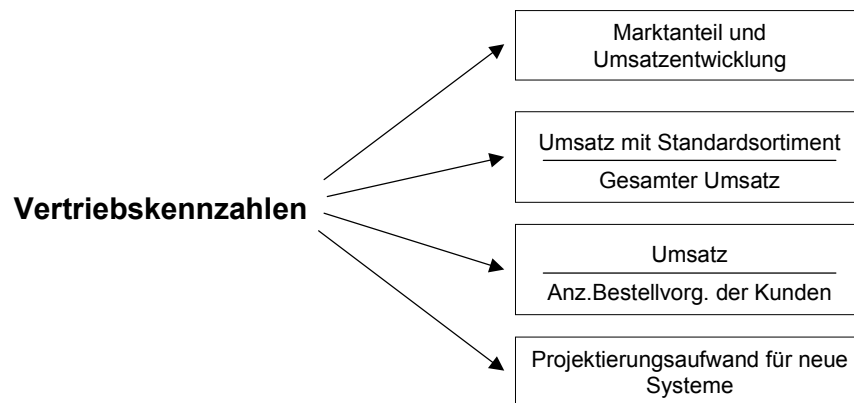


Abbildung 6-4: Vertriebskennzahlen für ein Variantenmanagement

Die **Produktionskennzahlen** spiegeln die durch die Vielfalt erzeugten Gemeinkosten, die Kapitalbindung und die Liefertreue wider.

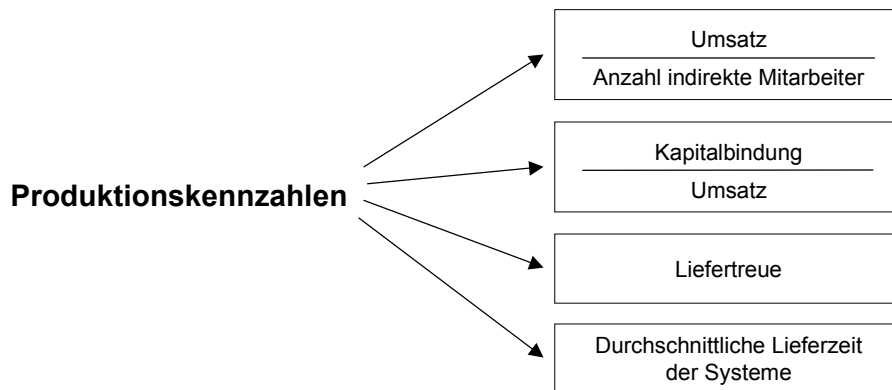


Abbildung 6-5: Produktionskennzahlen für ein Variantenmanagement

Die **Entwicklungskennzahlen** stellen, wie die Vertriebskennzahlen, den Aufwand für die Entwicklung von Varianten für neue Angebote dar. Dieser Aufwand stellt, zusammen mit dem Vertriebs- und Logistikaufwand, den Hauptanteil der durch die Variantenvielfalt sehr stark beeinflussten Gemeinkosten dar.

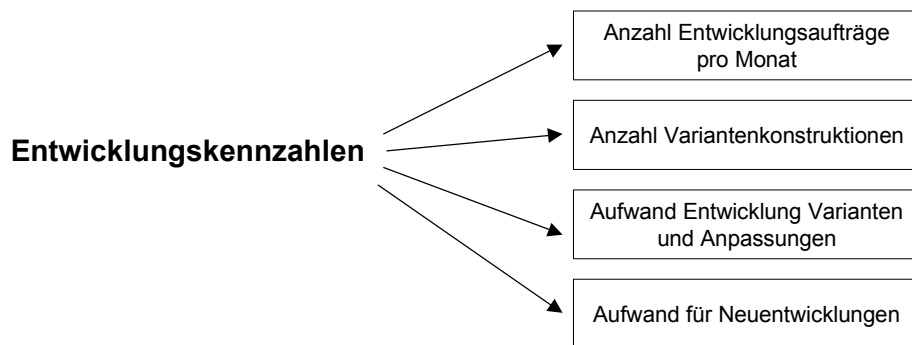


Abbildung 6-5: Entwicklungskennzahlen für ein Variantenmanagement

Als eine weitere Möglichkeit sind Kennzahlen für den **Einkauf** denkbar. Sie spiegeln die Vielfalt der Zulieferer, den Aufwand durch die Vielfalt und die durchschnittliche Einkaufsmacht wider.

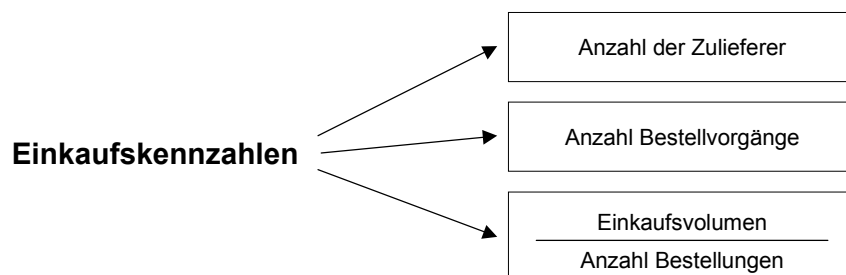


Abbildung 6-6: Einkaufskennzahlen für ein Variantenmanagement

6.5. Zusammenfassung

Die Kernaussagen des Kapitels 6 "Organisation und Prozesse für ein Variantenmanagement" sind in Übersicht 6-7 zusammengefasst.

Übersicht 6-7: **Kernaussagen des Kapitels 6**

"Organisation und Prozesse für ein Variantenmanagement "

- ⇒ Ab einer gewissen Unternehmensgröße sind zusätzliche Prozessschritte und eine Anpassung der Organisation zur Beherrschung der Vielfalt notwendig.

- ⇒ Für ein effektives Variantenmanagement muss in der Organisation eine Stelle eingerichtet werden, deren Hauptaufgabe es ist, die Vielfalt im Unternehmen zu optimieren.

- ⇒ Ein notwendiges Instrument zur Steuerung der Variantenvielfalt ist die Klassifizierung der Module nach vertriebsorientierten Gesichtspunkten.

- ⇒ Das Anreizsystem der Vertriebsmitarbeiter und die Preispolitik des Unternehmens haben wesentlichen Einfluss auf die Entwicklung der Variantenvielfalt im Unternehmen.

- ⇒ Kennzahlen für das Variantenmanagement ermöglichen die Erfassung der Veränderung der Vielfalt und deren negative oder positive Auswirkung. Wie sich die Auswirkungen der Variantenvielfalt in allen Bereichen des Unternehmens erkennen lassen, so müssen sich auch die Kennzahlen aus Daten aller Unternehmensbereiche zusammensetzen.

7. Variantenmanagement der Systeme

Wie bereits in Kapitel 2 erläutert wurde, ist die Kernkompetenz von Unternehmen im Maschinen- und Anlagenbau die Projektierung, Produktion und Montage von Systemen. Der erste Angriffspunkt für das Variantenmanagement bei einer Top-Down-Vorgehensweise sind somit die Systeme, deren Philosophie und Planung.

Eine Grundlage für die Entscheidungen im Variantenmanagement ist der, die Produkte (Systeme) betreffende, Teil der Unternehmensstrategie. Ohne eine Wettbewerbsstrategie wird das Variantenmanagement in einem Unternehmen nicht zielgerichtet und effektiv sein. Dazu werden in diesem Kapitel zuerst die **allgemeine Theorie** über Strategiebildung und Wettbewerbsstrategien beschrieben und daraus mögliche Strategien für ein Variantenmanagement abgeleitet. Im Anschluss daran werden die wichtigsten **Methoden zur Strategieentwicklung** kurz vorgestellt.

Im folgenden Unterkapitel werden dann einige Lösungsansätze **des operativen Variantenmanagements** der Systeme erläutert. Die Schwerpunkte dieses Unterkapitels werden auf den Methoden zur Planung der Systeme und den Hilfsmitteln zur Unterstützung der Projektierung liegen.

Danach werden die Potenziale, die Notwendigkeit und das Vorgehen bei einer **Projektkostenrechnung** beschrieben. Sie bildet eine Grundlage zur Vermeidung und Beherrschung der Vielfalt der Systeme.

7.1. Wettbewerbs- und Variantenmanagementstrategien

Ursprünglich kommt der Begriff Strategie aus dem Griechischen ("strategos") und bedeutet so viel wie "Heerführer". Der Begriff wurde von ANSOFF im Jahre 1965 in die Wirtschaftswissenschaft eingebracht (Gerst 2002). In seinem Ansatz zur Entwicklung einer Strategie wird zwischen Strategien und Zielen unterschieden. Die interne und externe Ausgangssituation wird ausgehend von grundsätzlichen Zielformulierungen analysiert und prognostiziert. Daraus abgeleitete übergeordnete Strategien werden in Unter- und Geschäftsstrategien aufgeteilt, um aus diesen Unterstrategien Programme und daraus wiederum Maßnahmen abzuleiten (Siehe dazu Abbildung 7-1). (STEINER 1979) (GERST 2002)

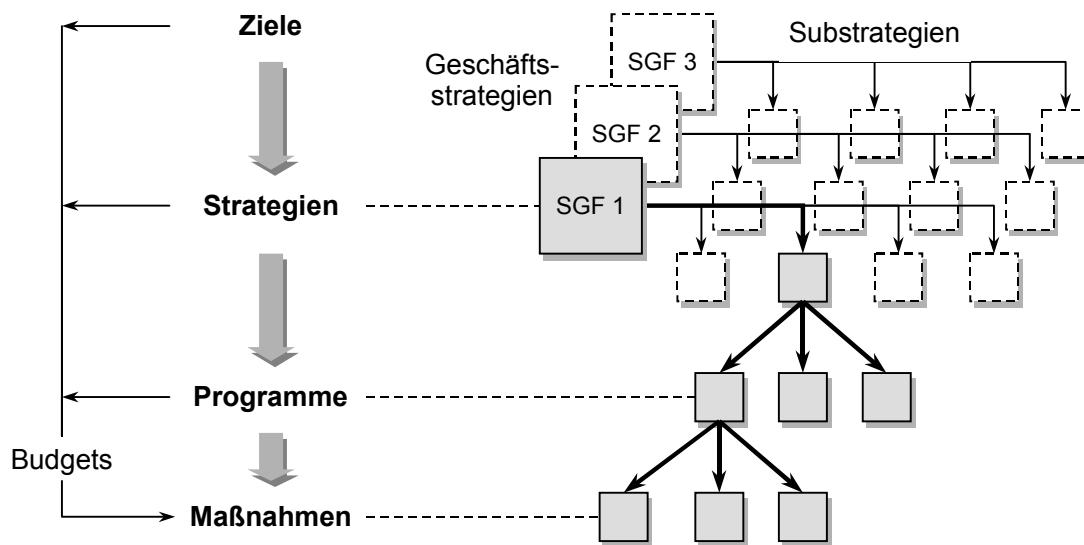


Abbildung 7-1: Grundmodell der konventionellen strategischen Planung (Gerst 2002)

Aus diesem Modell heraus wurden für unterschiedliche Betrachtungsweisen allgemeine generische Grundstrategien entwickelt (GERST 2002). Eines der bekanntesten Beispiele sind die im folgenden Abschnitt beschriebenen Wettbewerbsstrategien nach PORTER.

Die Wechselwirkung zwischen Unternehmen, Kunden und Wettbewerb wird in den **Wettbewerbsstrategien** erfasst, welche die zwei Aspekte Produktprogramm und das Verhalten gegenüber dem Wettbewerb abdecken.

Ausgehend von der Analyse der Konkurrenten leitet PORTER (1992) drei generische Wettbewerbsstrategien, um der Bedrohung durch den Wettbewerber zu entgehen, ab.

Übersicht 7-1: **Wettbewerbsstrategien nach PORTER**

- ⇒ Kostenführerschaft
- ⇒ Differenzierungsstrategie
- ⇒ Konzentration auf ein bestimmtes Segment

Die Strategie der **Kostenführerschaft** zielt darauf ab, durch Erfahrungskurveneffekte einen Wettbewerbsvorsprung auf der Kostenseite zu haben. Diese Strategie erweist sich als erfolgversprechend, wenn es sich bei den Produkten um weitgehend standardisierte Produkte mit einem homogenen Preis handelt.

Die **Differenzierungsstrategie** unterscheidet sich durch die Flexibilität gegenüber dem Kunden von der Kostenführerschaft. Es ist nicht mehr oberstes Ziel, mit wenigen kostengünstigen Produkten einen so großen Marktanteil wie möglich zu erreichen, sondern durch ein breiteres Produktprogramm die Kundenwünsche zu erfüllen. Eine Auswirkung der Differenzierungsstrategie besteht in einer stärkeren Kundenbindung. In dieser Strategie liegt jedoch die Gefahr, dass die Kosten der Produkte im Vergleich zu möglicherweise standardisierten Produkten um einen wesentlichen Faktor höher sind und somit eventuell der Nutzen der Individualisierung für den Kunden, relativ zu dem Kostenunterschied, zu gering ist.

Die dritte Strategie ist die **Konzentration auf ein bestimmtes Segment** des Gesamtmarktes und dort entweder durch die Kostenführerschaft oder durch die Differenzierungsstrategie den Markt zu beherrschen. Dabei wird davon ausgegangen, dass das Unternehmen in diesem Segment effizienter agieren kann als die Konkurrenz.

Eine Form der moderneren Auslegung der Wettbewerbsstrategien ist die **"Outspacing Strategie"**⁹ nach GILBERT und STREBEL (1987), bei der es nicht darum geht, entweder in dem einen oder anderem Aspekt zu führen, sondern den Fokus auf die Produktleistung zu legen und eine Kombination zwischen Differenzierungs- und Kostenführerschaftsstrategie anzuwenden. Nach einer Untersuchung von HALL wird ersichtlich, dass diejenigen Firmen, die sowohl niedrige Kosten, als auch eine relativ hohe Differenzierung aufweisen, die erfolgreichsten sind.

Aus diesen Wettbewerbsstrategien lassen sich die in Übersicht 7-2 aufgelisteten **Strategien für das Variantenmanagement ableiten. Abhängig von der Unternehmensstrategie ergibt sich eine Strategie für das Variantenmanagement im Unternehmen.**

Übersicht 7-2: **Extremformen der Strategien für das Variantenmanagement**

- ⇒ Standardisierungsstrategie
- ⇒ Individualisierungsstrategie
- ⇒ Kundenindividuelle Massenproduktion

Die **Standardisierungs-** und die **Individualisierungsstrategie** sind **Extremformen** möglicher Strategien. Die Individualisierungsstrategie ist dadurch gekennzeichnet, dass ein Unternehmen die angebotene Leistung mehr oder **weniger vollständig an den Ansprü-**

⁹ Der Begriff "Outspacing Strategie" soll das "Überholen" der Konkurrenten durch die gewählte Strategie verdeutlichen.

chen der Kunden ausrichtet, wohingegen der Idealtyp der Standardisierung genau **eine** Produktversion ist.

Eine Strategie, die in letzter Zeit mehr und mehr ins Gespräch kommt, ist diejenige **der kundenindividuellen Massenproduktion** (Mass Customization). Ziel der kundenindividuellen Massenproduktion ist die Produktion von kundenindividuellen Produkten zu den Kosten eines Massenproduktes. Der Kunde soll sich die Produkte über Produktkonfiguratoren individuell konfigurieren können. Gemäß PINE (1994) ist jedoch zwischen Variantenfertigung und Mass Customization zu unterscheiden. Während bei der Variantenfertigung aus einem bestehenden Sortiment von Produkten ausgewählt wird, variiert der Kunde das Produkt bei der Mass Customization selbst. Ein bekanntes Beispiel für Mass Customization ist die Anfertigung von Jeans Hosen, die durch die Daten eines 3D-Scanners automatisiert gefertigt werden können.

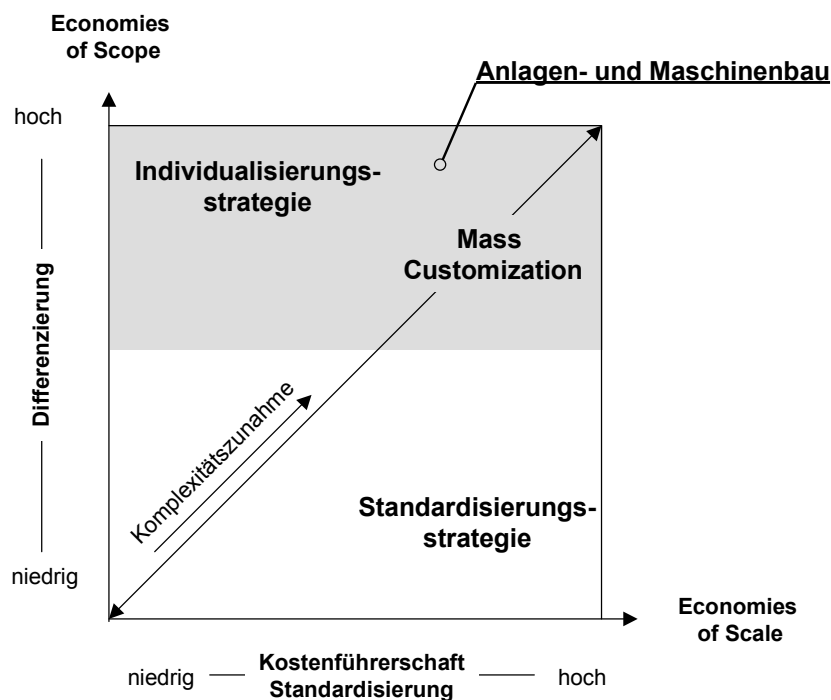


Abbildung 7-2: Strategien für das Variantenmanagement (vgl. SCHUH & SCHWENK 2001)

In der Realität treten die Strategien nicht in Reinform auf, sondern, wie in Abbildung 7-2 dargestellt, lässt sich die Strategie eines Unternehmens in dem Portfolio positionieren. Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus sind aufgrund der notwendigen Flexibilität gegenüber dem Kunden in der oberen Hälfte des Portfolios platziert.

7.2. Strategiebildung im Anlagen- und Maschinenbau

Nach der Beschreibung der Grundlagen der Wettbewerbs- und Variantenmanagementstrategien soll in diesem Unterkapitel auf die Strategiebildung für Unternehmen im Anlagen- und Maschinenbau eingegangen werden.

Die Strategieentwicklung umfasst im Wesentlichen die Beantwortung folgender Fragen:

Wo stehen wir heute? Welche Stärken und Schwächen hat das Unternehmen?

Welche Stärken haben unsere Konkurrenten?

Was kann den Unternehmenserfolg gefährden?

Wie sieht die Welt im Jahre 2010 aus und welche Handlungsoptionen lassen sich daraus ableiten?

Wie sieht der zukünftige Markt für die Anlagen aus, die wir derzeit produzieren?

Für das Variantenmanagement muss letztlich daraus die Frage beantwortet werden:

Welchen Typ von Anlagen, bzw. Maschinen will ich in welcher Variation auf dem Markt kurz-, mittel- und langfristig zu welchen Preisen und Deckungsbeiträgen anbieten?

Zur Beantwortung dieser Fragen stehen einige Methoden zur Verfügung, die im Folgenden vorgestellt werden.

Übersicht 7-3: **Methoden zur Strategiebildung**

⇒ SWOT-Analyse

⇒ Portfolio-Analyse

⇒ Szenario-Management¹⁰

SWOT-Analyse (Strenght - Weaknesses - Opportunities - Threats)

Eine Methode zur Strategieentwicklung ist die **SWOT-Analyse**. In der SWOT-Analyse werden die Stärken, Schwächen, Chancen und Gefahren des Unternehmens oder des Geschäftsbereiches ermittelt.

¹⁰ Eine jüngere Technik zur strategischen Planung ist nach MINTZBERG (1994) die Szenariotechnik .

Die Entwicklung einer Strategie basiert grundsätzlich auf der Ausgangssituation des eigenen und der konkurrierenden Unternehmen und möglichen Umwelteinflüssen. Bei der Durchführung einer SWOT-Analyse wird zuerst die **Chancen-/Risiko-Analyse** und dann die **Ressourcen-Analyse** erstellt und anschließend miteinander verknüpft.

Die **Chancen- und Risiko-Analyse** beinhaltet die Erkennung der nur schwer vorhersagbaren positiven und negativen Ereignisse in dem Umfeld des Unternehmens. Diese Faktoren werden auch als **unternehmensexterne Faktoren** bezeichnet. Eine zentrale Aufgabe der Chance-Risiko-Analyse ist das Erkennen von schwer vorhersagbaren Ereignissen, die wesentliche Auswirkungen oder Chancen für das Unternehmen bedeuten, wie beispielsweise den Konkurs oder eine unvorhergesehene Chance, die schnelles Handeln erfordert.

In der **Ressourcen-Analyse** werden die kritischen Ressourcen des Unternehmens aufgliedert und mit denen des Konkurrenten verglichen. Aus diesem Vergleich können die Stärken und Schwächen der Unternehmen erkannt werden. Diese Faktoren werden auch als **unternehmensinterne Faktoren** bezeichnet. Als Vorgehensweise für die Ressourcen-Analyse bieten sich drei Schritte an:

Übersicht 7-4: **Vorgehen bei der Ressourcen-Analyse**

- ⇒ Erstellen eines Ressourcenprofils
- ⇒ Ermittlung der Stärken und Schwächen
- ⇒ Identifikation spezifischer Kompetenzen

Im ersten Schritt sind die vorhandenen finanziellen, physischen, organisatorischen und technologischen Ressourcen zu erfassen und zu bewerten.

Im folgenden Schritt wird das ermittelte Ressourcenprofil den Schlüsselanforderungen des Marktes gegenübergestellt. Dadurch gelingt es, die Hauptstärken und Hauptschwächen mit welchen die Strategie entwickelt werden kann, zu entdecken. Im dritten Schritt sind die spezifischen Stärken und Schwächen der Unternehmen mit denen der Hauptkonkurrenten zu vergleichen.

Diese vier Faktoren werden dann in einer **Matrix** dargestellt, indem horizontal die unternehmensexternen und vertikal die unternehmensinternen Faktoren aufgeführt werden. Die Verknüpfung der beiden Analysen ermöglicht unter anderem die Überprüfung, ob die identifizierten Stärken auch in neuen Märkten eingesetzt werden können.

		Unternehmensexterne Faktoren	
		Chancen	Risiken
Unternehmensinterne Faktoren	Stärken		
	Schwächen		

Abbildung 7-3: Matrix für eine SWOT-Analyse

Die SWOT-Analyse erleichtert es dem strategischen Planer realisierbare Strategien zu entwickeln. Durch die Analyse der bestehenden Ressourcen werden die Möglichkeiten bereits eingeschränkt, da sie entweder den abgesteckten Rahmen überschreiten oder nicht mit den spezifischen Ressourcenprofilen zu vereinbaren sind.

Portfolio-Analyse (nach MÜLLER 1995)

Die Portfolio-Analyse ist eine der verbreitetsten Analysen zur strategischen Planung. Sie ermöglicht es, die **Zusammenhänge** zwischen dem **Markt** und den **Produkten** darzustellen.

Ein weiteres Ziel der Portfolio-Matrix ist es, ausgehend von einem **Ist-Portfolio**, für die einzelnen Geschäftsfelder Strategien zu entwickeln, wie sich das Unternehmen auf das Soll-Portfolio zubewegt.

Ein Geschäftsfeld oder auch strategische **Geschäftseinheit**, lässt sich als eine identifizierbare, eigenständige Marktaufgabe definieren. Unternehmen können somit in ihre Geschäftseinheiten aufgeteilt werden und eine strategische Ausrichtung für jede ihrer Geschäftseinheiten erstellen.

Die von der Boston Consulting Group entwickelte **Vier-Felder-Produkt-Matrix** stellt, wie in Abbildung 7-4 dargestellt, die Marktwachstumsrate über dem relativen Marktanteil dar.

Die Marktwachstumsrate verdeutlicht die Attraktivität des Marktes für die Geschäftseinheit und somit auch die Zukunftsfähigkeit der Produkte. Der relative Marktanteil gibt Auskunft über die Stellung zu den Konkurrenten. Die Geschäftsfelder werden in dieser Matrix mit Kreisen, deren Durchmesser mit dem Umsatz der Geschäftseinheit größer wird, eingezeichnet.

Die Produkte werden nun nach ihrer Position in der Matrix als Stars, Problem Childs, Cash Cows und Poor Dogs bezeichnet. **Stars** sind Geschäftsfelder, die bereits Gewinne erwirtschaften und aufgrund des Marktwachstums auch in Zukunft Gewinne versprechen.

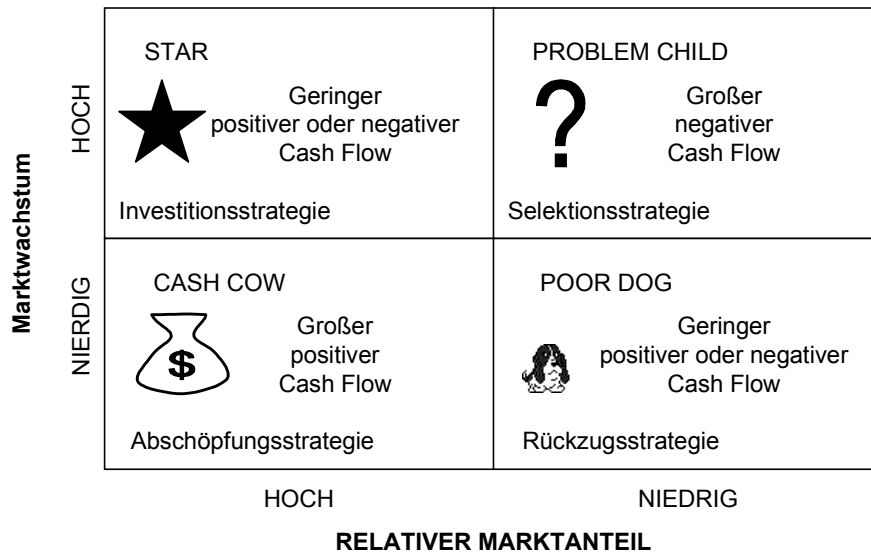


Abbildung 7-4: Schematische Darstellung der Vier-Felder-Matrix der Boston Consulting Group (nach Müller 1995)

Cash Cows bezeichnen Geschäftseinheiten mit hohem Marktanteil und sinkendem Marktwachstum, in welche nicht mehr investiert wird und welche mehr Mittel erwirtschaften als sie verbrauchen. **Problem Childs** verbrauchen mehr Mittel als sie erwirtschaften können. Sie haben bisher ungenutzte Chancen und erscheinen aufgrund der hohen Marktattraktivität vielversprechend. Das Unternehmen hat jedoch keinen bedeutenden Marktanteil in diesen Geschäftseinheiten erreicht. Gerade in diesen Geschäftsbereichen muss abgewogen werden, wie die knappen Ressourcen des Unternehmens eingesetzt werden. **Poor Dogs** sind Geschäftseinheiten, die sowohl ein schwaches Marktwachstum, als auch eine zu schwache Marktposition besitzen. Sie sind entweder aufzugeben, oder es ist durch eine weitere Segmentierung die Suche nach einer neuen Nische aufzunehmen.

Übersicht 7-4: Erkenntnisse aus der BCG-Matrix

- ⇒ Darstellung der Stärken des Geschäftsportfolios eines Unternehmens
- ⇒ Beurteilung der Fähigkeiten zur Cash-Flow-Erzeugung jeder einzelnen Geschäftseinheit
- ⇒ Finden von speziellen Strategien aufgrund der Stellung in der Matrix

Die Portfolio-Methode kann für weitere strategische Analysen variiert werden. Beispiele sind die Neun-Felder-Matrix von MCKINSEY und Technologieportfolios, in welchen die "Attraktivität der Technologie" über der "relativen eigenen Stärke" aufgetragen wird. (Müller 1995)

Bei der Anwendung der Portfolio-Analyse **in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus** sind die **Systeme** in dem Portfolio als Geschäftseinheit zu definieren. Das Ergebnis der Portfolio-Analyse ist unter anderem die Strategie für ein **Variantenmanagement der Systeme**.

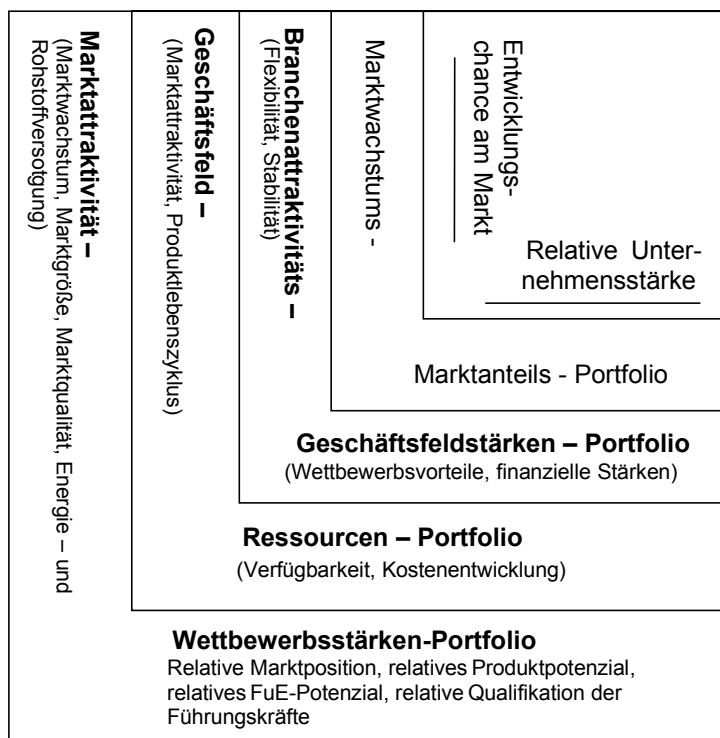


Abbildung 7-5: Schichtung der gebräuchlichen Portfolios (COENENBERG & BAUM 1987)

Szenariotechnik

Mit Hilfe von Szenarien¹¹ versucht man sehr unterschiedliche, aber in sich konsistente Bilder möglicher Zukünfte zu entwerfen. In einem kreativen Prozess werden, ausgehend von der Gegenwart, zukünftige Situationen und der dazu führende Verlauf dargestellt. Die Methode zur Erstellung von Szenarien wird Szenariotechnik genannt.

Durch die Szenariotechnik können mögliche Chancen, aber auch Risiken, beispielsweise für Unternehmensstrategien frühzeitig erkannt und mögliche Handlungsalternativen bereits vorgedacht werden. Es sollte nicht versucht werden, Szenarien mit Wahrscheinlichkeiten zu belegen. Sie sind keine Prognoseverfahren, welche die Nichtlinearität komplexer Systeme überlisten können, dennoch helfen Szenarien sich auf den erfolgreichen Umgang mit der Zukunft vorzubereiten. Szenarien stellen Übungsräume dar, in denen wir unsere Fähigkeiten, Veränderungen zu entdecken, mit ihnen umzugehen und Chancen erfolgreich zu nutzen, schulen können.

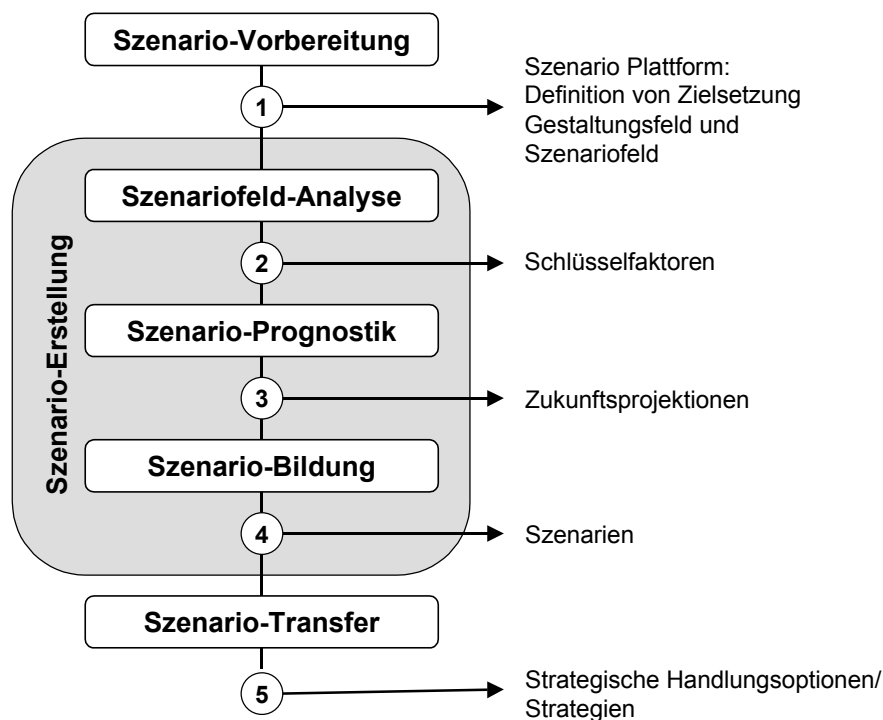


Abbildung 7-6: Die fünf Phasen des Szenario-Managements (nach GAUSEMEIER et al. 2000)

¹¹ Der Begriff Szenario stammt aus den Theaterwissenschaften und bedeutet Szenerie, Bühnenbild, Kulisse oder Firmendrehbuch. Szenarien, also Bilder einer möglichen Zukunft, wurden in den 50er Jahren von Hermann in den Vereinigten Staaten bereits für die militärisch-strategische Planung benutzt. (MÜLLER 1994)

Zur Verdeutlichung kann das Bild eines Autofahrers, welcher sich auf den Winter mit einer Fahrt auf Schmierseife vorbereitet, verwendet werden. Die Situation wird nicht eintreten, jedoch wird der Autofahrer "Wettbewerbsvorteile" auf jeder Art von Glatteis gegenüber dem ungeübten Fahrer haben. Mit der Szenariotechnik können Extremszenarien aufgestellt werden, mit der Hoffnung, dass die Wirklichkeit dazwischen liegt.

Die Methode kann nach GAUSEMEIER et al. (2000), wie in Abbildung 7-6 dargestellt, in fünf Phasen aufgeteilt werden.

Der erste Schritt in der **Szenario-Vorbereitung** ist die Definition eines **Gestaltungsfeldes**. Die Definition des Gestaltungsfeldes resultiert aus der konkreten Fragestellung, die das Szenario beantworten soll. Ein Gestaltungsfeld kann zum Beispiel "das eigene Unternehmen" oder die "Branche der Hersteller von Druckmaschinen" sein. Als nächstes wird ein **Szenariofeld** definiert. Es beschreibt den Gegenstand der Vorausschau. Ein für das in dieser Arbeit behandelte Thema relevantes Szenariofeld wäre beispielsweise "**Marktbedürfnisse an die Produkte der Branche**".

Nach der Vorbereitung des Szenarios beginnt die Szenarioerstellung mit der **Szenariofeld-Analyse**. Zu dem in der Vorbereitung definierten Szenariofeld werden **Einflussbereiche**, wie beispielsweise Technologie, Kunden/Märkte oder Lieferanten gesucht. Für diese Bereiche sind im Anschluss konkrete **Einflussfaktoren** zu sammeln. Nach dem Sammeln sind die wichtigsten Einflussfaktoren auszuwählen. Diese werden dann als **Schlüsselfaktoren** bezeichnet. Beispiele sind in Übersicht 7-5 aufgelistet.

Übersicht 7-5: **Beispiele für eine Szenariofeld-Analyse**

Einflussbereiche	Schlüsselfaktoren
Technologie	SF 1: Innovationsgeschwindigkeit
	SF 2: I&K-Technologie
Kunden/Märkte	SF 3: Marktentwicklung
	SF 4: Kaufentscheidung
	SF 5: Variantenvielfalt
	...

Zur Ermittlung der Schlüsselfaktoren werden die Kausal-Zusammenhänge der Einflussfaktoren untereinander in einer Einflussanalyse erfasst und ausgewertet. Hierbei muss für

jedes Einflussfaktoren-Paar der Einfluss bewertet werden, mit dem der eine Einfluss auf den anderen ausübt und umgekehrt. Ein wichtiges Hilfsmittel dabei ist die Einflussmatrix, bei der in den Zeilen und Spalten zunächst die Kurzbeschreibungen aller gesammelten Einflussfaktoren eingetragen werden. Anschliessend können, mit Hilfe einer direkten oder auch indirekten Einflussanalyse, Aktiv- und Passivsummen für die einzelnen Einflussfakto-

Einflussmatrix	Arbeitsorganisation in der Produktentwicklung	Effizienz von IT-Entwicklungswerkzeugen	Führungsstärke	Innovationsaufwand	Nutzung von Produktentwicklungsmethoden	Arbeitsorganisation in der Produktentwicklung	Arbeitsorganisation in der Produktentwicklung
Bewertungsmaßstab: 0 = kein Einfluss 1 = schwacher Einfluss 2 = mittlerer Einfluss 3 = starker, unmittelbarer Einfluss							
Arbeitsorganisation in der Produktentwicklung		2	-	2	-	-	3
Effizienz von IT-Entwicklungswerkzeugen	-		-	2	1	1	1
Führungsstärke	-	-		-	3	1	3
Innovationsaufwand	2	-	-		1	1	-
Nutzung von Produktentwicklungsmethoden	2	-	-	2		3	-
	12	7	1	40	21	15	11

Aktivsumme
„Wie stark beeinflusst ein Einflussfaktor die anderen Einflussfaktoren?“

Passivsumme
„Wie stark wird ein Einflussfaktor von anderen Einflussfaktoren beeinflusst?“

ren errechnet werden. Ein Beispiel dazu ist in Abbildung 7-7 dargestellt.

Abbildung 7-7: Vernetzungsanalyse des Szenariofelds (GERST 2002)

Mit dem nächsten Schritt, der **Szenario-Prognostik**, erfolgt der eigentliche Blick in die Zukunft. Je Schlüsselfaktor sind mögliche Entwicklungen, sogenannte Zukunftsprojektionen, zu erstellen. Die Zukunftsprojektionen sind mögliche Entwicklungen, die eintreffen können und die Grundlage für die Erstellung der Szenarien bilden. Ein Beispiel für Projektionen von einem Schlüsselfaktor ist in Übersicht 7-6 dargestellt.

Übersicht 7-6: **SF 10 Variantenvielfalt** (Zukunftsprojektionen der Schlüsselfaktoren)

SF 10 A Variantenexplosion: In stagnierenden Märkten versuchen die Unternehmen sich den Kundenwünschen immer weiter anzupassen. Auch Randmärkte sollen erschlossen werden. ...

- SF 10 B **Standardisierte Komponenten:** Anlagen und Geräte werden aus Grundgeräten und verschiedenen standardisierten Modulen zusammengesetzt. Dadurch werden die Kundenwünsche erfüllt, die Komplexität ist jedoch beherrschbar. ...
- SF10 C **Vereinheitlichung:** Regelungen durch EU, DIN, ISO oder andere Richtlinien vereinheitlichen die Produkte immer weiter. Dadurch werden die Produkte verschiedener Anbieter immer ähnlicher. ...

Die Entwicklung der nahen Zukunft, also der nächsten zwei bis fünf Jahre, ist durch die vorhandenen Strukturen und Vernetzungen relativ festgelegt. Versucht man eine weiter entfernte Zukunft zu prognostizieren, so nimmt der Einfluss der heutigen Strukturen immer mehr ab. Die Zahl der Entwicklungsmöglichkeiten öffnet sich quasi wie ein Trichter (siehe Abbildung 7-7).

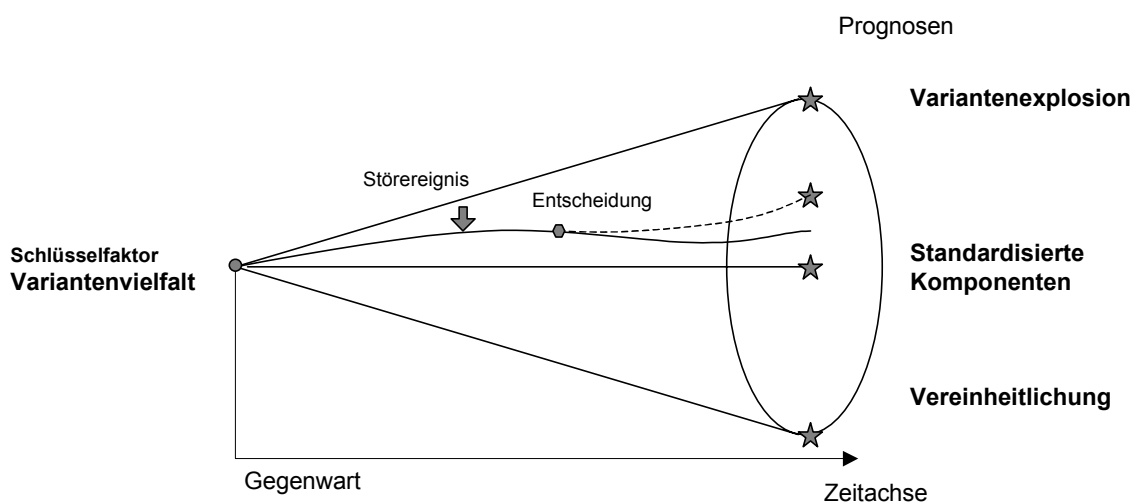


Abbildung 7-7: Projektion des Schlüsselfaktors "Variantenvielfalt"

Aus den Zukunftsprojektionen werden dann in dem Schritt der **Szenario-Bildung** aussagekräftige und in sich schlüssige Szenarien erstellt. Dazu muss zunächst die Verträglichkeit der einzelnen Zukunftsprojektionen untereinander bewertet werden. Aus dieser Konsistenzanalyse ergeben sich dann aus der widerspruchsfreien Kombination von möglichen Projektionen verschiedene Szenarien.

Das zweite dazu wichtige Hilfsmittel neben der Einflussmatrix ist hierbei die sog. Konsistenzmatrix (Abbildung 7-8). In ihr werden die erarbeiteten Projektionen aller Paare von

Schlüsselfaktoren hinsichtlich ihrer Konsistenz bewertet. Konsistente Projektionspaare bilden anschließend die Grundlage für das Herausarbeiten der Szenarien

Der letzte Schritt nach dem Erstellen der Szenarien ist der **Szenario-Transfer**. Die Erkenntnisse aus den Szenarien müssen in diesem Schritt auf die Entscheidungsprozesse der strategischen Unternehmensführung übertragen werden. Der Szenario-Transfer beginnt mit der Auswirkungsanalyse der Szenarien auf das Gestaltungsfeld. Daraus ergeben sich Chancen und Risiken, die dann anhand ihre Eintrittswahrscheinlichkeit und Bedeutung bewertet werden.

Konsistenzmatrix		1				2				3			
		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	
1	Allianzen zur Aufwandsteilung	A											
	Fusionen/Wachstum zur A-Beherrschung	B											
	Innovationslieferanten bündeln Aufwand	C											
	Innovation nur aus Zwang	D											
2	Unternehmensspezifische Methoden	A	2	4	3	3							
	Mangelnde Methodenakzeptanz	B	1	2	3	4							
	Unternehmenszertifizierung (Zwang)	C	2	3	3	3							
	Standardisierte Methoden	D	4	3	4	3							
3	Langfristige Planung	A	3	4	2	4	3	2	3	3			
	Größere Flexibilität in den Produkten	B	3	3	4	3	4	2	3	4			
	Größere Flexibilität in den Prozessen	C	4	2	3	3	3	4	3	3			
4	Variantenexplosion	A	4	4	2	3	3	4	3	3	1	2	5
	Standardisierte Komponenten (Plattform)	B	3	3	3	2	4	3	3	4	4	5	2
	Vereinheitlichung, Standardisierung	C	3	4	4	3	4	2	3	4	5	2	2

Bewertungsmaßstab:

1 = totale Inkonsistenz
 2 = partielle Inkonsistenz
 3 = neutral oder voneinander unabhängig
 4 = gegenseitige Begünstigung
 5 = sehr starke gegenseitige Begünstigung

Betrachtete Schlüsselfaktoren:

- Innovationsaufwand
- Methodenanwendung
- Planbarkeit
- Variantenvielfalt
- ...

Abbildung 7-8: Ermittlung konsistenter Zukunftsbilder (GERST 2002)

7.3. Operatives Variantenmanagement der Systeme

In diesem Unterkapitel werden nun die operativen Elemente eines Variantenmanagements für Systeme vorgestellt. In dem ersten Abschnitt werden die Grundlagen für die Entwicklung der Methodik beschrieben. Im Anschluss daran wird die Planung der Systeme, die die Grundlage für die Werkzeuge und Hilfsmittel für die Projektierung bildet, behandelt.

7.3.1. Grundlagen

Die Elemente eines Variantenmanagements für Systeme setzen bereits in der frühen Phase der **Angebotserstellung** und der **Projektierung** der Systeme an.

Der **Prozess der Erstellung der Angebote** (siehe Übersicht 7-7) beginnt mit der Information im Unternehmen, dass ein Kunde evtl. ein neues System kaufen möchte. Im nächsten Schritt werden weitere Informationen über die Anforderungen und die Funktionalität des Systems gesammelt und mit diesen Informationen das System projektiert. Nach der Erstellung der Angebotskalkulation und dem Preisfindungsprozess werden die Dokumente für das Angebot erstellt.

Übersicht 7-7: Die wesentlichen Schritte bei der Angebotserstellung für Systeme

- ⇒ Information über die Absicht des Kunden ein neues System zu kaufen gelangt in das Unternehmen
- ⇒ Anforderungen und Funktionalität des Systems klären
- ⇒ Konfiguration (Projektierung) des Systems und Vorplanung
- ⇒ Erstellen der Angebotskalkulation
- ⇒ Erstellen der Dokumentation für das Angebot

Die Aufgaben bei der Projektierung eines neuen Systeme müssen unterschieden werden in **Konfiguration** und **Entwicklung** der neuen Systeme.

Bei der Konfiguration werden die Systeme aus den Modulen und Subsystemen, wie bei einem Baukasten, zusammengestellt. Der Aufwand und das Risiko ist relativ zu einer Neuentwicklung gering. Neben den Konfigurationsaufgaben beinhaltet die Projektierung eines Systems auch einen gewissen Anteil an kundenspezifischer Entwicklung.

Das Verhältnis zwischen den Anteilen an Entwicklung und Konfiguration bei der Projektierung neuer Systeme kann, wie in Abbildung 7-9 dargestellt, sehr unterschiedlich sein. Das Ziel des Variantenmanagements ist es den Anteil für die normale Projektabwicklung an Konfiguration zu erhöhen und weniger zu entwickeln.

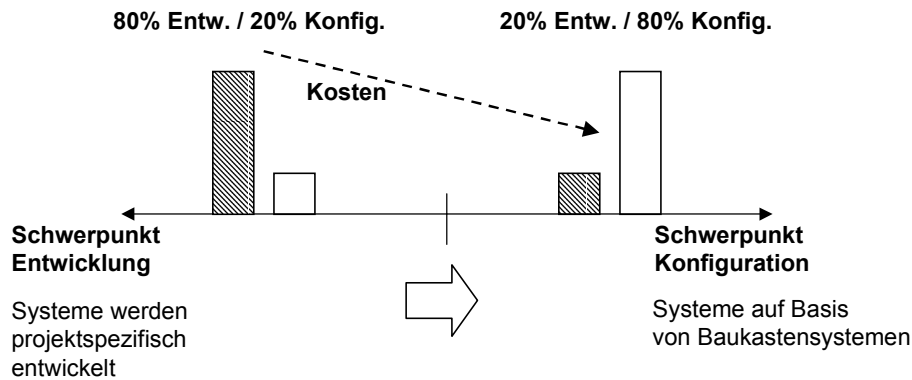


Abbildung 7-9: Auftretende Formen der Projektierung von Systemen

Um dieses Ziel zu erreichen sind zum einen die Vorausplanung der Systeme, Subsysteme und ihrer Varianten notwendig, zum anderen Werkzeuge zur Unterstützung der Projektierung der Systeme (siehe Abbildung 7-10). Betrachtet man die **Zusammenhänge** zwischen dem **Variantenmanagement der Systeme** und dem im folgenden Kapitel beschriebenen Variantenmanagement der **Module**, so lässt sich eine **große Übereinstimmung in der Vorgehensweise** erkennen. Die **Vernetzung der beiden Aufgaben** und somit auch der Methoden ist dadurch begründbar, dass die Planung der Systeme von der Gestaltung der Module und Baukästen und umgekehrt abhängig ist. Zum einen setzen sich die Systeme aus den Modulen und auftragsspezifischen Konstruktionen zusammen, zum anderen leiten sich die Anforderungen und die Varianz der Module aus der Systemdefinition ab.

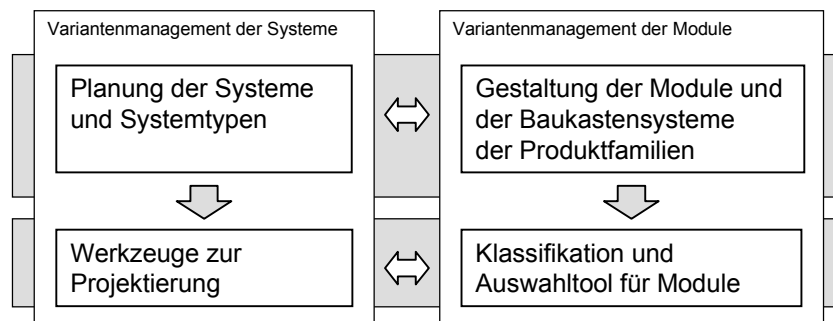


Abbildung 7-10: Zusammenhang zwischen dem Variantenmanagement der Systeme und der Module

7.3.2. Planung der Systeme

Wie bereits in dem vorausgehenden Kapitel angedeutet, ist die Planung der Systeme ein notwendiger Schritt, um die Variantenvielfalt im Unternehmen bereits durch die Systemdefinition beim Erstellen des Angebotes zu reduzieren, zu beherrschen und zu vermeiden.

Um die **Notwendigkeit einer Systemplanung** zu verdeutlichen, können die Auswirkungen einer nicht vorhandenen Systemplanung und das daraus resultierende **Projektierungsverhalten** betrachtet werden.

Eine in der Praxis oft wiedergefundene Vorgehensweise um neue Systeme zu projektieren, ist die Variation bereits existierender Projekte. Diese Vorgehensweise ist in kleinen und mittleren Unternehmen möglich, führt jedoch in global agierenden größeren Unternehmen zu einer hohen Heterogenität der Systeme und hohen Variantenvielfalt auf den untergeordneten Ebenen, den Modulen und den Einzelteilen. Es ist in der Regel nicht gewährleistet, dass von den gleichen Projekten variiert wird und bereits existierende Lösungen nicht nochmals entwickelt werden.

Diese Vielfalt führt zusätzlich zu einem niedrigen **Optimierungsgrad der Systeme** hinsichtlich der Funktion, den Herstellkosten, usw.. Aufgrund der niedrigen Stückzahlen im Maschinen- und Anlagenbau ist die Entwicklungskapazität für die Kundenprojekte meist stark begrenzt. Oftmals reicht die Zeit gerade aus, um das Minimalziel, die Gewährleistung der Funktion, zu erreichen, selbst wenn dies aufgrund der knappen Zeit mit überhöhten Herstellkosten verbunden ist.

Die **Ziele der Systemplanung** sind in Übersicht 7-8 aufgelistet. Die Optimierung der Vielfalt der Systeme ist ein Kernziel. Die Variantenvielfalt der Systeme und die durch die Vielfalt entstehenden Komplexitätskosten müssen zusammen mit den Herstellkosten der Systeme optimiert werden.¹² (BOHNE 1998)

Übersicht 7-8: **Ziele der Systemplanung**

- ⇒ Optimierung der Vielfalt der Systeme und Subsysteme
- ⇒ Reduzierung des Projektierungsaufwandes
- ⇒ Optimierung der Systeme und Module

¹² Siehe dazu Kapitel 8.2 : "Zusammenhang zwischen Variantenvielfalt, technischen Anforderungen und Kosten"

Durch die Vorausplanung der Systeme wird zusätzlich der Aufwand für die Angebotserstellung von Systemen reduziert und es ist leichter möglich die Systeme zu optimieren. Der erste Schritt jeder Optimierung ist die Analyse der Ausgangssituation. Diese Analyse wird wesentlich erleichtert, wenn die anzubietenden Systeme bereits definiert und dokumentiert wurden.

Die **Planung der Systeme beinhaltet die Antworten** auf die in Übersicht 7-9 aufgelisteten Fragen. Welche Typen von Systemen werden angeboten und in welchen Ausprägungen? Wie werden gewisse Funktionen realisiert? ...

Übersicht 7-9: **Die Planung der Systeme beinhaltet die Antworten auf:**

- ⇒ Welche Systemtypen werden angeboten?
- ⇒ Ausprägung der einzelnen Typen und der Funktionen?
- ⇒ Wie werden gewisse Funktionen aus den Modulen realisiert?
- ⇒ Schnittstellen der Subsysteme?
- ⇒

Für die **Methoden zur Planung der Systeme** ergibt sich aus dem Produktmodell dieser Arbeit folgende Überlegung: Anlagen und Maschinen können mit dem Systemansatz abstrahiert werden. Sie sind definiert durch die Systemgrenze, Input, Output, Elemente, Relationen und das Umfeld. Durch diese Abstraktion ist es möglich, Methoden zu entwickeln, die sich auf verschiedenste Anlagen und Maschinen anwenden lassen. Je nach Komplexität der Anlage können unterschiedlich viele Abstraktionsebenen angewandt werden, so dass die Subsysteme und Module wiederum als Systeme betrachtet werden können. Dies bedeutet wiederum, dass die Systemplanung und die Planung eines Baukastens für eine Modulfamilie durch die systemtechnische Betrachtung als identische Aufgaben angesehen werden können.

Für die Methoden zur Planung der Systeme folgt somit, dass sie aus theoretischer Sicht identisch sind mit den Methoden zur Entwicklung modularer Produkte (oder Baukastensystemen).

Somit soll an dieser Stelle auf die in Kapitel 8.3 beschriebene Methodik zur Entwicklung modularer Produkte verwiesen werden.

Das **Ergebnis der Planung der Systeme** sind Informationen darüber, wie die Systeme projektiert werden sollen. Die **Dokumentation dieser Ergebnisse** hängt nun sehr stark von den Werkzeugen und Hilfsmitteln ab, welche für die Projektierung zur Verfügung stehen. Um dies an einem Beispiel zu verdeutlichen, kann ein Unternehmen betrachtet werden, welches für seine Anlagen bei der Projektierung in einem ersten Schritt technische Übersichtspläne erstellt. Die Ergebnisse der Projektierungsrichtlinien sind dann mit der gleichen Darstellungstechnik wie die Systeme dokumentiert. Es werden **Mustersysteme** angelegt, von denen ausgehend die neuen Systeme variiert und Übersichten über die möglichen Variationen einzelner Funktionen erstellt werden sollen. Weiterhin ist es möglich, die Informationen in einer Art **Projektierungshandbuch** zusammenzufassen, in welches zusätzlich Informationen, die für die Projektierung notwendig sind, aufgenommen werden. Grundsätzlich kann man sagen, dass sich in der Regel graphische Darstellungen besser zur Dokumentation dieser Art von Informationen eignen.

7.3.3. Hilfsmittel und Werkzeuge zur Projektierung der Systeme

Neben der im vorherigen Unterkapitel beschriebenen Vorausplanung der Systeme sind die Werkzeuge und Hilfsmittel, welche für die zur Projektierung der Systeme zur Verfügung stehen, ein weiterer Ansatzpunkt für ein Variantenmanagement der Systeme. Gerade im **Anlagen- und Maschinenbau spielen die Werkzeuge aufgrund der kundenindividuellen Projektierung der Systeme eine wichtige Rolle.**

Die Möglichkeiten, die zur Verfügung stehen sind vielfältig. Von sehr einfachen Hilfsmitteln, bis hin zu integrierten Computer Aided-Selling-Systemen (CAS-Systemen) ist das **Spektrum an Hilfsmitteln** und Werkzeugen für die Projektierung **vielfältig**. In Übersicht 7-10 sind einige Beispiele aufgelistet.

Die Hilfsmittel können zum einen in der technischen Projektierung der Anlagen behilflich sein, zum anderen bei weiteren Tätigkeiten, wie der Erstellung der Kundendokumentation oder der Preisfindung für das System. Die in dieser Arbeit beschriebenen Methoden und Hilfsmittel beschränken sich, wie in Kapitel 1-3 festgelegt wurde, auf den Prozess der Produkterstellung, so dass sich die in diesem Kapitel beschriebenen Hilfsmittel auf die Definition der Systeme zur Erstellung eines Angebotes konzentrieren.

Übersicht 7-10: **Beispiele für Hilfsmittel und Werkzeuge für die Projektierung**

- ⇒ Suchtool für die einzusetzenden Module
- ⇒ Morphologische Kästen mit Teilfunktionen
- ⇒ Projektierungshandbücher
- ⇒ Zusätzliche Funktionen in dem bereits bestehenden CAD-System
- ⇒ Produktkonfiguratoren, ...

In den folgenden Abschnitten soll auf einige der möglichen Hilfsmittel eingegangen werden. Es handelt sich dabei nur um Beispiele, da die Hilfsmittel für die Projektierung in der Regel für die jeweiligen Produkte und IT-Systeme (PDM-, CAD-, PPS-Systeme) des Unternehmens entwickelt oder angepasst werden müssen.

Die Hilfsmittel sind nach aufsteigender Komplexität angeordnet. Die einfachsten Hilfsmittel erscheinen auf den ersten Blick trivial, wobei es nicht selbstverständlich ist, dass gerade kleinere und mittlere Unternehmen selbst über diese einfachen Hilfsmittel verfügen. Grundsätzlich lässt sich sagen, dass die in diesem Kapitel beschriebenen Projektierungshilfen in vielen Unternehmen **seit Jahren angewandt** werden und in größeren Unternehmen eigentlich **Stand der Technik** sein sollten.

Suchtools für die in den Systemen einzusetzenden Module

Ein einfaches Hilfsmittel für die Projektierung von Systemen sind Hilfsmittel, welche die Suche und die Auswahl der Module, die in neuen Projekten eingesetzt werden sollen, erleichtern. In der Regel befinden sich alle Sachnummern, Systeme, Module und Einzelteile in dem **PDM-System** des Unternehmens. Die Systeme sind durch Systemstücklisten definiert, die sich ebenfalls in dem PDM System befinden. Betrachtet man die Anzahl der Sachnummern in einem Maschinenbau Unternehmen, so liegt, wie in Tabelle 2-1 ersichtlich wurde, bereits in mittelständischen Unternehmen die Anzahl der Sachnummern im Mittel bereits bei 75.000. Diese hohe Anzahl der Sachnummer verdeutlicht, wie notwendig Suchparameter für die Module sind.

Es existieren viele Möglichkeiten die Auswahl der Module zu erleichtern. In der Regel sind es **technische, funktionelle und vertriebsorientierte**¹³ **Klassifikationen**, die das Suchen nach den Modulen ermöglichen.

¹³ Siehe dazu Kapitel 6.

Eine weiteres seit Jahrzehnten bekanntes Hilfsmittel um die Auswahl der Module zu beschleunigen sind **Sachmerkmaleisten** (KOHLMASE 1998). Gerade bei technisch einfachen Modulen mit hoher Varianz eignen sich Sachmerkmaleisten zur Unterstützung der Auswahl der Module. Da sich die Sachmerkmaleisten auch besonders für Normteile und Einzelteile eignen, befindet sich eine detaillierte Beschreibung der Sachmerkmaleisten in Kapitel 9 "Variantenmanagement von Einzelteilen".

Morphologischer Kasten

Ein weiteres einfaches, jedoch sehr effektives Hilfsmittel für die Projektierung der Systeme sind Morphologische Kästen für Teilfunktionen. Der Morphologische Kasten ist eine Technik zur systematischen Zusammenstellung von Gesamtlösungen aus Teillösungen. Die Morphologie ist eine Denkmethode, deren Begründung dem Schweizer Astrophysiker Fritz Zwicky (1898-1974) zugewiesen wird.

Wie in Abbildung 7-11 dargestellt, ist der Morphologische Kasten ein eindimensionales Ordnungsschema, in welchem die Lösungen für die Teilfunktionen aufgereiht werden. Aus den Teilfunktionen können dann durch Kombination mögliche Gesamtlösungen zusammengesetzt werden. Mögliche Gesamtlösungen sind durch die Pfeile in der Grafik verdeutlicht. Für die Projektierung von Systemen bietet sich an, das System so in Subsysteme zu zerlegen, dass die Subsysteme in dem Morphologischen Kasten als Teilfunktionen aufgelistet werden können.

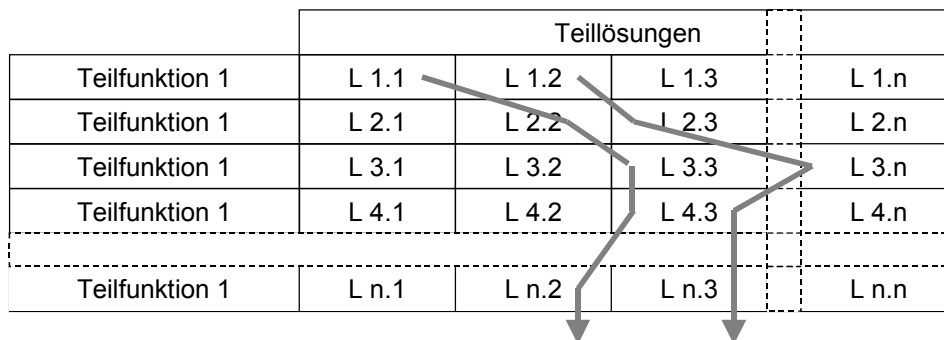


Abbildung 7-9: Prinzipieller Aufbau eines Morphologischen Kastens

Projektierungshandbücher

Eine weitere Möglichkeit die Projektierung von Systemen zu unterstützen sind **Projektierungshandbücher**, welche aufbauend auf den beiden zuerst beschriebenen einfachen Methoden, den derzeitigen Stand des Wissens zur Projektierung der Anlagen dokumentieren.

Der **Inhalt** dieser Handbücher ist wiederum stark abhängig von den Systemen des Unternehmens. Beispiele für mögliche Inhalte des Projektierungshandbuches sind in Übersicht 7-11 aufgelistet. Zum einen können technische Informationen, wie z.B. Variantenübersichten der Subsysteme oder Berechnungs- und Auslegungsregeln, zum anderen der Prozess zur Projektierung der Systeme, beschrieben werden.

Der **Nutzen** solch eines Projektierungshandbuches ist vielfältig. Durch das Projektierungshandbuch kann die Varianz der Systeme und gleichzeitig der Aufwand zur Projektierung der Systeme reduziert werden.

Gerade für neue Mitarbeiter in den Projektierungsabteilungen, aber auch in den Entwicklungsabteilungen der Module, ist das dokumentierte Wissen hilfreich für eine schnelle und kompetente **Einarbeitung**. In global agierenden Unternehmen sind die Projektierungsabteilungen aufgrund der Notwendigkeit der engen Zusammenarbeit mit den Kunden meist über **viele Länder verteilt**. Durch die verteilte Projektierung ist es ohne ein umfassendes Hilfsmittel nicht möglich, die Varianz der Systeme und Systemphilosophien zu reduzieren und zu beherrschen.

Übersicht 7-11: **Beispiele für Inhalte eines Projektierungshandbuches**

- ⇒ Beschreibung des Projektierungsprozesses
- ⇒ Berechnungs- und Auslegungsmethoden der Systeme
- ⇒ Mustersysteme / Morphologische Kästen für die Subsysteme
- ⇒ Listen der zu beachteten Normen
- ⇒ Länder-, bzw. Kundenspezifika
- ⇒ Produktausführungsstandards
- ⇒

Eine der Herausforderungen bei der Projektierung von Systemen ist die Erstellung eines **ersten Angebotes**. Oftmals sind vor Erstellung des ersten Angebotes die **Anforderungen** an das System noch nicht in dem notwendigen **Detaillierungsgrad** bekannt. Sie werden oftmals erst in einigen weiteren Iterationsschritten nach dem ersten Angebot erarbeitet. Der

Projektierer muss trotz dieses Informationsmangels in einer relativ kurzen Zeitspanne ein Angebot erstellen. Die Erstellung dieses ersten Angebotes kann durch **Mustersysteme**, bzw. Subsysteme erleichtert und beschleunigt werden.

Neben dem Nutzen durch solch ein Projektierungshandbuch besteht auch die **Gefahr**, dass die **Informationen** an den **Kunden** oder den **Konkurrenten** gelangen. Die Kernkompetenz von Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus ist oftmals die kundenindividuelle Entwicklung von Systemen. Mit dem notwendigen Systemwissen könnte der Kunde sich die Module für die Systeme beschaffen und die Anlagen selbst zusammenstellen. Dies würde zu einem Umsatzverlust im eigenen Unternehmen führen.

Ein positiver Nebeneffekt eines Projektierungshandbuches ist die vereinfachte **Optimierung** der **Systeme**. Durch die Dokumentation ist der Ist-Stand leicht zu analysieren und sind Verbesserungen zu entwickeln. Die Kommunikation dieser Optimierungsmaßnahmen wird dann durch die Änderungen des Projektierungshandbuch ebenfalls erleichtert.

Der Nutzen des Projektierungshandbuchs kann durch die **Kombination mit weiteren Hilfsmitteln** weiter erhöht werden. Die bereits beschriebenen Suchtools für die Module und Morphologischen Kästen erleichtern die Modifikation der Mustersysteme (Standardsysteme) gemäß den Kundenanforderungen. Ebenfalls erweiterte Funktionalitäten des CAD-Systems, mit welchem die Anlagen, bzw. die Übersichtspläne erstellt werden können in Kombination mit dem Projektierungshandbuch die Ergebnisse der Projektierungsaufgabe verbessern.

Produktkonfiguratoren

Der Begriff "**Produktkonfigurator**"¹⁴ wird im Zuge der "Mass Customization Welle" in der heutigen Zeit wieder öfter verwendet. PILLER (1998) bezeichnet Produktkonfiguratoren als Designwerkzeuge, um die Kundenbedürfnisse mit den Mitteln des Unternehmens zu realisieren.

Nach SCHUH & SCHWENK (2001) bedeutet Produktkonfiguration das Zusammenstellen von Produkten oder Systemlösungen gemäß Kundenspezifikation auf der Grundlage standardisierter Bauteile mit Konfigurationregeln.

Alleine diese beiden Definitionen verdeutlichen die noch vorhandene Varianz der Lösungen, die mit dem Begriff Produktkonfigurator verbunden ist. Einige der bekanntesten Beispiele für Produktkonfiguratoren sind die Produktkonfiguratoren für PKWs, die einem je-

¹⁴ Schuh & Schwenk (2001) verwenden neben dem Begriff "Produktkonfigurator" auch den Begriff des Computer-Aided-Selling Systems (CAS-System).

den durch das Internet ermöglichen seinen eigenen PKW zu konfigurieren. Ein Screenshot des Produktkonfigurators von BMW ist in Abbildung 7-12 dargestellt.

Der Kunde wird durch ein Auswahlménü gelenkt und kann so alle zugelassenen Varianten des PKW-Typs auf dem Bildschirm erzeugen. Während der Konfiguration ist der Preis des PKWs mit der jeweiligen Ausstattung angezeigt und im Ergebnis der Konfiguration kann die Variante mit dem Preis gespeichert oder ausgedruckt werden.

Verallgemeinert man die Ergebnisse des Konfigurationsprozesses, so erhält der Kunde nach seiner Konfiguration die komplette Produktstruktur und den Preis. Im Unternehmen ist die Stückliste der Variante bereits vorhanden. Die Vorteile des Produktkonfigurators sind die kundenorientierte Produktpräsentation, die verkürzte Zeit zur Erstellung des Angebotes, das Vermeiden von Fehlern bei der Konfiguration und die verbesserte Kommunikation mit dem Kunden.



Abbildung 7-12 : Produktkonfigurator von BMW (Quelle: www.bmw.de, gelesen am 4.11.02)

Betrachtet man nun mit diesem Hintergrund die **Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus**, so ist die Möglichkeit einen "Produktkonfigurator" zu generieren abhängig von der Komplexität der Systeme.

Bei Maschinen mit relativ **geringer Komplexität**, wie beispielsweise großen Getrieben, kann durch ein parametrisches CAD-System mit integrierter Berechnung ein Getriebe nach den Anforderungen des Kunden konfiguriert, bzw. durch den Rechner konstruiert werden.

Sind die Produkte des Unternehmens Maschinen mit **mittlerer Komplexität** und Varianz, wie z.B. Werkzeugmaschinen, so werden Produktkonfiguratoren eingesetzt, die dem Kunden oder Vertriebsmitarbeiter mit einer gezielten Abfrage der Variationsmöglichkeiten die Konfiguration des Systems ermöglichen.

Handelt es sich bei den Produkten jedoch um sehr **komplexe Anlagen**, wie beispielsweise große Anlagen für verfahrenstechnische Prozesse oder Kraftwerke, so ist leicht erkennbar, dass eine komplette Konfiguration nicht mehr möglich ist. Die Projektierung der Anlagen wird in diesem Fall durch zusätzliche Tools in der CAD Software unterstützt.

7.4. Return-on-Invest Rechnung für Kundenprojekte

Ein in der **wirtschaftswissenschaftlichen Literatur** oft behandelter Lösungsansatz für das Variantenmanagement kann unter dem Begriff **Variantenkostenrechnung** zusammengefasst werden.

Bei einer traditionellen **Zuschlagskalkulation**, welche heutzutage in den meisten Unternehmen noch angewandt wird, werden die Grenzkosten, bzw. die Vollkosten durch Zuschläge auf die Lohn- und Materialkosten berechnet. Die nicht direkt zuzuordnenden Gemeinkosten werden durch einen konstanten Faktor auf alle Produkte gleichermaßen verteilt. Dies stellt die Schwäche dieser Kalkulationsart dar. Die Gemeinkosten werden gleichermaßen auf Exoten wie auf Standardprodukte verteilt, obwohl die Exoten den wesentlich höheren Anteil an Gemeinkosten verursachen.

Ein Ziel der verschiedenen Lösungsansätze der Variantenkostenrechnung ist die Generierung von aussagefähigen Kosteninformationen zur Transparenzerhöhung über variantenspezifische Kosten und deren Beeinflussbarkeit, vor allem im Gemeinkostenbereich. Einige der in der Literatur existierenden Lösungsansätze sind in Übersicht 7-12 dargestellt.

Übersicht 7-11: **Beispiele für Lösungsansätze der Variantenkostenrechnung**

- ⇒ Prozesskostenrechnung und Varianten der Prozesskostenrechnung
- ⇒ Target Costing
- ⇒ Methoden des Gemeinkostenmanagement

In der Prozesskostenrechnung wird eine Analyse der Tätigkeiten in einem Prozess analysiert und unabhängig von der Leistungsmenge erfasst. Durch Division der Prozesskosten durch die Prozessmenge erhält man den Prozesskostensatz, der einer einmaligen Prozessdurchführung entspricht. Die Gemeinkosten werden auf die zugrunde liegenden Prozesse verrechnet und dann die Produkte mit differenzierten Prozesskostensätzen kalkuliert.

Die Prozesskostenrechnung erreicht, dass im Gegensatz zu der traditionellen Zuschlagskalkulation, Produkten, die unterschiedlich Aufwände in den Gemeinkostenbereichen im Unternehmen verursachen, die Kosten verursachungsgerecht zugewiesen werden. Im Bezug auf ein Variantenmanagement können nun die erhöhten Kosten von Exoten und Sonderlösungen transparent dargestellt werden.

Ein sehr einfaches Beispiel für die nicht verursachungsgerechte Zurechnung der Gemeinkosten ist der Degressionseffekt der Kosten für die Abwicklung von Aufträgen im Vertrieb. Die Kosten für die Abwicklung von Kundenaufträgen oder Bestellvorgängen sind abhängig von der aufgewendeten Zeit und sollten mit der Stückzahl des Auftrages auf die Einzelkosten umgerechnet werden. Aufträge mit kleinen Stückzahlen führen, umgerechnet auf die Einzelkosten, zu größeren Kosten im Gemeinkostenbereich wie Aufträge mit großen Stückzahlen.

Der Ansatz der Prozesskostenrechnung wurde in verschiedene Richtungen weiterentwickelt. Eine dieser Weiterentwicklungen ist die Ressourcenorientierte Prozesskostenrechnung. Zielsetzung der Ressourcenorientierten Prozesskostenrechnung ist insbesondere die Verbesserung der Produktkalkulation und der konstruktionsbegleitenden Kosteninformaton. Die Unterschiede liegen nach SCHUH und KAISER (1994) in den drei folgenden wesentlichen Punkten:

Versucht man diese Lösungsansätze speziell auf den **Anlagen- und Maschinenbau** zu übertragen, so spielen im Wesentlichen die Kosten, die das gesamte Kundenprojekt im Unternehmen verursacht hat, die **Projektkosten**, eine wesentliche Rolle für das Variantenmanagement der Systeme.

Die Projektkosten setzen sich zusammen aus den **Herstellkosten** des Systems, den **Kosten** in den **indirekten Bereichen**, wie Vertrieb, Projektierung und Entwicklung und darauf

umgerechnet allgemeinen Verwaltungskosten. Die Kosten in den indirekten Bereichen lassen sich in der Regel einfach durch eine **Zeiterfassung** der Mitarbeiter auf die Projekte ermitteln. Wichtig bei der Ermittlung der Herstellkosten ist, dass die real anfallenden Kosten für die Module und Subsysteme ermittelt werden.

Bei der Ermittlung der Herstellkosten der Module ist besonders darauf zu achten, dass die unterschiedlichen Aufwände eines Exoten oder kundenspezifischen Produktes im Vergleich zu einem Standardprodukt transparent dargestellt werden.

Aus der Projektkostenrechnung des Projektes lässt sich der **ROS** (Return on Sales) ermitteln. Verbunden mit einem **Anreizsystem** für die **Vertriebsmitarbeiter** sorgt die Projektkostenrechnung somit für eine Steuerung des Vertriebs im Sinne des Variantenmanagements.

Werden die Standard-Module in den Systemen eingesetzt, so entstehen niedrige Projektkosten und der Vertriebsmitarbeiter erhöht dadurch seine Entlohnung. Werden dem Kunden eine Vielzahl von **Kundenwünschen** zugesagt, die zusätzliche Kosten im Unternehmen verursachen ohne einen höheren **Preis** zu erzielen, so sinkt der ROS der Projekte und der Vertriebsmitarbeiter verschlechtert seine Entlohnung.

7.5. Zusammenfassung

Die Kernaussagen des Kapitels 6 "Organisation und Prozesse für ein Variantenmanagement" sind in Übersicht 6-7 zusammengefasst.

Übersicht 7-12: **Kernaussagen des Kapitels 6**

"Organisation und Prozesse für ein Variantenmanagement"

- ⇒ Die Strategie des Unternehmens hat maßgeblichen Einfluss auf die Entscheidungen im Variantenmanagement.
- ⇒ Ohne eine Produkt- und Wettbewerbsstrategie kann kein sinnvolles Variantenmanagement stattfinden.
- ⇒ Bei der Projektierung der Systeme soll der Anteil an Konfiguration höher sein als der Anteil an Entwicklung.
- ⇒ Die Methoden zur Planung der Systeme sind im Wesentlichen identisch mit der Planung bzw. der Entwicklung eines Baukastensystems.
- ⇒ Hilfsmittel zur Projektierung der Systeme reichen von einfachen Suchwerkzeugen für die Datenbanken bis hin zu komplexen Computer-Aided-Selling-Systemen.
- ⇒ Eine Projektkostenrechnung und ein passendes Anreizsystem für den Vertrieb ist ein wesentliches Element eines Variantenmanagements für Systeme.

8. Variantenmanagement der Module und Subsysteme

Einer der wichtigsten Ansatzpunkte des Variantenmanagements ist die Vielfalt der Module und Subsysteme, aus welchen die Anlagen und Maschinen projiziert werden. In diesem Kapitel sollen nun konkrete Lösungsansätze für ein Variantenmanagement der Module oder Subsysteme vorgestellt werden.

Übersicht 8-1: **Elemente eines Variantenmanagements von Modulen und Subsystemen**

- ⇒ Methode zur "Variantensanierung" von Modulen
- ⇒ Modularisierung, Baukasten- und Plattformbauweise
- ⇒ Gestaltungsprinzipien für variantengerechte Produktgestaltung

Wie in Übersicht 8-1 dargestellt, wird zuerst auf die **Methode der "Variantensanierung"** eingegangen. Die Methode beschreibt eine mögliche Vorgehensweise zur Reduzierung der Vielfalt für Unternehmen, die **bereits stark unter einer erhöhten Vielfalt der Module und Subsysteme leiden**.

Danach werden die Lösungsansätze für ein Variantenmanagement der Module und Subsysteme vorgestellt, die unter den Begriffen **Modularisierung**, Plattformbauweise und Baukastenbauweise zusammengefasst werden können.

Neben diesem Ansatz, der auf konzeptioneller Ebene der Produkte angreift, existieren auf einer konkreteren Ebene verschiedene **Gestaltungsprinzipien** für die Entwicklung, die im Sinne der variantengerechten Gestaltung von Produkten Beachtung finden müssen.

8.1. Methode zur Variantensanierung einer Produktfamilie

Unter dem **Begriff „Variantensanierung“** soll die Durchführung eines **abgeschlossenen Projektes** verstanden werden, welches bei einer **wesentlich überhöhten Variantenvielfalt** eines Unternehmens als erste Aktion durchgeführt werden muss, um in einem ersten Schritt die Variantenvielfalt entscheidend zu reduzieren.

Die Methode der Variantensanierung soll mit den in Übersicht 8-2 aufgelisteten Unterkapiteln beschrieben werden.

Übersicht 8-2: **Methode zur Variantensanierung einer Produktfamilie**

- ⇒ Ziele der Methode
- ⇒ Analyse und Sammeln der notwendigen Informationen
- ⇒ Durchführung der Klassifikation - Reduzierung der für neue Projekte einzusetzenden Module
- ⇒ Einarbeitung der Ergebnisse in die Projektierungshilfen und weitere Schritte

8.1.1. Ziele der Methode

Um die Ziele der Methode der Variantensanierung zu verdeutlichen, soll im Folgenden zuerst das Spektrum möglicher Maßnahmen zur Optimierung der Vielfalt einer Produktfamilie betrachtet werden.

Wie in Abbildung 8-1 dargestellt, sind je nach Ausgangssituation der Produktfamilie, Schritte mit unterschiedlichem Veränderungsgrad der Produktfamilie und Aufwand denkbar. Daraus ergeben sich unterschiedliche Maßnahmen, um das Potenzial zur Optimierung der Vielfalt zu realisieren.

Das **Spektrum der möglichen Maßnahmen** reicht vom „**einfachen Streichen**“ von **Typen oder Varianten** aus dem für neue Projekte zu projektierenden Programm, bis zu der **kompletten Neuentwicklung** einer Modulfamilie oder eines Baukastensystems. Ein Zwischenschritt kann beispielsweise die Integration von zusätzlichen Funktionen der zur Streichung vorgesehenen Produktfamilie in den Typ, der weiterhin für neue Projekte eingesetzt werden soll, sein. Auf diesem Wege kann die Anzahl der unterschiedlichen Typen reduziert werden.

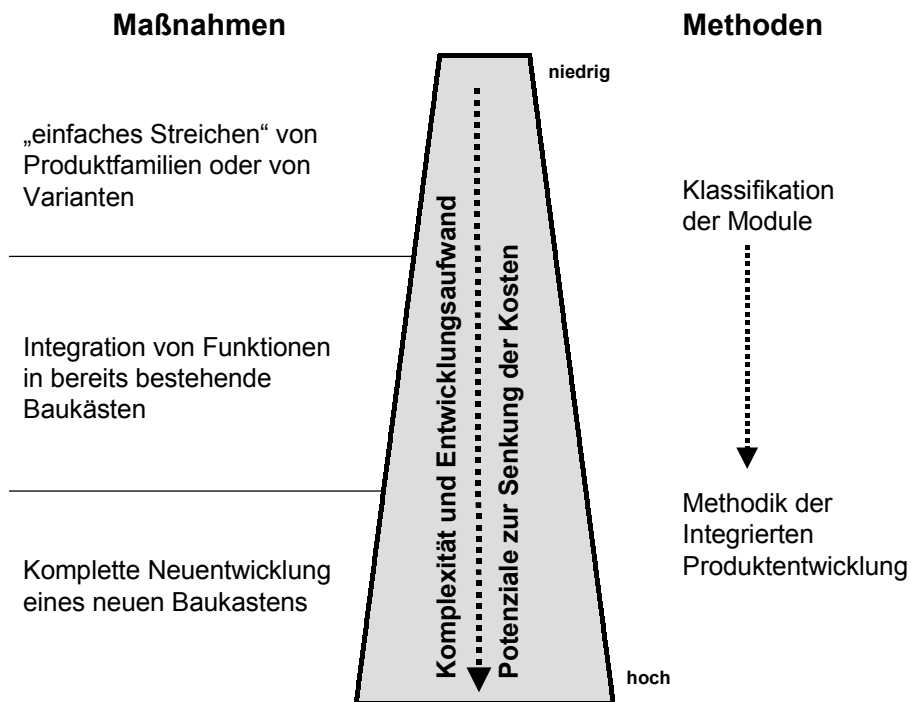


Abbildung 8-1: Maßnahmen und Methoden zur Optimierung der Variantenvielfalt

Der **Entwicklungsaufwand** steigt in der Regel mit dem Grad der Veränderung der Produkte an. Gleichzeitig steigt damit jedoch auch das **Potenzial, bzw. die Möglichkeit** die Produkte zu optimieren, beispielsweise die Kosten zu senken. Die für die Durchführung der Maßnahmen möglichen **Methoden** reichen vom einfachsten Fall, der Methode zur Klassifikation der Module, bis hin zu den Methoden der Produktentwicklung bei Neuentwicklungen.

Aus dieser Überlegung heraus ist es das **Ziel des Variantensanierungsprojektes** in einer ersten Phase relativ **schnell alle Produktfamilien** nach der in Kapitel 6 beschriebenen Klassifikation in die Module, die in neuen Projekten einzusetzen sind und diejenigen, die nur noch als Ersatzteil verkauft werden dürfen, einzuteilen. Während der Durchführung des Projektes werden **gezielt** und nach einem **standardisierten Verfahren Daten und Informationen über alle Produktfamilien gesammelt**. Diese Daten ermöglichen dann nach der Variantensanierung die **Planung der weiteren Entwicklungsaufgaben**.

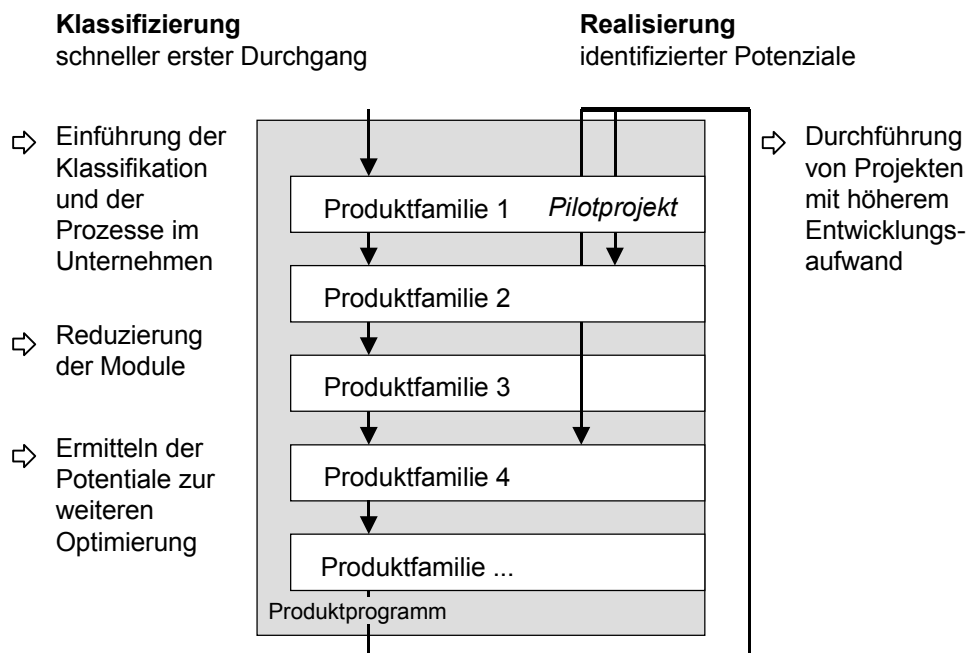


Abbildung 8-2: Ergebnisse der Variantensanierung

Ein wichtiger Nebeneffekt der Variantensanierung ist die Schaffung eines **Bewusstseins** für das Variantenmanagement in den verschiedensten Abteilungen. Durch das Projekt zur Variantensanierung, welches in der Regel in Unternehmen durchgeführt wird deren Variantenmanagement noch nicht effektiv arbeitet, werden die an dem Projekt beteiligten Personen automatisch mit den Auswirkungen, Möglichkeiten, Steuerungsmöglichkeiten und Prozessen des Variantenmanagement vertraut gemacht.

Zusätzlich dazu lässt sich das Variantensanierungsprojekt zur Verbesserung der Datenqualität der betrachteten Produktfamilien nutzen. Wie im Folgenden gezeigt werden wird, werden sehr viele Daten zu den Produkten gesichtet und in einer Datensammlung hinterlegt. Während der Arbeit am Projekt können die Daten nun mit nur geringem zusätzlichem Aufwand verifiziert und richtig gestellt werden.

8.1.2. Analyse und Sammeln der notwendigen Informationen

Der erste Schritt der Variantensanierung **einer Produktfamilie** ist **die Analyse** und das **Sammeln** der relevanten **Informationen und Daten**. Eine der einfachsten Darstellungstechniken von Daten ist eine **Tabelle**. In dieser Tabelle sollen Informationen zu einer Produktfamilie aus verschiedenen Systemen gesammelt werden. Die Zusammenstellung der relevanten Daten muss spezifisch für die Unternehmen durchgeführt werden. Typischerweise sollen Daten aus den PDM- und PPS-Systemen für alle relevanten Sachnummern

einer Produktfamilie gesammelt werden. Beispiele für die zu sammelnden Daten sind Sachnummern, Typbezeichnungen, Klassifikationen, sowie PPS-Daten, wie Stückzahlen über die Jahre, Kosten, usw..

Neben dieser Datensammlung wird für die Analyse auch **weitere Informationsmaterial, wie Zeichnungen**, Beschreibungen, Versuchsberichte und Entwicklungsunterlagen gesammelt.

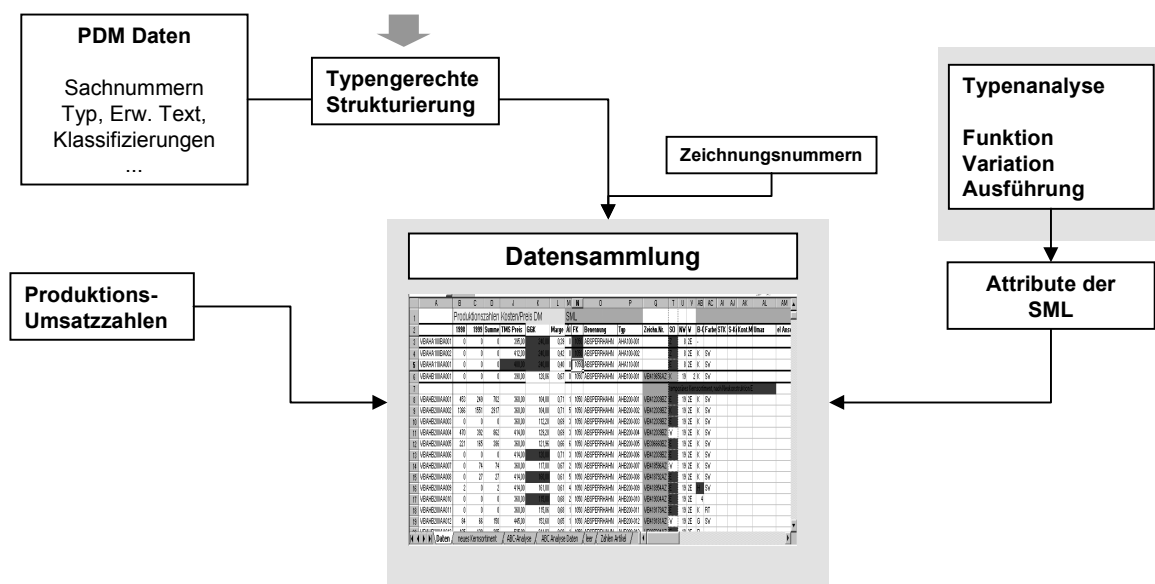


Abbildung 8-3: Datensammlung für die Analyse der Produktfamilie

Für das weitere Vorgehen bei der Analyse der Produktfamilie sind einige **auf den ersten Blick trivial** erscheinende Punkte zu beachten, die bei Nichtbeachtung zu Problemen in der Durchführung führen. Zum einen ist es besonders wichtig die **Datensammlung richtig zu sortieren**. Die Sachnummer müssen Typenweise sortiert und innerhalb eines Typs weiter nach bestimmten Kriterien, z.B. der Funktion geordnet werden. Zum anderen ist darauf zu achten, dass alle weiteren Unterlagen, wie z.B. die Zeichnungen, in der gleichen Reihenfolge wie die in der Datensammlung vorliegen. Dieser leicht bürokratisch wirkende Formalismus erleichtert es wesentlich, den Überblick über die Varianten und die Typen zu bekommen.

Die Datensammlung ist die Basis für die weiteren Schritte der Variantensanierung. Sie stellt eine einfache und praktikable Möglichkeit dar, alle während des Prozesses benötigten und erarbeiteten Daten zu sammeln und zu dokumentieren. Beispielsweise kann die neue Klassifikation der Module bereits während der Definition in die Datensammlung mit auf-

genommen werden, um anschließend per Datenlauf in das PDM System übertragen zu werden.

Nach der Erstellung der Datensammlung werden, wie im Folgenden Kapitel detailliert beschrieben wird, die **Merkmale und Funktionen der einzelnen Typen und Varianten (Sachnummern) analysiert**. Die aus dieser Analyse gewonnenen Informationen können ebenfalls in der Datensammlung zu den einzelnen Sachnummern eingetragen werden. Die Tabelle wird sozusagen mit Sachmerkmalen ergänzt und die Spalten werden mit den Ausprägungen gefüllt.

Oftmals ist eine **graphische Darstellung** der Vielfalt zusätzlich zu der Datensammlung hilfreich, um die **Funktionen und Merkmale** der Produkte zu verdeutlichen. Diese graphische Darstellung muss abhängig vom Produkt gewählt werden. Beispiele für die graphische Darstellung der Funktionsvarianten befinden sich in Kapitel 11.

Eine bekannte Methode diese Daten graphisch darzustellen ist der **Variantenbaum**¹⁵. Bei der Erstellung des Variantenbaumes wird die Varianz, welche sich durch die Merkmale definiert, in einer Baumstruktur dargestellt. Bei der Anwendung dieser Methode bei variantenreichen Produktfamilien, besonders im Anlagenbau, hat sich herausgestellt, dass die Erstellung des Variantenbaumes ein unnötiger Schritt ist. Eine der wesentlichen Begründungen für diese Behauptung ist, dass ein Entwickler, welcher nicht alle seine Varianten und vor allem nicht alle Anforderungen an das Produktprogramm kennt, die im zweiten Schritt notwendige Planung für die Produktfamilie nicht durchführen kann.¹⁶

¹⁵ Der Variantenbaum und die VMEA sind Methoden, die von Prof. Schuh entworfen wurden und neben der Optimierung der Variantenvielfalt die Montagereihenfolge analysieren. Ziel ist zum einen die Reduzierung der Vielfalt und zum anderen das Verschieben der Vielfalt an das Ende der Wertschöpfungskette.

¹⁶ Der Variantenbaum scheint eher eine Methode für Unternehmensberater zu sein, die in der Serienfertigung kleine Produktgruppen analysieren, ist jedoch für eine Variantensanierung im Anlagenbau nur begrenzt geeignet.

8.1.3. Durchführung der Klassifikation - Reduzierung der, für neue Projekte einzusetzenden, Module

Nach diesem ersten Schritt, der Sammlung der Daten und Informationen der in der Produktfamilie befindlichen Module, soll eine Klassifikation¹⁷ für die in der Produktfamilie befindlichen Module durchgeführt werden.

Produkte unterscheiden sich durch ihre Merkmale und deren Ausprägungen. Die Merkmale können, wie in Abbildung 8-4 dargestellt, strukturiert werden.

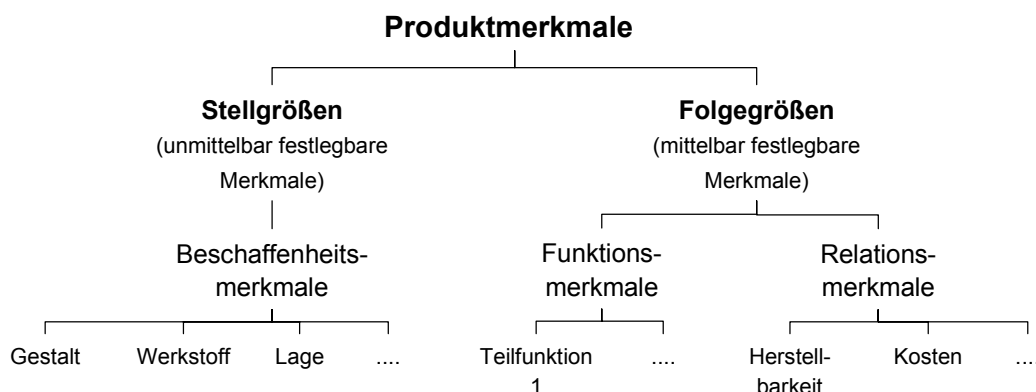


Abbildung 8-4: Einteilung der Produktmerkmale (GÖKER 1996)

Merkmale lassen sich somit in **Beschaffungsmerkmale**, **Funktionsmerkmale** und **Relationsmerkmale** einteilen. Beschaffungsmerkmale können vom Entwickler unmittelbar festgelegt werden und kennzeichnen z.B. die Gestalt oder den Werkstoff eines Produktes. Merkmale werden maßgeblich von **Parametern** als kennzeichnende Größen bestimmt. (SCHWANKL 2002)

Für die Aufgabe der Klassifikation der Module in einem Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus muss folgende Frage beantwortet werden:

"Welche Module aus dem bestehenden Produktprogramm sollen weiter in neuen Projekten eingesetzt werden und welche nur noch als Ersatzteil?"

Um diese Frage zu beantworten, soll nun kein kompliziertes Bewertungsschema oder ähnliches vorgestellt werden, sondern im Einzelnen auf die Auswirkungen einzelner Merkmale und Ausprägungen auf die Entscheidung eingegangen werden.

¹⁷ Siehe dazu Kapitel 6

Wie in Abbildung 8-5 dargestellt, wird die Produktfamilie hinsichtlich der Funktion, der Kosten, der existierenden Varianten, der Stückzahlen und evtl. der Lebenslaufkosten analysiert.

Zusätzlich dazu können "K.O.-Kriterien" definiert werden, d.h. Ausprägungen von Merkmalen, die in neuen Anlagen nicht mehr eingesetzt werden. Beispiele dafür sind veraltete technische Lösungen für einzelne Anforderungen.

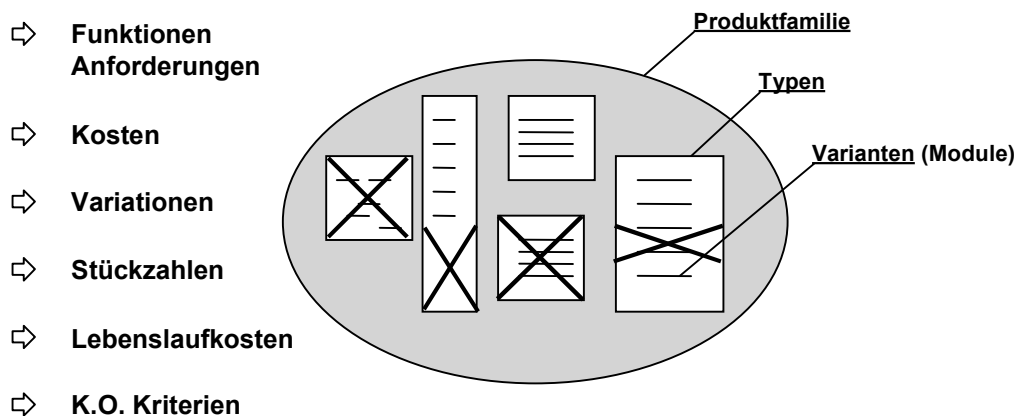


Abbildung 8-5: Bewertungskriterien und –merkmale für die Klassifikation der Module

Sind die Module nach den Kriterien analysiert, so werden mögliche Szenarien durchdiskutiert. Wichtig dabei ist, die Reduzierung ganzer Typen anzustreben, da dies in der Regel höhere Einsparungen ermöglicht als die Reduzierung der Varianten bei gleichbleibender Vielfalt der Typen.

Für die Gewichtung der Merkmale soll folgende Überlegung zugrunde gelegt werden: Bei Anlagen handelt es sich meist um Investitionsgüter, die in dem Betrieb des Kunden eingesetzt werden. Beim Kauf einer neuen Anlage oder Maschine wird die **Entscheidung der Kunden** meist stark durch wirtschaftliche Größen beeinflusst. Die wesentlichsten Einflussfaktoren sind der **Preis**, die **Lebenslaufkosten**, die **Produktivität** und die **Funktion**.

Diese Rahmenbedingung stellt eine **Besonderheit bei Variantensanierungsprojekten in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus** dar. Sie führt bei den Entscheidungen über die Klassifikation der Produktfamilie, im Vergleich zu beispielsweise einer Variantensanierung bei einem Komponentenlieferanten, zu unterschiedlichen Ergebnissen. Betrachtet man beispielsweise **ein Modul, welches durch seine Funktion in gewissen Anlagen nur einmal Anwendung** findet und somit als Exot scheint, kann trotzdem nicht auf

dieses Bauteil im Standard Sortiment des Unternehmens verzichtet werden, da die Funktion in der Anlage sonst nicht realisiert werden kann.

In den folgenden Abschnitten werden die Einflüsse der Kriterien Funktion, Beschaffenheit, Stückzahlen und Kosten auf die Klassifikation der Module beschrieben.

Funktionelle Anforderungen der Module

Wie in diesem Kapitel bereits beschrieben, sind die Funktionen und die technischen Eigenschaften der Module für die Klassifizierung in Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus wichtige Kriterien. Aus dem Standard-Sortiment müssen die, der Unternehmensstrategie entsprechenden, Anlagen wettbewerbsfähig projiziert werden können.

Für die Klassifizierung der Produkte benötigt man die Information, welche **Funktionen** mit den Modulen erfüllt werden müssen. Diese **Informationen** sind für **viele Produktfamilien** in den Unternehmen **nicht vorhanden**. Der Entwicklung sind die Eigenschaften der bisher eingesetzten Module bekannt, jedoch müssen diese nicht mit den aktuellen Minimalanforderungen an die Module übereinstimmen.

Um diese Information zu bekommen sind die bereits existierenden Systeme hinsichtlich des Einsatzes der Module zu analysieren und vor allem zu hinterfragen. Dies kann am besten an einem **Beispiel** verdeutlicht werden.

Der in der Abbildung 8-6 dargestellte **Druckwächter** ist ein pneumatisches Gerät, welches beispielsweise in Bremssystemen für Schienenfahrzeuge eingesetzt wird. Der Druckwächter schaltet einen oder zwei Mikroschalter mit einem oberen und unteren Schaltpunkt, je nach eingestelltem pneumatischen Druck. Der Abstand zwischen dem oberen und dem unteren Schaltpunkt (die Hysterese) ist einstellbar. Dieser Druckwächter war nur ein Typ aus der Produktfamilie der „Druckschalter und Druckwächter“ und selbst von diesem Typ existierten hunderte von Sachnummern mit verschiedenen Druckeinstellungen, welche in neuen Projekten eingesetzt wurden.

Nach der Erstellung der Datensammlung für die Produktfamilie wurden die Anforderungen an den Druckschalter geklärt. Aus den Stückzahlen und den durchgeführten Interviews mit einigen Projektierungsabteilungen konnten die Anforderungen an die Druckschalter nicht ermittelt werden.



Abbildung 8-6: Druckwächter von Klöckner-Möller

Um an die funktionellen Anforderungen zu gelangen wurde eine Vielzahl von bereits existierenden Systemen hinsichtlich des Einsatzes des Druckschalters analysiert. Die Ergebnisse dieser Analyse wurde in die Datensammlung der Produktfamilie eingearbeitet, so dass zu jeder Variante die Einstellparameter, die Stückzahlen und die aus der Systemanalyse gewonnene Anwendung des Druckschalters dargestellt waren.

Durch diese Vorgehensweise wurde festgestellt, dass die **jetzigen Druckschalter** die **Anforderungen übererfüllen**. Ein Ergebnis der Untersuchung war beispielsweise, dass die einstellbare Hysterese nur in einem Anwendungsfall benötigt wird und in diesem seltenen Fall ebenfalls zwei einfache Druckschalter eingesetzt werden könnten.

Das Ergebnis des Variantensanierungsprojektes war im ersten Schritt eine Reduzierung der in neuen Projekten eingesetzten Sachnummern durch die Klassifikation und in einem weiteren Schritt die Einführung eines, mit wesentlich niedrigeren Kosten verbundenen, neuen Druckschalters. Die Einführung des neuen Druckschalters wäre ohne die Klärung der Anforderungen durch detaillierte Analyse der Anlagen nicht möglich gewesen.

Für die Variantensanierung der Module soll mit diesem Beispiel verdeutlicht werden, dass der **Vergleich der Funktionen**, welche mit den Modulen derzeit realisiert werden können mit den aus einer **intensiven Analyse der Systeme** gewonnenen **reduzierten Anforderungen**, in einem ersten Schritt zu einer Reduzierung der Vielfalt der Module führt. In einem möglichen zweiten Schritt können durch eine Neu- oder Weiterentwicklung die Kosten der Module gesenkt werden.

Die Erkenntnis, dass durch die Reduzierung der Anforderungen die Kosten der Produkte gesenkt werden können, ist nichts neues, sondern seit langem bekannt (beispielsweise EHRENSPIEL 1995). Dennoch soll die Bedeutung für das Variantenmanagement im Anlagen- und Maschinenbau an dieser Stelle nochmals verdeutlicht werden.

Es können nicht nur die Herstellkosten, bzw. die Einkaufspreise der Module reduziert werden, sondern auch die Vielfalt der Module.

Beschaffenheitsmerkmale der Module

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Variantenvielfalt ist die Reduzierung der **Vielfalt der Beschaffenheitsmerkmale**.

Die Produktfamilien, bei welchen das **Potenzial** zur Reduzierung der Varianten durch die Reduzierung der Beschaffenheitsmerkmale besonders hoch ist, sind meist Module mit **geringer technischer Komplexität** und extrem hoher Vielfalt. Beispiele für die Vielfalt durch Beschaffenheitsmerkmale sind Farbvarianten, Anordnung und Form von Bedienelementen, Einstellungsvarianten, usw..

Betrachtet man die negativen Auswirkungen dieser Vielfalt, so sind die durch die Vielfalt induzierten Komplexitätskosten in der Regel nicht so gravierend, wie bei einer überhöhten Typenvielfalt mit sich sehr stark unterscheidenden Modulen. Gleichzeitig ist die Reduzierung der Vielfalt in diesen Produktfamilien meist auch einfacher.

Die Methode zur Reduzierung der Beschaffenheitsmerkmale gliedert sich in die in Übersicht 8-3 aufgelisteten Schritte.

Übersicht 8-3: **Schritte zur Reduzierung der Vielfalt der Beschaffenheitsmerkmale**

- ⇒ Ergänzung der Datensammlung mit Merkmalen und Ausprägungen der Module
- ⇒ Übersicht über die Merkmale und Ausprägungen erstellen
- ⇒ Entscheidung, welche Ausprägungen reduziert werden
- ⇒ Auflisten weiterer K.O. Kriterien für das aktive Sortiment
- ⇒ Durchführung der Reduzierung durch die Klassifikation in der Datensammlung
- ⇒ Verifizierung des Standardsortiments und, je nach Bedarf, Anlegen neuer Varianten
- ⇒ Erstellen einer Sachmerkmalenliste aus den gesammelten Daten

Im ersten Schritt können in die bereits erstellte Datensammlung der Produktfamilie Spalten für die Merkmale der Produktfamilie eingefügt und für jede Sachnummer die Ausprägung eingetragen werden.

Aus dieser umfassenden Liste lässt sich nun sehr leicht eine **Übersicht** der **Merkmale** und deren **Ausprägungen** in einem eindimensionalen Ordnungsschemata erstellen.

Der eigentlich schwierige Schritt ist nun die **Entscheidung**, auf **welche Ausprägungen für das Angebot** neuer Projekte verzichtet werden soll. Eine pauschale Vorgehensweise dafür lässt sich leider nicht finden, jedoch hat sich bei der Anwendung der Methode in Projekten gezeigt, dass die Entscheidungen nach einer gründlichen Analyse meist einfach zu treffen waren.

Zusätzlich zu dieser Eliminierung von Varianten durch den Verzicht auf einige Ausprägungen, lassen sich in den meisten Produktfamilien Merkmale finden, in welchen es K.O.-Kriterien für Module die in neuen Projekten eingesetzt werden sollen, gibt. Beispiele dafür sind veraltete Technologien und noch nicht umgesetzte Änderungen von Normen. Diese K.O.-Kriterien für die Module gehen in die Klassifizierung mit ein.

Nach dieser Sammlung der Ausprägungen, die in den Standard-Modulen nicht vorkommen sollen, können die **Sachnummern** in der Datensammlung **klassifiziert** werden. Sind alle Sachnummern klassifiziert, so ist es notwendig, das **Sortiment der Module** für neue Projekte nochmals zu **verifizieren**. Meist wird durch die K.O.-Kriterien die Vielfalt dermaßen reduziert, dass der Projektierung nicht mehr genug Varianten zur Verfügung stehen. Es müssen dann entweder sofort die fehlenden Varianten erzeugt werden, oder man entscheidet sich die Sachnummern und Stücklisten erst bei dem ersten Bedarf zu erzeugen. Dies muss von Fall zu Fall entschieden werden. Wichtig ist, dass die Variantenvielfalt optimiert und nicht minimiert werden soll und dem Vertrieb eine ausreichende Anzahl an Varianten zur Verfügung stehen muss.

Nach dem Abschluss der Klassifikation können mit nur sehr geringem Aufwand Sachmerkmalleisten¹⁸ aus den in der Datensammlung befindlichen Informationen generiert werden (sollten die Sachmerkmalleisten für Module ein ausgewähltes Werkzeug des Variantenmanagements in der Firma sein). Gerade bei den Produktfamilien, bei welchen sich eine Reduzierung der Vielfalt durch die Reduzierung der Varianz der Beschaffenheitsmerkmale anbietet, stellen Sachmerkmalleisten¹⁹ aufgrund der meist hohen Vielfalt eine

¹⁸Eine Beschreibung und Erklärung von Sachmerkmalleisten befindet sich in dem Kapitel „Variantenmanagement von Einzelteilen“.

¹⁹Weitere Möglichkeiten, wie beispielsweise sprechende Sachnummern, bieten sich selbstverständlich ebenfalls für die Reduzierung der Suchzeiten an.

einfache und effektive Möglichkeit dar, die Suchzeit für die Projektierung und die Entwicklung zu reduzieren.

Stückzahlen und Kosten

Neben den Funktionen und Beschaffenheitsmerkmalen der Produkte, nehmen die Kosten, Stückzahlen und Umsätze ebenfalls Einfluss auf die Entscheidungen bei der Klassifikation der Module.

Ein Ziel des Variantenmanagements ist die **Reduzierung von Kosten** im Unternehmen. Ein Teil der Kosten im Unternehmen sind die Herstellkosten der Produkte. Diese variablen Kosten gehen mit einem sehr großen Anteil in die Entscheidung der Klassifikation ein, speziell bei der Existenz verschiedener Typen mit ähnlichen oder gleichen Funktionen, wie beispielsweise nach Fusionen.

Durch die Umsatzinformationen in der Datensammlung kann eine Verteilung des Umsatzes auf die Produkte durchgeführt werden. Die **ABC-Analyse** ist eine der bekanntesten Methoden für die Analyse des Umsatzes²⁰. Bei der Durchführung einer ABC-Analyse für die Variantensanierung müssen einige Punkte berücksichtigt werden.

Zum einen sollte bei einer ABC-Analyse beachtet werden, dass in den meisten Unternehmen Einstellparameter für gewisse Module bereits zu neuen Sachnummern im PDM System führen. Wird dies nicht beachtet und eine ABC-Analyse auf Sachnummerebene und nicht auf Geräteebene durchgeführt, so können verfälschte Aussagen getroffen werden.

Der zweite wichtige Punkt, der bei der Auswertung der ABC-Analyse beachtet werden muss, ist das **Auswahlverhalten beim Erstellen der Angebote** durch den Vertrieb. Die ABC Analyse, bzw. die Analyse der Stückzahlen spiegelt die in der Vergangenheit ausgewählten Module für die Anlagen und System wieder. Existieren in der Projektierung nicht die richtigen Werkzeuge zur Projektierung der Systeme oder ist beispielsweise die Erfahrung der Mitarbeiter durch eine hohe Fluktuation nicht ausreichend, so kann das Angebotsverhalten von den eigentlichen Kundenanforderungen abweichen. Dies ist der Fall, wenn neue Projekte durch Variation bereits gelieferter Kundenprojekte, neu angeboten werden oder Funktionen durch bestehende Module realisiert werden, die die geforderten Kundenanforderungen überschreiten. Dies bedeutet letztlich, dass die aus den Stückzahlen gewonnen Informationen bezüglich Anforderungen und Funktionen der Produktfamilie in Frage

²⁰ In der ABC-Analyse werden die Produkte nach Umsatz fallend sortiert und analysiert mit wieviel Prozent der Sachnummern welcher Umsatz erzielt wird. Die Sachnummer, mit welchen man absteigend sortiert und kumuliert 80% des Umsatzes erreicht, werden als A Produkte bezeichnet.

gestellt werden müssen. Die Stückzahlen müssen bei der Entscheidung berücksichtigt werden, jedoch dienen sie im Wesentlichen zur Orientierung.

8.1.4. Einarbeitung der Ergebnisse in die Projektierungshilfen und weitere Schritte

Nach der Abstimmung der neuen Klassifikation einer Produktfamilie werden die Daten in das PDM System übertragen. In der Übersicht 8-4 sind die anschließenden Aktivitäten aufgelistet.

Übersicht 8-4: **Ausblick auf die weiteren Schritte nach der Klassifikation**

- ⇒ Einarbeitung der Ergebnisse der Klassifizierung in die Projektierungshilfen
- ⇒ Planung der nachfolgenden Entwicklungsaktivitäten
- ⇒ Kontinuierliches Produktmanagement durch die Klassifizierung

Existieren im Unternehmen bereits **Projektierungshilfen**²¹ zur Projektierung der Systeme, so müssen die erarbeiteten Informationen in die Projektierungshilfen übertragen werden. Projektierungshilfen können Produktkonfiguratoren, Produktkataloge, Sachmerkmaleisten von Modulen, Projektierungshandbücher, usw. sein. Besitzt ein Unternehmen noch keine Werkzeuge für ein Variantenmanagement der Systeme und will es in Zukunft gewisse Werkzeuge für die Projektierung der Anlagen nutzen, so ist die Klassifizierung der Produkte ein unumgänglicher Schritt vor oder während der Einführung des Projektierungssystems.

Eine an ein Variantensanierungsprojekt anschließende Aufgabe ist die **Planung der Entwicklungsaufgaben** zur Realisierung der in dem Projekt identifizierten **Potenziale**. Während den Analysen bei der Klassifikation der Module, werden unter anderem die Kosten der Produkte betrachtet, so dass die Module, welche zu hohe Kosten verursachen und aufgrund ihrer voraussichtlichen Stückzahlen Potenziale zur Kostensenkung beinhalten, identifiziert werden können. Anschließend an das Variantensanierungsprojekt können diese Potenziale beispielsweise in einem Wertanalyseprojekt realisiert werden. Diese Reihenfolge in der Vorgehensweise hat den Vorteil, dass zuerst eine Reduzierung der Varianten und

²¹ Detaillierte Informationen zu Projektierungshilfen befinden sich in dem Kapitel "Variantenmanagement von Systemen".

somit eine Erhöhung der Stückzahlen angestrebt wird und im Anschluss daran, die Kosten der als zukunftssträftig identifizierten Module reduziert werden.

Während der Klassifikation der Module im Variantensanierungsprojekt ist der von der Entwicklung und dem Produktmanagement vorgeschlagene Entwurf mit den Projektierungsabteilungen abgestimmt worden. Diese erste Klassifikation ist jedoch nur die Basis für die kontinuierliche Arbeit an der Klassifikation. Die in dieser Arbeit vorgeschlagene Methode zur Reduzierung der Variantenvielfalt durch die Klassifikation beinhaltet, wie im Folgenden gezeigt werden wird, eine Möglichkeit zur **Steuerung des Produktprogramms** und der **Gewinnung der Marktinformationen** für die Entwicklung.

Wie in Abbildung 8-7 dargestellt, werden die Produktfamilien in ein aktives und ein "nur für Ersatzteile" Produktprogramm aufgeteilt. Das aktive Sortiment kann durch den Vertrieb für neue Projekte eingesetzt werden. Das Ersatzsortiment darf in neuen Systemen nur mit Genehmigung des Produktmanagements angeboten werden. Das Vertriebsortiment setzt sich somit aus dem aktiven Sortiment und den genehmigten Ausnahmen zusammen. Die Klassifikation hat strategische Bedeutung. Dem Vertrieb ist das Zeichen gesetzt, dass er dieses Modul in Zukunft nicht mehr einsetzen soll. Sollte er es dennoch für ein neues System benötigen, so muss er dies mit dem Produktmanagement diskutieren. Lässt sich nun keine Alternative finden, so kann das Modul für dieses eine Projekt genehmigt oder wieder ins aktive Sortiment übernommen werden.

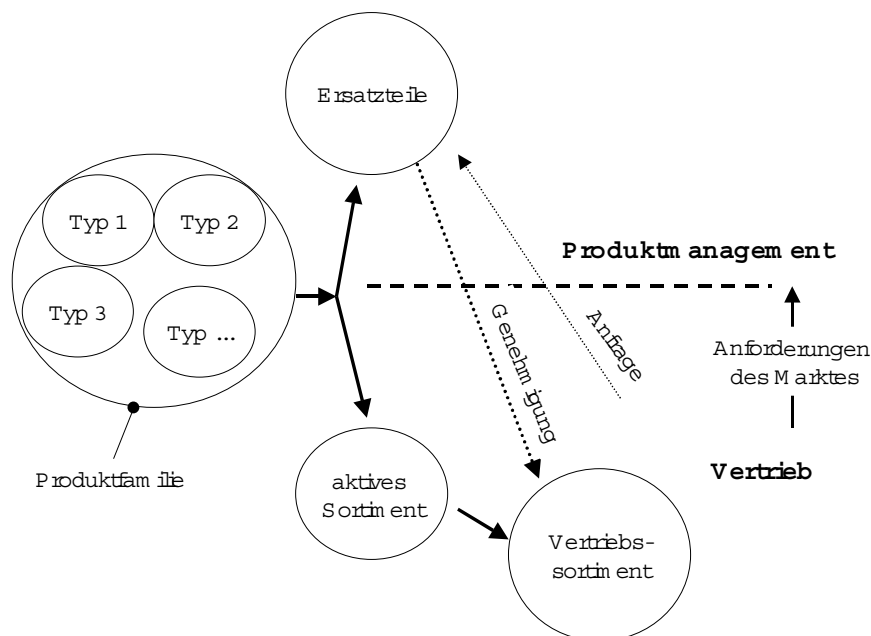


Abbildung 8-7: Strategische Klassifikation und Potenziale für die Steuerung des Vertriebes

Dieser Prozess ermöglicht es dem Produktmanagement und der Entwicklung **Marktinformationen** über das Produktprogramm zu erhalten, mit welchen die aktiven Varianten weiter an die Marktbedürfnisse angepasst werden können.

Dies kann am besten an einem Beispiel verdeutlicht werden. Nehmen wir einmal an, in einer Produktfamilie existieren zwei funktionsgleiche Module A und B, welche mit unterschiedlichen Technologien realisiert werden und somit 2 Typen darstellen. Aufgrund der Funktionsgleichheit soll untersucht werden, ob nicht auf ein Modul verzichtet werden könnte. Die beiden Typen werden nun analysiert und bewertet. Das Ergebnis der Bewertung spricht sehr eindeutig für Modul A, da die Herstellkosten dieses Moduls nur die Hälfte des Moduls B betragen und alle anderen Kriterien, bis auf eines, auch für Modul A sprechen. Gegen eine eindeutige Entscheidung zugunsten des Moduls A spricht die wesentlich kleinere Baugröße des Moduls B. Ist die Information, ob dieser kleine Bauraum wirklich einen wesentlichen Kundennutzen darstellt, im Unternehmen nicht vorhanden, so könnte man das Modul B vorerst als Ersatzteil definieren und dann die Anfragen des Vertriebes für den Einsatz in neuen Systemen abwarten.

Stellt sich nach der Sichtung der Einbaumaße einiger Projekte heraus, dass für den Kunden die größere Baugröße akzeptabel ist, so kann die Reduzierung der Varianten bestehen bleiben. Kann auf die kleine Baugröße jedoch nicht verzichtet werden, so besteht immer noch die Alternative eine Entwicklung eines neuen Moduls mit der Technologie und den Kosten von A und den Einbaumaßen von B zu prüfen.

8.2. Modularisierung, Baukasten- und Plattformbauweise

Die bekanntesten Lösungsansätze des Variantenmanagements **in der Entwicklung** sind die **Modularisierung**, die **Baukasten-** und die **Plattformbauweise**. Die drei Lösungsansätze werden in dieser Arbeit zusammen betrachtet, da sie sehr viele Gemeinsamkeiten haben und auch schwer zu trennen sind. Dies lässt sich, wie in dem ersten Abschnitt erläutert werden wird, alleine an den Definitionen der Begriffe erkennen. Im Anschluss an die Klärung der Begriffe wird auf die verschiedenen Formen der Modularisierung und die Methodik zur Erstellung modularer Produkte eingegangen.

8.2.1. Begriffe und Definitionen

Zu Beginn dieses Kapitels werden die unterschiedlichen Definitionen für die Begriffe **Baukastenbauweise**, **Plattformbauweise** und **Modularisierung** gegenübergestellt, der Zusammenhang zwischen den verschiedenen Begriffen diskutiert und die für die weitere Arbeit verwendete Begrifflichkeit festgelegt.

Die folgenden Definitionen für Baukastenbauweise und Baukastensysteme orientieren sich an den Ausführungen von Kohlhase (1997), Jeschke (1997) und Biegert (1971):

- Als **Baukastenbauweise** wird das gestalterische Vorgehen bezeichnet, welches das Ziel verfolgt, ein möglichst großes Spektrum an zusammengesetzten Erzeugnissen anbieten zu können, die sich aus einer möglichst geringen Varianz von Teilen (Baugruppen, Einzelteile) zusammenbauen lassen. Ein **Baukastensystem** ist das gestalterische Ergebnis der Baukastenbauweise. Es besteht aus einer begrenzten oder unbegrenzten Anzahl von **Bausteinen**, die sich durch eine Vielfalt an Kombinationsmöglichkeiten auszeichnen. Sie werden anwendungsspezifisch ausgewählt und unter Beachtung von Verträglichkeiten miteinander kombiniert, um in einem bestimmten Anwendungsbereich **Baukastenprodukte** zu konfigurieren.
- **Modularisierung auf Produkt- oder Teileebene** bedeutet nach PILLER, als technisches Gestaltungsprinzip, die Zerlegung eines Produktes in austauschbare Teile (Module). Ein Modul ist eine abgrenzbare und einbaufertige Einheit, dessen Bausteine physisch miteinander verbunden sind. Der Vormontageumfang eines Moduls ist deutlich größer als sein Einbauumfang in die übergeordnete Baugruppe.
- Unter einer **Produktplattform** wird im Allgemeinen ein Set aus zusammengehörigen Komponenten oder Teilen verstanden, die eine gemeinsame Struktur bilden und auf deren Basis eine Anzahl unterschiedlicher Produkte (Produktvarianten einer Produktfamilie) entwickelt und produziert werden können. Die Plattform stellt ein Basismodul dar,

das für alle Varianten eines Produktes gleich ist und außerdem auch produktübergreifende Verwendung findet. Somit ist sie der wesentliche Bestandteil aller Mitglieder einer Produktfamilie, die auf ihr basieren.

Vergleicht man nun die verschiedenen Ansätze aufgrund ihrer Definition, so lässt sich Folgendes erkennen:

Die Module bei der Modularisierung auf Produkt- und Teileebene sind vergleichbar mit den Bausteinen eines Baukastensystems. Module sind ebenfalls funktional gegliedert und verfügen über standardisierte Schnittstellen. **Baukastenbauweise** und **Modularisierung** können somit als eng verwandte Konzepte angesehen werden. Auch die **Plattformbauweise** ist nur eine spezielle Anwendung der Baukastenbauweise auf bestimmte Produkte.

Für den weiteren Verlauf der Arbeit, soll unter anderem aufgrund der Produktstrukturierung aus Kapitel 2, der Begriff **Modularisierung** verwendet werden. Die Produkte des Anlagen- und Maschinenbaus wurden in Kapitel 2 mit dem Systemgedanken abstrahiert. Bei dieser Abstraktion können nun entweder die Subsysteme oder die Elemente der Systeme, je nach Abstraktionsgrad, als Module definiert werden.

8.2.2. Formen der Modularisierung

Aus dieser Festlegung heraus, die Modularisierung als Überbegriff für die verschiedenen Ansätze der Produktgestaltung zu definieren, sollen nun die unterschiedlichen Formen der Modularisierung dargestellt werden. Nach PILLER (1998) kann man, wie in Übersicht 8-5 dargestellt, vier Formen der Modularisierung unterscheiden.

Übersicht 8-5: **Formen der Modularisierung**

- ⇒ Generische Modularisierung
- ⇒ Quantitative Modularisierung
- ⇒ Individuelle Modularisierung
- ⇒ Freie Modulsarisierung

Bei der **generischen Modularisierung** wird das Produkt aus stets der gleichen Anzahl an Bauteilen zusammengesetzt. Die Bausteine können jeweils unterschiedliche Leistungsmerkmale aufweisen, jedoch werden sie immer auf einer fixen Plattform verbaut. Die Module werden meist vor Eingang eines konkreten Auftrags in größerer Stückzahl gefertigt.

Die **quantitative Modularisierung** bedeutet eine Zusammensetzung von Produkten mit unterschiedlich vielen eingebauten generischen Komponenten auf einem Basismodul. Die quantitative Modularisierung ist, aufgrund der Variation der Anzahl der Module, eine Erweiterung der generischen Modularisierung, jedoch werden alle Komponenten immer noch auftragsunabhängig konstruiert und produziert.

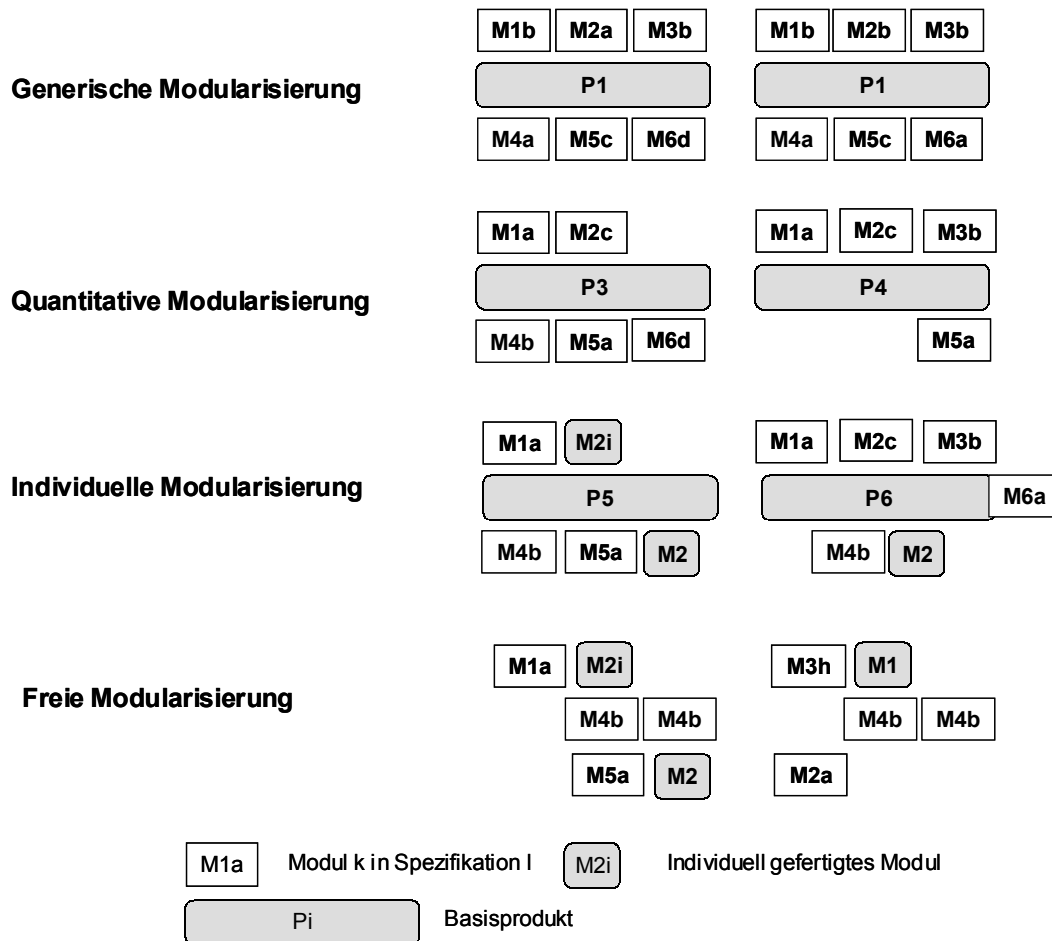


Abbildung 8-8: Formen der Modularisierung (nach PILLER 1998)

Die **individuelle Modularisierung** stellt eine Zusammensetzung von Produkten aus Modulen in fixer oder variabler Zahl dar, die teilweise kundenindividuell sind, teilweise aus einem Standardsatz stammen. Die individuelle Modularisierung erweitert die Standardmodule um kundenindividuell gefertigte Teile, die erst nach Eingang der Kundenbestellung gefertigt werden. Die Zahl der Module kann variieren.

Freie Modularisierung ist eine Kombination standardisierter und individueller Module, ohne die Notwendigkeit eines einheitlichen Basisproduktes. Die freie Modularisierung benötigt keine einheitliche Basis als Träger der Module.

Betrachtet man mit dieser Einteilung der **verschiedenen Formen der Modularisierung**, die in dieser Arbeit mit Fokus behandelte Branche, so lassen sich alle Formen der Modularisierung erkennen.

Die **Gesamtanlage oder die Maschine** kann je nach Komplexität und Produktart in die freie oder individuelle Modularisierung eingeteilt werden. Betrachtet man z.B. Druckmaschinen oder Papiermaschinen, so werden für neue Aufträge bereits bestehende Maschinen für den Kundenauftrag modifiziert. Dabei werden Baugruppen variiert und neue Baugruppen entwickelt, die zusammen mit bereits bestehenden Modulen die neue Anlage bilden. Es handelt sich somit um eine individuelle Modularisierung. Betrachtet man im Vergleich dazu beispielsweise eine Chemieanlage, so wird diese ebenfalls aus existierenden oder neuen Modulen zusammengesetzt, jedoch mit dem Unterschied, dass sich die Anlagen sehr stark unterscheiden und somit meist kein Basisprodukt identifiziert werden kann. In den Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus kann somit auch die freie Modularisierung auftreten. Betrachtet man die Modularisierungsform der **Module**, aus welchen die Anlagen zusammen gesetzt sind, nach dem Gesamtsystem auf einer konkreteren Ebene, so kann man die Formen der generischen, quantitativen und individuellen Modularisierung erkennen.

8.2.3. Die Erstellung modularer Produkte

Die Ausgangssituation vor der Entwicklung eines Baukastensystems sind meist Produkte, die projektspezifisch und kundenspezifisch für die jeweilige Anlage konstruiert werden. Basis sind bestehende Produkte, bzw. Module, die für die Kundenprojekte angepasst werden. Existiert für das Produkt noch kein Bauskastensystem, so hat dies Auswirkungen auf den Aufwand in der Entwicklung und die Produktion und somit auf die Entwicklungskosten, die Herstellkosten und die Lieferzeit.

In diesem Unterkapitel wird nun der allgemeine Ablauf einer Baukastenentwicklung beschrieben. Zur Durchführung der einzelnen Schritte existieren bereits eine Vielzahl von Methoden, wie beispielsweise zu Target Costing oder Projektplanung, auf welche in dieser Arbeit nur verwiesen werden kann.

Wie in Abbildung 8-9 dargestellt, ist der erste Schritt einer Baukastenentwicklung die **Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und die Planung der Entwicklung**.

Mit einer Marktanalyse wird die Nachfrage nach dem Produkt, der zu erreichende Preis und die Anforderungen der Kunden an die Produkte geprüft. Neben den Kunden werden auch Wettbewerber und deren Produkte betrachtet.

Mit diesen Informationen kann dann ein Kostenziel für das Produkt ermittelt werden und die Return on Invest (ROI)-Rechnung für das Entwicklungsprojekt durchgeführt werden. Dies geschieht zusammen mit der Planung des Projektes.

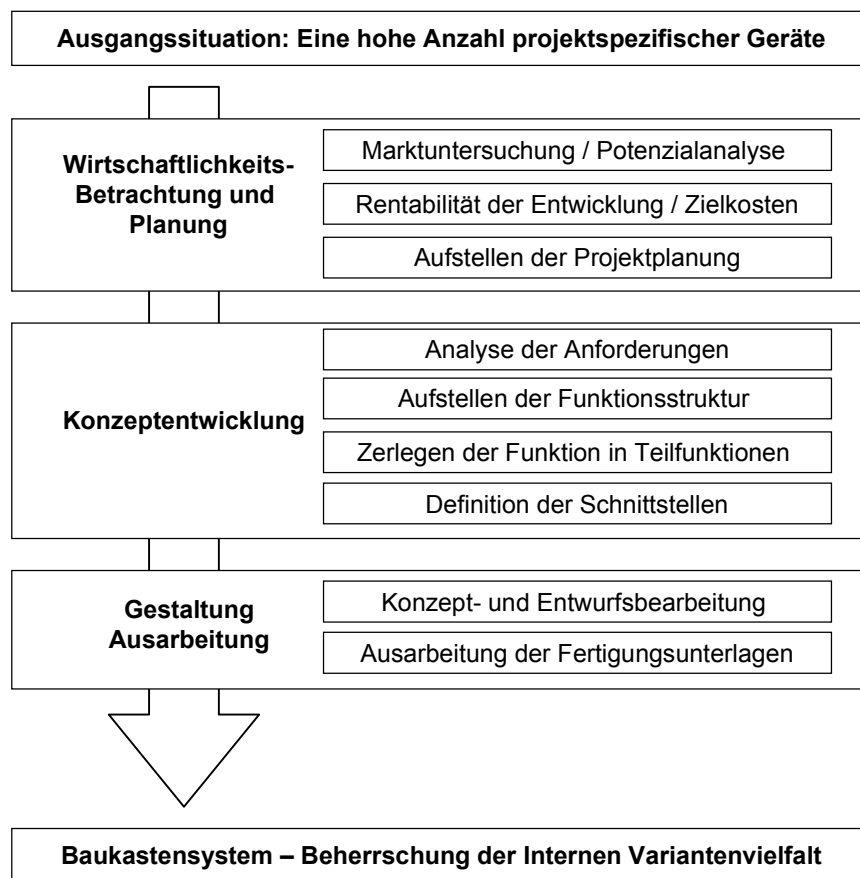


Abbildung 8-9: Ablauf der Baukastenentwicklung

Nach der Betrachtung der Wirtschaftlichkeit der Entwicklung und der daraus erstellten Planung des Entwicklungsprojektes, folgt meist die Genehmigung und der offizielle Start des Entwicklungsprojektes.

Im Anschluss daran muss das Konzept für das Baukastensystem entworfen werden. Der erste Schritt dabei ist, wie bei jeder Produktentwicklung, das Sammeln der **Anforderungen** an das zukünftige Baukastensystem und das Erstellen von Lasten- und Pflichtenheften sowie der **Anforderungsliste**. Besonders wichtig dabei ist, dass bei der Baukastenent-

wicklung nicht die maximale Vereinigungsmenge an bisher existierenden Anforderungen für das neue Produkt ausgewählt wird, sondern die Anforderungen möglichst niedrig gehalten werden. Die Produktkosten hängen sehr stark mit den Anforderungen an das Produkt zusammen. Die Produktionskosten werden niedriger, wenn weniger Anforderungen, Toleranzenengungen, Garantiezusagen, Abnahmebedingungen, einzuhaltende Normen oder Vorschriften zugesagt werden müssen. (EHRENSPIEL et al. 1998)

Nach dem Klären der Anforderungen werden die zu realisierende Gesamtfunktion und die Teilfunktionen analysiert. Die Teilfunktionen können bei der Entwicklung eines Baukastens in **Basisfunktionen**, **Spezialfunktionen**, **Anpassfunktionen**, Sonderfunktionen und Auftragspezifische Funktionen eingeteilt werden. Diese Einteilung ist, wie später ersichtlich, für die Konzeptentwicklung des Baukastens wichtig, so dass an dieser Stelle die Begriffe kurz erklärt werden.

Die Gesamtfunktion gibt den von den einzelnen Varianten des Baukastensystems geforderten Zweck an. Die Gesamtfunktion wird in Teilfunktionen aufgeteilt, die notwendig sind um die Gesamtfunktion zu erfüllen. Diese Teilfunktionen werden je nach Häufigkeit des Vorkommens im Gesamtsystem wie folgt unterschieden.

- Die **Basisfunktion** ist diejenige Teilfunktion, die bei jeder zu erfüllenden Gesamtfunktion vorkommt.
- Die **Spezialfunktion** ist charakteristisch für die Erfüllung der jeweiligen Gesamtfunktion.
- Die **Anpassfunktion** ist notwendig, um z.B. Basisfunktionen mit Spezialfunktionen zu verknüpfen.
- Die **Sonderfunktion** stellt eine besondere, ergänzende, aufgabenspezifische Teilfunktion dar, die ebenfalls nicht in allen Gesamtfunktionen vorkommen muss.

Die Gesamtfunktion wird in einer **Funktionsstruktur** abstrakt dargestellt. Die Aufgliederung der Gesamtfunktion in Teilfunktionen erfolgt so, dass möglichst wenige gleiche und wiederkehrende Teilfunktionen vorkommen. Varianten mit höheren Stückzahlen sind so weit wie möglich mit Basisfunktionen und dann mit Spezialfunktionen zu erfüllen. Zahl und Umfang der Anpass- und Sonderfunktionen sind klein zu halten.

Da die Entwicklung eines Baukastens meist von einer Vielzahl bereits existierender Module ausgeht, sind die Prinziplösungen (Konzepte) für die Teilfunktionen meist vorgegeben. Bei der Entwicklung des Baukastens kommt es besonders darauf an, die Zuordnung

oder Trennung der einzelnen Teilfunktionen zu mehr oder weniger häufig eingesetzten Bausteinen zu finden. (EHRENSPIEL 1995)

Für die Gestaltung der Module stehen Methoden zur Verfügung, von denen einige im folgenden Kapitel beschrieben werden.

8.3. Gestaltungsprinzipien für variantengerechte Produkte

Neben den verschiedenen Produktstrategien, wie z.B. Plattform- oder Baukastenbauweise, existieren auf der konkreteren Ebene der Entwicklung, bei der Festlegung der Gestalt, ebenfalls Methoden und Konstruktionsprinzipien, die im Bezug auf die Ziele des Variantenmanagements bei der Gestaltung der Bauteile beachtet werden müssen.

In diesem Kapitel werden die in Übersicht 8-6 dargestellten Prinzipien beschrieben.

Übersicht 8-6: **Gestaltungsprinzipien**

- ⇒ Integral- und Differentialbauweise
- ⇒ Funktionstrennung und Funktionsvereinigung
- ⇒ Abwärtskompatibilität

8.3.1. Prinzip der Integral- und Differentialbauweise

Die Integral- und Differentialbauweise sind Gestaltungsprinzipien, welche Einfluss auf die Produktstruktur haben. EHRENSPIEL (1998) liefert folgende Definition:

„Unter der Integralbauweise versteht man das Zusammenfassen verschiedener Bauteile zu einem. Bei der Differentialbauweise wird ein Bauteil in mehrere aufgeteilt.“

Die **Integralbauweise** ist in der Regel bei höheren Stückzahlen die kostengünstigere Lösung. Die Integralbauweise wird durch bestimmte Fertigungsverfahren, meist Gießtechniken ermöglicht. Heutzutage bietet gerade die Spritzgusstechnik mit Kunststoffen Potenziale zur Kostensenkung. In der Regel entstehen bei den Verfahren, die sich für eine Integralbauweise eignen, höhere Einmalkosten für die Werkzeuge, die sich jedoch bei der Aufteilung auf die höheren Stückzahlen durch die niedrigeren Selbstkosten der Bauteile amortisieren.

Die **Differentialbauweise** ist im Gegenzug zu der Integralbauweise für kleinere Stückzahlen die bessere Lösung. Die Einzelteile des Produktes können aus Halbzeugen und Normteilen konstruiert werden

Ein Beispiel für ein Produkt in den beiden Gestaltungstechniken ist in Abbildung 8-10 dargestellt. Die Reduktion der Anzahl der Einzelteile durch die Integralbauweise hat bei der Serienfertigung einige Vorteile, da weniger Teile logistisch gehandhabt werden müssen. Ein Nachteil der Integralbauweise ist die reduzierte Flexibilität hinsichtlich Änderungen und Variantenkonstruktionen.

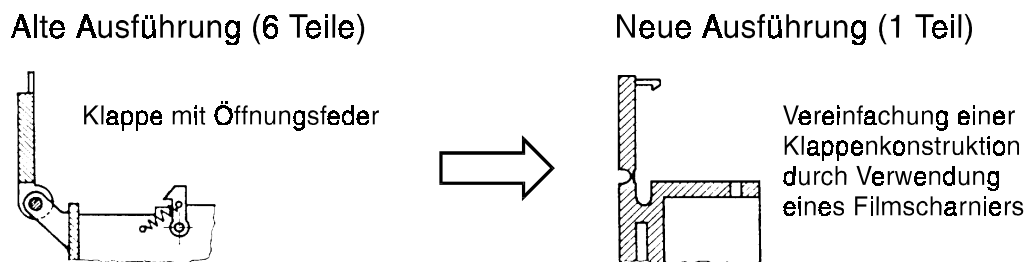


Abbildung 8-10: Kostensenkung durch Integralbauweise mit Spritzguss (EHRENSPIEL 1998)

Letztlich wird die Entscheidung, ob Integral- oder Differentialbauweise angewandt wird, durch technische Gegebenheiten, z.B. die Baugröße und die Fertigungsverfahren, und durch die Gesamtkosten der Bauteile, berechnet aus Einmalkosten, Selbstkosten und Stückzahlen, gefällt.

Betrachtet man die Produkte des Anlagen- und Maschinenbaus, so findet die Integralbauweise Anwendung bei den Modulen, die wiederholt projektunabhängig eingesetzt werden, während die Differentialbauweise meist in den projektspezifischen Baugruppen Anwendung findet, da die Baugruppen nur für ein Projekt eingesetzt werden und dadurch in sehr kleinen Stückzahlen produziert werden.

8.3.2. Prinzip der Funktionsvereinigung und Funktionstrennung

Neben der Integral- und Differentialbauweise, die sich mit der Anzahl der Bauteile pro Bauteil auseinandersetzt, existiert das Prinzip der Funktionstrennung und Funktionsvereinigung, welches sich mit der Anzahl der Funktionen pro Bauteil beschäftigt.

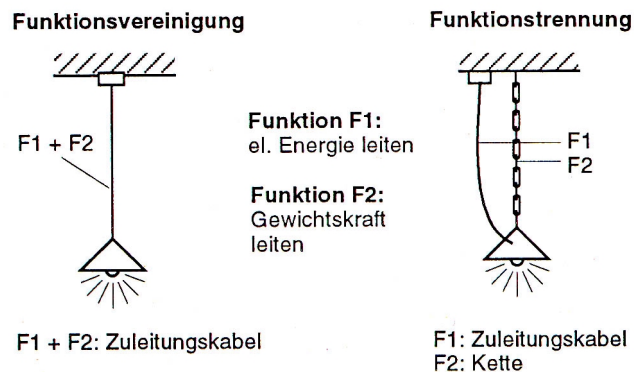


Abbildung 8-11: Funktionstrennung und Funktionsvereinigung am Beispiel einer Leuchtaufhängung (EHRENSPIEL 1995)

Das Prinzip der Funktionstrennung und der Funktionsvereinigung nimmt Einfluss auf das Produkt um die Anzahl der Funktionen pro Bauteil zu optimieren, was sich wiederum auf alle Eigenschaften des Produktes, wie beispielsweise Kosten, Gestalt und Gewicht, auswirkt. In Abbildung 8-11 ist ein Beispiel für das Prinzip der Funktionsvereinigung und Funktionstrennung bei einer Leuchtaufhängung dargestellt.

8.3.3. Prinzip der Abwärtskompatibilität

Ein Konstruktionsprinzip, welches besonders im Anlagen- und Maschinenbau von Nutzen sein kann, ist das Prinzip der Abwärtskompatibilität.

Wie in Kapitel 2 bereits beschrieben wurde, sind die Unternehmen im Anlagen- und Maschinenbau meist verpflichtet bis zu **30 Jahre** nach Inbetriebnahme der Anlage **Ersatzteile** für die eingesetzten Module zu liefern. Diese Lieferverpflichtung von 30 Jahren ist in der Regel **vertraglich** den Kunden beim Verkauf der Anlage **zugesichert**. Dies bedeutet für das Unternehmen, dass bei einer sehr hohen Variantenvielfalt in den Typen, die mit der Zeit entwickelt werden, die Anzahl der zu produzierenden Module aufgrund des Nachmarktes kontinuierlich anwächst und dabei die Stückzahlen sinken. Wie in Kapitel 3 gezeigt wurde, führt dies zu einer erheblichen Kostensteigerung.

Ein Lösungsansatz für diese Problemstellung ist die **Beachtung der Abwärtskompatibilität** bei der Entwicklung neuer Module oder Baukästen. Die Entwicklung abwärtskompatibler Produkte bedeutet, dass die neu entwickelten Produkte zu 100% oder zusammen mit Adaptern oder sonstigen Bauteilen auch als **Ersatzteile** für das Vorgängerprodukt verwendet werden können.

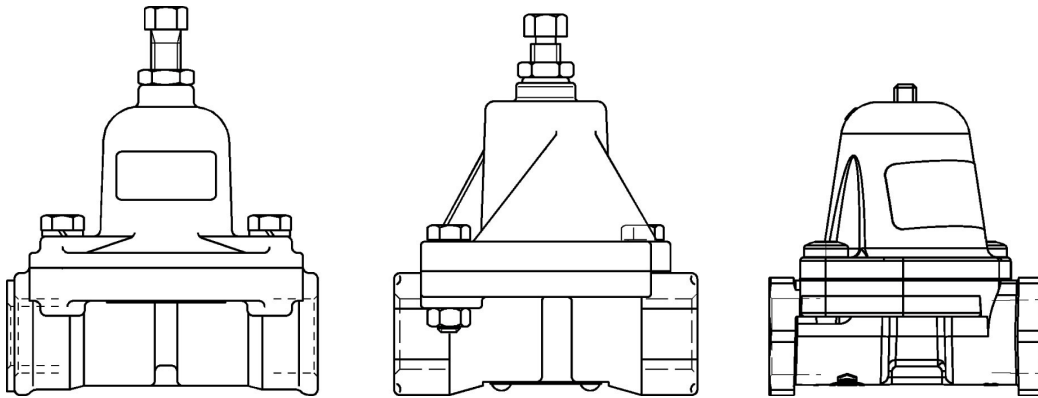


Abbildung 8-12: Beispiel für eine abwärtskompatible Weiterentwicklung in der Pneumatik (KNORR-BREMSE - Systeme für Nutzfahrzeuge)

Ein Beispiel für die abwärtskompatible Weiterentwicklung eines im Anlagenbau eingesetzten Moduls sind die in Abbildung 8-12 dargestellten **pneumatischen Überströmventile in Rohrbauweise**, die unter anderem für pneumatische Bremssteuerungen bei Schienen- und Nutzfahrzeugen Verwendung finden. Die Weiterentwicklungen wurden durchgeführt, um die Herstellkosten zu senken und die Vielfalt der Typen von akquirierten Firmen durch ein einzelnes Produkt zu ersetzen.

Ein weiteres, sehr deutliches Beispiel der Vorteile der abwärtskompatiblen Entwicklung und der dafür notwendigen Vorgehensweise ist folgendes Beispiel aus der Elektronik. Im Anlagenbau hat die **Elektronik** neben den mechanischen Komponenten eine stetig stärker werdende Bedeutung hinsichtlich der zu realisierenden Funktionen in der Anlage oder Maschine. Gerade auf dem Gebiet der Elektronik stehen die Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus aufgrund der sich schnell ändernden Technologie vor der Herausforderung, über eine lange Zeitspanne Ersatzteile für die Anlagen zu liefern. Oft werden Bauteile von Zulieferern abgekündigt, was dazu führt, dass die Elektronik neu entworfen werden muss. Würde ein Unternehmen für die Systeme projektspezifische Elektroniken entwickelt, so wäre der Aufwand für die Gewährleistung der Ersatzteile in den niedrigen Stückzahlen durch das Unternehmen nicht zu erbringen.

Als mögliche Lösung bietet sich eine abwärtskompatible modulare Entwicklung der Elektronikarten an. Dies soll an einem Produktbeispiel der Knorr-Bremse-Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH²² verdeutlicht werden.

²² Die Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH ist Weltmarktführer in dem Bereich Bremsensystem für Schienenfahrzeuge. Das für dieses Kapitel untersuchte Produktbeispiel findet Einsatz in den Bremssteuerungen für Schienenfahrzeuge.

Als Beispiel für dieses Kapitel soll die modular aufgebaute Elektronik ESRA beschrieben werden.

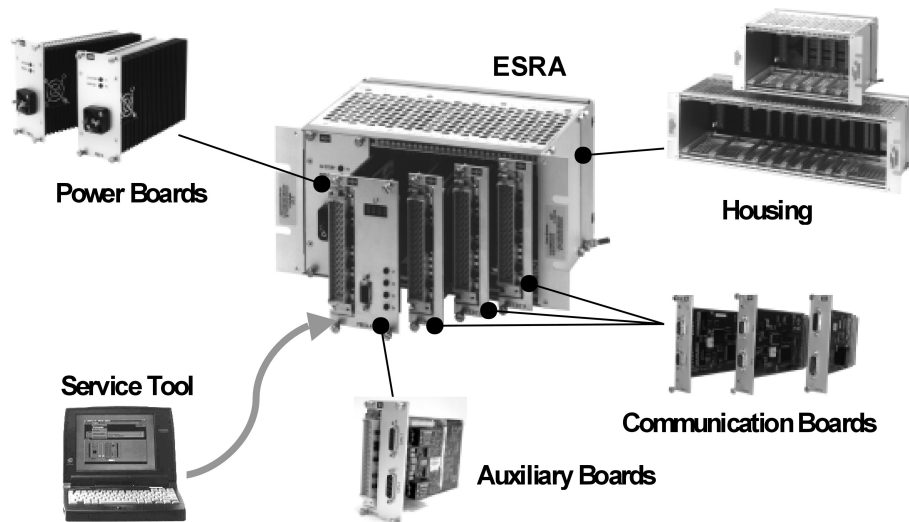


Abbildung 8-13: Das Elektronikkonzept ESRA (Electronic System for Railway Applications)

Das **Elektronikkonzept ESRA** (Electronic System for Railway Applications) ist ein **modulares System** mit **standardisierten, selbstständig funktionsfähigen, „intelligenten“ Baugruppen**, die projektspezifisch zusammen mit der Applikationssoftware zu einem „Gerät“ zusammengesetzt werden können. (MOERTL 2002)

ESRA Baugruppen sind **eigenständige, funktionsfähige Einheiten**, die über einen Microcontroller gesteuert werden. Zum Datenaustausch wurde ein serieller Bus, „**eine schmale Schnittstelle**“ auf der Rückwand des 19 Zoll Gehäuses vorgesehen (siehe Abbildung 8-13).

Die Vorteile der modularen Bauweise und der gewählten Schnittstellendefinition liegt darin, dass neue Karten abwärtskompatibel entwickelt werden und somit die aktuellen Karten auch als Ersatzteile für bereits ausgelieferte Fahrzeuge eingesetzt werden können. Dies führt dazu, dass der Lieferant für die Elektronikarten nur wenige verschiedene Karten in hohen Stückzahlen mit relativ niedrigen Herstellkosten produziert. Ein weiterer, durchaus wichtiger Vorteil dieser Abwärtskompatibilität, liegt in den überschaubaren **Entwicklungsaufwänden für die Pflege des Produktprogrammes**.

8.4. Zusammenfassung

Die Kernaussagen des Kapitels 8-7 "Variantenmanagement der Module und Subsysteme" sind in Übersicht 8-7 zusammengefasst.

Übersicht 8-7: **Kernaussagen des Kapitels 8**
"Variantenmanagement der Module und Subsysteme"

- ⇒ Die Methode der Variantensanierung stellt eine Möglichkeit dar, in einem Unternehmen, welches stark unter einer erhöhten Vielfalt der Module leidet, in einer ersten Aktion die Vielfalt der Module wesentlich zu reduzieren. Dies ist dann die Ausgangsbasis für ein kontinuierliches Variantenmanagement der Module.
- ⇒ Die Modularisierung und die Baukastenbauweise sind effektive Ansätze zur Beherrschung der Vielfalt der Module durch die Entwicklung. Im Anlagen- und Maschinenbau finden sich alle Formen der Modularisierung, die generische, die quantitative, die individuelle und die freie Modularisierung.
- ⇒ Die in Kapitel 8.3 vorgestellten Gestaltungsprinzipien spielen, neben den Ansätzen der Modularisierung, bei der Gestaltung der Bauteile eine wichtige Rolle für die Auswirkungen der Variantenvielfalt. Besonders das Prinzip der Abwärtskompatibilität kann die Probleme der Vielfalt im Ersatzteilwesen reduzieren.

9. Variantenmanagement von Einzelteilen

Eine erhöhte Variantenvielfalt der Einzelteile hat, im Vergleich zu beispielsweise der Endproduktevielfalt, besonders starke negative Auswirkungen auf die Logistik und den Einkauf. In diesem Kapitel werden zum einen die Grundlagen für ein Variantenmanagement von Einzelteilen und zum anderen die Methoden und Lösungsansätze beschrieben.

9.1. Grundlagen

Eine **Ursachen** für eine erhöhte Vielfalt der Einzelteile kann bei "natürlichem" Anwachsen der Vielfalt in einem **fehlenden Variantenmanagement für Einzelteile in der Entwicklung** liegen. Meist fehlen in diesen Unternehmen bereits seit langem bekannte und einfache Hilfsmittel, wie beispielsweise Normteilkataloge, um die Vielfalt der Einzelteile zu beherrschen.

Eine **zweite Ursache** für eine überhöhte Vielfalt an Einzelteilen können **Fusionen** sein. Findet nach einer Fusion zur Realisierung von Synergien eine **Zusammenlegung von Produktionsstätten** gleichartiger Produktfamilien oder Anlagen statt, so erhöht sich die Vielfalt der unterschiedlichen Teile (Sachnummern) an einem Ort, was zu einem starken **Anstieg der Komplexität** führt.

Übersicht 9-1: **Vielfalt der Einzelteile kann auftreten bei ...**

- ⇒ Normteilen
- ⇒ Kaufteilen
- ⇒ Zeichnungsteilen
- ⇒ Halbzeuge, Kabel, ...
- ⇒ ...

Die Vielfalt bei den Einzelteilen kann in allen Klassen von Einzelteilen auftreten, bei DIN- und Normteilen, einfachen Kaufteilen, Zeichnungsteilen, Halbzeugen, usw..

9.2. Methoden und Lösungsansätze

Zur Reduzierung der Vielfalt von Einzelteilen existieren unterschiedliche Vorgehensweisen, welche in Übersicht 9-4 aufgelistet sind. Die unterschiedlichen Vorgehensweisen können, wie im Folgenden noch ersichtlich werden wird, zur Reduzierung und Vermeidung der Vielfalt der Einzelteile führen.

Übersicht 9-2: Lösungsansätze zur Reduzierung der Vielfalt

- ⇒ Sicherstellen der Standards für neue Konstruktionen und Entwicklungen -Teileverwaltung und Wiederholteilsuche *(Vermeiden)*
& *(Reduzieren)*
- ⇒ Überarbeitung bereits existierender Konstruktionen *(Reduzieren)*
- ⇒ Optimieren der Anzahl der Einzelteile bei der Gestaltung von Bauteilen und durch die Fertigungstiefe *(Vermeiden)*
& *(Reduzieren)*

Die in Kapitel 2 beschriebene Charakteristik der Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus und das Produktmodell dienen als Randbedingung für die Methoden für ein Variantenmanagement der Einzelteile. Wie im Folgenden gezeigt werden wird, wirkt sich die Charakteristik der Unternehmen auf die in diesem Kapitel beschriebenen Methoden besonders stark aus.

Teileverwaltung und Wiederholteilsuche

Die Teileverwaltung und die Möglichkeiten der **Wiederholteilsuche für die Entwicklung** sind einer der maßgeblichsten Ansatzpunkte für ein Variantenmanagement von Einzelteilen im Unternehmen.

Wie in Kapitel 2 bereits erläutert wurde, werden für fast alle Kundenprojekte **projektspezifische Baugruppen** benötigt. Für die Konstruktion dieser Baugruppen ist die Entwicklungskapazität aufgrund der geringen Stückzahlen meist stark begrenzt, so dass für die Suche der Einzelteile im PDM System nur wenig Zeit zur Verfügung steht. Existiert für den Konstrukteur kein geeignetes **Hilfsmittel, um Einzelteile schnell in dem PDM-System** zu finden, so hat er oftmals keine andere Möglichkeit als das benötigte Teil neu anzulegen, obwohl es bereits existiert.

Übersicht 9-3: **Potenziale bei der Teileverwaltung und der Wiederholteilsuche von Einzelteilen**

- ⇒ Suchzeiten bei den Entwicklern
- ⇒ Neuanlage bereits existierender Teile
- ⇒ Prozesskosten beim Anlegen einer neuen Sachnummer
- ⇒ Kosten in der Produktion und in der Logistik

Das **Anlegen einer neuen Sachnummer führt zu Kosten**, die dem Entwickler teilweise nicht bekannt sind. Oftmals wird in der Literatur hierbei von Verwaltungskosten für eine Sachnummer gesprochen, welche sich jedoch nur schwer nachvollziehen lassen. Die angegebenen Werte liegen bei 500 bis 5000 €. Überträgt man dies auf das Unternehmen unseres Fallbeispiels in Kapitel 11 mit 500.000 Sachnummern, so würden in diesem Unternehmen Kosten zur Verwaltung der Sachnummern in Höhe von 250.000.000 € anfallen. Diese Wert ist, wie leicht ersichtlich, nicht realistisch.

Verständlicher sind die **Prozesskosten bei der Anlage einer neuen Sachnummer**. Betrachtet man alle Tätigkeiten, die auf das Anlegen einer neuen Sachnummer folgen, so kann man aus der aufgewendeten Zeit mit dem zu wählenden Stundenfaktor die Kosten für eine Neuanlage exakt ermitteln. Beispiele für diese Tätigkeiten sind die Anlage der Sachnummer im PPS-System, die Erstellung eines Arbeitsplanes, Anlage und Pflege der Einkaufsdaten, Klassifizierungen in den Systemen, usw..

Die **Hilfsmittel**, die zur **Lösung dieser Problematik in der Literatur** beschrieben sind, lassen sich nach MÜLLER (1990), wie in Übersicht 9-4 dargestellt, im Wesentlichen in die Bereiche Ordnung schaffen durch **Gliederung des Teilespektrums**, **Teilereduzierung durch Normung** und **Informationsbereitstellung durch Datenverarbeitungsanlagen** einordnen.

Übersicht 9-4: **Lösungsansätze zur Reduzierung der Vielfalt von Einzelteilen durch die Teileverwaltung**

- ⇒ Ordnung schaffen durch Gliederung
- ⇒ Teilereduzierung durch Normung
- ⇒ Informationsbereitstellung durch Sachmerkmalleisten

Die Gliederung des Teilespektrums kann mit Hilfe einer **Klassifikation** und Zuordnung eines Klassifikationsschlüssels durchgeführt werden. Klassifikation bedeutet Einteilung in Klassen und beruht auf dem Prinzip, eine Teilemenge nach einer bestimmten Merkmalsausprägung zu kennzeichnen. Eine Art der Klassifikation kann eine **streng hierarchische Einteilung** von Produkten in Klassen, welche wiederum Unterklassen besitzen, sein. Nummeriert man die Klassen systematisch, so erhält man einen Klassifikationsschlüssel. Dieser Klassifikationsschlüssel wird dann in dem PDM System jeder einzelnen Sachnummer zugewiesen und dient dann als Suchkriterium. In Abbildung 9-1 ist ein Beispiel für eine Klassifikation und für einen Klassifikationsschlüssel dargestellt.

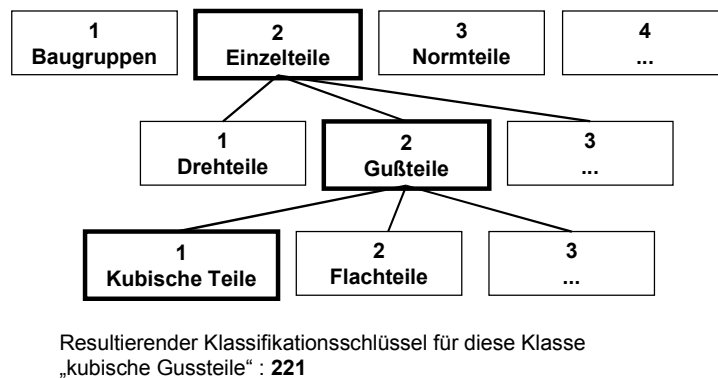


Abbildung 9-1: Beispiel für eine Klassifikation und einen Klassifikationsschlüssel (nach Müller 1990)

Neben der Ordnung der Produkte durch die Klassifikation stellt die Verwendung von **Normteilen**, seien es international, national oder werksintern genormte Teile, einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung der Teilevielfalt dar. Die Normung ist jedoch nur für Teile sinnvoll, die keinem allzu großen technologischen oder gestaltbezogenen Wandel unterliegen (MÜLLER 1990). Wie in einem der folgenden Abschnitte noch gezeigt wird, lassen jedoch nationale oder internationale Normen aus Sicht des Variantenmanagements im Unternehmen eine noch viel zu große Variantenvielfalt zu.

Zusätzlich zu der Klassifikation der Sachnummern und der Verwendung von Normteilen, können zur Erleichterung der Suche eines bereits vorhandenen Teils, **Sachmerkmaleisten** herangezogen werden. Eine Sachmerkmaleiste ist nach DIN-4000 eine Zusammenstellung und Anordnung der Sachmerkmale, die für die Beschreibung einer Gruppe von Teilen sinnvoll sind. Ein Sachmerkmal ist ein Merkmal, das Gegenstände unabhängig vom Umfeld beschreibt.

In Abbildung 9-2 ist ein Beispiel für eine Sachmerkmalleiste für Halbzeuge aus Blech mit S-förmigem Querschnitt dargestellt. Eine Sachmerkmalleiste ist eine Tabelle mit den Sachmerkmalen als Überschrift über den Spalten und den Sachnummern mit den Ausprägungen der Sachmerkmale in den Zeilen.

Sachmerkmalleisten lassen sich heutzutage natürlich sehr gut in die bestehenden PDM Systeme einbinden und stellen somit bereits einen Lösungsansatz dar, der in die **Informationsbereitstellung durch Datenverarbeitungsanlagen** eingeordnet werden kann.

An dieser Stelle alle existierenden Möglichkeiten und verschiedenen Lösungsansätze für die Informationsbereitstellung durch die CAD- oder PDM-Systeme zu beschreiben würde den Rahmen der Arbeit sprengen, so dass in dem folgendem Abschnitt nicht auf die Ausführung, sondern auf die **wesentlichen Anforderungen** des Hilfsmittels eingegangen werden soll.

Sachmerkmalleiste DIN 4000 –									
Kennbuchstabe	A	B	C	D	E	F	G	H	J
Sachmerkmal-Benennung	Höhe	Flanschbreite b_1, b_2	Flanschdicke	Stegdicke		Bördel- oder Abkantlänge	Widerstandsmoment W_x, W_y	Werkstoff	Oberfläche und/oder Schutzart
Referenzhinweis									
Einheit	mm	mm	mm	mm	–	mm	cm ³	–	–

Identnr	A	B	C	D	E	F	G	H	J
00354	20	5	2	2		4	400	St 37	–
00357	25	8	3	3		5	700	St 37	–

Abbildung 9-2: Beispiel für eine Sachmerkmalleiste (DIN-4000)

Dem Entwickler soll somit ein Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, mit welchem er sich bereits existierende Einzelteile für neue Konstruktionen aussuchen kann. Somit stellt sich bei der Erstellung dieses Hilfsmittels die Frage, welche Teile in diesem **Pool an Teilen** klassifiziert werden sollen? Sollen alle existierenden Teile klassifiziert werden?

Stellt man sich nun ein Tool vor, welches es ermöglicht auf alle bereits existierenden Einzelteile zuzugreifen und diese schnell zu finden und auszuwählen, so führt dies nicht im-

mer zur wirtschaftlichsten Auswahl eines Teils. Oft wird eine unwirtschaftliche Auswahl getroffen werden. Dies lässt sich wie folgt begründen:

Betrachtet man die in Kapitel 2 getroffene Einteilung der Produkte und Tätigkeiten in der Entwicklung, so lassen sich zwei wesentliche Dinge unterscheiden. Zum einen die Entwicklung neuer Module (Geräte) und zum anderen die Konstruktion von projektspezifischen Baugruppen, wobei die projektspezifischen Konstruktionen in der Regel den höheren Anteil des Aufwandes in der Entwicklung darstellen.

Die Entwicklungstätigkeiten der **Module** lassen sich wiederum unterteilen in die Variantenentwicklung bereits bestehender und die Entwicklung neuer Module. Bei der Variantenentwicklung wird automatisch ein hoher Anteil an bereits existierenden Teilen verwendet. Bei der Neuentwicklung kann die Absicht, bereits bestehende Bauteile aus dem gesamten Pool zu verwenden, sogar eine sehr unwirtschaftliche Vorgehensweise darstellen. Um die Kosten der Module zu senken, ist es oftmals notwendig die Einzelteile zu verändern. Somit sollte bei einer Neuentwicklung von Modulen auf eine **baukastengerechte Entwicklung** geachtet, und **Einzelteile aus Modulen, die zu dem Standard Produktprogramm des Unternehmens gehören, wiederverwendet** werden.

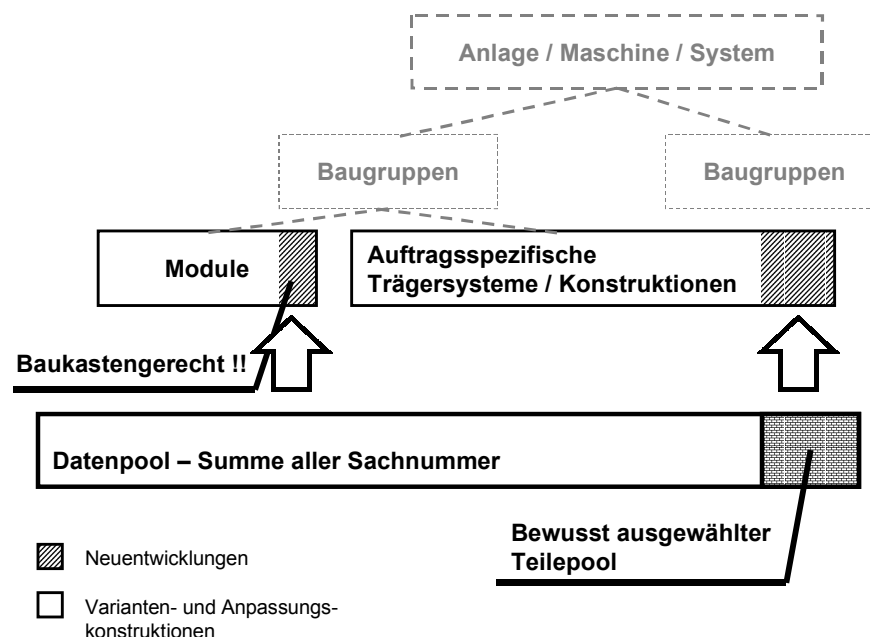


Abbildung 9-3: Variantenmanagement von Einzelteilen im Anlagenbau

Bei der Entwicklung der projektspezifischen Baugruppen, die im Anlagenbau den wesentlich höheren Anteil einnehmen, soll für den Entwickler ein Pool an Bauteilen zusammen-

gestellt werden, aus welchem er die Anlagen konstruieren kann. Diese Bauteile müssen jedoch bewusst nach unternehmensinternen Standards ausgewählt werden und nicht aus dem Pool aller Daten. Bei einer Klassifizierung aller Daten wären eine Standardisierung und ein hoher Innovationsgrad nicht möglich.

Somit ergibt sich, wie in Abbildung 9-3 dargestellt, für die Zusammenstellung des Pools aus Teilen folgende Regel:

Nach definierten Standards sollen dem Entwickler nur die regelmäßig für die projektspezifischen Konstruktionen notwendigen Teile in einem Teilekatalog zur Verfügung gestellt werden. Dies umfasst somit nur ein kleines Spektrum aller existierender Teile. Die Entwicklung von Modulen soll baukastengerecht erfolgen, wobei die Einzelteile, wenn möglich, aus bereits existierenden Standard Modulen auszuwählen sind.

Überarbeitung bereits existierender Konstruktionen

Der Ansatz zur Reduzierung der Variantenvielfalt der Einzelteile durch **Wiederholteilkataloge** wirkt sich ohne zusätzliche Maßnahmen erst bei der Produktion **neuer Module und Systeme** aus. Im Anlagenbau werden bereits existierende Anlagen jedoch noch über einen langen Zeitraum produziert, so dass die Reduzierung der Vielfalt erst nach langer Zeit erkennbar wäre.

Oftmals ist dieser **Zeitraum zu lange**, da speziell eine hohe Vielfalt an Einzel- und Normteilen enorme Auswirkungen auf die Logistik und die Beschaffung hat. Eine weitere Maßnahme ist die **Überarbeitung der Stücklisten** der noch zu produzierenden Module und Baugruppen.

Die Methode zur Überarbeitung der Stücklisten soll im Folgenden an dem Beispiel Normteile beschrieben werden. Bei diesen Einzelteilen bietet sich eine Reduzierung der Vielfalt in der Regel besonders an, da durch Fusionen viele Sachnummern mit gleichen Abmessung, jedoch oftmals mit unterschiedlichen Oberflächen oder Festigkeiten in einem Unternehmen vorhanden sind.

Grundsätzlich können zwei Vorgehensweisen zur Reduzierung der Vielfalt unterschieden werden, die **Top-Down und die Bottom-Up Methode**.

Bei der **Top-Down** Methode werden die Stücklisten der Baugruppen (von oben nach unten in der Struktur) nach den zu standardisierten Bauteilen durchsucht und die Normteile, die nicht dem Standard entsprechen, über Änderungsanweisungen ausgetauscht.

Bei der **Bottom-Up**-Methode wird, ausgehend von den Normteilen die ersetzt werden sollen, die Verwendung in Stücklisten überprüft. In allen Stücklisten mit Verwendung dieser Teile werden dann die Normteile durch die Sachnummer aus dem Standard ersetzt.

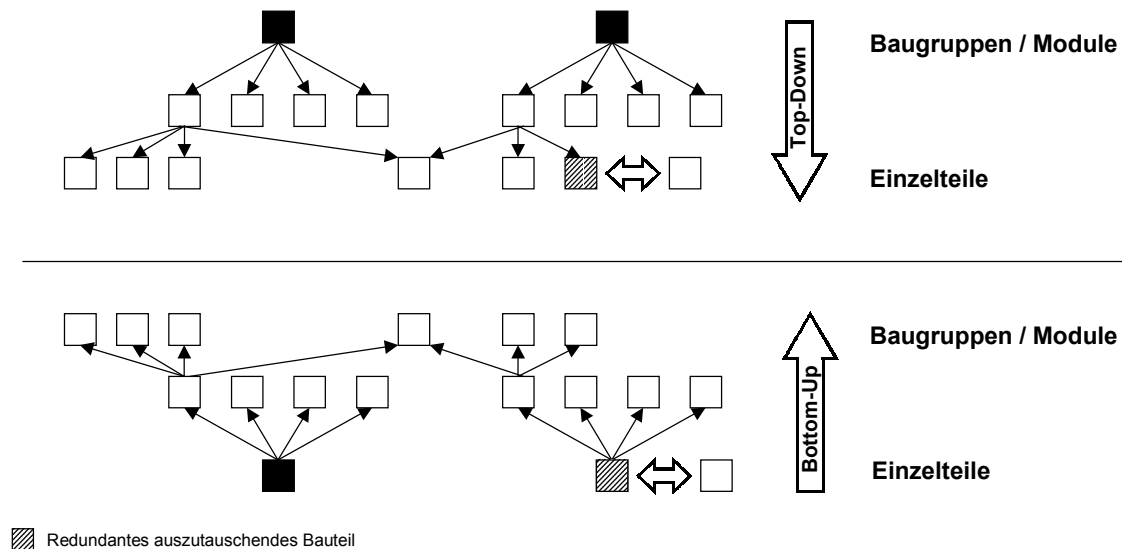


Abbildung 9-4: Vorgehensweisen bei der Reduzierung der Einzelteile (speziell nach Fusionen)

Auf den ersten Blick erscheint die **Bottom-Up**-Methode als vorteilhaft, da man mit jedem Verwendungsnachweis eine Sachnummer komplett eliminieren kann. Die Anzahl der durchzuführenden Schritte wäre somit begrenzt und es wäre möglich, alle Stücklisten zu bereinigen.

Ein wesentlicher Nachteil der Bottom-Up-Methode ist die Einschränkung, dass, wiederum am Beispiel der Normteile festgemacht, nur Teile mit **identischer Festigkeit** standardisiert werden können. Oftmals jedoch liegen, beispielsweise für eine Abmessung einer Schraube, unterschiedliche Festigkeiten und Oberflächenbeschichtungen vor, welche nicht ohne genauere Überprüfung der Verwendung ausgetauscht werden können. Ist diese Überprüfung oft notwendig, so ist die Top-Down Methode mit weniger Aufwand verbunden.

Bei der **Top-Down**-Methode können die **Baugruppen** hinsichtlich der notwendigen **Eigenschaften und des Einbauortes analysiert** und somit eine wesentlich stärkere Reduzierung der Vielfalt vorgenommen werden. Im Allgemeinen werden jedoch nur die zu produzierenden Baugruppen überarbeitet.

Im folgenden werden die **Schritte der Top-Down Methode** anhand der Standardisierung der Normteile näher beschrieben.

Übersicht 9-5: **Schritte zur Standardisierung von Einzelteilen nach der Top-Down Methode**

- ⇒ Standards festlegen (Oberfläche, Festigkeit, ...)
- ⇒ Pool an Standard Sachnummern aus den bestehenden Sachnummern auswählen
- ⇒ Überarbeitung des derzeitigen Auftragsbestandes
- ⇒ Implementierung eines Prozesses zur sequentiellen Überarbeitung neuer, noch nicht dem Standard entsprechenden Baugruppen

Der erste Schritt ist die Definition des zukünftigen Standards für die Teilefamilien. Bei Schrauben beispielsweise, sollte die Oberfläche(n), die Festigkeit(en) und die zu verwendeten Materialien zuerst definiert werden.

Nach dieser Festlegung kann aus den bestehenden Sachnummern ein Pool an Sachnummern ausgewählt werden, welcher dem Standard entspricht und keine redundanten Abmessungen beinhaltet. Im nächsten Schritt folgt die Überarbeitung des bestehenden Auftragsbestandes der Module und Anlagen mit Hilfe des Änderungswesens. Im Anschluss daran muss ein Prozess implementiert werden, welcher verhindert, dass noch nicht überarbeitete Baugruppen in der Produktion die Beschaffung auslösen. Die restlichen Baugruppen werden somit nach und nach überarbeitet.

Optimierung der Anzahl der Einzelteile bei der Gestaltung und durch die Fertigungstiefe

Neben der Nutzung von Wiederholteilkatalogen existiert oftmals die Möglichkeit, die Vielfalt der Einzelteile bei neuen Konstruktionen zum einen durch eine **optimierte Gestaltung** der Bauteile, zum anderen durch die **Fertigungstiefe** zu reduzieren.

Der Ansatz, durch die Gestaltung der Bauteile die Anzahl der Einzelteile zu reduzieren, ähnelt dem in Kapitel 8 beschriebenen Gestaltprinzip der Integralbauweise. Oftmals kann durch eine intelligente Gestaltung der Produkte die Anzahl der Teile und somit auch die Höhe der Stückkosten reduziert werden.

Der gleiche Effekt kann durch die Reduzierung der Fertigungstiefe erfolgen. Werden die Module, bzw. die Geräte für die Systeme eingekauft anstatt selbst produziert, existiert in

der Regel für die Baugruppe ebenfalls nur eine Sachnummer. Werden die Module selbst produziert, muss für jedes Einzelteil der Baugruppe eine Sachnummer im Unternehmen existieren.

9.3. Zusammenfassung

Die Kernaussagen des Kapitels 9 "Variantenmanagement von Einzelteilen" sind in Übersicht 9-6 zusammengefasst.

Übersicht 9-6: **Kernaussagen des Kapitels 9**
"Variantenmanagement von Einzelteilen "

- ⇒ Die Lösungsansätze für ein Variantenmanagement der Einzelteile lassen sich einteilen in die **Vermeidung der Vielfalt bei neuen Konstruktionen** und die **Reduzierung durch die Überarbeitung der bestehenden Baugruppen**.
- ⇒ Für die neuen Konstruktionen muss dem Entwickler ein **Pool an Teilen** zur Verfügung gestellt werden, die er in seinen Konstruktionen oftmals verwendet.
- ⇒ Für diesen Pool an Sachnummern muss ein **Suchtool** zur Verfügung stehen. Besonders wichtig dabei ist jedoch die **gezielte Auswahl der Bauteile**.
- ⇒ Für die Überarbeitung des bereits existierenden Produktprogramms stehen zwei Vorgehensweise zur Auswahl, die **Top-Down-** und die **Bottom-Up-** Methode.
- ⇒ Weitere Möglichkeiten zur Vermeidung der Vielfalt für neue Konstruktionen sind die **optimierte Gestalt** hinsichtlich der Anzahl der Einzelteile und die gewählte **Fertigungstiefe**.

10. Variantenmanagement von Konstruktionsprinzipien

In diesem Kapitel sollen **beispielhaft Lösungsansätze** für ein Variantenmanagement der Konstruktionsprinzipien vorgestellt werden. Dazu wird in dem ersten Unterkapitel auf die notwendigen **Grundlagen** eingegangen. In den folgenden Unterkapiteln werden dann **Konstruktionsrichtlinien** und **Parametrik** angesprochen.

10.1. Grundlagen

Wie in Kapitel 2 bereits beschrieben, bestehen Systeme aus Modulen und projektspezifischen Baugruppen. Die projektspezifischen Baugruppen werden für die einzelnen Kundenprojekte entwickelt und sind auch meist nur für diesen Anwendungsfall einsetzbar. Da diese Baugruppen für fast jeden Auftrag konstruiert werden müssen, werden meist gewisse **Konstruktionsprinzipien** angewandt. Konstruktionsprinzipien sind Prinzipien, Detaillösungen, Produktausführungsstandards, die bei der Konstruktion oder der Entwicklung oft angewendet werden.

Wie auf allen Abstraktionsebenen des Produktmodells kann aufgrund verschiedener Ursachen auch in den Konstruktionsprinzipien eine erhöhte **Vielfalt** auftreten. Eine mögliche Ursache, welche sich besonders in global agierenden Unternehmen erkennen lässt, ist die mangelnde Koordination und Information der Entwicklungsabteilungen (GIERSE 1999).

Eine weitere, in dieser Arbeit ebenfalls bereits behandelte Ursache für Vielfalt sind **Fusionen** innerhalb einer Branche. In der Regel sind gerade die Konstruktionsprinzipien der Unternehmen sehr unterschiedlich und auf die jeweilige Produktion im Unternehmen, bzw. beim Zulieferer abgestimmt.

10.2. Konstruktionsrichtlinien und Normierung

Ein einfaches und effektives Hilfsmittel zur Reduzierung der Vielfalt von Konstruktionsprinzipien sind **Konstruktionsrichtlinien**, bzw. die **Normung von Konstruktionsprinzipien**.

In diesen Konstruktionsrichtlinien sind Konstruktionsprinzipien und Lösungen für oft auftretende Aufgaben bei der Konstruktion der projektspezifischen Baugruppen beschrieben.

Bei der **Definition der Inhalte** ist, wie bei den Wiederholteilkatalogen besonders darauf zu achten, sich auf die wesentlichen Elemente zu beschränken und speziell die Konstruktion-

selemente zu beschreiben, die für die **projektspezifischen Konstruktionen** benötigt werden. Für **Module** sind diese Konstruktionshandbücher im Anlagen- und Maschinenbau meist nicht zwingend notwendig, da zum einen bei der Entwicklung eines komplett neuen Gerätes mehr Zeit als für eine Variantenkonstruktion zur Verfügung steht, und zum anderen dies auch nicht so oft vorkommt.

Neben der Reduzierung der Vielfalt und somit der Standardisierung der Konstruktionsprinzipien führen Konstruktionsrichtlinien zu folgenden weiteren Vorteilen:

Übersicht 10-1: **Nutzen von Konstruktionsrichtlinien**

- ⇒ Standardisierung der Konstruktionsprinzipien
- ⇒ Reduzierung des Entwicklungsaufwandes und Erleichterung der Einarbeitung neuer Mitarbeiter
- ⇒ Erleichtere Optimierung der angewandten Konstruktionsprinzipien

Ein positiver Nebeneffekt eines Konstruktionshandbuches ist die Reduzierung des Entwicklungsaufwandes und die erleichterte Einarbeitung neuer Mitarbeiter.

Durch die Dokumentation der angewandten Konstruktionsprinzipien ist, wie bei der Systemstandardisierung ebenfalls bereits beschrieben, eine Optimierung und eine Reduzierung der Kosten leichter zu erreichen. Dies lässt sich leicht damit begründen, dass der erste Schritt jeder Optimierung, die Erfassung der Ausgangssituation durch das Konstruktionshandbuch, bereits vorhanden ist.

Gerade bei der Erstellung der Konstruktionsrichtlinien bietet es sich an, durch ein Vergleichen verschiedener Lösungsmöglichkeiten die Herstellkosten der Produkte zu senken, indem die für den jeweiligen Fall am besten geeigneten ausgewählt werden.

10.3. Parametrik

Eine weitere Möglichkeit, die Vielfalt der Konstruktionsprinzipien zu beherrschen, ist die **Parametrik** moderner **CAD-Systeme**. Durch sie lässt sich die Geometrie der Bauteile und Baugruppen steuern, indem variable Größen, die in konsistenter und logischer Verknüpfung zum gesamten Geometriemodell stehen, verändert werden. Als Ergebnis solch einer Veränderung eines Parameters entsteht eine neue konsistente Ausprägung des Modells. (BÜHLMANN 1996)

Abbildung 10-1 zeigt den direkten Zugriff über Formelbeziehungen auf die Variablen der Parametrik am Beispiel des CAD-Systems Pro/ENGINEER®. Der Konstrukteur kann beliebige Änderungen an den Parametern vornehmen, die das System mit erfolgter oder nicht-erfolgter Regeneration des Modells quittiert. (AMFT 2002)

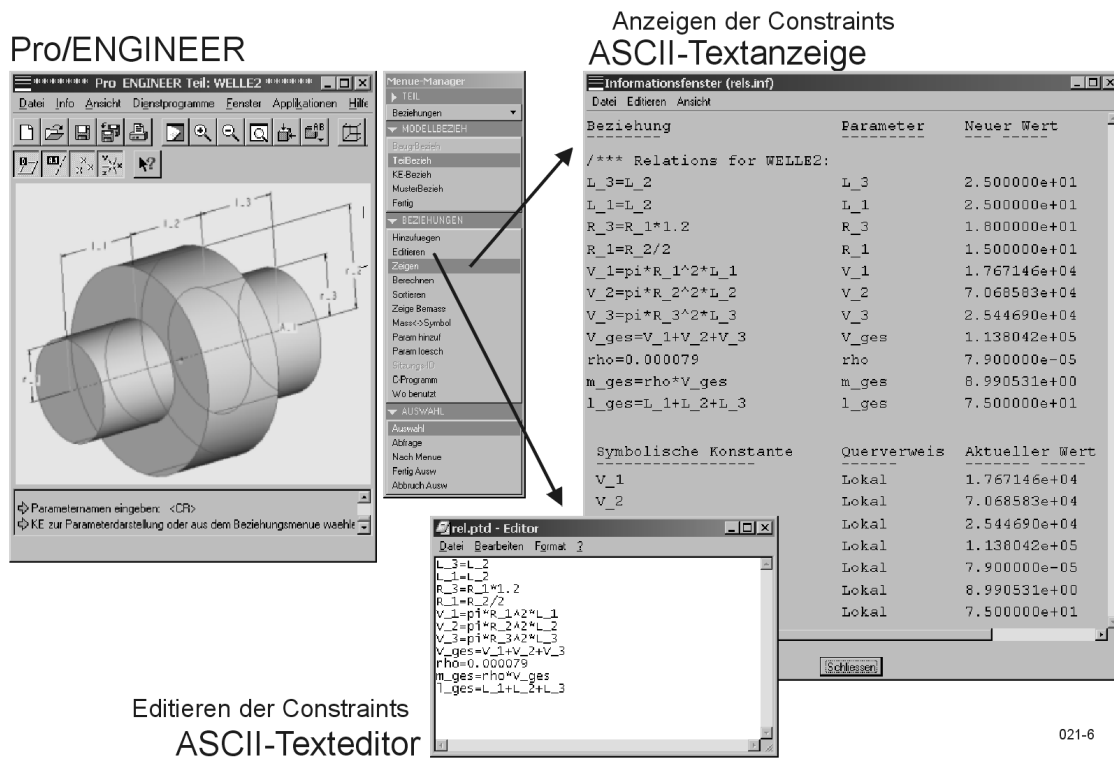


Abbildung 10-1: Arbeiten mit der Berechnung in der Parametrik von Pro/ENGINEER® (AMFT 2002)

Betrachtet man die Möglichkeiten der Parametrik für Baugruppen im Maschinen- und Anlagenbau, so wäre es durchaus denkbar, dass die **Konstruktion projektspezifischer Baugruppen** durch Veränderung der definierenden Parameter erfolgt. Die Konstruktionsprin-

zipien der Bauteile wäre somit standardisiert. Dieser Lösungsansatz lässt sich jedoch nur für **bestimmte Baugruppen und Produkte sinnvoll** einsetzen. (FRANKE 1994)

Ein negativer Aspekt der Parametrik ist, dass die Entwicklungsabteilungen durch die einfache und schnelle Erstellung der Entwicklungsdokumentation sehr schnell geneigt sind, für jedes Projekt eine neue Baugruppe zu erzeugen. Sind nun die Hilfsmittel und Methoden in den **weiteren Prozessschritten**, im Speziellen in der Produktion, nicht ähnlich **flexibel** wie in der parametrischen Konstruktion, so entstehen dort wiederum wesentlich erhöhte Kosten durch die parametrisch erzeugte Vielfalt.

Parametrik kann auch dazu führen, dass **die Vielfalt absolut unnötig erhöht** wird, da die Erstellung einer neuen Sachnummer und der dazugehörigen Dokumentation nur mit geringem Aufwand verbunden ist. Solch eine unnötige Erhöhung der Vielfalt ist in Unternehmen oft bei Produkten zu finden, die sich durch einfache Parameter definieren.

Als **Beispiel** könnten Schlauchleitungen herangezogen werden. Sind dem Entwickler die Auswirkungen erhöhter Vielfalt nicht bewusst, so werden möglicherweise in zu kleinen Längensprüngen Varianten für die Schlauchleitungen angelegt, obwohl eine gröbere Stufe ebenfalls ausreichend wäre.

10.4. Zusammenfassung

Die Kernaussagen des Kapitels 10 "Variantenmanagement von Konstruktionsprinzipien" sind in Übersicht 10-7 zusammengefasst.

Übersicht 10-2: **Kernaussagen des Kapitels 10**

"Variantenmanagement von Konstruktionsprinzipien"

- ⇒ Aufgrund der hohen Anzahl an kunden- bzw. projektspezifischen Baugruppen führt in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus eine Vielfalt der Konstruktionsprinzipien zu einer Erhöhung der Kosten.
- ⇒ Eine Möglichkeit die Vielfalt der Konstruktionsprinzipien zu optimieren sind Konstruktionsrichtlinien.
- ⇒ Auch die Parametrik bildet eine Möglichkeit die Vielfalt der Konstruktionsprinzipien zu reduzieren. Es besteht jedoch die Gefahr, dass durch die Parametrik die Komplexität in der Produktion, Logistik und Beschaffung steigt.

11. Anwendung der Methodik in einem Unternehmen

In diesem Kapitel werden die **Erfahrungen mit der Anwendung der Methodik für ein Variantenmanagement im Anlagen- und Maschinenbau** dargestellt. Dies dient zur Verifizierung der allgemein beschriebenen Methoden und zur weiteren Verdeutlichung anhand zusätzlicher Beispiele.

Die Struktur des Kapitels, wie in Übersicht 11-1 dargestellt, lehnt sich an die Struktur der Methodik und dem Produktmodell an.

Als Einführung wird im ersten Unterkapitel das Unternehmen Knorr-Bremse AG kurz beschrieben. Im Anschluss daran wird ein **Überblick über das Projekt "Standardisierung Systeme und Komponenten"** dargestellt, welches als Rahmen für die Anwendung der Methodik diene.

In den folgenden Kapiteln wird dann die Umsetzung der Methodik in der Praxis beschrieben werden, die Erfahrungen mit der Vorgehensweise und die erzielten Ergebnisse.

Übersicht 11-1: **Aufbau des Kapitels**

- ⇒ Die Ausgangssituation
- ⇒ Organisation und Prozesse für das Variantenmanagement
- ⇒ Variantenmanagement der Module
- ⇒ Variantenmanagement der Systeme
- ⇒ Variantenmanagement der Einzelteile
- ⇒ Variantenmanagement der Konstruktionsprinzipien

11.1. Die Ausgangssituation

In diesem ersten Kapitel soll zuerst ein Überblick über die Knorr-Bremse AG, die Produkte und die Organisation dargestellt werden. Danach soll speziell auf das Untersuchungsobjekt dieser Arbeit - das COC Brake Control - und die, während der ersten Analysen erkannten negativen Auswirkungen der Variantenvielfalt im Unternehmen eingegangen werden.

11.1.1. Das Unternehmen und die Produkte

Die **Knorr-Bremse AG** ist einer der weltweit führenden Hersteller von Bremssystemen für Schienen- und Nutzfahrzeuge. Mehr als 10.963 Mitarbeiter weltweit haben im Geschäftsjahr 2002 einen Umsatz von 2,1 Mrd. € erwirtschaftet. Die **Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH** (SfS GmbH) ist der Geschäftsbereich der Knorr-Bremse AG, der als Zulieferer für Schienenfahrzeuge auf dem Markt agiert. Zu dem Produktspektrum gehören neben Bremssystemen für alle Arten von Schienenfahrzeugen, z.B. auch Türsysteme, Toiletten, Klimaanlage, Kupplungen und Scheibenwischer.

Die Knorr-Bremse AG ist in den letzten Jahren sehr schnell und kontinuierlich, unter anderem auch durch M&As gewachsen. Abbildung 11-1 zeigt die wesentlichsten **Firmenzusammenschlüsse**.

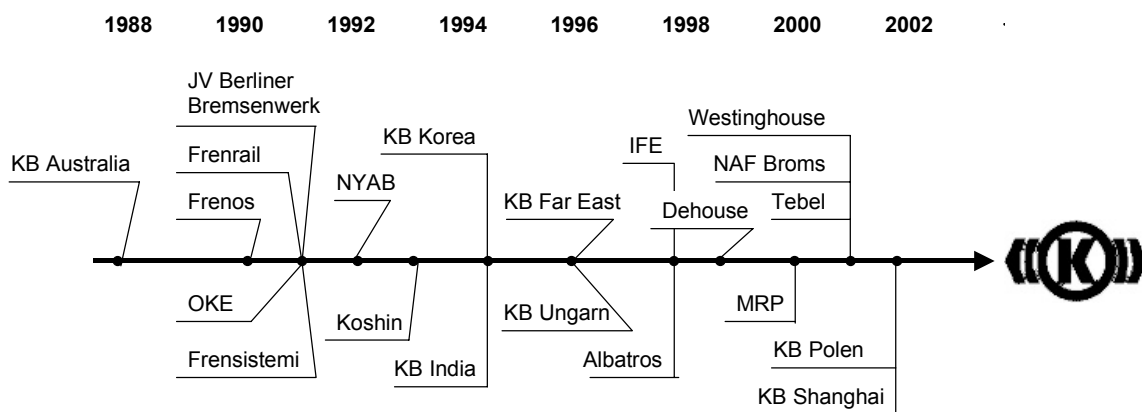


Abbildung 11-1: M&As der Knorr-Bremse AG in den letzten Jahren

Wie zu einem späteren Zeitpunkt noch gezeigt wird und in Kapitel 4 bereits theoretisch behandelt wurde, ist dies unter anderem eine der wesentlichsten Ursachen für eine überhöhte Variantenvielfalt. In den letzten 16 Jahren wurden von der Knorr-Bremse AG insgesamt 28 Firmen übernommen.

Die Knorr-Bremse SfS ist **Systemlieferant für Schienenfahrzeuge**. Dies bedeutet, es werden nicht nur die Komponenten für die Bremssysteme geliefert, sondern speziell für jedes Fahrzeug das komplette Systeme projektiert und ausgelegt. Wie in Abbildung 11-2 dargestellt, besteht ein Bremssystem in einem Schienenfahrzeug im Wesentlichen aus der System- und Bremssteuerung, der Luftversorgung²³ und der Drehgestellausrüstung. Durch die Komplexität der Anlagen und die kundenspezifische Projektierung kann das Unternehmen in die Unternehmensklasse der **Hersteller von Maschinen und Anlagen** eingeordnet werden.

Georg Knorr gründete im Jahr 1905 die Firma Knorr-Bremse GmbH in Berlin. Zu Beginn des letzten Jahrhunderts wurden Eisenbahnwagen noch mechanisch per Hand gebremst, wozu Zugbegleiter im Bremserhäuschen erforderlich waren. Die Entwicklung der Druckluftbremse im Jahr 1903 war für die Knorr-Bremse AG ein entscheidender Schritt. Zu Beginn wurde die Druckluftbremse noch direkt mit Luft versorgt, was bei einem Abriss der Hauptleitung den Verlust des Bremsvermögens bedeutete. Dies führte zu der Entwicklung der indirekten Bremse, welche seitdem in allen Bremsanlagen in Europa eingesetzt wird.

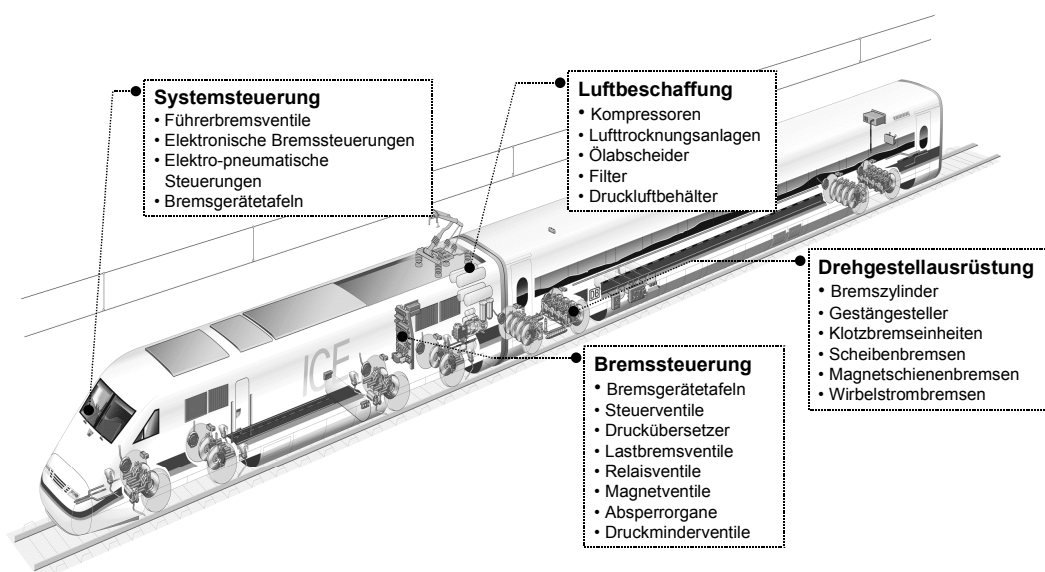


Abbildung 11-2: Überblick über die wesentlichen Produktgruppen der SfS GmbH

Die Abbildung 11-3 zeigt das Funktionsprinzip einer solchen Bremsanlage. Um die Arbeitsweise des Systems zu erklären, sind in der Zeichnung nur die wesentlichen Funk-

²³ Die Luftversorgungsanlage wird oftmals auch Luftbeschaffung genannt.

tionsbausteine enthalten. Der Kompressor (1) versorgt die gesamte Bremsanlage mit Druckluft. Dadurch füllen sich beim Fahrbetrieb Hauptdruckluftbehälter (3) und Hauptluftleitung (7). Der Druckteller im Steuergerät (5) sorgt bei dem, in der Abbildung dargestellten Fahrzustand dafür, dass die Hilfsdruckluftbehälter (4) aufgefüllt werden. Wird nun das Führerbremssventil (2), wie hier dargestellt, auf Bremsstellung umgelegt oder tritt eine plötzliche Zugtrennung auf, so hat das eine Entlüftung der Hauptluftleitung (7) zur Folge. Daraufhin gibt das Steuergerät (5) die Leitung vom Hilfsdruckbehälter (4) zum Bremszylinder (6) frei. Die Bremsung des Zuges wird abhängig von der Höhe des Druckabfalls in der Hauptluftleitung eingeleitet. Dies bedeutet, dass bei Abriss der Steuerleitung die Bremsen vollkommen aktiviert werden und das Fahrzeug zum Stillstand gebracht wird.

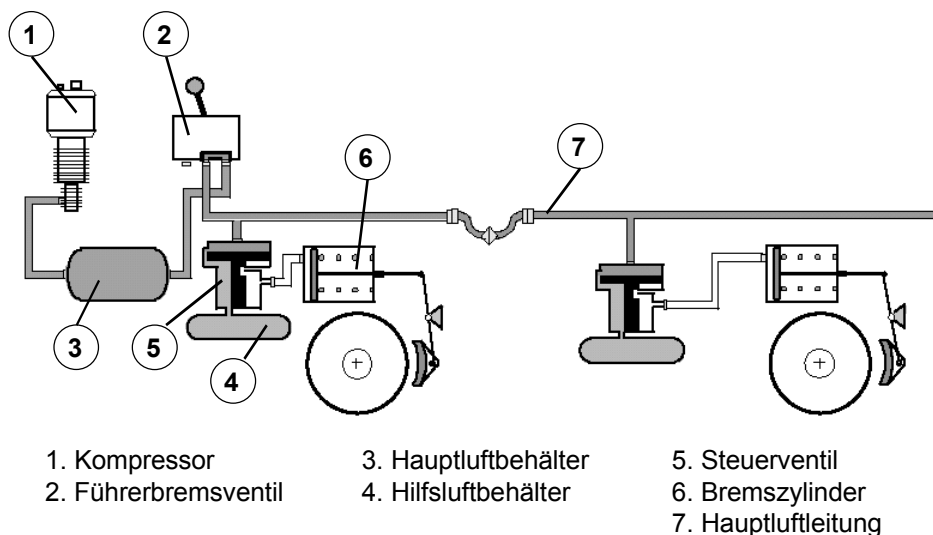


Abbildung 11-3: Indirekte (automatische) Bremsen - Lösestellung
(Quelle: Schulungsunterlagen Knorr-Bremse)

Die **Organisation** der **Knorr-Bremse SfS** richtet sich zum einen nach dem **Markt**, zum anderen nach den bereits beschriebenen **Produktgruppen**. Es handelt sich dabei um eine Matrixorganisation, welche das Unternehmen über alle Standorte in Business Units (**BUs**) und Centers of Competences (**COCs**) einteilt.

Knorr-Bremse SfS hat ihre Aktivitäten im Schienenfahrzeugbereich in die drei Business Units Nah- und Fernverkehr, wie auch On-Board Systeme unterteilt. Die Business Units stellen die Schnittstelle zum Kunden dar und projektieren mit den Produkten (Modulen) der COCs die Gesamtsysteme. Diese Struktur ermöglicht es, Kompetenzen zu bündeln und den Kundenwünschen bestmöglich gerecht zu werden.

Neben diesen Vertriebseinheiten existieren in der Sfs GmbH im Wesentlichen 4 COCs: **Air Supply AS** (Luftbeschaffung), **Bogie Equipment BE** (Drehgestellausrüstung), **Brake Control BC** (Bremssteuerung) und **Hydraulics HY** (Hydraulik). Die COCs beinhalten die Entwicklung, die Produktion, den Einkauf und den Versuch für die jeweiligen Produkte. Die Produkte der COCs sind in der Abbildung 11-2 aufgelistet.

Das in dieser Arbeit zur Verifizierung der Methodik herangezogene COC ist das **COC Brake Control**. Die Produkte des COCs Brake Control umfassen die gesamte pneumatische und elektronische Steuerung im Fahrzeug. Dies beinhaltet, wie im Folgenden noch gezeigt wird, eine Vielzahl von pneumatischen und elektronischen Modulen und Systemen.

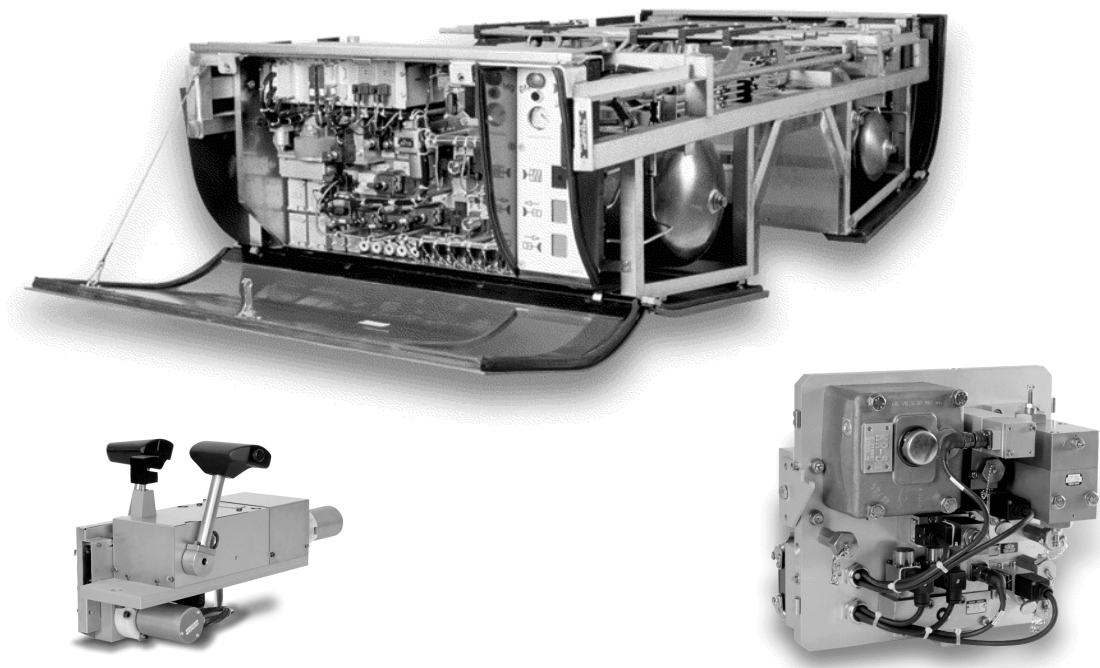


Abbildung 11-4: Produktbeispiele COC BC: Integriertes Unterflur Trägersystem, Führerbremsventil und Bremsgeräteeinheit BGE

Ein Beispiel für ein Produkt des COCs BC ist das in Abbildung 11-4 dargestellte Unterflurträgersystem. Es besteht aus einem hohen Anteil an projektspezifischen Baugruppen, wie dem Gerüst, dem Container und der Verrohrung, sowie aus einer Vielzahl an pneumatischen Modulen (Geräten), die projektunabhängig eingesetzt und produziert werden. In dieser Abbildung lässt sich in der linken oberen Ecke des Containers auch die Elektronik (ESRA) erkennen, die zusammen mit den pneumatischen Komponenten die Steuerung ergibt.

Neben diesen Subsystemen beinhaltet das Produktspektrum des COCs auch eine Vielzahl an pneumatischen Geräten, die für Bremssysteme für Schienenfahrzeuge benötigt werden. Beispiele sind Führerbremssventile und -anlagen, Güterwagenbremsausrüstungen, Steuer-ventile, Ventile für Lasterfassung, Anzeigevorrichtungen, usw.. Einige weitere Beispiele werden in den folgenden Abschnitten zur Beschreibung der Vorgehensweise vorgestellt.

11.1.2. Ausgangssituation im COC BC

Die Ausgangssituation des COCs BC aus dem Blickwinkel eines Variantenmanagements kann im wesentlichen durch die in Übersicht 11-2 aufgelisteten Punkte beschrieben werden.

Übersicht 11-2: **Ausgangssituation des COCs**

- ⇒ Kundenindividualität - Strategie des Unternehmens
- ⇒ Vielzahl an Fusionen und starkes Wachstum
- ⇒ Weltmarktführer
- ⇒ Hohe Variantenvielfalt
- ⇒ Verteilte Strukturen

Ein Aspekt der Ausgangssituation aus dem Blickwinkel des Variantenmanagements ist die **Strategie** und die Kultur im Unternehmen hinsichtlich der **Flexibilität** gegenüber **Kundenforderungen**. Wie aus dem aktuellen Internetauftritt bereits ersichtlich wird, spielt die kundenindividuelle Entwicklung im Unternehmen eine wichtige Rolle.

"... Zu unserem Produktspektrum gehören heute neben kompletten Bremssystemen für alle Arten von Schienenfahrzeugen, auch Türsysteme, Toiletten, Klimaanlage, Kuppelungen oder Scheibenwischer.

*Bei allen unseren Aktivitäten steht die **Kundenorientierung an erster Stelle** - und mit unseren Vertriebs- und Servicestandorten sind wir in 22 Ländern rund um den Globus für unsere Kunden da. Für alle Aufgabenstellungen und Anforderungen, denn als kompetenter Partner vor Ort bieten wir durchgängige Lösungen aus einer Hand - von der **Beratung bis zur Wartung und Reparatur**.*

*Dabei steht die Wettbewerbsfähigkeit der Schienenfahrzeuge unserer Kunden und Partner immer im Fokus. **Ganz persönlich** - denn unsere Lösungen werden natürlich kun-*

*denindividuell angepasst und stehen somit für höchste Sicherheit, Komfort und Wirtschaftlichkeit.*²⁴

Diese sehr stark ausgeprägte **kundenindividuelle Anpassung und Entwicklung** von Bremssystemen für Schienenfahrzeuge war keine Besonderheit der Knorr-Bremse SfS, sondern ließ sich über die letzten Jahrzehnte in der gesamten Branche erkennen.

Das Wachstum der Knorr-Bremse SfS, wie in diesem Kapitel für das ganze Unternehmen bereits dargestellt, hat auch das COC BC mit den drei Akquisitionen der Firmen Mannesmann Rexroth Pneumatik (**MRP**), Oerlikon-Knorr (**OKE**) und Westminster Brakes (**WUK**) zu der heutigen Knorr-Bremse SfS besonders stark getroffen, da diese drei Firmen ein sehr breites Spektrum an Produkten im Bereich Bremssteuerung aufwiesen. Das Wachstum und die Fusionen haben dazu geführt, dass die Knorr-Bremse SfS zum **Weltmarktführer** und besonders auch in Europa zu dem führenden Hersteller an Bremssteuerungen aufgestiegen ist.

Durch die hohe Kundenindividualität der Branche war die **Variantenvielfalt in allen fusionierten Firmen** sehr hoch. Die Anzahl der in den Systemen eingesetzten Module addierten sich aus den Produktprogrammen der fusionierten Firmen zu dem neuen Produktprogramm mit über **48.000 verschiedenen Geräten** (Sachnummern).

Die Knorr-Bremse SfS verfolgte mit den Fusionen nicht nur das Ziel den Marktanteil zu erhöhen, sondern strebte auch intensiv die Realisierung der Synergien aus den Fusionen an. Um dies zu erreichen, wurde die **Produktion** der Module und der Systeme und Subsysteme nach und nach **an Standorten konzentriert**, so dass beispielsweise die Endmontage von Gerüsten nur im Hauptsitz in München durchgeführt wurde. Diese Konzentrationsbemühungen führten mittelfristig zu einer Reduzierung der Produktionskapazität, kurzfristig jedoch zu einer wesentlichen Erhöhung der Komplexität in der Produktion durch die Heterogenität der Module und Subsysteme.

Eine weitere Randbedingung, die sich nicht inhaltlich, sondern auf die Methodik bei der Durchführung des Projektes auswirkte, war die **verteilte Struktur der Entwicklung und Produktion im COC**. In das Projekt waren bis zu **6 Standorte in Europa gleichzeitig** eingebunden.

²⁴ Quelle: www.knorr-bremse.com, gelesen am 12.11.2002.

11.2. Das Projekt "Standardisierung Systeme und Komponenten COC BC"

Nach der Analyse der Ausgangssituation und den negativen Auswirkungen der Vielfalt im Unternehmen wurde das Projekt "Standardisierung Systeme und Komponenten COC BC" geplant.

Die Ziele des Projektes sind in Übersicht 11-3 zusammengefasst.

Übersicht 11-3: **Ziele des Projektes**

- ⇒ Implementierung von **Prozessen** und **Hilfsmitteln** zur Beherrschung, Vermeidung und Reduzierung der Vielfalt
- ⇒ Reduzierung der Herstellkosten und der Gemeinkosten
- ⇒ Optimierung der
 - ⇒ Vielfalt der Systeme
 - ⇒ Vielfalt der Geräte (Module)
 - ⇒ Vielfalt der Einzelteile
 - ⇒ Vielfalt in den für projektspezifische Konstruktionen verwendeten Konstruktionsprinzipien und Halbzeugen

Um diese Ziele zu erreichen wurde nach der in dieser Arbeit beschriebenen Methodik für ein Variantenmanagement in Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus vorgegangen. In den folgenden Kapiteln wird nun im Detail auf die Erkenntnisse bei der Anwendung der Methodik in der Praxis eingegangen

In der Abbildung 11-6 ist der **zeitliche Ablauf** der wichtigsten Aufgaben des Projektes dargestellt. Zuerst wurde, um erste Erfahrungen mit der Methodik zu erlangen, ein **Pilotprojekt** durchgeführt. In diesem Pilotprojekt wurden einzelne Methoden optimiert und das Konzept für das gesamte Projekt erarbeitet. Mit den Erfahrungen des Pilotprojektes konnte dann das gesamte Projekt geplant werden. Die Erfahrungen aus dem Pilotprojekt haben gezeigt, dass ohne dieses Pilotprojekt ein Start des kompletten Projektes über mehrere Standorte, Entwicklungsteams und Produktfamilien nur sehr schwer möglich gewesen wäre.

Der Fokus des Projektes lag zu Beginn auf der Variantensanierung der Module. Der Aufbau der Sachmerkmaleisten (SMLs) und die Datenpflege, die mit der Variantensanierung verknüpft sind, liefen parallel, jedoch mit geringerer Intensität. Ebenfalls konnte die Stan-

Standardisierung der Einzelteile und der Konstruktionsprinzipien, nach Erstellen des groben Konzeptes und einiger Beispiele, nach und nach mit nur geringem Aufwand durchgeführt werden.

Die **Standardisierung der Systeme** wurde erst zu einem späteren Zeitpunkt begonnen, als die Variantensanierung der Module bereits weit fortgeschritten war. Wie im Folgenden gezeigt werden wird, war die Erstellung des Projektierungshandbuches durch die geringe Anzahl an Modulen nach der Variantensanierung wesentlich erleichtert worden.

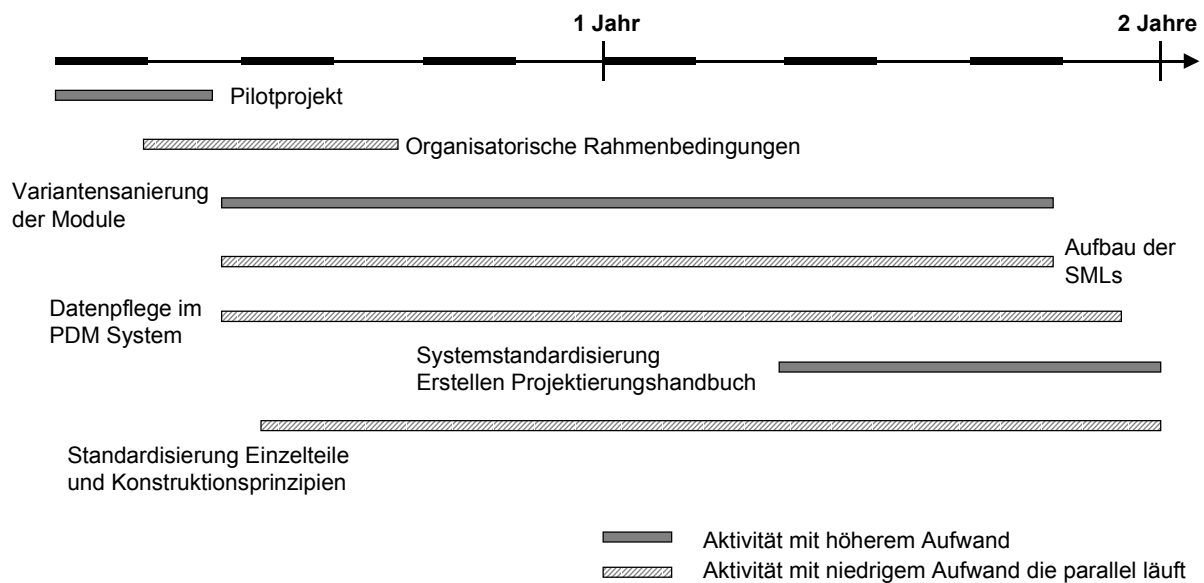


Abbildung 11-6: Zeitlicher Ablauf des Projektes

11.3. Organisation und Prozesse für ein Variantenmanagement

Eine Grundlage für das Variantenmanagement in einem Unternehmen sind Prozesse und Mechanismen zur Steuerung des Produktprogramms. Einige dieser Steuerungsmechanismen waren bei Projektbeginn bereits vorhanden, wurden jedoch im Wesentlichen erst durch das Projekt ins Leben gerufen und deren Einhaltung forciert. Die bereits bestehenden Ansätze wurden während des Projektes erweitert. Die bei der Knorr-Bremse SfS existierenden Steuerungsmechanismen sind in Übersicht 11-4 aufgelistet.

Übersicht 11-4: **Prozesse und Steuerungsmechanismen für das Variantenmanagement**

- ⇒ Produktmanagement
- ⇒ Fortschrittskennner FK für Produkte
- ⇒ Sortimentsklassifikation
- ⇒ System Design Reviews im Projektierungsprozess
- ⇒ Entwicklungsaufträge im Entwicklungsprozess

Das **Produktmanagement** wurde im COC BC bei Beginn des Projektes eingerichtet, um zum einen die Projektleitung des zweijährigen Variantenmanagement-Projektes durchzuführen und zum anderen die nachhaltige Sicherung und Weiterentwicklung der Ergebnisse des Projektes mittelfristig zu gewährleisten. Produktmanagement ist eine Stellenbezeichnung, die in den meisten Unternehmen sehr nahe dem Vertrieb oder dem Marketing angesiedelt ist. Im COC BC wurde das Produktmanagement zwischen Vertrieb und Entwicklung angesiedelt, jedoch mit starkem Fokus auf das COC, d.h. die Entwicklung, den Einkauf und die Produktion.

Die Steuerungsmechanismen, mit welchen das Produktmanagement direkten Einfluss auf das Produktprogramm nehmen konnte, war die **Sortimentsklassifikation SOKLA** und der **Fortschrittskennner FK**.

Die Sortimentsklassifikation SOKLA ist eine Klassifikation, die alle **Geräte** nach vertriebsorientierten Gesichtspunkten klassifiziert. Zur Klassifikation stehen die in Übersicht 11-4 dargestellten Schlüssel zur Verfügung. Die SOKLA wird in den **System Design Reviews (SDRs)** überprüft.

Die **SDRs** sind Teil des Projektierungsprozesses. Wie in dieser Arbeit bereits mehrmals beschrieben wurde, erstellt die Projektierungsabteilung Systeme (komplette Bremssysteme für Schienenfahrzeuge) aus den Geräten (Modulen) und Subsystemen der COCs. Um zu

gewährleisten, dass die der Unternehmens- oder der COC-Strategie folgenden Geräte für neue Systeme angeboten werden, muss **vor Angebotsabgabe** die Angebotsstückliste in einem Review überprüft werden.

Die Mitglieder dieses Reviews setzen sich aus Vertriebsmitarbeitern und Mitarbeitern aus den COCs zusammen. In diesen Reviews wird das Angebot unter technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten betrachtet und die **Systemstücklisten** werden kontrolliert. Zusätzlich dazu wird unter anderem die SOKLA der Geräte überprüft. Benötigt ein Projektierer ein **SOKLA E** Gerät für ein neues Projekt, so muss dies mit dem Produktmanagement des COCs diskutiert und entweder ein Ersatz aus dem K und W Sortiment gefunden werden, oder das Gerät kann für diesen Einsatzfall freigegeben werden.

Übersicht 11-5: **Sortimentsklassifikation SOKLA**

- ⇒ **K** Kernsortiment
- ⇒ **W** Erweitertes Sortiment
- ⇒ **E** Ersatzteilsortiment (ausschließlich für den Nachmarkt)
- ⇒ **Z** Nicht Sortiment - darf gar nicht mehr verkauft werden

Wie in Kapitel 8.1.4 bereits beschrieben und in Abbildung 8-7 dargestellt wurde, ermöglicht dieser Prozess dem Produktmanagement und der Entwicklung des COCs zum einen **Einfluss auf das Angebotsverhalten** der Vertriebsmitarbeiter zu nehmen und zum anderen Markt- und Systeminformationen zu gewinnen. Diese Informationen können dann in das Produktprogramm eingehen, was eine **marktnahe Weiterentwicklung** des Sortiments garantiert.

Die Produkte, die mit der SOKLA K und W versehen sind, können als die angesehen werden, welche in einem "Produktkatalog für die Projektierung" aufgeführt sind. Neue Sachnummern, die speziell für ein Projekt entwickelt wurden, können dann entweder in den Produktkatalog als K oder W, oder gleich mit der SOKLA E klassifiziert werden. **Dies gewährleistet ein kontrolliertes Ansteigen des aktiven, für neue Systeme einzusetzenden Produktprogramms.**

Eine weitere, bei der Knorr-Bremse Sfs existierende Möglichkeit um das Produktprogramm zu steuern, ist der **Fortschrittskenner FK**. Der Fortschrittskenner beschreibt den momentanen Stand eines Artikels während seines Lebenszykluses. Die Entstehung eines neuen Artikels beginnt mit dem FK 1010 (neu angelegt) und endet mit dem FK 1080 (verschrotten). Weitere wichtige Fortschrittskenner sind die FK 1050 (serienfrei) und 1070

(Sperrung für neue Aufträge). Artikel mit FK 1050 sind frei für OEM und AM, wohingegen Artikel mit dem FK 1070 nur mit Zustimmung und Unterschrift des Produktmanagements verkauft werden dürfen.

Für das Produktmanagement ist neben diesen Möglichkeiten um auf das bestehende Produktprogramm Einfluss zu nehmen, besonders das Vermeiden von Variantenvielfalt bereits vor der Entstehung von wesentlicher Bedeutung. Dies wird bei der Knorr-Bremse durch ein PDM unterstützten Prozess für Entwicklungsaufträge realisiert, welcher gewährleistet, dass **neue Sachnummern** nur mit einem genehmigten **Entwicklungsauftrag** angelegt werden dürfen. Der Entwicklungsauftrag kann vom Vertrieb oder der Entwicklung selbst gestellt werden. Er durchläuft dann einen Prozess, in welchen verschiedene Abteilungen, unter anderem die Logistik und die Produktion, aber auch das Produktmanagement eingebunden sind. Zu diesem Entwicklungsauftrag muss ein Pflichtenheft existieren, welches dann zusammen mit dem Entwicklungswunsch kontrolliert werden kann. Dieser Prozess verhindert neue Sachnummern, die aus verschiedensten Gründen nicht erstellt werden sollten. Ein Beispiel für die Notwendigkeit dieses Prozesses befindet sich in Kapitel 6.3.

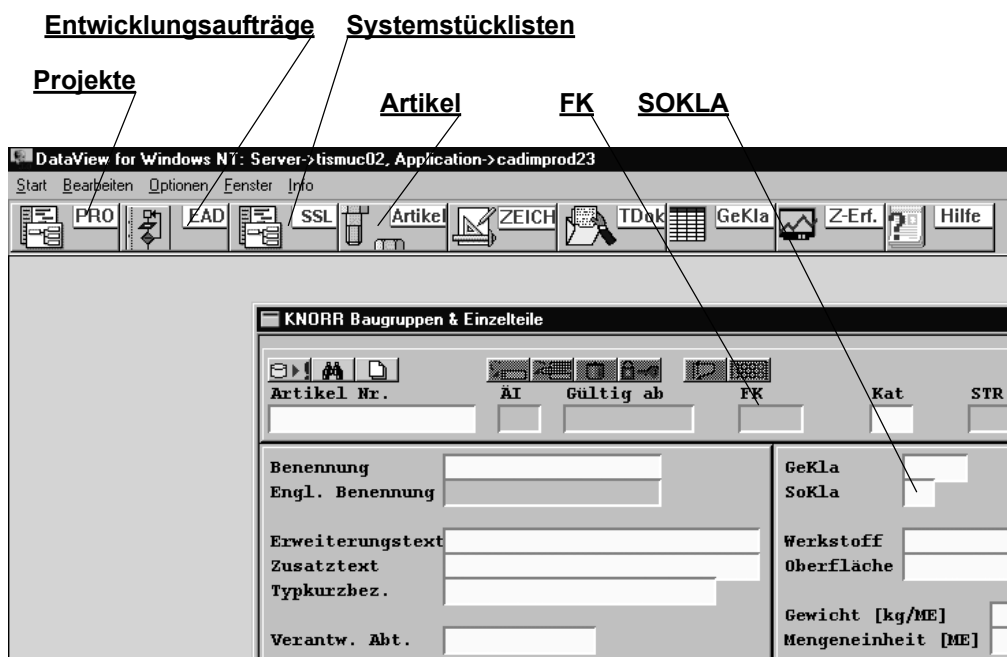


Abbildung 11-8: Ausschnitt der CADIM Oberfläche (PDM der Knorr-Bremse SfS)

11.4. Variantenmanagement der Module

Das Variantenmanagement der Module war einer der Schwerpunkte des Projektes. In den zwei Jahren der Projektlaufzeit wurde die in dieser Arbeit mit dem Begriff "Variantensanierung" bezeichnete Methode auf alle Produktfamilien des COC BCs angewandt.

11.4.1. Methode zur Variantensanierung

Die Einteilung des kompletten Produktprogramms in Produktfamilien, die nach und nach abgearbeitet werden, war durch eine bereits existierende Geräteklassifikation möglich, welche die Geräte nach ihrer Funktion ordnete. Die angewandte Methode zur Variantensanierung war in allen Teilprojekten gleich. Das Format der Datensammlung, die Aufbereitung der Informationen und insbesondere die Vorgehensweise bei der Klassifikation mit der SOKLA wurden nach dieser einheitlichen Vorgehensweise durchgeführt. Die Vorgehensweise ist in Abbildung 11-9 dargestellt.

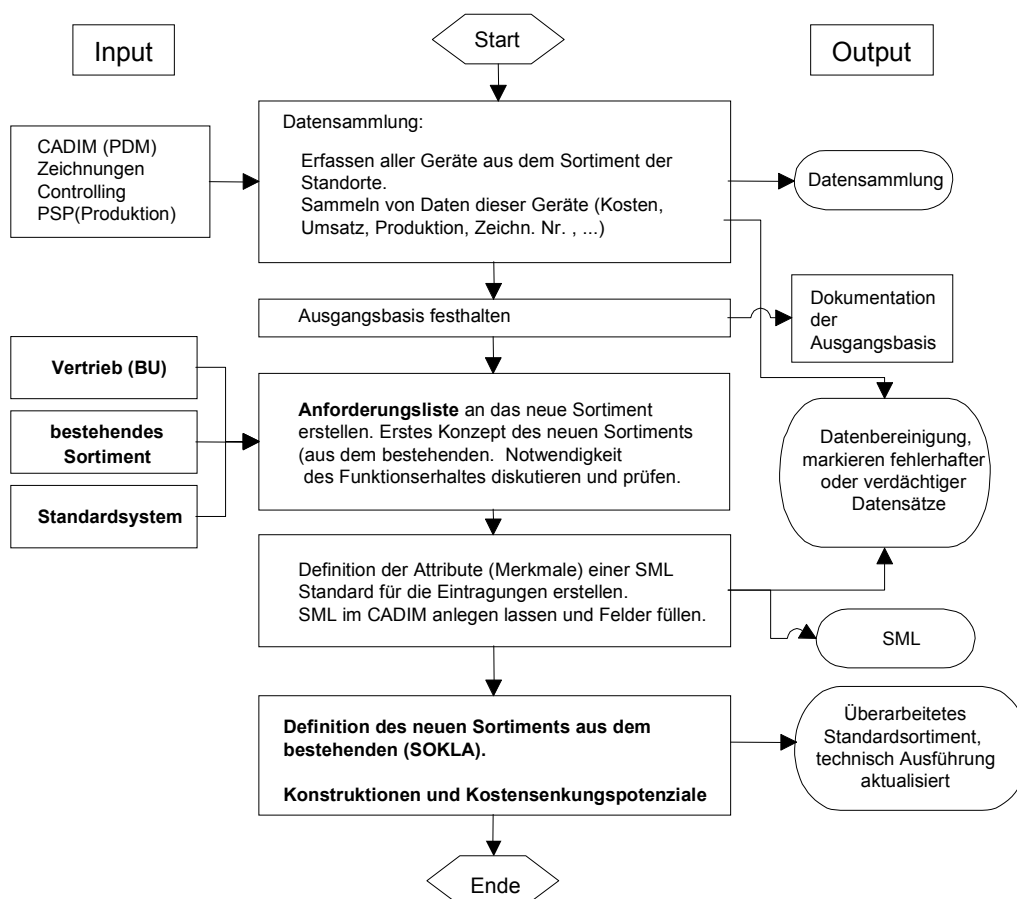


Abbildung 11-9: Ablauf Variantensanierung der Module angepasst auf das COC BC

Der erste Schritt war die **Erstellung einer Datensammlung** nach einem einheitlichem Schema und einer standardisierten Vorgehensweise. Diese **standardisierte Vorgehensweise** bei der Datensammlung erleichterte wesentlich den Austausch von Informationen zwischen den Abteilungen und der Projektleitung. Durch sie wurde es möglich, eine teilweise Automatisierung der Erstellung der Datensammlung durch kleine Programme vorzunehmen.

Zu den Daten aus den Systemen wurden dann alle **weiter verfügbaren Informationen**, wie Zeichnungen, Übersichten, Beschreibungen und Entwicklungsunterlagen gesammelt und gesichtet.

Bei der Durchführung der Projekte hatte sich gezeigt, dass vor allem die **Reihenfolge der Daten** in der Datensammlung und die gleiche Sortierung, beispielsweise der Zeichnungen, vor allem bei sehr variantenreichen Produktfamilien geholfen hat, um einen Überblick über das Produktspektrum zu bekommen. In der Literatur wird dieser Schritt oft als Clustern bezeichnet, wobei es sich eigentlich nur um eine Sortierung nach Typen handelt. Da einige der Produktfamilien bis zu 2000 Sachnummern beinhalteten, konnte auf diesen trivial erscheinenden Schritt nicht verzichtet werden.

In diese Datensammlung wurden, vor allem bei technisch einfachen variantenreichen Produktfamilien Merkmale definiert, welche dann mit den unterschiedlichen Ausprägungen ausgefüllt wurden. Es wurden sozusagen **Sachmerkmaleisten** in der Datensammlung erstellt.²⁵

Der nächste Schritt war dann die Erstellung einer **Anforderungsliste** für das zukünftige Produktprogramm. Diese Anforderungsliste konzentrierte sich im Wesentlichen auf die erforderlichen Funktionen und Variationen, da die Möglichkeit des Einsatzes in Schienenfahrzeugen durch die Historie der Geräte bereits nachgewiesen war. In der Anforderungsliste wurde somit die Frage beantwortet:

Welche Funktionen und Varianten benötige ich, um neue Bremssysteme zu projektieren?

Aus diesen Informationen wurde das neue Sortiment aus den bestehenden Sachnummern definiert. Hilfreich dabei war in einem ersten Schritt die **Definition von Ausprägungen**,

²⁵ Dieser Schritt ist ebenfalls Teil der VMEA von Prof. SCHUH. Er stellt die Vielfalt im Anschluss an diesen Schritt durch die Merkmale und deren Ausprägungen in einem Variantenbaum dar. Diese Art der Darstellung hat sich bei der Durchführung als ein unnötiger Schritt herausgestellt, dessen Aufwand durch den Nutzen nicht abgedeckt wurde.

die **auf keinen Fall bei Geräten**, welche in neuen Projekten eingesetzt werden sollten, **auffindbar sein sollten**. Ein Beispiel dafür sind Änderungen in Normen, die dazu führen können, dass gewisse Ausprägungen von Merkmalen der Produkte in neuen Systemen nicht mehr eingesetzt werden sollen. Alle Geräte mit diesen Ausprägungen wurden dann in einem ersten Durchgang mit der SOKLA E (Ersatzteil) klassifiziert.

Nach diesem ersten Sichten der Geräte wurde eine **Bewertung** hinsichtlich der Funktion, der Kosten, der Zuverlässigkeit und weiterer Kriterien zwischen funktionell ähnlichen Modulen durchgeführt. Teilweise wurden dazu einfache Bewertungsmethoden herangezogen, jedoch war bei einigen Produktfamilien die Entscheidung leicht.

Bei der Erstellung des ersten Entwurfes für die reduzierte Produktfamilie, wurden bei sehr vielen Produktfamilien **Verbesserungspotenziale** entdeckt. Diese Verbesserungspotenziale konnten in diesem ersten Durchgang durch das gesamte Sortiment natürlich nicht sofort umgesetzt werden, sondern wurden gesammelt und im Anschluss an das Projekt einer Bewertung unterzogen. Die Projekte zur Realisierung der Potenziale wurden dann im Anschluss an das Variantenmanagementprojekt gestartet.

Die **Definition der SOKLA** wurde in der Regel in einem **Workshop mit der Entwicklung, dem Versuch und dem Produktmanagement** durchgeführt. Die Änderungen der SOKLA wurden bei der Durchsicht der Sachnummern in einigen Iterationsschritten in das Tabellenkalkulationsprogramm eingetragen. Im Anschluss an diese Workshops wurde das neue K und W Produktprogramm mit den Projektierungsabteilungen diskutiert und abgeprochen.

Zu Beginn des Projektes herrschte im COC die Meinung, dass der **Widerstand** bei einer **drastischen Reduzierung** der für neue Systeme freien Geräte in der Business Unit (BU) sehr hoch sein würde. Bei den ersten Besprechungen mit der BU wurde das Sortiment zum Erstaunen aller Beteiligten **durch die BU noch weiter reduziert**.

Das neue Sortiment wurde mit der SOKLA K und W gekennzeichnet und die Änderungen der SOKLA direkt aus dem Tabellenkalkulationsprogramm in das PDM-System übertragen.

LOGICAL SCHEME
SCHALTPLAN

AutoCAD - Projektierung
Pneumatisches Schaltbild

CADIM

Pneumatische Steuerung

Klassifizierung	STR	TOP	Erzeugt	SML-Nr.	Artikel-
PNEUMAT. STEUERUNG	6	1	<input type="checkbox"/>	288	

LUFTEFEDERUNGSVENTILE

Klassifizierung	STR	TOP	Erzeugt	SML-Nr.	Artikel-Anzahl	Diffr. SML
50-01-SML	0	1	<input checked="" type="checkbox"/>	298	25	<input type="checkbox"/>

Beschreibung
VENTIL ZUR STEUERUNG VON LUFTEFEDERUNGSANLAGEN; LUFTEFEDERUNGSANLAGEN SOLLTEN ALS GESAMTSYSTEM MIT DEM FHRZEUGBAUER AUSGELEGT WERDEN!

Artikel-Nr.	GeKl	Benennung	Typkurzbez.	Ka	Sch
134132	TD10	LUFTEFEDERUNGSVENT.	SVI205	1	
143501	TD10	LUFTEFEDERUNGSVENT.	SVI205-210	1	
155829	TD10	LUFTEFEDERUNGSVENT.	SVI205-K	1	
158135/001	TD10	LUFTEFEDERUNGSVENT.	SVI205-E	1	
158135/002	TD10	LUFTEFEDERUNGSVENT.	SVI205-E	1	

Doppelklick

Abbildung 11-10: Sachmerkmaleisten der Geräte im PDM (CADIM) und mögliche Kopplung zu Auto CAD 14

Im Anschluss an die Klassifikation der Geräte wurden die bereits generierten Sachmerkmaleisten in der Datensammlung für die K und W Geräte in das PDM-System übertragen, so dass, parallel zu der Reduzierung der Variantenvielfalt, ein **"Produktkatalog" in Form von Sachmerkmaleisten** in dem PDM-System aufgebaut wurde. Ein Beispiel für solche eine SML ist in Abbildung 11-10 dargestellt.

Ein weiterer Schritt, der bis zum Projektende nur im Prototypenstadium realisiert war, war die anschließende **Kopplung der Sachmerkmaleisten** der für neue Systeme einzusetzenden Module im **PDM-System CADIM** mit dem **Projektierungstool AUTO CAD 14**, mit welchem die pneumatischen Übersichtspläne erstellt wurden. Die Idee dahinter war, dass die Symbole für die pneumatischen Funktionen mit den jeweiligen SMLs verknüpft werden und ein Projektierer dann die Systemstücklisten aus den Standard Geräten unter Zuhilfenahme der SMLs direkt aus dem AUTO CAD 14 zusammenstellen könnte. Die Kopplung der beiden Systeme hätte dann den Vorteil, dass der Zugriff auf die Geräte und die Erstellung der Systemstücklisten erleichtert werden würde.

Betrachtet man das gesamte Projekt der Variantensanierung, so wurde die Vielfalt der in neuen Systemen einzusetzenden Sachnummern von 18.000 auf 3000 Geräte reduziert. (Siehe dazu Abbildung 11-11)

Diese Zahlen erzeugen auf den ersten Blick den Eindruck einer dramatischen Reduzierung der Vielfalt. Um dies zu relativieren muss man jedoch zugestehen, dass die Anzahl der Reduzierung der unterschiedlichen Typen um ein Wesentliches geringer ausgefallen ist.

Zusätzlich dazu muss die **zeitliche Versetzung** der Wirkung dieser Reduzierung beachtet werden. Oftmals findet die Projektierung von Systemen ein bis zwei Jahre vor der Auslieferung der Systeme statt, so dass erst dann Auswirkungen der Reduzierung der Vielfalt in der Produktion und in der Logistik erkennbar sind. "Neue" Projekte sind auch oft **Folgeprojekte**, bei welchen eine Neukonstruktion mit den Standard Geräten aufgrund des hohen Entwicklungsaufwandes nicht wirtschaftlich wäre und somit die Baugruppen wie beim letzten Mal ausgeliefert werden.

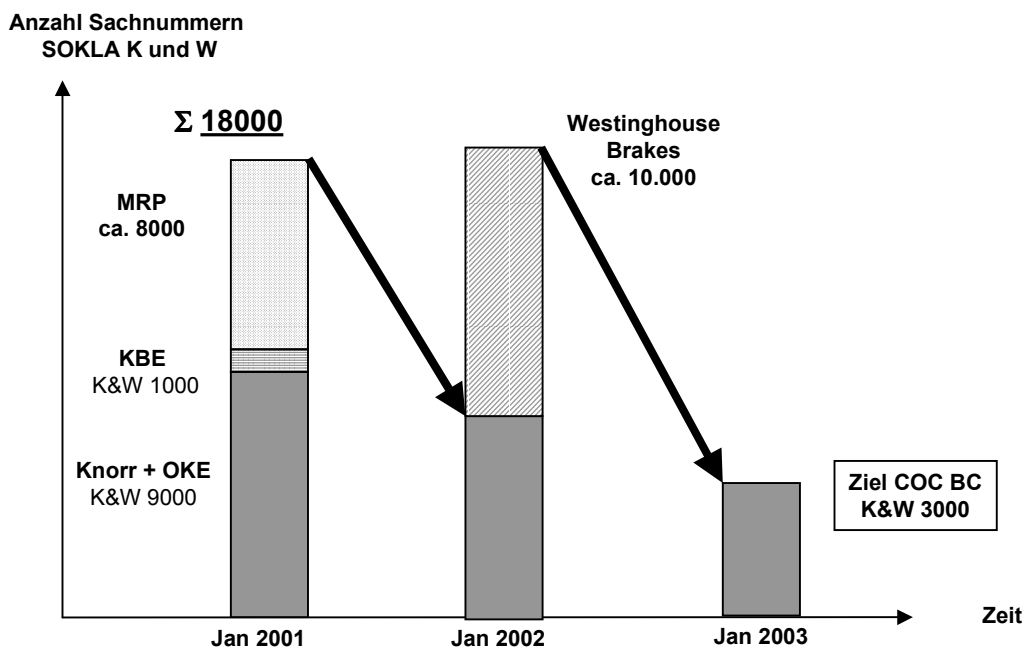


Abbildung 11-11: Übersicht über die Reduzierung der Anzahl der Sachnummern in dem zu projektierenden Sortiment

Durch die Erfahrungen aus dem Variantensanierungsprojekt konnten direkt im Anschluss Wertanalyse-Projekte für einige der K und W Produktfamilien gestartet werden, um die während der Variantensanierung erkannten Einsparungspotenziale zu realisieren.

11.4.2. Analyse der Kostenreduzierung durch die Reduzierung der Vielfalt an einem Beispiel

Durch die positiven Reaktionen im Unternehmen auf die Reduzierung der Vielfalt konnte festgestellt werden, dass die gewählte Methode zur Variantensanierung zusammen mit den Steuerungsmechanismen zu einer erfolgreichen Reduzierung der Variantenvielfalt geführt hat. Um die Wirtschaftlichkeit des Projektes nach der Durchführung zu bewerten, müssten jedoch die **reduzierten Kosten dem Aufwand gegenübergestellt** werden.

In der Literatur lassen sich viele Stellen finden, an denen sehr pauschal über die Kostenreduzierung durch die Reduzierung der Vielfalt gesprochen wird. Im Anschluss an die Durchführung des Variantensanierungsprojektes wurden, um ein erstes Gefühl für die Auswirkungen der Vielfaltsreduzierung zu bekommen, **einige detaillierte Analysen an Beispielen** mit unterschiedlichen **typischen Maßnahmen** durchgeführt. Die analysierten Maßnahmen reichten vom einfachen Streichen, bis zu dem Ersatz durch eine Neuentwicklung. In diesem Unterkapitel soll am **Beispiel der Reduzierung der Vielfalt der Druckwächter ein überraschendes Phänomen dargestellt werden**.²⁶

Grundsätzlich kann das Senken von Kosten, wie in Kapitel 3 bereits hergeleitet wurde, nur durch das Senken von Einkaufspreisen (**Materialkosten**), durch das Entfallen einer Tätigkeit (**Lohnkosten**) oder durch die Verringerung der **Kapitalbindung** erreicht werden.

Betrachten wir nun das Beispiel **Druckwächter** unter diesem Gesichtspunkt, so wurden diese Druckwächter durch MRP und Knorr-Bremse SfS von einem Zulieferer mit einem bestimmten Druckwert voreingestellt bestellt. Nach der Fusion der beiden Unternehmen existierten im Unternehmen doppelte Sachnummern für identische Geräte.

Dies wurde erkannt und ein Sachnummernkreis durch den anderen **in allen Stücklisten ersetzt** und die nun **nicht mehr benötigten Sachnummern eliminiert (gesperrt)**. Um die Kosteneinsparung dieser mit Aufwand verbundenen Aktion zu erfassen, wurden zum einen die **Einkaufspreise** (da es sich um Kaufteile handelt), zum anderen die **Prozesskosten** betrachtet.

Bei der Analyse der **Einkaufspreise** stellte sich heraus, dass mit dem Zulieferer bereits **Rahmenverträge** mit den durch die Fusionen erhöhten Stückzahlen ausgehandelt wurden und unabhängig von der Anzahl der Bestellungen und der Anzahl der Sachnummern über die Jahresmenge für jeden Typen ein konstanter Preis ausgehandelt wurde. Dies bedeutet, dass die gleichen Materialkosten bei einer Bestellung von zwei Druckwächtern mit einer

²⁶ Auf die vollständige Beschreibung der Ergebnisse der Analysen zu der Kostenreduzierung wird an dieser Stelle aus Platzgründen und aufgrund der Vertraulichkeit der Informationen verzichtet.

Sachnummer wie bei zwei Bestellungen mit jeweils unterschiedlichen Sachnummern entstehen. Eine **Senkung der Materialkosten lag somit nach der Aktion nicht vor.**

Bei der **Prozesskostenanalyse** haben die **Charakteristika des Maschinen- und Anlagenbaus einen wesentlichen Einfluss auf die Effekte des Variantenmanagements.** Dieser Sachverhalt ist in Abbildung 11-12 dargestellt.

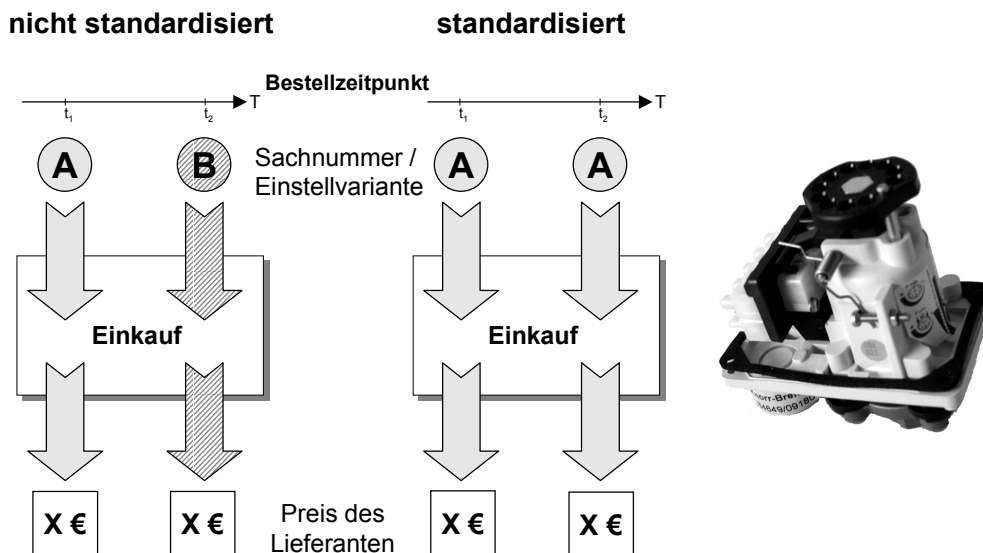


Abbildung 11-12: Schema zur Kostenanalyse der Reduzierung der Variantenvielfalt

In der linken Darstellung existieren 2 Sachnummern A und B für ein identisches Produkt. Da die Bestellungen durch die relativ kleinen Stückzahlen im Anlagen- und Maschinenbau nur durch einen Auftrag ausgelöst werden, bestellt der Einkauf erst bei einem Auftragseingang oder einem Sekundärbedarf in der Montage genau die Stückzahl der Sachnummer, die benötigt wird. Wird kurze Zeit später das identische Gerät mit der Sachnummer B bestellt, so bestellt der Einkauf in einer neuen Bestellung die Sachnummer B. Betrachtet man den gesamten Prozess, so entstehen bei den beiden Vorgängen die gleichen Lohnkosten, da die gleichen Tätigkeiten durchgeführt werden.

Nach der Durchführung des Variantenmanagement-Projektes wurde die Anzahl der Sachnummern halbiert. Für identische Produkte existiert nun noch eine Sachnummer. Betrachtet man, wie in Abbildung 11-12 dargestellt, nun die Tätigkeiten für die beiden Bestellungen, so werden die gleichen Tätigkeiten durchgeführt. **Daraus folgt, dass die Prozesskosten nahezu nicht reduziert wurden.**

Eventuell können Kosten der Kapitalbindung bei oft auftretenden Stornierungen reduziert werden, jedoch sind diese in der Regel sehr gering und können ebenfalls durch andere Methoden eingespart werden.

Die **einzige wesentliche Einsparung** in den **Gemeinkosten** lässt sich durch den reduzierten **Aufwand in der Projektierung und der Entwicklung** bei der **Suche** eines Gerätes finden. Um dies zu erreichen wäre jedoch eine Aktualisierung der SOKLA ausreichend gewesen. Die Änderung aller Stücklisten, um eine Sachnummer komplett zu eliminieren, war somit ein Schritt, der nicht unbedingt hätte durchgeführt werden müssen.

Als **Fazit** dieser Analyse lässt sich ableiten, dass in **neuen Projekten die Vielfalt beherrscht** wird und die **Suchzeiten** für die bestehenden Sachnummern gering sind. Eine komplette Eliminierung der Sachnummern im Unternehmen durch Änderung der Stücklisten und das Sperren der redundanten Sachnummern ist **nur in bestimmten Fällen wirtschaftlich. Handelt es sich bei den Sachnummern nur um geringe Stückzahlen und lässt sich beim Lieferanten keine Preisreduzierung durch die Standardisierung erreichen, so brauchen die Stücklisten nicht überarbeitet werden.**

11.5. Variantenmanagement der Systeme und Subsysteme

Der Lösungsansatz für das Variantenmanagement der Systeme, welcher im Projekt "Standardisierung Systeme & Komponenten im COC BC" ausgewählt wurde, war die Erstellung von Projektierungshandbüchern. Beispiele für die Inhalte sind in Übersicht 11-6 aufgelistet.

Übersicht 11-6: **Beispiele für die Inhalte der Projektierungshandbücher**

- ⇒ Vorgehen bei der Projektierung
- ⇒ Bremsberechnung
- ⇒ Mustersysteme - Morphologische Kästen für Subsysteme
- ⇒ Länderspezifika und Normen
- ⇒ Systemphilosophien
- ⇒ ...

Das primäre Ziel der Projektierungshandbücher ist die Optimierung der Variantenvielfalt der Systeme und die Bereitstellung des Projektierungswissens der Knorr-Bremse SfS für die Mitarbeiter. Gerade bei der verteilten Struktur der Knorr-Bremse SfS ist dies ein wesentliches Element für das Variantenmanagement. Die Bremssysteme werden im Wesentlichen von lokalen Vertriebsmitarbeitern in Zusammenarbeit mit dem jeweiligen Kunden projektiert.

Die Vorgehensweise bei der Projektierung der Systeme vor Erstellung der Projektierungshandbücher war sehr stark von der Modifikation bereits existierender Fahrzeuge für neue Angebote geprägt. Das Problem dabei war die starke Unterschiedlichkeit der Ausgangssysteme.

Im Folgenden soll nun auf die **Vorgehensweise bei der Erstellung der Projektierungshandbücher** eingegangen werden. Dabei soll im Detail auf die Methode zur Erstellung der Mustersysteme und der Morphologischen Kästen für die Subsysteme eingegangen werden.

Der **erste Schritt** bei der Erstellung der Projektierungshandbücher war die Einteilung der Schienenfahrzeuge in vier **Fahrzeugklassen**. Bei der Einteilung der Fahrzeuge in Lokomotiven, Triebzüge, Reisezugwagen und Güterwagen, wie in Abbildung 11-13 dargestellt, handelt es sich um übliche Klassen in welche Schienenfahrzeuge eingeteilt werden. Für jede dieser Fahrzeugklassen sollte ein Projektierungshandbuch für die Bremssysteme erstellt werden.

Die weitere Vorgehensweise soll am Beispiel Triebzüge beschrieben werden. Unter Triebzüge fallen, wie in Abbildung 11-3 dargestellt, beispielsweise der ICE und der TCW, aber auch U- und S-Bahnen.

Lokomotiven



Locomotive DB 185.1

Triebzüge



ICE-T

Reisezugwagen



DB Reisezugwagen

Güterwagen



Self Unload Car DB Fc086

Abbildung 11-13: Fahrzeugklassen für Schienenfahrzeuge und Beispiele

In der Startphase für die Erstellung des Projektierungshandbuchs wurde zuerst die Art der Dokumentation und der Aufbau solch eines Projektierungshandbuchs erarbeitet. Da es sich um das erste Projektierungshandbuch handelte, mussten diese offenen Fragen zuerst geklärt werden. Die Dokumentation von Bremssystemen für Schienenfahrzeugen umfasst unter anderem pneumatische **Übersichtspläne** und **Systemstücklisten**, so dass es für das Projektierungshandbuch naheliegend war die Inhalte der Mustersysteme und Morphologischen Kästen ebenfalls auf diese Weise darzustellen.

Der nächste Schritt war die Einteilung der bisher existierenden Bremssysteme für Triebzüge in Klassen und in Teilfunktionen.

Der Kern einer Bremssteuerung ist die Steuerung der Hauptluftleitung (HL) und die C-Druck Steuerung.²⁷ Die vier grundsätzlich unterschiedlichen Varianten sind in Abbildung 11-14 dargestellt. Neben der HL- und C-Druck Steuerung sind Funktionen wie Gleitschutz (ABS für Schienenfahrzeuge), die Steuerung der Luftbeschaffung (Kompressor), die Luftfederung des Fahrzeugs, usw. Systeme des COCs Bremssteuerung.

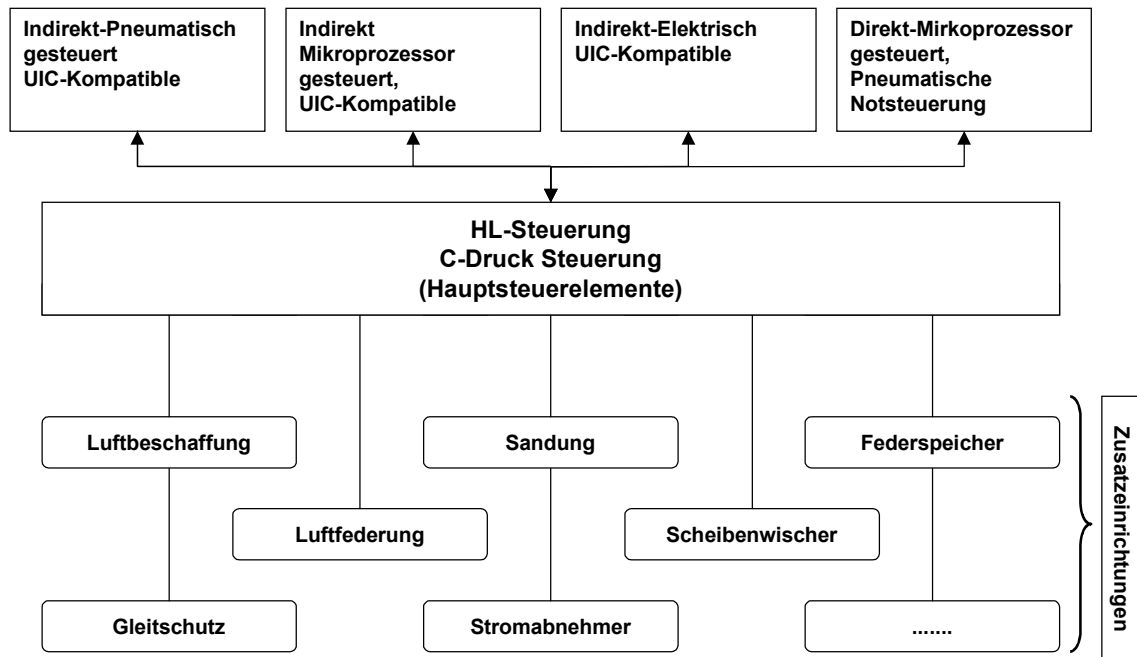


Abbildung 11-14: Aufbau einer Bremssteuerung

Durch diese weitere Einteilung der Bremssteuerung von Triebzügen in die 4 Typen, wie in Abbildung 11-15 dargestellt, war es möglich eine Matrix für die zu erstellenden Übersichtspläne und Systemstücklisten zu generieren. Für jeden Typ der Bremssteuerung sollten komplette Übersichtspläne und Stücklisten für eine **Basisvariante** (Mindestausstattung) und eine mit **kompletter Funktionalität** erstellt werden.

Es wurden somit 8 komplette Systeme, die für erste Angebote genutzt werden konnten definiert und zusätzlich dazu Übersichten über mögliche Varianten der Teilfunktionen.

²⁷ Die **Hauptluftleitung** ist eine im Fernverkehr standardmäßig eingesetzte Luftleitung, welche durch den gesamten Zug verläuft. Über sie kann die Signalübertragung des Bremssignals und die Nachspeisung der verbrauchten Luft erfolgen. In moderneren Fahrzeugen dient sie oftmals als Rückfallebene bei technischen Ausfällen.

Der **C-Druck** ist vereinfacht erklärt der Bremszylinderdruck.

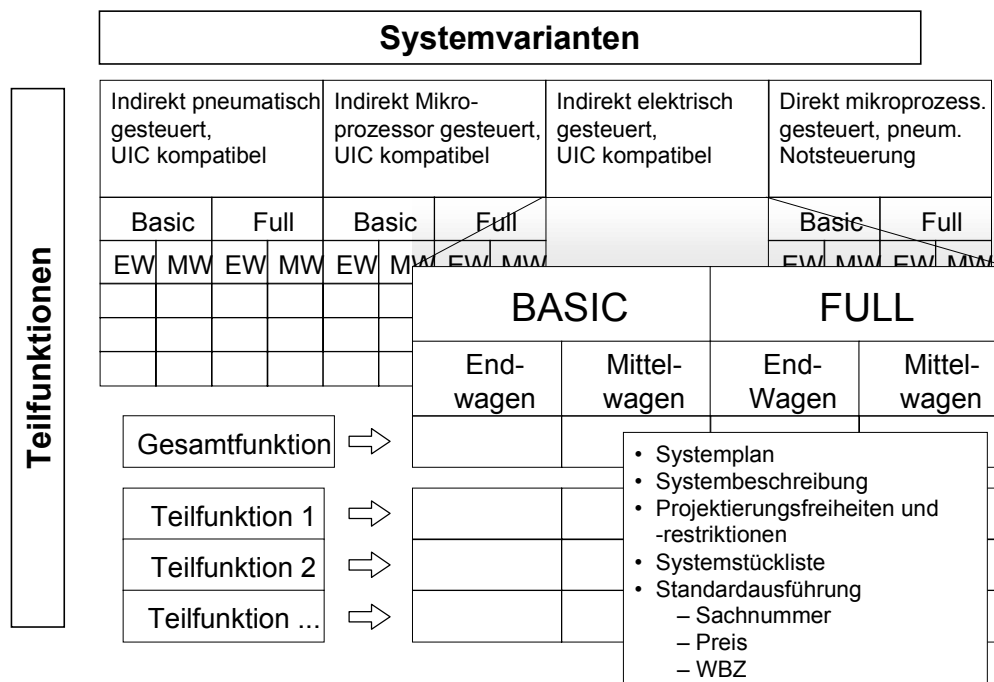


Abbildung 11-15: Aufbau der Systeme und Subsysteme des Projektierungshandbuches

Die Systemstücklisten und die Übersichtspläne wurden von den projektierenden Abteilungen erstellt, um dann anschließend in **Reviews** mit dem COC abgestimmt zu werden. Um in einer **akzeptablen Zeitspanne** ein erstes Ergebnis zu liefern, wurden in einem ersten Schritt aus der **Erfahrung mit Bremssystemen**, welche in der Vergangenheit oft angeboten wurden, die Systeme und Subsysteme definiert.

In den Reviews²⁸ der Systeme sind eine Vielzahl von **Ideen** zur Optimierung der Systeme, oder zur Senkung der Kosten diskutiert worden. Diese Ideen wurden zuerst einmal **gesammelt**, da sie in der zur Verfügung stehenden Zeit um die erste Version des Projektierungshandbuches zu erstellen, nicht umgesetzt werden konnten. Im Anschluss an die erste Version des Projektierungshandbuches wurden die Ideen bewertet und nach und nach umgesetzt.

²⁸ Meetings zur Diskussion mit anschließender Freigabe der Systeme, die in interdisziplinären Teams durchgeführt werden.

11.6. Variantenmanagement von Einzelteilen

Wie in Kapitel 4 bereits beschrieben wurde, addieren sich mit jeder Fusion, bei welcher eine anschließende Integration stattfindet, die Anzahl der Sachnummern im PDM-System. Finden, wie bei der Knorr-Bremse AG, eine Vielzahl von Fusionen statt, so führt dies aufgrund der stark angewachsenen Vielfalt zu einer erschwerten Auswahl eines Bauteils unter Verwendung der traditionellen Suchfunktionen.

Wird nach der Fusion die Produktion ähnlicher Produkte an einem Standort gebündelt, so erhöht dies im Wesentlichen erst die Komplexität in der Produktion und der Logistik. Die in dem Fallbeispiel dieser Arbeit angewandten Schritte zur Reduzierung der Vielfalt sind in Übersicht 11-7 abgebildet.

Übersicht 11-7: Schritte zur Standardisierung von Einzelteilen

- ⇒ Definition von Standards einiger Parameter der Bauteile
- ⇒ Erstellen von Teilekatalogen - erste Auswahl einiger Standard Bauteile
- ⇒ Reviewprotokolle für neue Konstruktionen
- ⇒ Überarbeiten der Produktionsaufträge durch das Änderungswesen
- ⇒ Implementierung eines Prozesses zur schrittweisen kontinuierlichen Standardisierung

Zur Verdeutlichung der Vorgehensweise sollen die einzelnen Schritte zur Standardisierung von Einzelteilen an dem einfachen Beispiel der Normteile verdeutlicht werden.

Die erste Handlung zur Standardisierung der Normteile war die **Reduzierung der durch die Norm definierte Vielfalt** auf die Anforderungen des Unternehmens. Beispiel dafür ist die Oberflächenbeschichtung und die Festigkeit von Schrauben. Durch die Normen steht in der Regel eine größere Vielfalt, als eigentlich im Unternehmen benötigt wird und sinnvoll ist zur Verfügung. Es wurden somit zuerst bereichsinterne Standards in einer Richtlinie festgehalten.

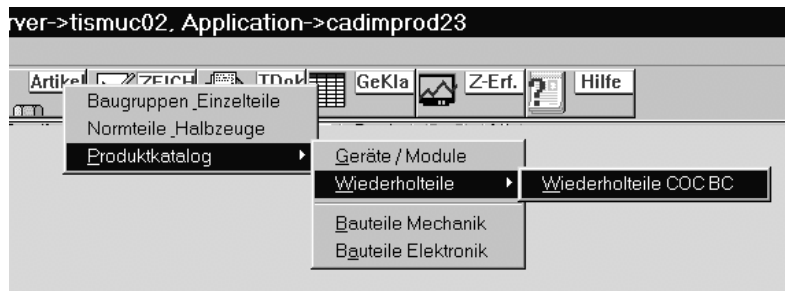


Abbildung 11-16: Wiederholteilkataloge des COC BC

Im Anschluss daran wurde ein erster Pool an Normteilen ausgewählt, die diese Parameter erfüllen. Dieser Pool an Einzelteilen wurde bei der Knorr-Bremse SfS im PDM erstellt. Für neue Konstruktionen durften ab diesem Zeitpunkt nur noch Normteile aus diesen Wiederholteilkatalogen verwendet werden.

Als CAD-System für neue Konstruktionen wird bei der Knorr-Bremse SfS Pro/ENGINEER eingesetzt. Um die Auswahl der Teile in der Entwicklung zu erleichtern, wurde auch in den Familientabellen in PRO E eine Möglichkeit geschaffen, dem Entwickler nur die im CADIM Wiederholteilkatalog aufgenommenen Normteile zur Auswahl zu stellen.

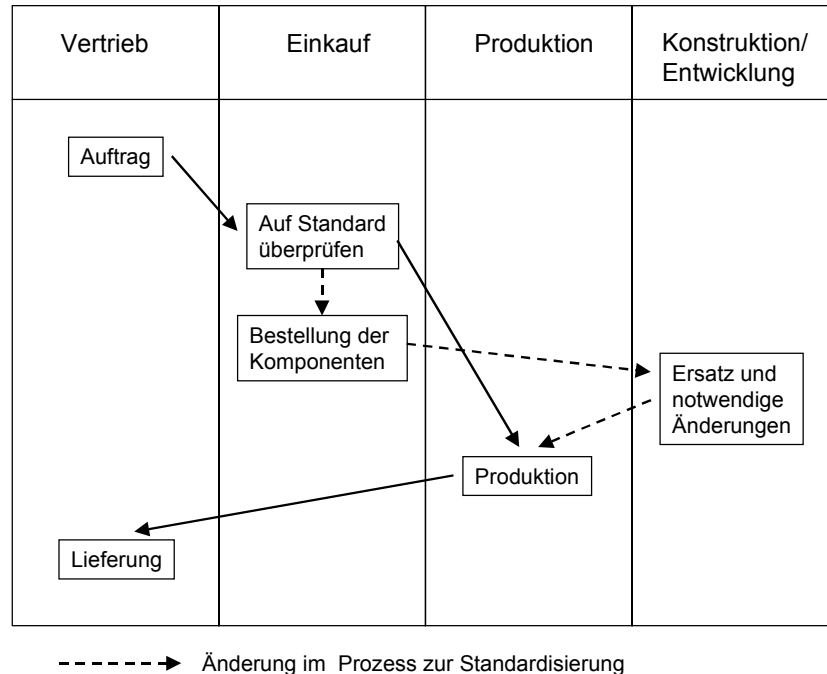


Abbildung 11-17: Prozesserweiterung zur Standardisierung von Kabeln, die im Rahmen der Standardisierung der Einzelteile im COC BC eingeführt wurde.

Ein weiterer Lösungsansatz, der zur Sicherstellung der Standardisierung für neue Konstruktionen Anwendung fand, waren **Reviewprotokolle**. Diese Reviewprotokolle sind Checklisten, die zur Überprüfung der Standardisierung von neuen Konstruktionen dienen. Mit Hilfe dieser Reviewprotokolle wurden neue Konstruktionen hinsichtlich der Verwendung von bereits standardisierten Teilefamilien durch eine zentrale Stelle überprüft.

Durch diese Maßnahmen wurde somit zuerst einmal sichergestellt, dass die Teilevielfalt in neuen Konstruktionen wesentlich reduziert wurde. Da sich die Wirksamkeit dieser Aktionen in der Produktion zum einen durch die langen Entwicklungszeiten und zum anderen durch die immer wieder geforderte Produktion bereits bestehender Produkte zeitlich zu lange hingezogen hätte, war es notwendig auch die Stücklisten bestehender Produkte zu überarbeiten.

Wie in Abbildung 9-4 dargestellt, stehen grundsätzlich zwei unterschiedliche Vorgehensweisen zur Verfügung. Aufgrund der extrem hohen Anzahl an Baugruppen, wurde die **TOP-DOWN-Vorgehensweise** angewandt. **Die Stücklisten der bestehenden Produktionsaufträge** wurden hinsichtlich der verwendeten Normteile überprüft und über ein halbautomatisiertes Verfahren durch den normalen **Änderungsprozess** überarbeitet. Dies musste in enger **Zusammenarbeit** mit der **Produktion**, der **Logistik** und der **Beschaffung** geschehen, da jede Änderung Auswirkungen auf die Disposition der Teile hatte.

Um die Standardisierung auch bei neuen Produktionsaufträgen zu gewährleisten wurden **Prozesse** installiert, die eine **kontinuierliche Überarbeitung** der noch nicht standardisierten Produktionsaufträge gewährleisten. Bei den Normteilen war dies durch eine Prüfung der Stücklisten in der Produktion möglich. Bei komplexeren Bauteilen wurden zusätzliche Prozessbausteine in den normalen Ablauf eingebaut, so dass gewährleistet war, dass der Aufwand für die Standardisierung erst bei auftretendem Bedarf geleistet wurde. Ein Beispiel dazu ist in Abbildung 11-17 dargestellt.

Um den Nutzen eines Variantenmanagements für Einzelteile zu bewerten soll an dieser Stelle das Teilprojekt "Kabelstandardisierung" betrachtet werden. In diesem Projekt wurden zuerst die neuen Standards definiert, die existierenden Produktionsaufträge überarbeitet und dann anschließend ein Prozess eingerichtet, der neue Produktionsaufträge auf Standardisierung überprüft. **Die Anzahl der verschiedenen Kabel wurde von ca. 500 auf 30 reduziert**. Dies ermöglichte eine Reduzierung der **Einkaufspreise**, eine Reduzierung der **Wiederbeschaffungszeit** um 80% und eine **Lagerreduzierung** ebenfalls um 80%. Die dauerhafte Sicherung der Standardisierung der Kabel wurde durch Reduzierung der CAD-Bibliothek, Checklisten für neue Konstruktionen und eine Konstruktionsrichtlinie erreicht.

11.7. Variantenmanagement von Konstruktionsprinzipien

In diesem Kapitel soll nun auf das Variantenmanagement von Konstruktionsprinzipien innerhalb des Projektes "Standardisierung Systeme & Komponenten" eingegangen werden. In einem ersten Unterkapitel werden Konstruktionshandbücher und Konstruktionsrichtlinien vorgestellt. In den folgenden Abschnitten sind einige Beispiele für ein Variantenmanagement von Konstruktionsprinzipien aufgeführt.

11.7.1. Konstruktionshandbuch und Konstruktionsrichtlinien

Gerade im Maschinen- und Anlagenbau ist ein Variantenmanagement der Konstruktionsprinzipien aufgrund der hohen Anzahl an Baugruppen (Modulen) und projektspezifischen Konstruktionen ein wesentlicher Ansatzpunkt, um die Wettbewerbsfähigkeit der Produkte zu erhöhen, die Vielfalt der Detaillösungen zu reduzieren und die Kosten zu senken.

In dem Projekt "Standardisierung Systeme & Komponenten" COC BC wurden erste Beiträge, sog. **Konstruktionsrichtlinien**, für ein **Konstruktionshandbuch** erstellt. Das Ziel dieses Konstruktionshandbuches ist die Standardisierung und Bereitstellung von Teillösungen, zu verwendender Materialien, Vorschriften für die Entwicklung und weiteren für die Arbeit des Konstrukteurs hilfreiche Themen.

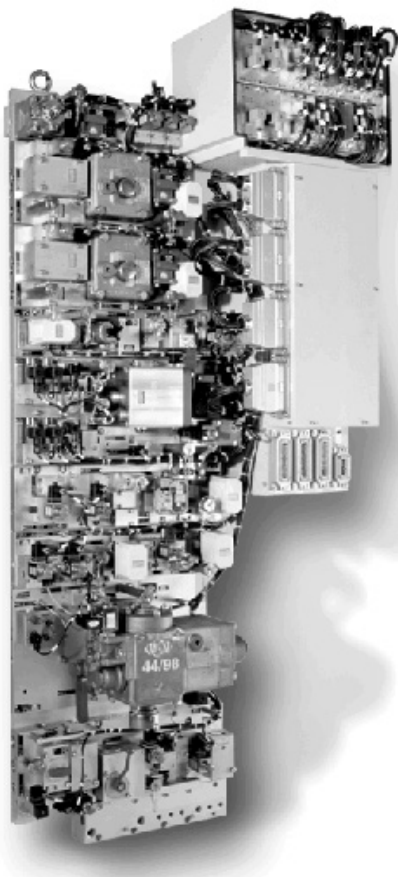
Das Konstruktionshandbuch wurde während der Projektdauer nach und nach erstellt. Dabei war nicht nur eine Reduzierung der Vielfalt der technischen Lösungen angestrebt, sondern auch eine **Reduzierung der Kosten**.

Neben dem Konstruktionshandbuch war ein erfolgreich angewandtes Vorgehen zur Standardisierung und Optimierung der Konstruktionsprinzipien das **Aufzeigen der zukünftigen Lösungen an einem Beispielprojekt**. Während der Projektlaufzeit des in dieser Arbeit als Fallbeispiel herangezogenen Projektes, wurde im COC BC eine neue, modular aufgebaute Bremssteuerung für Lokomotiven (MBS) entwickelt. Gerade aufgrund des hohen Innovationsgrades dieser Entwicklung eignete sich dieses Produkt besonders gut als erstes Anwendungsbeispiel für neue Konstruktionsprinzipien. Zum einen fand die Entwicklung die notwendige Beachtung im Unternehmen, zum anderen existierte die Akzeptanz und Offenheit für neue Lösungen.

11.7.2. Beispiel "Tafeltechnologievergleich"

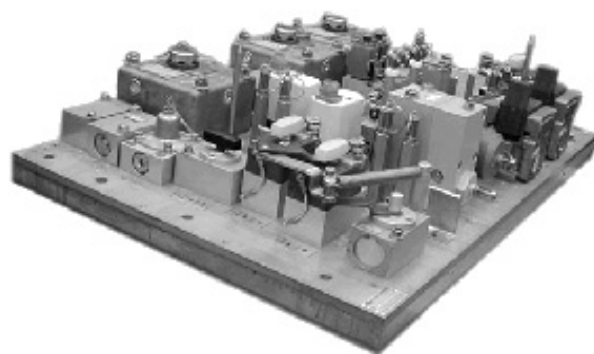
Ein Beispiel für Variantenmanagement von Konstruktionsprinzipien ist das Projekt "Tafeltechnologievergleich", welches im Rahmen des Projektes "Standardisierung Systeme & Komponenten" durchgeführt wurde.

Der Name des Projektes wird von dem Begriff "Bremstafel" abgeleitet. Eine Bremstafel ist, wie in Abbildung 11-18 dargestellt, eine ebene Fläche, auf der die pneumatischen und elektropneumatischen Komponenten (Geräte) für eine Bremssteuerung montiert sind. Die Tafel hat zum einen die Funktion die Geräte mechanisch zu halten, zum anderen die pneumatischen Anschlüsse der Geräte zu verbinden.



Brake Panel
PSG 801
Locomotive E145 DB AG

Passenger Coach Brake Panel EP BGT 06



West Coast Main Line
Brake Panel

Abbildung 11-18: Beispiele für Bremstafeln in Bohrtafel-, Rohrtafel- und Klebetafelenausführung

Zu Beginn des Projektes existierten im Wesentlichen drei Technologien um eine Bremstafel zu konstruieren (siehe Abbildung 11-19 und 11-20). Jedes der fusionierten Unternehmen hatte eine Technologie in das neue Unternehmen eingebracht.

Bei einer **Bohrtafel** wird eine Aluminiumplatte gebohrt und durch das Verschließen einiger Gänge im Inneren und Außen an der Tafel, werden die Leitungen zwischen den Geräten realisiert.

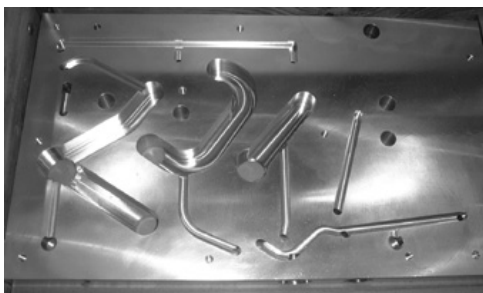
Bei einer **Klebetafel** werden Gänge in eine Aluminiumplatte gefräst und danach eine Platte mit dem Flanschbild aufgeklebt.

Eine **Rohrtafel** besteht aus einer Blechkonstruktion, in welche Stützen und Rohre eingelötet werden, um die Geräte pneumatisch verbinden.

Durch das **Projekt "Tafeltechnologievergleich"** sollte nun zum einen die Frage beantwortet werden, welche Technologie für welchen Einsatzfall am geeignetsten ist, und zum anderen sollten Konstruktionsrichtlinien für die jeweiligen Technologien entstehen.



Bohrtafel



Klebetafel



Rohrtafel

Abbildung 11-19: Beispiele der drei Technologien

Um dieses Ziel zu erreichen, standen bei Projektbeginn **zwei Vorgehensweisen** zur Diskussion. Zum einen die Analyse der bereits existierenden Tafeln hinsichtlich ihrer Kostenstrukturen, zum anderen der Vergleich neuer Konstruktionen in den verschiedenen Technologien für ein einzelnes Projekt und der Vergleich dieser Konstruktionen.

Die Argumente gegen einen Vergleich bereits existierender Konstruktionen waren zum einen die unterschiedlichen Anforderungen an die jeweilige Konstruktion und die dadurch nur schwer vergleichbaren Kosten. Zum anderen waren die Kalkulationen aus den ursprünglichen Unternehmen nicht vergleichbar. Somit wurden, um die drei Technologien zu vergleichen, für ein einzelnes Projekt **drei Bremstafeln** mit identischem Flanschbild neu konstruiert, kalkuliert und die Kostenstrukturen verglichen.

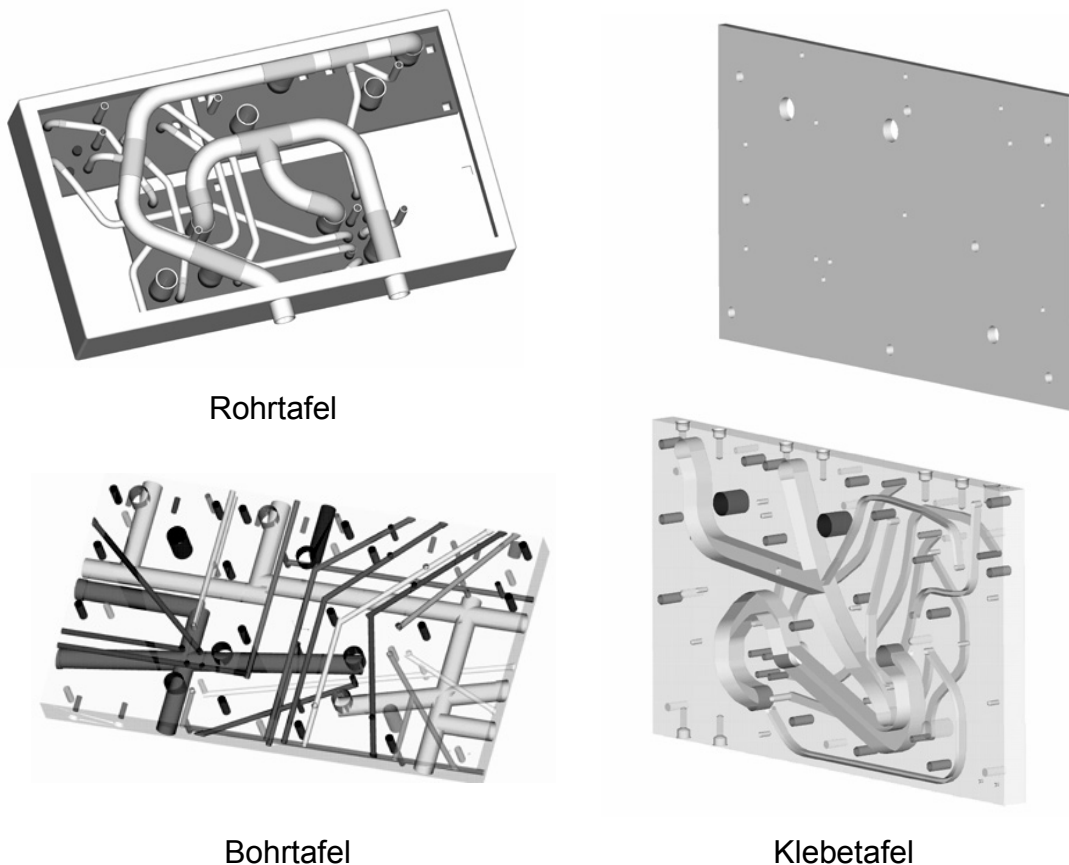


Abbildung 11-20: Drei Konstruktionen in den unterschiedlichen Technologien (BREHMER 2001)

Um die Auswahl einer Technologie für ein neues Projekt zu ermöglichen wurden nicht nur die Herstellkosten der drei Technologien betrachtet, sondern auch die Prozesskosten von der Entwicklung bis zur Auslieferung.

Ein Ergebnis dieser Analysen ist in Abbildung 11-21 dargestellt. Die Kosten der Tafeln steigen mit zunehmender Komplexität unterschiedlich an. Je nach Komplexität der Bremstafel ist eine der Technologien mit den niedrigsten Herstellkosten verbunden. Bei sehr kleinen Tafeln verursacht die Bohrtafel die niedrigsten Kosten. Ab einer gewissen Komplexität haben dann die hohen Kosten des Klebeprozesses einen geringeren Einfluss auf die Herstellkosten, so dass in einem gewissen Bereich die Klebetafel mit den niedrigsten Kosten verbunden ist. Steigt die Komplexität der Tafel noch weiter an, so entsteht durch die Rohrtafel die niedrigsten Kosten.

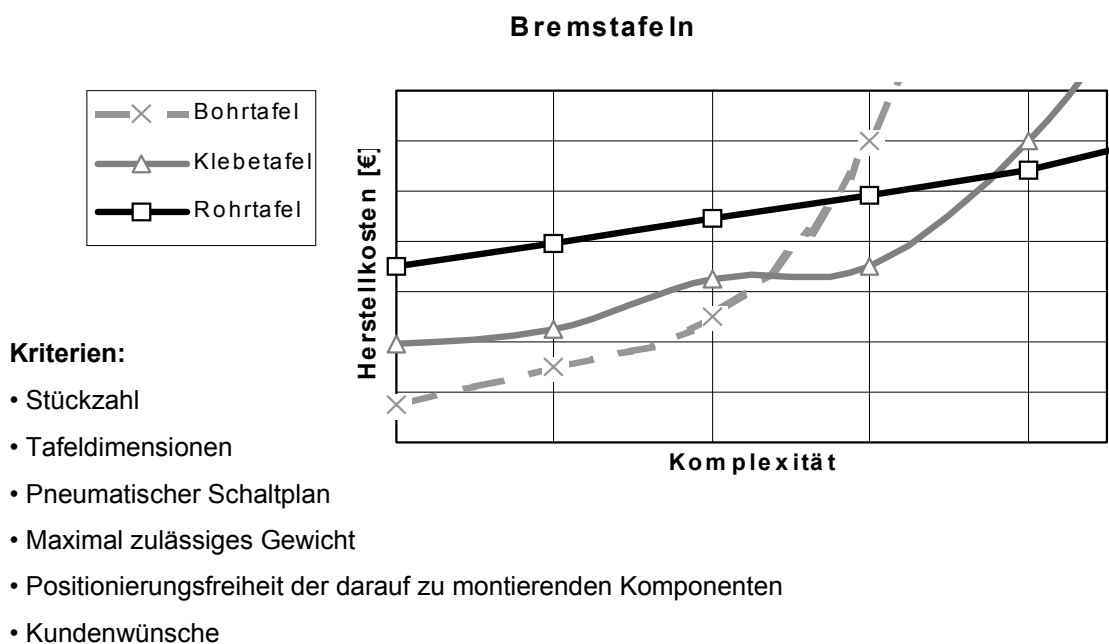


Abbildung 11-21: Zusammenhang zwischen den Kosten und der Komplexität der Bremstafeln

Der Zusammenhang zwischen den Kosten der Bremstafeln und der Komplexität ließ sich im Rahmen des Projektes nicht mathematisch in einer Formel abbilden, so dass bei neuen Projekten letztlich die Entwickler entscheiden müssen, welche Technologie angewendet werden soll. Dies fiel den Entwicklern nach dem Projekt wesentlich leichter, da die intensive Analyse der Kostenstrukturen die Fähigkeit, die Kosten einer Konstruktion zu schätzen, wesentlich erhöht hat.

11.7.3. Beispiel Kabelbefestigung

Ein weiteres einfacheres Beispiel für ein Variantenmanagement von Konstruktionsprinzipien, welches neben einer Standardisierung gleichzeitig zu einer Reduzierung der Herstellkosten geführt hat, war der Vergleich von Möglichkeiten zur Befestigung von Kabeln auf Bremstafeln.

Zu Beginn des Projektes existierten, wie im oberen Teil von Abbildung 11-22 dargestellt, eine Vielzahl unterschiedlicher Lösungen für die Befestigung von Kabeln auf Bremstafeln. Durch die unten abgebildeten neuen Bauteile konnten mit deutlich reduzierten Montagekosten Kabel auf den Produkten befestigt werden. Weitere Lösungen waren nicht notwendig.

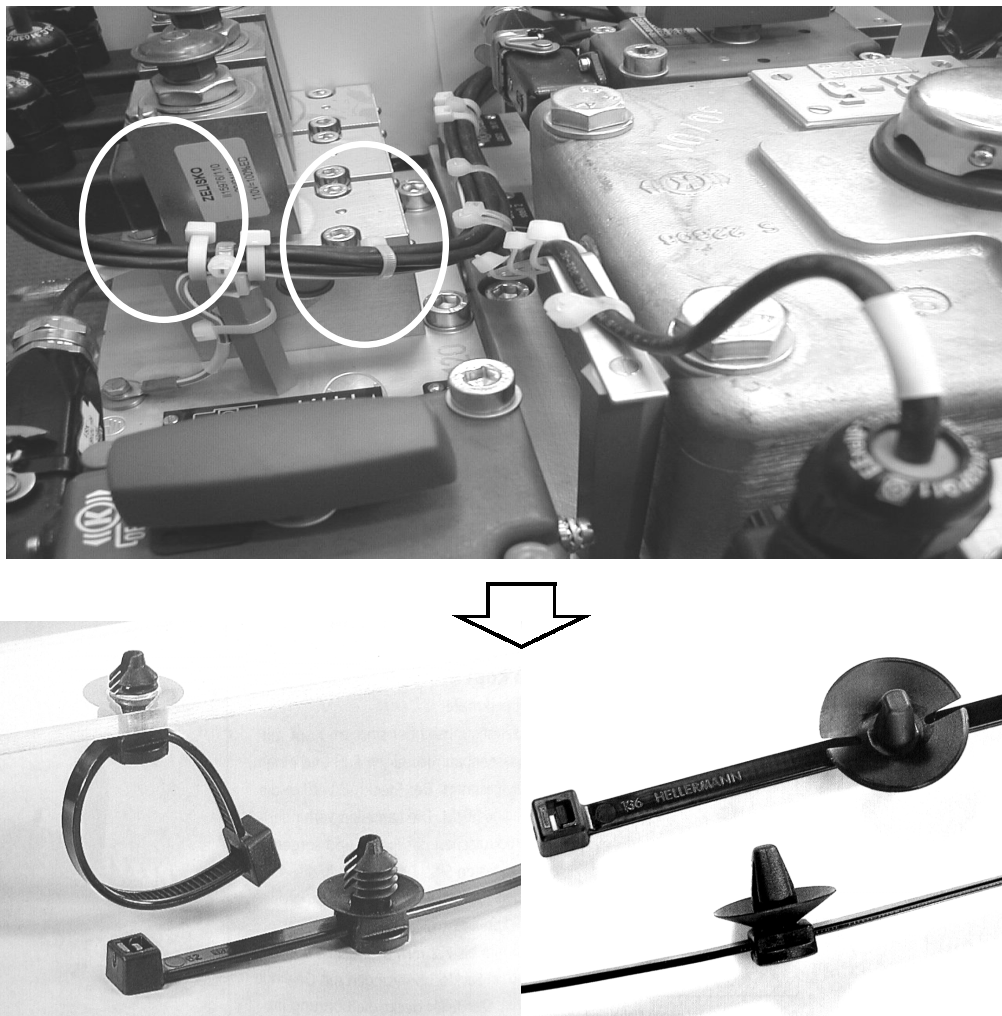


Abbildung 11-22: Unterschiedliche Lösungen für die Befestigung von Kabeln und Leitungen

12. Fazit und Ausblick

"Was sind die neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse dieser Arbeit?"

Die ersten Werke zum Variantenmanagement von Produkten behandelten das Thema auf einer sehr abstrakten Ebene. Die Erkenntnisse wurden allgemein gültig formuliert. Neuere Werke, wie FRANKE et al. (2002) "Variantenmanagement in der Einzel- und Kleinserienfertigung", versuchen durch die Entwicklung von Lösungsansätzen speziell für gewisse Unternehmenstypen konkretere und effektivere Lösungsansätze bereitzustellen.

Diese Arbeit hat den Fokus auf Unternehmen des Anlagen- und Maschinenbaus gerichtet. Bei der Entwicklung und Verifizierung der Methodik für ein Variantenmanagement hat sich gezeigt, dass nur bei einem **Fokus auf einzelne Branchen**, konkrete, in der Praxis anwendbare Lösungen entwickelt werden können. Vergleicht man die Anforderungen an ein Variantenmanagement eines Automobilzulieferers mit insgesamt 1000 Sachnummern mit einem Anlagenbauer mit 500.000 Sachnummern, so wird leicht ersichtlich, dass die Methoden und Lösungsansätze für das Variantenmanagement unterschiedlich ausgeprägt sein müssen.

Die **neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse** dieser Arbeit basieren im Wesentlichen auf der Konzentration auf die Branche der Maschinen- und Anlagenbauer bei der Entwicklung der Methodik. In Kapitel 2 wird ein Produktmodell beschrieben, auf welchem die Methoden aufsetzen. In den Kapiteln 5 bis 10 wird eine Methodik beschrieben, die in der Organisation, an den Systemen, den Modulen, den Einzelteilen und den Konstruktionsprinzipien ansetzt. Die Methodik setzt sich aus bereits bekannten und neuen Lösungsansätzen und Methoden zusammen. Neu sind somit die Kombination der Methoden zu dieser Methodik und einzelne Methoden, wie beispielsweise die Methode zur Variantensanierung.

"Welche Erkenntnisse sind aus der Anwendung der Methodik in der Praxis entstanden?"

Die **Anwendung** der Methodik im **Unternehmen** hat gezeigt, dass gerade das Thema Variantenmanagement durch die Globalisierung und durch Fusionen wieder aktuell geworden ist. Die Ergebnisse, die durch die Anwendung der Methodik an dem Praxisbeispiel realisiert wurden, verdeutlichen dies. Trotz der großen Erfolge des zwei Jahre andauernden Projektes waren die im Unternehmen durchgeführten Maßnahmen erst die ersten Schritte

bei der Optimierung der Vielfalt. Um die Nachhaltigkeit der Ergebnisse zu sichern, muss das Variantenmanagement zu einer festen Institution im Unternehmen werden.

"In welchen Punkten besteht Potenzial für weitere Forschung?"

Weiteres **Potenzial für die Forschung** auf dem Gebiet des Variantenmanagements lässt sich zum einen bei weiterer Spezialisierung der Problemstellungen und zum anderen bei genauerer Betrachtung weiterer Branchen und Unternehmenstypen vermuten. Ein Indiz dafür, dass noch Potenziale vorhanden sind, ist die heutzutage sehr aktive Forschung im Bereich Mass Customization. Gerade von PILLER (1998) wird das Thema Mass Customization oft auf die Probleme des Variantenmanagements ausgeweitet, um ein breiteres Publikum bei den Unternehmen zu erreichen.

Das Thema Variantenmanagement ist für Unternehmen immer noch hoch aktuell, woraus sich ableiten lässt, dass die Forschung sich noch lange damit beschäftigen wird.

13. Literatur

ANDREASEN, M. M.; HEIN, L.:

Integrated Product Development.
Berlin: Springer 1985.

ANSOFF, H. I.:

Corporate Strategy.
New York: McGraw-Hill 1965.

AMT FÜR STANDARDISIERUNG (Hrsg.):

Grundlagen und Bedeutung der Standardisierung.
Berlin: Die Wirtschaft 1960. (Wissen hilft Siegen, Heft 6)

A.T. KEARNEY (HRSG.):

Globalisation's Last Hurrah ?
www.atkearney.de 2001 - Firmenschrift

BAUMANN, G.:

Ein Kosteninformationssystem für die Gestaltungsphase im Betriebsmittelbau.
München: TU, Diss. 1982.

BEHR, P.:

Komplexitätsmanagement von Produkten und Prozessen – wie läßt sich Komplexität managen? In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte, Würzburg.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998, S. 39-52. (VDI-Berichte 1434)

BIEGERT, H.:

Die Baukastenbauweise als technisches und wirtschaftliches Gestaltungsprinzip.
Karlsruhe: TH, Diss. 1971.

BOHNE, F.:

Entwicklungsbegleitendes Komplexitätsmanagement bei BMW – Konzepte und Methoden zur Gestaltung der Kosten der Vielfalt. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte, Würzburg.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998, S. 15-38. (VDI-Berichte 1434)

CAESAR, C.:

Kostenorientierte Gestaltungsmethodik für Variantenreiche Serienprodukte.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1991.
Zugl. Aachen: TH, Diss. 1991.

CHESTNUT, H.:

Systems Engineering Methods.
New York: John Wiley & Sons Inc. 1967.

COENENBERG, A.G.; BAUM H.-G.:

Strategisches Controlling: Grundfragen der strategischen Planung und Kontrolle.

Stuttgart: Poeschl 1987.

DAENZER, W.F.(HRSG.); HUBER, F. (HRSG.);
Systems Engineering.
Zürich: Industrielle Organisation 1999.

DIN-NORMEN 4000, TEIL 1:
Sachmerkmal-Leisten.
Berlin: Beuth 1981.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (Hrsg.):
Variantenübersicht.
Berlin: Beuth 1986.

DERESKY, H.:
International Management, Managing across Borders and Cultures.
Prentice Hall, Upper Saddle river, New Jersey 2000.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (Hrsg.):
Grundlagen für den Aufbau eines Merkmal-Lexikons.
Berlin: Beuth 1998.

DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG E. V. (Hrsg.):
Gesamtwirtschaftlicher Nutzen der Normung.
Berlin: Beuth 2000.

EHRENSPIEL, K.:
Integrierte Produktentwicklung: Methoden zur Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion.
Wien: Hanser 1995.

EHRENSPIEL, K.; KIEWERT, A.; LINDEMANN, U.:
Kostengünstig Entwickeln und Konstruieren. 2. Auflage.
Berlin: Springer 1998.

EHRMAIER, R.:
Erstellen eines Klassifizierungsschlüssels und Entwicklung eines Verfahrens zur Wiederholteilsuche.
München: TU, Lehrstuhl für Konstruktion im Maschinenbau, Unveröffentlichte Diplomarbeit 1987.

EVERSHEIM, W.; SCHUH, G.; CAESAR, C.:
Variantenvielfalt in der Serienproduktion.
VDI-Z 130 (1988) 12, S. 45-49.

EVERSHEIM, W.; BÖHMER, D.; KÜMPER, R.:
Die Variantenvielfalt beherrschen.
VDI-Z 134 (1992) 4, S. 47-53.

FRANK, T.:
Der rote Faden des Produktmanagers – die Bedeutung der Produktstrategie. In: Innovatives Produktmanagement. Moderne Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Produktführung, Karlsruhe.
Düsseldorf: VDI-Verlag 2000.

FRANKE, H.-J.:

Produkt-Variantenvielfalt – Ursachen und Methoden zu ihrer Bewältigung. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte, Würzburg.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. (VDI-Berichte 1434)

FRANKE, H.-J.; HESSELBACH, J.; HUCH, B.; FIRCHAU, N.L.:

Variantenmanagement in der Einzel- und Kleinserienfertigung.
Wien: Hanser 2002.

GAUSEMEIER, J.; FLATH, M.; GRASMANN, M.:

Geschäftsprozessübergreifendes Produktstrukturmanagement – Integration der bereichsspezifischen Sichten bei der durchgängigen rechnerunterstützten Entwicklung von variantenreichen Erzeugnissen. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte, Würzburg.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. (VDI-Berichte 1434)

GAUSEMEIER, J.; LINDEMANN, U.; REINHART, G.; WIENDAHL, H.-P.:

Kooperatives Produktengineering.
Paderborn: HNI 2000. (HNI-Verlagsschriftenreihe, Band 79)

GEMBRYS, S.-N. (1998A):

Ein Modell zur Reduzierung der Variantenvielfalt in Produktionsunternehmen.
Berlin: IPK 1998.
Zugl. Berlin: TU, Diss. 1998

GEMBRYS, S.-N. (1998B):

Bereinigung variantenreicher Produktprogramme. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte, Würzburg.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998, S. 115-132. (VDI-Berichte 1434)

GIERHARDT, H.:

Global verteilte Produktentwicklungsprojekte.
München: Hanser 2001. (Konstruktionstechnik München, Band XX)
Zugl. München: TU, Diss. 2001.

GIERSE, F.:

Bausteinsysteme – universelles Werkzeug zur Effizienzsteigerung in Industrieunternehmen. In: Plattformkonzepte auch für Kleinserien und Anlagen, Stuttgart.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1999, S. 1-28. (VDI-Berichte 1510)

GILBERT, X.; STREBEL, P.J.:

Strategies to outpace the competition.
In: The Journal of Business Strategy, Jg. 8, Nr. 1, S.28-36.

GRALLA, D.:

Eisenbahnbremstechnik.
Düsseldorf: Werner 1999.

HAESE, C.:

Rationelle Individualisierung von immateriellen Gütern durch Informations- und Kommunikationstechnologie.

Heidelberg: Universität Heidelberg, Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät, Unveröffentlichte Diplomarbeit 1999.

HANSEN, U.; LEITHERER, E.:

Produktpolitik.
Stuttgart: Poeschel 1984.

HEINA, J.:

Variantenmanagement.
Wiesbaden: Gabler 1999.
Zugl. Cottbus: TU, Diss. 1999.

HEINRICH, L.J. :

Systemplanung I.
München: Oldenburg Verlag 1994.

HENDRISCHK, W.:

Warum gewinnt der Produktmanager an Bedeutung? In: Innovatives Produktmanagement. Moderne Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Produktführung, Karlsruhe.
Düsseldorf: VDI-Verlag 2000.

HERRMANN, A. :

Produktmanagement.
München : Vahlen 1998.

HICHERT, R.:

Probleme der Vielfalt (1)
Zeitschrift für industrielle Fertigung 75 (1985) 3, S. 235-237.

HICHERT, R.:

Probleme der Vielfalt (2)
Zeitschrift für industrielle Fertigung 76 (1986) 6, S. 141-145.

HICHERT, R.:

Probleme der Vielfalt (3)
Zeitschrift für industrielle Fertigung 76 (1986) 11, S. 673-676.

HÖHNE, G.; SCHNEIDER, H.:

Produktkonfiguration und Kostenprognose in frühen Entwurfsphasen. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte, Würzburg.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998, S. 197-212. (VDI-Berichte 1434)

HUBKA, V.:

Theorie Technischer Systeme.
Berlin: Springer 1984.

HUFF, A. S. (HRSG):

Mapping strategic thought.
Chichester: John Wiley and Sons 1990.

JESCHKE, A.:

Beitrag zur wirtschaftlichen Bewertung von Standardisierungs-Maßnahmen in der Einzel- und Kleinserienfertigung durch die Konstruktion.
Braunschweig: TU, Diss. 1997.

KENICHI, O.:

Japanische Strategien.
Hamburg: McGraw-Hill 1986.

KERSTEN, W.:

Wirksames Variantenmanagement durch Einbindung in den Controlling- und Führungsprozeß im Unternehmen. In: Plattformkonzepte auch für Kleinserien und Anlagen, Stuttgart.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1999, S. 155-176. (VDI-Berichte 1510)

KOHLHASE, N.:

Strukturieren und Beurteilen von Baukastensystemen.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1997. (Fortschritt-Berichte der VDI-Zeitschriften Reihe 1, Nr. 275)

KOHLHASE, N.:

Variantenreduzierung in der Praxis – ein Erfahrungsbericht aus der Einzel- und Kleinserienfertigung. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte, Würzburg.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998, S. 53-68. (VDI-Berichte 1434).

KOHLHASE, N.:

Marktgerechtes Variantenmanagement durch Baukastenentwicklung und Variantenreduzierung. In: Plattformkonzepte auch für Kleinserien und Anlagen, Stuttgart.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1999, S. 209-223. (VDI-Berichte 1510)

KÖNIG, M.:

Preisentscheidungsfelder des Produktmanagers. In: Innovatives Produktmanagement. Moderne Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Produktführung, Karlsruhe.
Düsseldorf: VDI-Verlag 2000.

KOPPER, E.; KIECHL, R. (Hrsg.):

Globalisierung: Von der Vision zur Praxis.
Zürich: Versus 1997.

KRAUSER, D.:

Methodik zur Merkmalbeschreibung technischer Gegenstände.
Berlin: Beuth 1986.

LEY, W.:

Optimales Variantenmanagement – Wirtschaftlichkeit trotz Variantenwachstums durch intelligente Produktplattformen. In: Innovatives Produktmanagement. Moderne Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Produktführung, Karlsruhe.
Düsseldorf: VDI-Verlag 2000.

- LINDEMANN, U. (2000B):
Methoden der Produktentwicklung.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Umdruck zur Vorlesung Methoden der Produktentwicklung 2000.
- LINDEMANN, U.; KIEWERT, A.:
Kostenmanagement in der Produktentwicklung.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Umdruck zur Vorlesung Kostenmanagement in der Produktentwicklung 1999.
- LINGNAU, V.:
Variantenmanagement.
Berlin: Schmidt 1994.
- MANN, M.:
Technisch-wirtschaftliche Bewertung von Plattform- und Modularisierungskonzepten im Fahrzeugbau.
München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Diplomarbeit 2001. (Nr. 916)
- MARRA, A.:
Standardisierung und Individualisierung im Marktprozeß.
Wiesbaden: Gabler 1999.
Zugl. Berlin: Freie Univ., Diss. 1999.
- MEHLO, H.; FRENTZEL, R.:
Bereinigung der Stammdaten in SAP – ein Mittel zur Teilereduzierung und Beherrschung der Komplexität. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte, Würzburg.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. (VDI-Berichte 1434)
- MEMPEL, G.:
Das Produktmanagement als interdisziplinäres Prozessmanagement organisieren. In: Innovatives Produktmanagement. Moderne Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Produktführung, Karlsruhe.
Düsseldorf: VDI-Verlag 2000.
- MENGE, M.:
Ein Beitrag zur Beherrschung der Variantenvielfalt in der auftragsbezogenen Einzel- und Kleinserienfertigung komplexer Produkte.
Dissertation, TU Braunschweig, 2001.
- MEYER, W.:
Standardisierung und effizienter Einsatz von Wiederholteilen.
Konstruktion (2001) 3, S. 54-55.
- MINTZBERG, H.:
The Rise and Fall of Strategic Planning.
New York: Free Press 1994.
- MÖHRINGER, S.:
Typenvielfalt gewährleisten und Komplexität beherrschen – die Rolle der integrierten rechnergestützten Angebotsbearbeitung. In: Plattformkonzepte auch für Kleinserien und Anlagen, Stuttgart.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1999, S. 57-76. (VDI-Berichte 1510)

MÜLLER, A.:

Variantenmanagement von Verbindungselementen.

München: TU, Lehrstuhl für Konstruktion im Maschinenbau, Unveröffentlichte Diplomarbeit 1997. (Nr. 803)

MÜLLER, R.:

Datenbankgestützte Teileverwaltung und Wiederholteilsuche.

München: Hanser 1991. (Konstruktionstechnik München, Band 6)

Zugl. München: TU, Diss. 1990.

NEUBERT, M.:

Schnittstellenmanagement – „Der gewollte Konflikt“. In: Innovatives Produktmanagement. Moderne Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Produktführung, Karlsruhe.

Düsseldorf: VDI-Verlag 2000.

OHMAE, K.:

Triad Power, the Coming Shape of Global Competition.

New York: The Free Press 1985.

ORENDI, G.:

Veränderungsprozesse im Produktmanagement. In: Innovatives Produktmanagement. Moderne Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Produktführung, Karlsruhe.

Düsseldorf: VDI-Verlag 2000.

OSTERMEIER, M.:

Methoden und Werkzeuge zur nachhaltigen Standardisierung variantenreicher Produktfamilien, entstanden durch Fusionen Branchengleicher Unternehmen.

München: TU, Lehrstuhl für Produktentwicklung, Unveröffentlichte Diplomarbeit 2001. (Nr. 893)

PAHL, G.; BEITZ, W.:

Konstruktionslehre, Methoden und Anwendung. 4. Auflage.

Berlin: Springer, 1997.

PFLAUM, D.

Mit verkaufsfördernden Maßnahmen und effizienter Markenpolitik zu mehr Erfolg. In: Innovatives Produktmanagement. Moderne Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Produktführung, Karlsruhe.

Düsseldorf: VDI-Verlag 2000.

PILLER, F.:

Kundenindividuelle Massenproduktion.

München: Hanser 1998.

PILLER, F.; WARINGER, D.:

Modularisierung in der Automobilindustrie – neue Formen und Prinzipien.

Aachen: Shaker 1999.

PORTER, M. E.:

Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors.

New York: Press Free 1980.

- PORTER, M.E.:
Competitive Strategy.
Frankfurt/New York: Campus 1992.
- PORTER, M. E.:
What Is Strategy?
Harvard Business Review 74 (1998) 6, S. 61-78.
- QUADT, H.-P.:
Telekommunikation als Mittel zur Beherrschung steigender Komplexität bei Entwicklung und Auftragsabwicklung. In: Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte, Würzburg.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. (VDI-Berichte 1434)
- RATHNOW, P.J.:
Integriertes Variantenmanagement.
Göttingen: Vandenhoeck und Ruprecht, 1993.
- REINHART, G.:
Methoden der Unternehmensführung.
München: TU, Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften, Umdruck zur Vorlesung
Methoden der Unternehmensführung 1999.
- REINHARDT, G.; DÜRRSCHMIDT, S.; KRÜGER, A.:
Marktgerecht variable Stückzahlen produzieren.
[gelesen am 10.01.2001, URL: <http://www.iwb.tum.de/Veroeffentlichungen>].
- RIEDEL, H.; EVERSHEIM, W.; KORRECK, A.:
Variantenorientierte Produktprogrammplanung⁸ – Komplexitätsbewältigung zwischen Markt und Produktion. In: Plattformkonzepte auch für Kleinserien und Anlagen, Stuttgart.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1999, S. 29-48. (VDI-Berichte 1510)
- ROBENS, H.:
Modell- und methodengestützte Entscheidungshilfen zur Planung von Produkt-Portfoliostrategien.
Frankfurt am Main: Lang 1986.
Zugl. Aachen: Diss. 1986.
- SAUTER, R.:
Komplexität im Kleinserien- und Anlagenbau durch projektspezifisches und projektübergreifendes Target Costing beherrschen. In: Plattformkonzepte auch für Kleinserien und Anlagen, Stuttgart.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1999, S. 97-116. (VDI-Berichte 1510)
- SCHARES, L. P.:
Methodik zur technischen Auftragsklärung komplexer, kundenspezifischer Sondermaschinen und Anlagen.
Aachen: Shaker 1999.
Zugl. Aachen: TH, Diss. 1998.
- SCHEWE, G.:
Post Merger Integration.

Studie des Lehrstuhls für Betriebswirtschaftslehre der Universität Münster und der Unternehmensberatung Accenture.

www.wiwo.de/pmi-studie (gelesen am 5.12.02)

SCHÖTTNER, J.:

Produktdatenmanagement in der Fertigungsindustrie.
München: Hanser 1999. (Ausgeliehen an Gramann)

SCHIEBELER, R.:

Kostengünstig Konstruieren mit einer rechnergestützten Konstruktionsberatung.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 15)
Zugl. München: TU, Diss. 1993.

SCHUH, G.:

Gestaltung und Bewertung von Produktvarianten.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1989.
Zugl. Aachen: TH, 1989.

SCHUH, G.:

Beherrschung der Variantenvielfalt – Methoden und Tools zum Komplexitätsmanagement bei Produkten und Prozessen, Stuttgart.
Düsseldorf: VDI-Verlag 2001.

SCHUH, G.; KAISER, A.:

Kostenmanagement in Entwicklung und Produktion mit der Ressourcenorientierten Prozesskostenrechnung.
In Kostenrechnungspraxis 1994, Heft 1.

SCHWANKL, L.:

Analyse und Dokumentation in den frühen Phasen der Produktentwicklung.
München: Dr. Hut Verlag 2002.
Zugl. München: TU, Diss. 2002.

STEINER, G. A.:

Strategic Planning: What Every Manager Must Know.
New York: Free Press 1979.

SZILÁGYI, S.:

Marktstudie: Produktkonfigurationssysteme im Variantenmanagement.
Paderborn: Universität Paderborn, Heinz-Nixdorf-Institut, Diplomarbeit o.J.

THOMÉ, G.:

Transfer vom Konsumgüter- zum Investitionsgütermarketing: Möglichkeiten und Grenzen. In: Innovatives Produktmanagement. Moderne Methoden und Instrumente zur erfolgreichen Produktführung, Karlsruhe.
Düsseldorf: VDI-Verlag 2000.

TROPSCHUH, P.:

Rechnerunterstützung für das Projektieren mit Hilfe eines wissensbasierten Systems.
München: Hanser 1989. (Konstruktionstechnik München, Band 1)
Zugl. München: TU, Diss. 1988.

TRECHSEL, F.:

Produkt / Markt – Strategie ... Kernstück jeder Unternehmensstrategie.
Management-Z. 47 (19978), S.383-387.

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.):

Effektive Entwicklung und Auftragsabwicklung variantenreicher Produkte.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1998. (VDI-Berichte 1434)

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.):

Plattformkonzepte auch für Kleinserien und Anlagen?
Düsseldorf: VDI-Verlag 1999. (VDI-Berichte 1510)

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE (Hrsg.):

Systematische Produktplanung.
Düsseldorf: VDI-Verlag 1983.

VDI-RICHTLINIE 2220:

Produktplanung, Ablauf, Begriffe und Organisation.
Düsseldorf, VDI-Verlag 1980

VDI-RICHTLINIE 2235:

Wirtschaftliche Entscheidung beim Konstruieren – Methoden und Hilfen.
Düsseldorf, VDI-Verlag 1987

VDMA LAGEBERICHT:

Statistisches Erfassungsmaterial des VDMA, Lagebericht.
Frankfurt am Main, VDMA Verlag 1976.

WEINBRENNER, V.:

Produktlogik als Hilfsmittel zum Automatisieren von Varianten- und Anpassungskonstruktionen.
München: Hanser 1994. (Konstruktionstechnik München, Band 11)
Zugl. München: TU, Diss. 1993.

WEY, C.:

Marktorganisation durch Standardisierung.
Berlin: Ed. Sigma 1999.
Zugl. Saarbrücken: Univ, Diss. 1998.

WINKLER, B.; DÖRR, S.:

Fusionen überleben.
München: Hanser 2000.

WILDEMANN, H.:

Komplexitätsmanagement.
München: TCW Transfer-Centrum 2000.

WILDEMANN, H.:

Produktivitätsmanagement.
München: TCW Transfer-Centrum 1996.

WILDEMANN, H.:

Variantenmanagement zur Komplexitätsreduzierung und Komplexitätsbeherrschung.
München: TCW Transfer-Centrum 1998.

WILDEMANN, H.:

Neue Produktordnungskonzepte.
München: TU, Folien 2000.

14. Dissertationsverzeichnis

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 SAUERMANN, 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 KITTSTEINER, 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 Teileverwaltung 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 GIAPOULIS, 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 BIRSACK, H.:
Methode für Kraftleinleitungsstellenkonstruktion 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 STÖBER, 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 ABMANN, 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: TU, Diss. 2002. (Produktentwicklung München, Band 50)
- 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: TU, Diss. 2002. (Produktentwicklung München, Band 53)