

Masterarbeit

Variantenmanagement in der Fließfertigung

eingereicht an der

Montanuniversität Leoben

erstellt am

Lehrstuhl Industrielogistik

Vorgelegt von:

Andreas Raidl
0335148

Betreuer/Gutachter:

Dipl.-Ing. Stefanie Volland
Univ.-Prof. Dr. Helmut Zsifkovits

Leoben, 23.2.2012

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Andreas Raidl

Leoben, 23.2.2012

Danksagung

Ich möchte mich in erster Linie bei der Montanuniversität Leoben für die Möglichkeit des Verfassens einer Masterarbeit, sowie für die Bereitstellung aller nötigen Daten, Informationen und Unterlagen bedanken.

Ein besonderer Dank geht hierbei an den Institutsvorstand der Industrielogistik Univ.-Prof. Dr. Helmut Zsifkovits, der mich bei all meinen Arbeitsschritten mit Rat und Tat unterstützt haben.

Bei Frau Dipl.-Ing. Stefanie Volland möchte ich mich für die ausgezeichnete Betreuung während des Verfassens der Arbeit, sowie für die guten Tipps und die teilweise sehr zeitintensiven Besprechungen bedanken.

Kurzfassung

Die Komplexität moderner Produkte nimmt laufend zu. Höherwertige Funktionalität und individuelle Bedarfe auf weltweiten Märkten, aber auch historisch gewachsene Produktionsprogramme führen zu differenzierten Produktstrukturen mit einer hohen Vielzahl Produkt- und Prozessvarianten. Dies hat Konsequenzen auf alle Unternehmensbereiche, die sowohl positiv als auch negativ auf den Unternehmenserfolg sein können.

Die allgemeine Beschreibung der Ursachen für eine steigenden Variantenvielfalt am Beginn der Arbeit zeigt, dass die Erhöhung der Produktvarianten die Erfüllung zusätzliche Kundenwünsche ermöglicht und zur Bedienung neuer Marktsegmente oder zum Erschließen neuer Kundenkreise und damit zur Steigerung des Unternehmenserfolgs beiträgt. Dem gegenüber steht die Kostenwirkung der Variantenvielfalt. Diese treten funktionsübergreifend über alle Prozessschritte hinweg auf. Zunehmend komplexere Abläufe und Strukturen führen zu einem höheren Planungs- und Steuerungsaufwand und gleichzeitig zu einer Verschlechterung der Planbarkeit.

Für Unternehmen mit einer Fließfertigung ist das Variantenproblem besonders gravierend, da zu den Kosteneffekten noch Kapazitäts- und Terminprobleme kommen. Darüber hinaus weist die Fließfertigung weitere Spezifikationen auf.

Diese Masterarbeit befasst sich mit dem Variantenmanagement in der Fließfertigung, welches notwendig ist, um auch bei einer stetig steigenden Variantenvielfalt eine Versorgungssicherheit innerhalb der Supply Chain zu gewährleisten.

Es wurden in dieser Arbeit alle notwendigen Maßnahmen zur Implementierung des Variantenmanagement in die Fließfertigung erfasst und eine Ausarbeitung aller vorhandenen Konzepte, Methoden und Strategien zur Produktionsflussoptimierung, unter Berücksichtigung der steigenden Variantenvielfalt erstellt.

Abstract

The complexity of modern products increases constantly. Strong demands on functionality and individual requirements on world-wide markets in addition with historically grown production programs lead to differentiated product structures with a high variety of product and process variants. This has consequences in all divisions, which can be fall positively and negatively on the entrepreneurial success.

The general description of the causes for a rising variant variety at the beginning of the thesis shows that the increase of the product variants supports additional customers requirements and access to new market segments or to new customers. In contrast to these benefits, a cost effect results from that variant variety. Higher costs are created over all functions and because increasable more complex operational sequences and structures.

For enterprises with a flow production the variant problem is particularly critical, because to the cost effects also capacity and scheduling problems are added.

This master thesis is concerned with the variant management in flow production which is necessary, in order to ensure a supply security within the supply chain, also with constantly rising variant variety.

In this thesis, all necessary measures for the implementation of variant management in the flow production is explained and an elaboration of all necessary concepts, methods and strategies for flow of production optimization is provided.

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------------|
| Eidesstattliche Erklärung | I |
| Danksagung | II |
| Kurzfassung | III |
| Abstract | IV |
| Inhaltsverzeichnis | V |
| Tabellen- und Abbildungsverzeichnis | VII |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Ausgangssituation und Zielsetzung | 1 |
| 1.2 Aufbau der Arbeit..... | 2 |
| 2 Variantenvielfalt | 3 |
| 2.1 Externe Ursachen der Variantenvielfalt..... | 5 |
| 2.2 Interne Ursachen der Variantenvielfalt | 6 |
| 2.3 Auswirkungen zunehmender Variantenvielfalt..... | 7 |
| 2.3.1 Die Teufelskreise der steigenden Variantenvielfalt | 8 |
| 2.3.2 Nutzenwirkung der Variantenvielfalt | 10 |
| 2.3.3 Kosten-/ Erlöswirkung der Variantenvielfalt | 11 |
| 2.3.4 Problematik der Quersubventionierung | 16 |
| 2.3.5 Komplexitätswirkung der Variantenvielfalt | 18 |
| 2.3.6 Unternehmensexterne Wirkung der Variantenvielfalt | 26 |
| 3 Variantenmanagement | 26 |
| 3.1 Interne und Externe Vielfalt..... | 28 |
| 3.2 Ansätze des Variantenmanagement | 30 |
| 3.2.1 Variantenfestlegung..... | 32 |
| 3.2.2 Variantenreduzierung | 33 |
| 3.2.3 Variantenbeherrschung | 40 |
| 3.2.4 Vorgehensweise des Variantenmanagement | 43 |
| 4 Darstellung von Produktvarianten | 46 |
| 4.1 Variantenstückliste | 46 |
| 4.2 Methoden zur qualitativen Analyse des Variantenspektrums | 52 |
| 5 Chancen und Defizite vorhandener Variantenmanagementansätze | 58 |
| 6 Fertigungsarten in der Logistik | 62 |
| 6.1 Wanderfertigung | 62 |
| 6.2 Baustellenfertigung..... | 63 |
| 6.3 Werkstattfertigung | 64 |
| 6.4 Gruppenfertigung | 66 |
| 6.5 Fließfertigung | 68 |
| 7 Variantenmanagement in der Fließfertigung | 70 |
| 7.1 Produktionsplanung in der Variantenfließfertigung | 72 |
| 7.2 Produktionssteuerung in der Variantenfließfertigung | 84 |
| 7.3 Produktionsflussqualität in der Variantenfließfertigung | 86 |
| 7.3 Kennzahlen zur Planung und Bewertung der Variantenfließfertigung..... | 88 |
| 8 Conclusio | 90 |
| Literaturverzeichnis | 92 |

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

| | |
|--|----|
| Abbildung 1: Ursachen für Variantenvielfalt | 4 |
| Abbildung 2: Teufelskreis der steigenden Variantenvielfalt | 8 |
| Abbildung 3: Der technikgetriebene Teufelskreis der steigenden Variantenvielfalt..... | 9 |
| Abbildung 4: ABC-Analyse der Produktvielfalt eines erfolgreichen bzw. weniger erfolgreichen Unternehmen | 11 |
| Abbildung 5: Umgekehrte Erfahrungskurve bei Variantenverdopplung..... | 12 |
| Abbildung 6: Optimale Variantenvielfalt | 13 |
| Abbildung 7: Exoten-Quersubventionierung..... | 17 |
| Abbildung 8: Wirkungen der Variantenvielfalt auf bedeutende Leistungskriterien | 20 |
| Abbildung 9: Auswirkungen der Variantenvielfalt auf die Produktion | 22 |
| Abbildung 10: Auswirkung der steigenden Variantenvielfalt auf die Unternehmensbereiche . | 25 |
| Abbildung 11: Ansätze des Variantenmanagements..... | 28 |
| Abbildung 12: Gegenüberstellung interne und externe Vielfalt | 29 |
| Abbildung 13: Ziele des Variantenmanagement | 30 |
| Abbildung 14: Aufteilung des Variantenmanagement | 32 |
| Abbildung 15: Integralbauweise | 35 |
| Abbildung 16: Differentialbauweise..... | 36 |
| Abbildung 17: Modulare Produktstruktur | 38 |
| Abbildung 18: Funktionsintegration | 39 |
| Abbildung 19: Kostenremanenz | 40 |
| Abbildung 20: Hauptstufen des Variantenmanagement | 43 |
| Abbildung 21: Baukastenstückliste..... | 47 |
| Abbildung 22: Strukturstückliste..... | 47 |
| Abbildung 23: Mengenübersichtsstückliste | 48 |
| Abbildung 24: Gleichteilstückliste..... | 49 |
| Abbildung 25: Plus-/Minus- Stückliste | 49 |
| Abbildung 26: Variantenbaum..... | 51 |
| Abbildung 27: Merkmalbaum | 52 |
| Abbildung 28: Variantenausprägungsportfolio..... | 57 |
| Abbildung 29: Nachhaltige Kostenreduzierung durch Variantenmanagement..... | 59 |
| Abbildung 30: Fertigungsformen in der Logistik..... | 62 |
| Abbildung 31: Merkmale und Vor- bzw. Nachteile einer Wanderfertigung..... | 63 |
| Abbildung 32: Formen der Baustellenfertigung..... | 64 |
| Abbildung 33: Vor- bzw. Nachteile der Baustellenfertigung..... | 64 |
| Abbildung 34: Vor- bzw. Nachteile einer Werkstattfertigung | 65 |
| Abbildung 35: Vor- und Nachteile der Gruppenfertigung..... | 67 |

| | |
|---|----|
| Abbildung 36: Vor- bzw. Nachteile einer Fließfertigung | 70 |
| Abbildung 37: Logistische Ziele einer Variantenfließfertigung | 71 |
| Abbildung 38: Ziele der PPS | 73 |
| Abbildung 39: Vorranggraph und Ergebnis der Abstimmung | 76 |
| Abbildung 40: Auftragsabwicklung und Kundenentkopplungspunkt..... | 80 |
| Abbildung 41: Steuerungskonzepte Push und Pull | 85 |
| Abbildung 42: Ziele und Probleme der Produktionssteuerung | 86 |
| Abbildung 43: Zielsystem in der Produktionslogistik der Variantenfließfertigung | 87 |
| Abbildung 44: Bewertung der Ziele einer Variantenfließfertigung..... | 90 |

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Wettbewerbsfähiges Produzieren unter Berücksichtigung der steigenden Globalisierung bedeutet heutzutage, die wachsenden Kundenanforderungen bezüglich individueller Produkte gerecht zu werden. Dazu ist es erforderlich, eine Vielzahl an unterschiedlichen Produktvarianten anbieten zu können, ohne dabei die Logistikkenngrößen Kosten und Qualität außer Acht zu lassen. Aufgrund der steigenden Variantenvielfalt und der damit verbundenen Zunahme der Produktkomplexität und der Komplexität innerhalb eines Unternehmens ist es für einen produzierenden Betrieb heutzutage wichtig, die steigende Variantenvielfalt zu beherrschen, d.h. die wirtschaftliche Herstellung der vom Markt geforderten Produktvarianten zu gewährleisten, um innerhalb der globalen Märkte wettbewerbsfähig zu sein.¹ Vor allem produzierende Unternehmen mit Fließfertigungssystemen stehen aufgrund der beschriebenen Marktentwicklung vor großen Herausforderungen. Bei einer Fließfertigung werden die Arbeitssysteme (Arbeitsplätze, Arbeitsstationen) dem Produktionsprozess der Produkte folgend hintereinander angeordnet. Die zuvor beschriebene steigende Variantenvielfalt erhöht somit den Aufwand einer Fließfertigung. Zusätzliche Spezial-/ Sonderwerkzeuge, Arbeits- und Prüfpläne, neue Fertigungsverfahren sind nur einige Aspekte, welche die Komplexität einer Fließfertigung erhöhen. Die steigende Komplexität führt daher auch zu einer Erhöhung der Rüstzeiten (und somit zur Erhöhung der gesamten Durchlaufzeit) einer Fließfertigung. Weiters erhöht sich auch der Aufwand der notwendigen Fertigungsplanung und der Fertigungssteuerung.

Es ergeben sich folgende Forschungsfragen:

- Worin liegen die wesentlichen Gründe bzw. was sind die primären Treiber einer steigenden Variantenvielfalt?
- Welche Herausforderungen entstehen aufgrund der steigenden Variantenvielfalt an einem Fließfertigungssystem?
- Inwieweit eignen sich die in der Literatur beschriebenen Ansätze, Methoden und Optimierungsmaßnahmen, um der steigenden Produktvielfalt in der Fließ-

¹ Vgl. Zenner (2006), S.13

fertigung gerecht zu werden, ohne dabei die Produktkosten und die Produktqualität zu vernachlässigen?

1.2 Aufbau der Arbeit

Die Zielsetzung dieser Arbeit besteht darin, eine Produktionsplanung für eine Variantenfließfertigung zu erstellen. Zur Erreichung dieses Zieles wurde folgender Arbeitsaufbau gewählt:

Die Einleitung (Kapitel 1) führt in das Thema Variantenmanagement in der Fließfertigung ein. Nach der Beschreibung und Erläuterung der großen Bedeutung des Variantenmanagement in der heutigen Zeit werden die Ausgangssituation und die Zielsetzung der Arbeit erklärt. Im Kapitel 2 werden die Begriffe Variante und Variantenvielfalt definiert. In den Unterkapiteln 2.1 und 2.2 werden die externen und internen Ursachen für die steigende Variantenvielfalt beschrieben. Im Unterkapitel 2.3 sind die Auswirkungen der steigenden Variantenvielfalt auf ein Unternehmen bezüglich der Kosten, des Nutzens und der Komplexität erläutert. Der Erklärung der Komplexitätsfälle folgen die Auswirkungen der steigenden Variantenvielfalt auf die Unternehmensbereiche Beschaffung, Produktion und Distribution. Im Abschnitt 2.3.3 wird ein Schwerpunkt auch auf eine Möglichkeit der Variantenkostenrechnung gelegt.

Das Variantenmanagement und dessen 5 Ansätze (Variantenvermeidung-, Begrenzung-, Reduzierung-, Beherrschung-, Verlagerung) ist Gegenstand des dritten Kapitels. Bei der anschließenden ausführlichen Erklärung der zahlreichen Methoden und Strategien des Variantenmanagement wird im Unterkapitel 3.2.4 ein 5 Stufenplan für die Vorgehensweise des Variantenmanagement erklärt. Die Darstellungsformen Produktvarianten ist Gegenstand des vierten Kapitels. Dabei wird auch auf die Grundformen der zur Verfügung stehenden Darstellungsformen und deren Untergliederungen eingegangen. Im sechsten Kapitel wird auf die unterschiedlichen Fertigungsformen in der Logistik eingegangen. Dabei werden auch auf die Vor- und Nachteile der einzelnen Fertigungsformen eingegangen. Das siebte Kapitel stellt das Hauptkapitel dieser Arbeit dar. Es enthält die notwendigen Maßnahmen und Strategien zur erfolgreichen Umsetzung eines Variantenmanagements in der Fließfertigung.

2 Variantenvielfalt

In den vergangenen Jahren ist in vielen Unternehmen die Produktvielfalt bzw. die Anzahl an Produktvarianten kontinuierlich angestiegen. Kunden verlangen immer häufiger Produkte, die individuell auf ihre Bedürfnisse abgestimmt sind. Dazu kommen noch verkürzte Entwicklungs- und Produktlebenszyklen sowie eine erhöhte Innovations- und Technologiedynamik.² Um die steigende Produktvariantenvielfalt in der Fertigung beherrschen zu können, ist es notwendig, die Gründe und Auswirkungen dafür zu kennen und zu verstehen. Um ein wissenschaftliches Arbeiten und ein einheitliches Vorgehen zu ermöglichen, soll zunächst einmal der Logistikkbegriff Produktvariante definiert werden. Produktvarianten sind basierend auf der Definition DIN 199 Gegenstände, die sich in der Form und der Funktion sehr ähnlich sind, und meist identische Teile aufweisen. Im Allgemeinen bezieht sich der Variantenbegriff auf die Endprodukte, wobei die strukturellen und technischen Merkmale der Einzelteile berücksichtigt werden.³ Varianten lassen sich somit aufgrund ihrer Merkmale wie folgt einteilen:⁴

- **Strukturell:** Lassen sich Varianten durch die Zuordnung der unterschiedlichen Komponenten unterteilen, so wird der Begriff Strukturelle Varianten eingesetzt. Dieser kann naturgemäß nur bei mehrteiligen Varianten eingesetzt werden, da einteilige Varianten keine unterschiedlichen Komponenten zugeordnet werden können.
- **Technisch:**
 - Materialvarianten: Bei dieser Variantenart werden geometrisch gleiche Komponenten aus unterschiedlichen Materialien hergestellt. Ein spezieller Fall der Materialvarianten sind die Oberflächenvarianten (Farbe, Beschaffenheit).
 - Technologievarianten: Bei dieser Variantenart kommt es bei der Produktion zum Einsatz unterschiedlicher Herstellungsverfahren (z.B. Kleben, Schweißen, Löten)
 - Geometrievarianten: Diese Variantenart wird unterteilt in:
 - Formvarianten: weisen eine unterschiedliche Gestalt auf wie z.B. Schraube mit Längsschlitz oder Schraube mit Kreuzschlitz.

² Vgl. Ponn, Lindemann (2008), S.227

³ Vgl. Bräutigam (2004), S.64

⁴ Vgl. Schmidt (2007), S.12; Lingnau (2004), S.28

- Maßvarianten: Haben die gleiche Grundform, weisen aber eine Variation in mindestens einer Abmessung auf wie z.B. Schraube M60*40 und Schraube M60*30.

Die Variantenvielfalt kann somit als Grund für den steigenden Koordinationsaufwand der Leistungsprozesse innerhalb eines Unternehmens angegeben werden. Basierend auf den definierten Begriff „Produktvarianten“ werden nun die Gründe einer steigenden Variantenvielfalt beschrieben. Aufgrund der steigenden Globalisierung und dem Wandel vom Anbieter- zum Käufermarkt gewinnt das Variantenmanagement immer mehr an Bedeutung. So fordern der internationale Wettbewerb und die Endkunden eine Individualisierung der Produkte, was zu einer steigenden Variantenvielfalt auf dem Absatzmarkt führt. Die Variantenvielfalt hat viele Ursachen. Der Hauptgrund ist neben dem gesellschaftlichen Wandel die Entwicklung der Industrie, die von Produkt- über Markt- zur Individualorientierung führte und nun kundenorientierte Produkte verlangt.⁵ Die Ursachen der Variantenvielfalt lassen sich in unternehmensinterne und –externe Einflüsse unterteilen. Varianten die aus externen Einflüssen entstehen, sind meist nicht vermeidbar, wobei die unternehmensinternen bedingten Varianten tendenziell unnötig sind, da sie aus organisatorischen, methodischen und technischen Defiziten resultieren.⁶

In Abbildung 1 sind die verschiedenen Einflüsse auf die Variantenvielfalt grafisch veranschaulichen:

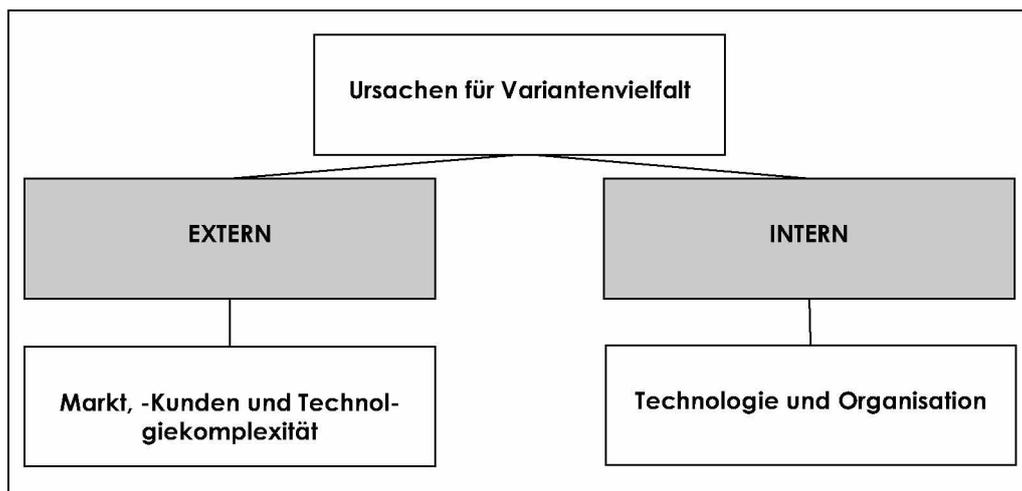


Abbildung 1: Ursachen für Variantenvielfalt⁷

⁵ Vgl. Schmidt (2007), S.3

⁶ Vgl. Schmid (2008), S.22

⁷ In Anlehnung an www.dr-kopp.com, 8.8.2011

2.1 Externe Ursachen der Variantenvielfalt

Ausgangspunkt für die externen Ursachen ist der Wandel vom Absatzmarkt zu den Käufermärkten verbunden mit individuellen Kundenanforderungen an das Endprodukt. Dadurch treten neben den typischen Unternehmenszielen wie die Wirtschaftlichkeit und der Produktivität auch noch Erfolgsfaktoren wie die Erfüllung der geforderten Kundenwünsche auf. Die Sättigung der Märkte und die Globalisierung der Wirtschaft haben zu einer Marktkomplexität geführt.⁸ Die Nachfrage von Standardprodukten nimmt dadurch immer mehr ab. Unternehmen setzen daher auf kundenindividuelle Produkte als Marktfaktor. Es kommt zur Produktion weiterer Varianten wie z.B. weiteren Typen, Sonderausstattungen etc⁹. Die Komplexität der Unternehmen wird somit wesentlich von den Verhältnissen auf den Märkten bestimmt. Folgende Einflussfaktoren sind im Bezug auf die Marktkomplexität zu beachten:¹⁰

- Konkurrenzdruck infolge der Sättigung der Märkte.
- Globalisierung der Märkte im Bereich der Beschaffung und des Absatzes.
- Schneller Wandel der Märkte.
- Weltweiter Vertrieb und Konkurrenz infolge niedriger Transportkosten.

Die Kundenkomplexität resultiert aus dem steigenden Bedürfnis der Kunden nach individuellen Produktlösungen. Durch die Einführung neuer Produkte und Produktvarianten wird versucht, eine langfristige Kundenbindung aufzubauen bzw. neue Kunden zu gewinnen. Somit wird eine starke Kundenorientierung als Reaktion der steigenden Kundenbedürfnisse zu einem zentralen Leitbild der Unternehmen.¹¹ Neben den sich ständig ändernden Marktsituationen und den Kundenanforderungen ist es auch der technische Fortschritt, der eine ständige Weiterentwicklung von Produkten und somit weitere Varianten erzwingt. Die größten Veränderungen sind hierbei in den Informations- bzw. Kommunikationstechnologien zu beobachten.¹² Der technologische Fortschritt hat seit jeher einen Einfluss auf die Komplexität von Produkten und Prozessen genommen. Die technologischen Ursachen für eine steigende Produktvielfalt sind vor allem:¹³

⁸ Vgl. Wiendahl, Gerst, Keunecke (2004), S.9

⁹ Vgl. Ehrlenspiel, Kiewert, Lindemann (2007), S.292

¹⁰ Vgl. Krause, Franke, Gausemeier (2007), S.5

¹¹ Vgl. Wiendahl, Gerst, Keunecke (2004), S.292

¹² Vgl. Ponn, Lindemann (2008), S.229

¹³ Vgl. Krause, Franke, Gausemeier (2007), S.5

- Die Entwicklung neuer Werkstoffe,
- Neuartige Fertigungsverfahren,
- innovative Technologien wie z.B. Automatisierungstechnik, Biotechnologie, Informationstechnologie usw.

Auch politische Ursachen können auf die steigende Variantenvielfalt einwirken:¹⁴

- Veränderung der Gesetzgebung,
- Politisch veränderte Zugänglichkeit zu den verschiedenen Märkten,
- Pluralisierung von Normen und Werten (z.B. Mobilität).

Neben den beschriebenen externen Einflüssen fördert auch eine Reihe von externen Einflüssen eine stetige Erhöhung der Variantenvielfalt.

2.2 Interne Ursachen der Variantenvielfalt

Die internen Ursachen der Variantenvielfalt sind meist organisatorischer Art. Häufig wird weder konsequent noch regelmäßig die Bereinigung von Teilen, Baugruppen oder Produkten durchgeführt. d.h. alte Produkte werden nicht in diesem Ausmaß vom Markt genommen, wie neue Produkte eingeführt werden. Der Vertrieb hingegen wird aufgefordert, mit neuen individuellen Produkten neue Kunden zu gewinnen. Auch der Unternehmensbereich Produktion leistet häufig keinen Beitrag zur Reduktion der Produktvarianten, da mit der heutigen hochflexiblen und vollautomatisierten Fertigungstechnik die Erfüllung fast jeden Kundenwunsches ermöglicht wird. Oftmals erzeugen Unternehmen auch Ertrags- mindernde Varianten, indem man dem Kunden individuelle Sonderwünsche zusagt.¹⁵ Die internen Ursachen für eine Variantenvielfalt können wie folgt unterteilt werden:

- **Produktbedingte Ursachen:** Die Zunahme der Variantenvielfalt in Unternehmen wird vorzugsweise von der Produktseite getrieben. Die Umsetzung vielfältiger Kundenwünsche schlägt sich unmittelbar auf die Produktstruktur nieder. Folglich wird das Design der Produkte in immer kürzeren Zyklen geändert, was ebenfalls zu einem Anstieg der Variantenvielfalt und der Funktionalität der Produkte führt.¹⁶

¹⁴ Vgl. Krause, Franke, Gausemeier (2007), S.6

¹⁵ Vgl. Franke (2002), S.4

¹⁶ Vgl. Wiendahl, Gerst, Keunecke (2004), S.10

- **Ursachen der Unternehmensplanung und -führung:** Auch aufgrund einer grundsätzlichen Unternehmensplanung und -führung kann einer hoher Koordinationsaufwand bzw. eine steigende Komplexität innerhalb eines Unternehmens begründet werden. Ursachen in diesem Bereich sind:
 - Erschließung neuer Marktsegmente zur Kundenwunscherfüllung, zunehmende Zusammenarbeit verschiedener Unternehmen mit verschiedenen Strukturen und Kulturen, fehlende Ausbildung bzw. Kommunikation mit dem Mitarbeitern bezüglich der Komplexität oder der Verwendung nicht geeigneter IT-Systeme¹⁷
- **Ursachen aus Methoden und Werkzeugeinsatz:** Oftmals entsteht ein ungewollter hoher Koordinationsaufwand innerhalb eines Unternehmens durch fehlende Methoden oder ihrer falschen Anwendung. Wesentliche Mängel sind hierbei:
 - keine oder ungeeignete Werkzeuge zur Darstellung komplexer Sachverhalte, Mangel angepasster Methoden und Werkzeuge, unsystematisches Vorgehen bei z.B. Konstruktionsänderungen, inkompatible Werkzeuge und Methoden¹⁸

Wie schon am Beginn dieses Kapitel beschrieben ist es auch notwendig zu erfassen, welche Auswirkungen nun die steigende Produktvielfalt auf den Fertigungsprozess eines Unternehmens hat.

2.3 Auswirkungen zunehmender Variantenvielfalt

Die anfallenden Kosten und Nutzen bei der Einführung neuer Produktvarianten müssen aufeinander abgestimmt werden. Häufig werden nur die negativen Auswirkungen der steigenden Variantenvielfalt betrachtet. Hier soll vorab klargestellt werden, dass eine zunehmende Variantenanzahl auch einen positiven Nutzen hat und in einem gewissen Umfang notwendig ist. Die Variantenvielfalt ist also nicht nur kritisch zu betrachten, sie ist auch von großer Bedeutung, um nach dem Wandel vom Anbietermarkt zum Käufermarkt die Wettbewerbsfähigkeit des eigenen Unternehmens zu festigen.¹⁹ Bei einer Ausweitung der Produktvielfalt kann man zwischen Nutzen-, Kom-

¹⁷ Vgl. Krause, Franke, Gausemeier (2007), S.6

¹⁸ Vgl. Krause, Franke, Gausemeier (2007), S.7

¹⁹ Vgl. Bayer (2010), S.41

plexitäts-, und Kostenauswirkungen auf das Unternehmen und dessen einzelnen Bereiche unterscheiden.²⁰

2.3.1 Die Teufelskreise der steigenden Variantenvielfalt

Durch die im vorigen Abschnitt beschriebenen Ursachen der Variantenvielfalt entstehen so genannte Teufelskreise des Variantenmanagement, welche erhebliche Risiken mit sich bringen, jedoch von den Unternehmen zunächst oft gar nicht wahrgenommen werden. Sobald sie erkannt und erfasst werden, ist es meist nur mit größter Anstrengung möglich, diese wieder zu verlassen. Als Teufelskreise versteht man folgenden Sachverhalt: Als Reaktion auf stagnierende Absätze wird eine Erweiterung Produktvarianten in Nischenmärkte durchgeführt. Die tatsächlichen Kosten der steigenden Variantenvielfalt werden unterschätzt und langfristig verändert sich die Kostenstruktur innerhalb eines Unternehmens hin zu größeren Gemeinkostenanteilen, da z.B. die erforderliche Flexibilisierung der Produktion zusätzliche Investitionen erfordert und betriebliche Abläufe werden komplexer. Dadurch sinkt die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens und der Teufelskreis beginnt von Neuem.²¹ Diesen Sachverhalt zeigt nun die Abbildung 2:

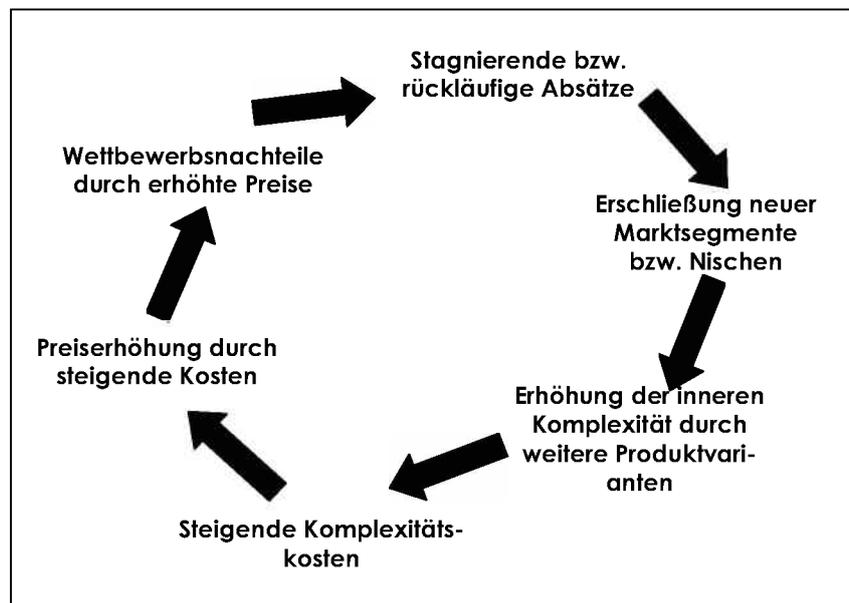


Abbildung 2: Teufelskreis der steigenden Variantenvielfalt²²

Eine einzelne Variantenentscheidung hat meistens keine nachhaltigen Auswirkungen auf den Komplexitätsgrad eines Unternehmens, der sich daher mit kleinen Entschei-

²⁰ Vgl. Schmid (2009), S.28

²¹ Vgl. Franke (2002), S.3, Bayer (2010), S.41

²² In Anlehnung an Franke (2002), S.3

dungen schleichend erhöhen kann. Erst eine Vielzahl solcher kleinen Entscheidungen führen zu Kapazitätsengpässen wie z.B. durch steigende Rüstzeiten. Durch Anpassungen des Produktionssystems führen die eigentlichen Variantenentscheidungen zu sprungfixen Kostenerhöhungen. Hierbei befindet sich ein Unternehmen wieder im Teufelskreis. Mithilfe von sogenannten Komplexitätsbeherrschungsmaßnahmen wie z.B. Baukastensysteme, Modulbildung oder flexible Fertigung sind weitere Varianten quasi ohne weitere Kosten möglich. Erst bei einer bestimmten Anzahl neuer Produktvarianten sind die Auswirkungen wieder so deutlich, dass die Probleme mit weiteren Anpassungen der Fertigung oder Einsatz von Methoden zur Variantenbeherrschung mit weiteren Fixkosten für Personal oder Investitionen bewältigt werden müssen.²³ Diesen Sachverhalt zeigt nun die Abbildung 3.:

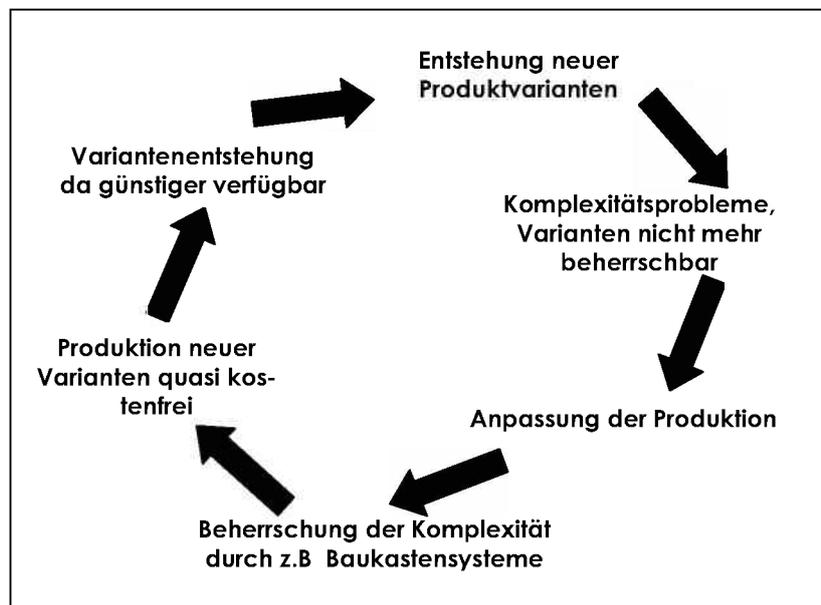


Abbildung 3: Der technikgetriebene Teufelskreis der steigenden Variantenvielfalt²⁴

Da der technikgetriebene Teufelskreis für viele Unternehmen existenzbedrohend sein kann, ist eine genaue Analyse der Wirkung einer steigenden Variantenvielfalt dringend erforderlich.

Die wertmäßigen Auswirkungen der zunehmenden Variantenvielfalt sind meist nur schwer quantifizierbar. Zur Bewertung der steigenden Variantenvielfalt sollte einerseits versucht werden, die Nutzeffekte wie vielfältige Käuferschichten oder gesteigerter Kundennutzen, die zu höheren Erlösen führen, monetär zu quantifizieren. Auf der anderen Seite stehen die anfallenden Kosten der Komplexität, wie z.B. zusätzlicher

²³ Vgl. Bayer (2010), S.42

²⁴ In Anlehnung an Bayer (2010), S.43

Ressourcenverzehr in den verschiedenen Unternehmensbereichen oder der Variantenvielfalt zurechenbarer Zusatzkosten. In den nächsten Unterkapiteln werden diese Auswirkungen genauer erläutert.²⁵

2.3.2 Nutzenwirkung der Variantenvielfalt

Eine richtig eingesetzte Produktvielfalt bringt einem Unternehmen zweifellos einen Nutzen. Eine Zunahme der Produktvielfalt soll eine Kundenorientierung erwirken und damit zu einer Umsatzerhöhung führen.²⁶ Grundsätzlich muss man zwischen der Nutzwirkung des Kunden und der Nutzwirkung für das Unternehmen unterscheiden. Ein Kundennutzen ergibt sich aus den Produkteigenschaften, und auch aus der Erfahrung im Zusammenhang mit dem Kauf, Service bis hin zum Markennamen. Dem stehen die Kosten, d.h. der Kaufpreis entgegen. Grundsätzlich entscheidet sich ein Kunde nur dann für den Kauf eines Produktes, wenn der Nutzen den Preis für dessen Gebrauch übersteigt.

Produkte die

- Leistungsmerkmale enthalten, für die der Kunde bzw. Markt kein Bedürfnis hat,
- wichtige Anforderungen des Kunden bzw. des Marktes nicht erfüllen,
- und für den Kunden nicht transparent sind

tragen nicht zum Kundennutzen bei. Der Kundennutzen kann somit nur dann gesteigert werden, wenn die einzelnen Produktvarianten die Anforderungen des Kunden erfüllen, nicht aber wenn mehrere Produktvarianten de facto dieselben Kundenanforderungen abdecken.²⁷

Für das Unternehmen liegt mit einer steigenden Produktvariantenvielfalt der Nutzen darin, neue Kunden zu gewinnen und damit zusätzliche Erlöse zu realisieren. Durch eine bessere Kundenorientierung wird ein größerer Kundennutzen generiert. Der Hauptweck der zusätzlichen Variantenbildung liegt somit bei steigendem Wettbewerb eine gute Kundennutzenposition zu schaffen. Wie in Abbildung 4 dargestellt, führen erfolgreiche Unternehmen in ihrer Produktion bei gleichem Umsatz weitaus weniger Varianten und vergleichsweise weniger C-Produkte.²⁸

²⁵ Vgl. Bayer (2010), S.43

²⁶ Vgl. Schuh (2005), S.22

²⁷ Vgl. Schuh (2005), S.27

²⁸ Vgl. Schmid (2009), S.29

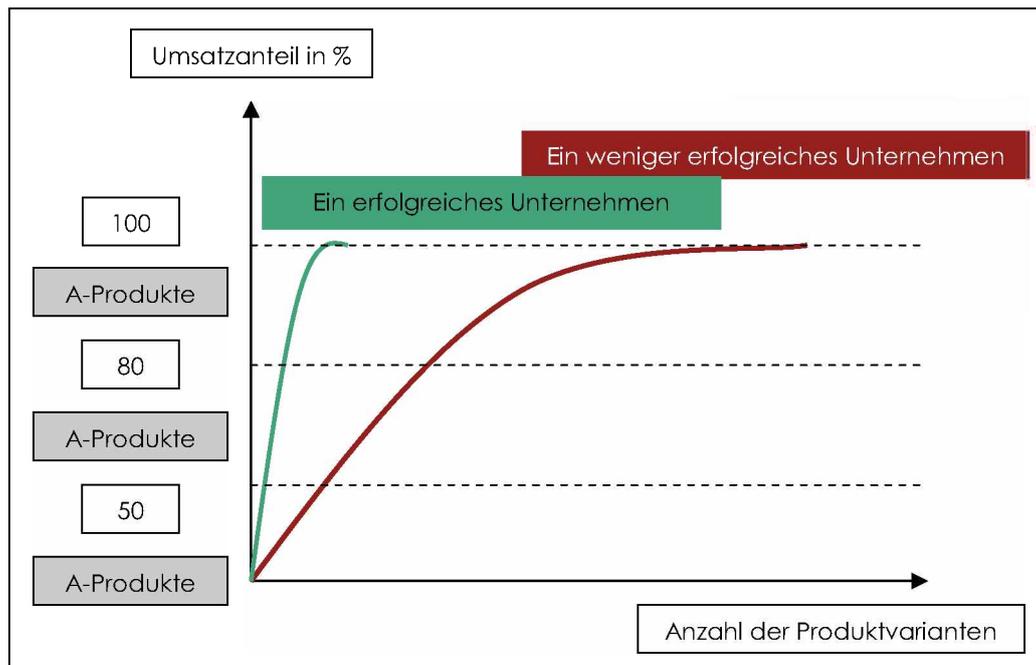


Abbildung 4: ABC-Analyse der Produktvielfalt eines erfolgreichen bzw. weniger erfolgreichen Unternehmen²⁹

Der Nutzen für die Kunden bzw. dem Unternehmen ist immer in Verbindung mit den anfallenden Kosten zu sehen. Nur eine optimal gewählte Produktvielfalt gewährleistet einen langfristigen Unternehmenserfolg verbunden mit einer hohen Kundenzufriedenheit.³⁰

2.3.3 Kosten-/ Erlöswirkung der Variantenvielfalt

Wie schon im vorigen Abschnitt beschrieben, haben Varianten eine Kosten bzw. Erlöswirkung. Die Optimierung der Variantenvielfalt muss also dazu führen, dass die Kosten und Erlöse in einem optimalen Verhältnis zueinander stehen. Im Hinblick auf den Kostenverlauf bei steigender Variantenvielfalt, lässt sich folgende These formulieren: Bei einer Verdoppelung der Variantenanzahl steigen die Stückkosten um 20 bis 30%. Diese These ist darauf zurückzuführen, da mit einer steigenden Variantenvielfalt die Gesamtkosten überproportional ansteigen, weil etwa in den Bereichen Forschung und Entwicklung mehr Kosten und höhere Kosten für die Koordination des Produktionsprozesses verbraucht werden. Andererseits sinken die Auslastung des Produktionssystems und die Stückzahl pro Auftrag.³¹

²⁹ In Anlehnung an Prillman (1995), S.1234

³⁰ Vgl. Schmid (2009), S.30

³¹ Vgl. Corsten, Reiß (2008), S.463

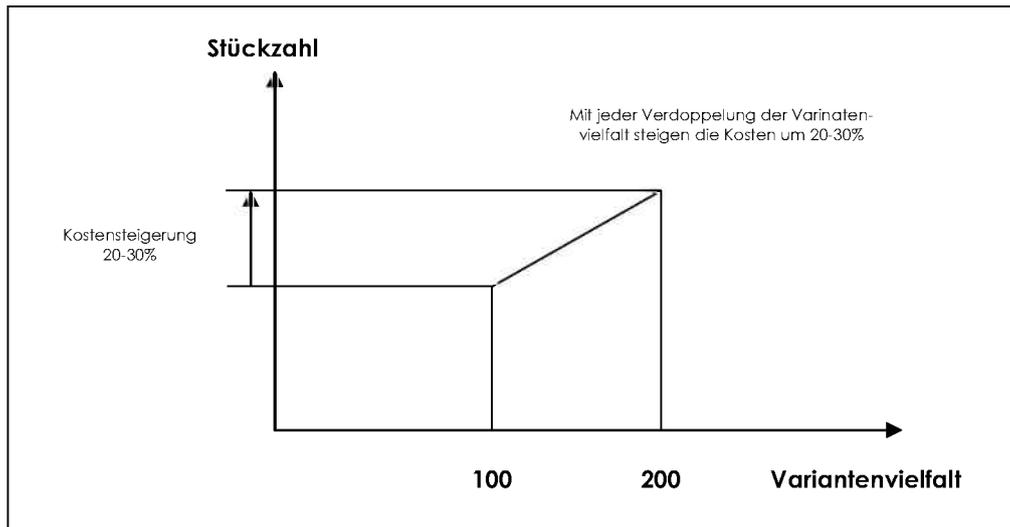


Abbildung 5: Umgekehrte Erfahrungskurve bei Variantenverdopplung³²

Basierend auf den durch die Variantenvielfalt beeinflussten Kosten- Nutzenwirkungen kann eine optimale Variantenvielfalt abgeleitet werden. Wenn ein Unternehmen nun erkennt, dass die vom Markt geforderte die derzeit angebotene Produktvielfalt wesentlich übersteigt, wird das Unternehmen neue Varianten produzieren. Eine solche Anpassung der Variantenvielfalt erhöht den Koordinationsaufwand der Leistungsprozesse eines Unternehmens. Ein rational agierendes Unternehmen wird somit die Variantenvielfalt nur solange erhöhen, bis die zusätzlichen Erlöse vollständig von den Gesamtkosten aufgebraucht werden. Die Aufwendungen die durch den steigenden Koordinationsaufwand verursacht werden, bezeichnet man als Komplexitätskosten.³³ Ein direkter Nachweis an Komplexitätskosten ist im Allgemeinen oft schwierig, da sie meist nicht dort anfallen, wo sie verursacht wurden. Während beispielsweise eine weitere Produktvariante durch den Vertrieb ausgelöst wird, wirken sich die dabei resultierenden Kosten erheblich auf die Bereiche Entwicklung, Konstruktion, Produktion und dem Kundendienst aus. Denn gleichen Effekt liefert der Bereich Konstruktion, wenn dort anstatt einer Übernahme eines bereits vorhandenen Teiles eine Neukonstruktion entwickelt wird. Die neue Produktvariante wirkt sich vor allem wieder auf die nach gelagerten Bereichen der Produktion und die des Kundendienstes kostensteigernd aus. Die Handhabung mit der steigenden Variantenvielfalt wird somit erschwert, da die Kostenverursachung und der Kostenanfall oftmals nicht identisch sind.³⁴ Eine direkte Ursache- Wirkungs- Beziehung zwischen dem erhöhten Koordinationsaufwand und einem Anstieg der Kosten ist darüber hinaus nur sehr schwer nach-

³² In Anlehnung an Bayer (2010), S.46

³³ Vgl. Albers (2007), S.655

³⁴ Vgl. Rohrhofer (2009), S.38

zuweisen, da viele Auswirkungen auch zeitverzögert und nur indirekt auftreten. Grundsätzlich lassen sich die Komplexitätskosten in direkte und indirekte Kosten unterteilen.³⁵ In Abbildung 6 werden die unterschiedlichen Kostenauswirkungen auf die steigende und optimale Variantenvielfalt grafisch dargestellt.

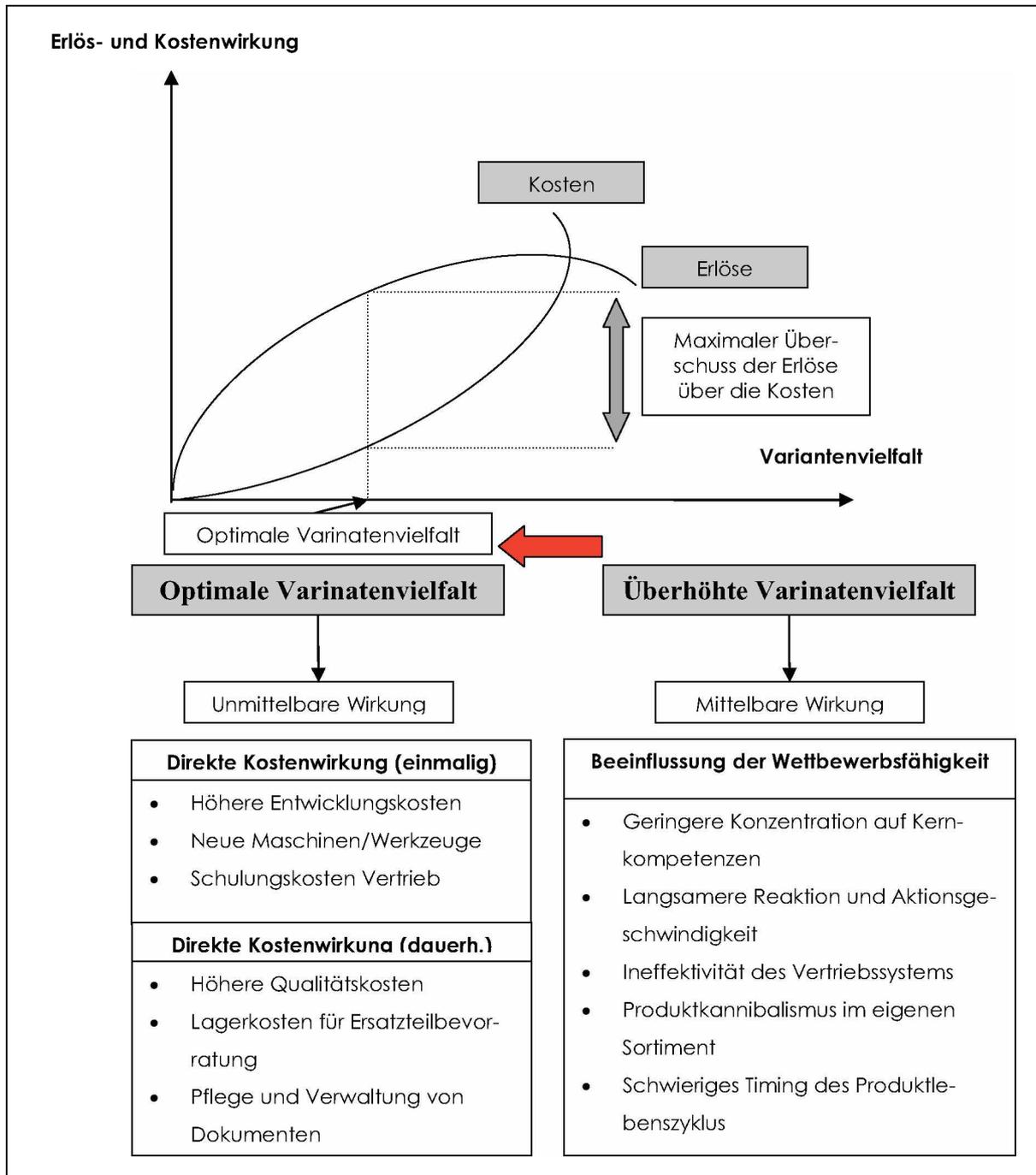


Abbildung 6: Optimale Variantenvielfalt³⁶

³⁵ Vgl. Gießmann (2010), S.39

³⁶ In Anlehnung an Stocker, Radtke (2000), S.31; Schuh (2005), S.21

Die unmittelbaren Kostenauswirkungen treten direkt mit der Erhöhung des Koordinationsaufwandes der betrieblichen Leistungserstellung auf z.B. Vermarktungskosten für eine zusätzliche Produktvariante. Die unmittelbaren Kostenauswirkungen sind meist reversibel, d.h. baut ein Unternehmen den Koordinationsaufwand durch das Sinken der Anzahl der Produktvarianten ab, dann verschwinden diese Kosten auch wieder.³⁷ Bei den unmittelbaren Kostenwirkungen wird zwischen variantenspezifischen Zusatzkosten, allgemeinen Zusatzkosten und Opportunitätskosten unterschieden:

- **Variantenspezifische Zusatzkosten:** Sind Einzelkosten einer besonderen Variantenart, wie z.B. Entwicklungskosten der Varianten sowie Lager- und Bestellkosten für variantenspezifische Teile. Bezogen auf die verschiedenen Aufträge einer Variantenart handelt es sich aber um Gemeinkosten aller Aufträge dieser Variantenart. Diese Art der Kosten führen bei einer geringeren Stückzahl je Variante zu steigenden Kosten pro Stück, dass sich diese Kostenart im Vergleich zu einer variantenarmen Produktion auf eine geringe Stückzahl verteilt.³⁸
- **Allgemeine Zusatzkosten:** Sind Einzelkosten der Gesamtheit der Variantenarten die in einem höheren Koordinationsaufwand begründet sind. Sie zeigen sich z.B. im Aufbau von Lagerbeständen oder zum Ausgleich von Koordinationsdefiziten.³⁹
- **Opportunitätskosten:** Sind im eigentlichen Sinne Erlöseinbußen, die aufgrund der steigenden Komplexität und die damit verbunden Leistungsschmälerungen der Unternehmensbereiche Beschaffung, Produktion und Distribution zurückzuführen sind. Es treten zunehmend Blindzeiten bzw. unproduktive Zeiten (z.B. Rüstzeiten) auf, die zu einer Leistungsschmälerung der Unternehmensbereiche führen und somit zu einem Lieferverzug. Durch die Nichteinhaltung der Lieferzeiten kommt es zu Erlöseinbußen. Bei Opportunitätskosten handelt es sich immer um Gemeinkosten, die keiner Variante direkt angelastet werden können.⁴⁰

Neben den direkten Kosten (unmittelbaren Kosten) treten auch indirekte Kosten (mittelbaren Kostenwirkung) in Form von Opportunitätskosten auf. Dabei handelt es sich um Kosten, die anfallen, wenn Ressourcen zur Komplexitätsbewältigung eingesetzt werden, die aber an anderen Stellen sinnvoller verwendet werden könnten. Als

³⁷ Vgl. Adam (1998), S.48

³⁸ Vgl. Corsten, Reiß (2008), S.463; Adam (1998), S.48

³⁹ Vgl. Corsten, Reiß (2008), S.463

⁴⁰ Vgl. Adam (1998), S.49

Opportunitätskosten ist auch der Kannibalisierungseffekt innerhalb des Produktsortimentes wichtig zu erwähnen.⁴¹ Von einem Kannibalisierungseffekt wird dann gesprochen, wenn einem Umsatzzuwachs durch eine weitere Produktvariante gleichzeitig ein Umsatzrückgang bei einer anderen Produktvariante gegenübersteht. Diese entgangenen Deckungsbeiträge können als Opportunitätskosten interpretiert werden.⁴² Grundsätzlich schlägt sich die Kostenwirkung aufgrund der zunehmenden Variantenvielfalt auf sämtliche Unternehmensbereiche z.B. wie Konstruktion, Einkauf, Vertrieb, Produktion, Logistik und Finanzrechnungswesen nieder. Die Kostenwirkung tritt meist erst zeitverzögert auf, bei einem Rückgang der Produktvariantenvielfalt hingegen können die Kosten nicht im gleichen Maße wieder abgebaut werden. Man spricht hier von einer so genannten Kostenremanenz.⁴³

Unter einer Kostenremanenz versteht man, dass bei einer rückläufigen Beschäftigung die Kosten erst mit einer zeitlichen Verzögerung zurückgehen. Die Ursachen dafür können sein:

- Abschreibungen für stillgelegte Maschinen laufen weiter,
- Kosten durch Kündigungsschutz, Abfindungszahlungen, Sozialpläne,
- Verträge können nicht kurzfristig gekündigt werden, z.B. Leasing.

Wie zuvor beschrieben, ist ein direkter Nachweis an Komplexitätskosten im Allgemeinen oft schwierig, da sie meist nicht dort anfallen, wo sie verursacht wurden und meist auch zeitverzögert auftreten. Die Herausforderung besteht darin, die Komplexitätskosten verursachungsgerecht zu bewerten. In traditionellen Kostenrechnungssystemen werden Kosten die durch zusätzliche Varianten entstehen, nicht differenziert betrachtet, sondern in der Regel pauschal als Gemeinkosten verrechnet. Eine Variante zur verursachungsgerechten Zuordnung von Komplexitätskosten bietet die ressourcenorientierte Prozesskostenrechnung.

Hierbei gilt es zunächst, jene Kostenstellen zu definieren, in denen Komplexitätskosten zu erwarten sind. In der Regel sind dies die Unternehmensbereiche Entwicklung, Marketing, Vertrieb, Einkauf, Logistik, Fertigung und die Montage. Unter Einbeziehung aller Mitarbeiter dieser Bereiche gilt es anschließend, alle variantenabhängigen Ressourcenverbräuche (Personal, Betriebsmittel, Material usw.) für die Tätigkeiten in diesen Bereichen zu identifizieren. Dazu müssen die Hauptkostentreiber für die Komplexi-

⁴¹ Vgl. Schmid (2005), S.35

⁴² Vgl. Gießmann (2010), S.40

⁴³ Vgl. Wiendahl, Gerst, Keunecke (2004), S.10

tätskosten für jeden Bereich ermittelt und der Zusammenhang zwischen Ressourcenverbrauch und Kostentreiber analysiert und bewertet werden. Auf Basis der Bewertung der variantenabhängigen Ressourcenverbräuche über einen Kostensatz können die Variantenkosten in Abhängigkeit der Kostentreiber ermittelt und so eine transparente Grundlage zur differenzierten Ermittlung der Variantenkosten geschaffen werden.⁴⁴

Aufgrund des teils hohen Aufwandes der Entwicklung und Pflege dieser Art der Kostenrechnung ist der Ansatz der ressourcenorientierten Prozesskostenrechnung jedoch nur für eine begrenzte Anzahl an Produktvarianten geeignet. Weiters kann auch der fehlende Bezug zum Markt als Kritikpunkt angeführt werden, da die Auswirkungen der Vielfalt an Endprodukten und deren Einfluss auf den Unternehmenserfolg unberücksichtigt bleiben.⁴⁵

2.3.4 Problematik der Quersubventionierung

Wie zuvor beschrieben, steigt der Anteil an Gemeinkosten eines Unternehmens bei einer variantenreichen Produktion stärker an, als der variantenreiche Anteil der Herstellkosten. Dieser Aspekt wird aber selten in dieser Konsequenz deutlich, da kaum eine Kostenrechnung die anfallenden Variantenkosten explizit darstellt, sondern eben als Gemeinkosten darstellt. Dabei ergeben sich bei Produktionskosteninformationen ein verzerrtes Bild zwischen Standardprodukten und Exoten. Die Komplexität und hohen Vielzahl an Prozessen kommt es vermehrt zu progressiven Kostenverläufen sowie zu einer Verschlechterung der Kostentransparenz. Aufgrund des Rückganges der Stückzahlen an Volumenprodukte und die nicht verursachungsgerechten Kosteninformationen motivieren viele Unternehmen dazu, mehr Exoten zu produzieren und diese am Markt anzubieten. Diese scheinen zunächst lukrativ zu sein, da mit diesen Exoten höhere Preise zu erzielen sind, als bei Standardprodukten. Allerdings liegen diese Preise aufgrund der mangelnden Kostentransparenz meist unter den verursachten Kosten. Ab einem gewissen Punkt ergibt sich eine Verlustzone, in der die anfallenden Kosten, die eigentlich verursachungsrecht zu verrechnen wären, über den Preisen liegen. Durch zu teuer kalkulierte Standardprodukte und zu billig angebotene Spezialprodukte steigt bei resultierender Nachfrage nach Exoten das Komplexitätsproblem weiter. Die Folge ist eine so genannte Quersubventionierung der Exoten

⁴⁴ Vgl. Bullinger, Warnecke, Westkämper (2003), S.839

⁴⁵ Vgl. Rohrhofer (2009), S.108

durch die Standardprodukte. Die Standardprodukte bekommen aufgrund der zu hohen Preise und den damit verbundenen Wettbewerbsnachteil weitere Absatzprobleme, welche zu dieser Entwicklung beitragen.⁴⁶

Die folgende Abbildung stellt die Quersubventionierung von Exoten und die damit verbundenen Kostenproblematik dar. Dabei zeigen die beiden Häufigkeitsverteilungskurven die Mengenveränderung von einer Verteilung von Rennern in großer Anzahl und geringer Variantenanzahl hin zu weniger Rennern und breitem Angebot von Exoten. Die beiden anderen Kurven zeigen auf, wie die Preise und Kosten bei Rennern oder Exoten zueinander verhalten. Dabei werden die stark ansteigenden Kosten von Exoten aufgrund der mangelnden Kostentransparenz selten durch ähnliche Verkaufspreise kompensiert. Diesen Aspekt stellt nun die Abbildung 7 dar:

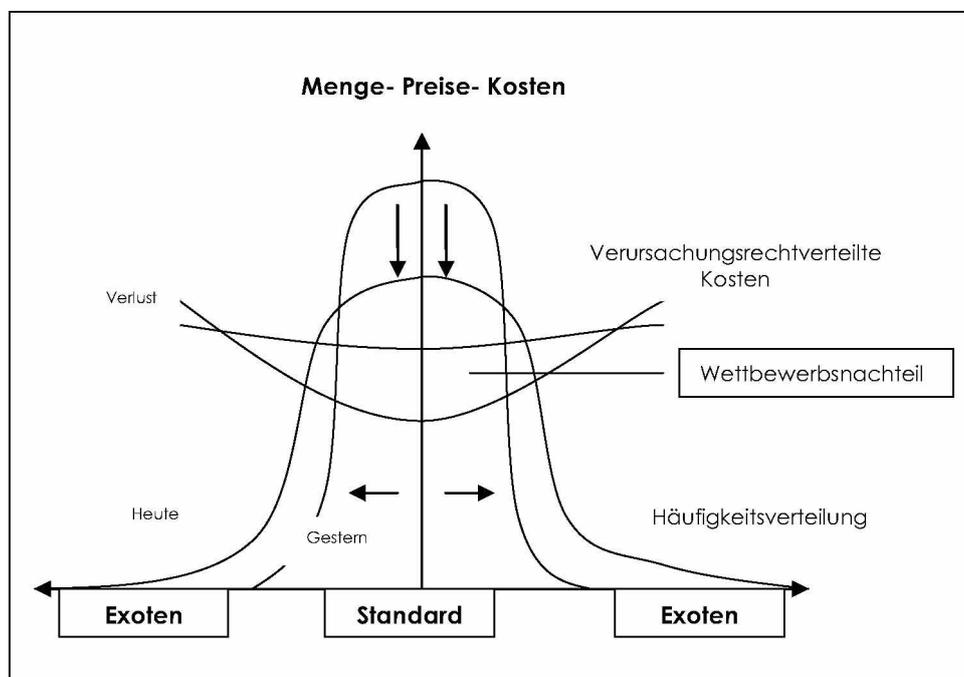


Abbildung 7: Exoten-Quersubventionierung⁴⁷

Die Entwicklung hin zu weiteren Exoten wird solange Anhalten, bis die Kosteninformationen verursachungsgerechter werden und den Sachverhalt des Kostenanstiegs aufgrund der steigenden Variantenvielfalt transparenter darstellen. Die traditionelle Kostenrechnung führt zu verfälschten Ergebnissen und provoziert schlussendlich komplextreibende Entscheidungen.

⁴⁶ Vgl. Bayer (2010), S.50

⁴⁷ In Anlehnung an Piller (2006), S.135

2.3.5 Komplexitätswirkung der Variantenvielfalt

Um ein weiteres einheitliches Vorgehen zu ermöglichen, soll zunächst einmal der Begriff Komplexität definiert werden. Diese ist festgelegt als eine große Anzahl von Elementen und Zuständen, die untereinander in einer Vielzahl von Beziehungen stehen, sehr unterschiedlich sind und deren Anzahl und Verschiedenartigkeit zeitlichen Schwankungen unterworfen ist. Eine weitere wichtige Eigenschaft von komplexen Sachverhalten ist die begrenzte Überschaubarkeit der Abhängigkeiten auf einen bestimmten beschränkten Bereich. Die Einflüsse auf die Unternehmenskomplexität haben sich in den letzten 30 Jahren stetig erhöht. Durch eine stetig wachsende Produktivität der Unternehmen in den letzten Jahren und einer damit verbundenen Marktsättigung kam es zum Wechsel vom reinen Anbietermarkt zum Nachfragemarkt. Das Überangebot an Produkten erlaubt heutzutage dem Kunden, unter einer Vielzahl von Sachgütern und Dienstleistungen zu wählen. Dadurch müssen die Unternehmen auf die individuellen Kundenbedürfnisse reagieren, um sich gegenüber ihrer Konkurrenz durchzusetzen. Mit der Erfüllung von Kundenbedürfnissen erhöht sich auch die Variantenvielfalt einer Produktpalette.⁴⁸ Da mit einer steigenden Variantenvielfalt eine dementsprechende Zunahme der Kunden-, Lieferanten-, und Auftragsvielfalt verbunden ist, steigt der Komplexitätsgrad in allen Unternehmensbereichen, was wiederum ein Anstieg des organisatorischen Aufwands bedeutet. Im schlimmsten Fall begibt sich das Unternehmen in eine so genannte Komplexitätsfalle.⁴⁹

Die Komplexitätsfalle entsteht dadurch, dass sich die Komplexitätskosten im Zuge der steigenden Variantenvielfalt in der Praxis nur schwer exakt beziffern lassen. In der Regel werden die Komplexitätskosten nicht im ausreichenden Umfang bei der Preisbildung berücksichtigt, was sich im direkten Vergleich zu Wettbewerbern mit einem geringeren Produktspektrum nachteilig auswirkt. Wie schon im Unterkapitel 1.3.2 beschrieben, führt eine Verdoppelung der Varianten zu einer Kostensteigerung von 20 bis 30 %. Bei flexiblen vollautomatisierten Unternehmen mit einer kleineren Variantenvielfalt beträgt die Kostensteigerung zwischen 10 bis 15%.⁵⁰

Die Komplexitätsfalle ist somit die Folge einer funktionsbezogener Denkweise und Ziele. Wird in einem Unternehmen die Produktionsverantwortung und Marketingverantwortung getrennt, rutscht ein Unternehmen meist in die so genannte Komplexitätsfal-

⁴⁸ Vgl. Maune (2011), S.24

⁴⁹ Vgl. Ehrlenspiel, Kiewert, Lindemann (2007), S.296

⁵⁰ Vgl. Ruppert (2007), S.72

le. Aus der Sicht der Marketingabteilung scheint es sinnvoll, die Variantenanzahl zu erhöhen, solange der Umsatz abzüglich der Vermarktungskosten steigt. Diese funktionsbezogene Denkweise berücksichtigt dabei nicht die Komplexitätssteigerung der Geschäftsprozesse eines Unternehmen wie im Bereich Entwicklung, Produktion, Service usw. Eine Komplexitätsfalle kann daher nur dann vermieden werden, wenn man von einer funktionsbezogenen Denkweise zu einer übergreifenden vernetzten Denkweise übergeht.⁵¹ Eine steigende Komplexität in allen Unternehmensbereichen führt neben den im Unterkapitel 1.3.2 zuvor beschriebenen Kostenauswirkungen zu weiteren negativen Konsequenzen:⁵²

- **Qualitätsverschlechterung:** Bezüglich der Qualität kann eine hohe Variantenvielfalt zu erheblichen Qualitätseinbußen führen. Grundsätzlich stellt eine zusätzliche Variante eine Abweichung des Standardprozesses dar und gilt somit als potentielle Fehlerquelle. In der Produktion steigern vermehrte Rüstvorgänge, unterschiedliche Anweisungen bzgl. der Auftragsmengen und unsichere Prozesse die Fehlerwahrscheinlichkeit. Damit mit man die Fehlerthematik in den Griff bekommt, ist ein zusätzlicher Prüfaufwand notwendig. Auch im Bereich der Beschaffung sind intensivere und aufwendigere Eingangsprüfungen erforderlich. Bezüglich der Lieferqualität steigt mit der Anzahl der Produktvarianten die Wahrscheinlichkeit von Fehler- und Falschliefungen.
- **Verminderte Flexibilität:** Je komplexer die internen Strukturen aufgrund der steigenden Variantenvielfalt sind, desto reduzierter ist die Flexibilität, Anpassungsfähigkeit, Aktion- Reaktionsgeschwindigkeit eines Unternehmens auf externe Veränderungen. Eine erhöhte Produktvielfalt verringert den Erfolg einer Differenzierungsstrategie, indem es einem Unternehmen die Fähigkeit, rasch und flexibel auf die Kundenanforderungen zu reagieren, nimmt bzw. reduziert.
- **Zeitverzögerungen:** Die zeitliche Komponente wird mit steigender Variantenvielfalt und Komplexität mehrfach negativ beeinflusst. Einerseits erhöht sich tendenziell die Durchlaufzeit. Als Grund dafür kann die Maßnahme angegeben werden, Produktionsmengen zu bündeln, um auf diese Art und Weise eine bessere Nutzung und Auslastung der Betriebsmittel zu erzielen. Viele Unternehmen versuchen, die aufgrund der steigenden Variantenvielfalt auftretende Zeitverzögerung mit höheren Lagerbeständen entgegen zu wirken. Mit ei-

⁵¹ Vgl. Adam (1998), S.50

⁵² Vgl. Gießmann (2010), S.40; Rohrhofer (2009), S.41-42

ner erhöhten Produktvielfalt erhöhen sich jedoch die Prognoseunsicherheit und die Wahrscheinlichkeit von „stock-outs“. Die daraus resultierende Zeitverzögerung geht somit direkt zur Last der Kunden. Neben der erhöhten Durchlaufzeit ist mit einer steigenden Variantenvielfalt auch ein Anstieg der Produktentwicklungszeiten gekoppelt mit verkürzten Produktlebenszyklen zu verzeichnen. Dadurch kann es zu verspäteten Markteintrittszeiten kommen, die erhebliche Preiseinbußen zu Folge haben.

Die folgende Abbildung 8 stellt nochmals die Wirkungen der Variantenvielfalt auf ein Unternehmen und dessen Leistungsprozess dar:

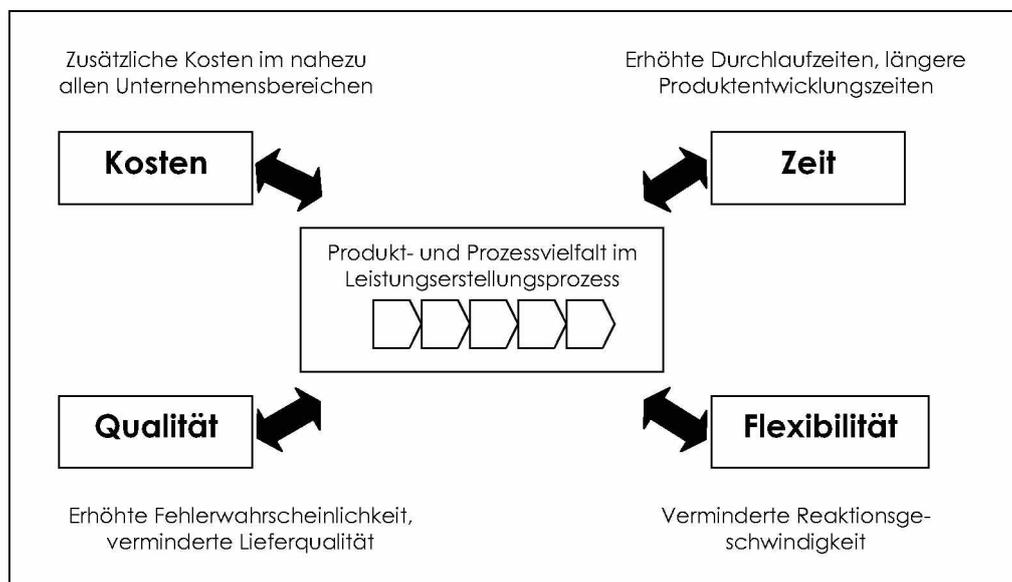


Abbildung 8: Wirkungen der Variantenvielfalt auf bedeutende Leistungskriterien⁵³

Im Allgemeinen führt eine steigende Komplexität in einem Unternehmen zu einem erhöhten Planungs-, Steuerungs- und Kontrollaufwand der Informations- und Materialflüsse. Durch unkontrollierbare Komplexität innerhalb eines Unternehmens kann es zu instabilen Prozessen kommen, wodurch sich Qualitätsprobleme entstehen und Lieferzeiten nicht eingehalten werden können. Gleichzeitig verringert sich die Fähigkeit, flexibel auf unvorhersehbare Störungen bzw. Probleme reagieren zu können.⁵⁴ Welche Auswirkungen diese negativen Konsequenzen nun auf die Unternehmensbereiche Beschaffung-, Produktion-, und Distribution haben, wird im nächsten Abschnitt aufgezeigt:

⁵³ In Anlehnung an Rohrhofer (2010), S.45

⁵⁴ Vgl. Gießmann (2010), S.40

- **Beschaffung:**

Wie schon am Beginn des Kapitels beschrieben, ist in den vergangenen Jahren eine rasche Zunahme an der Varianten- und Teilevielfalt zu beobachten, so dass auch die Komplexität der Beschaffung immer mehr zunimmt. Hinzu kommen die technologischen Entwicklungen, die Nachfrage und Versorgungsunsicherheit sowie die vielen Verflechtungen und Schnittstellen zu den beteiligten Partnern einer Lieferkette, die einen Komplexitätsanstieg in der Beschaffung verursachen. Aber auch durch die Globalisierung und die damit verbundenen Möglichkeiten des weltweiten Einkaufs und der dadurch einhergehenden Komplexität liegt in der Entwicklung einer optimalen Beschaffung eine neue Herausforderung für die Unternehmen.⁵⁵ Mit einer steigenden Komplexität im Unternehmen wird in der Literatur auch auf die damit steigenden Logistikkosten hingewiesen, durch die steigende Variantenvielfalt in den Bereichen Beschaffung, Produktion und Distribution entstehen. Im Bereich der Beschaffung ist aufgrund der steigenden Variantenvielfalt und der daraus resultierenden hohen Unsicherheit einer Bedarfsprognose eine Bevorratung eines ausreichenden Sicherheitsbestandes notwendig. Eine hohe Anzahl an zu beschaffenden Teilevarianten resultiert in einer hohen Anzahl an zu führenden Lieferantengesprächen, Lieferantenaudits und Qualitätskontrollen. Eine hohe Anzahl an Teile- bzw. Produktvarianten führen auch zu einem Wachstum der notwendigen Lagerflächen, wodurch mit einem Anstieg der Lagerkosten zu rechnen ist. Basierend auf diesen Aspekten ist erkennbar, dass je größer die Beschaffungskomplexität ist, desto stärker sind die negativen Auswirkungen auf die Erreichung der kostenwirksamen Logistikziele eines Unternehmens.⁵⁶

- **Produktion:**

Komplexität in der Produktion entsteht vor allem durch eine hohe Produktvarianz, sich ständig veränderten Stückzahlen und individuellen Kundenanforderungen.⁵⁷ Die steigende Variantenvielfalt und die damit gekoppelte Komplexitätserhöhung in einem Unternehmen haben direkte und indirekte Auswirkungen auf die gesamte Auftragsabwicklung. In Abbildung 9 sind die wesentlichen Auswirkungen der Produktion als Teil der Auftragsabwicklung dargestellt:

⁵⁵ Vgl. www.tcw.de/news/komplexitaetsmanagement-in-der-beschaffung-592, 19.9.2011

⁵⁶ Vgl. Bogaschewsky, EBig, Lasch, Stölzle (2010), S.156

⁵⁷ Vgl. www.leanmanufacturing.de/de/aa487dbf824d8356c125700c004ffadb/LeanComplexity.pdf, 19.9.2011

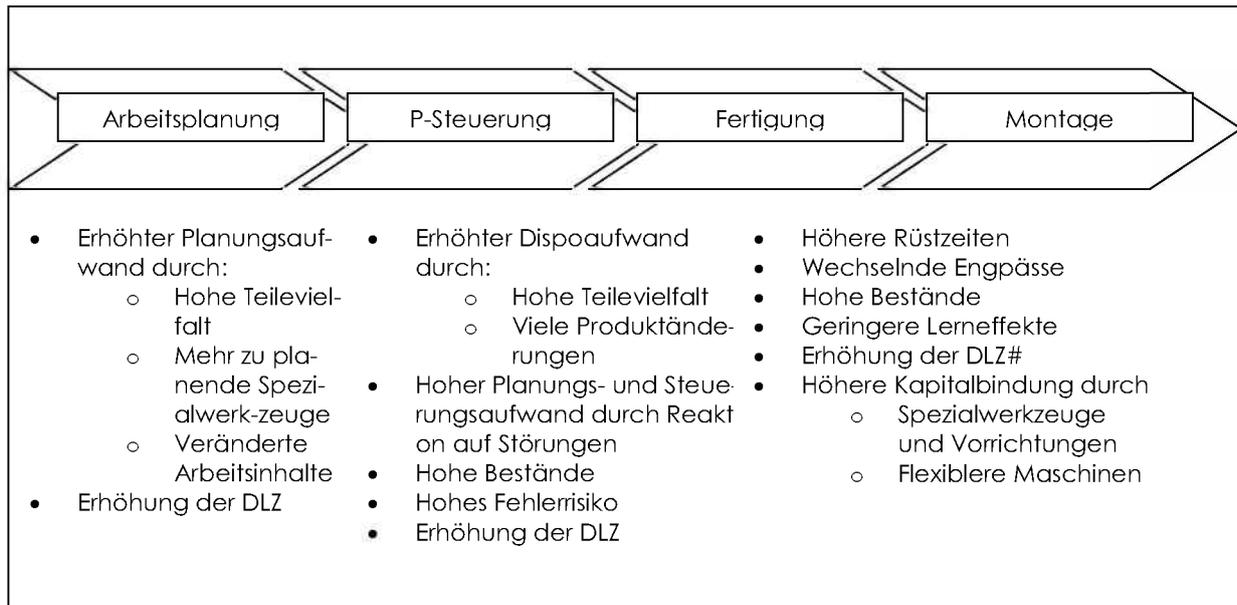


Abbildung 9: Auswirkungen der Variantenvielfalt auf die Produktion⁵⁸

In der Arbeitsplanung führt eine hohe Variantenvielfalt zu einem erhöhten Aufwand in der Arbeitsplanerstellung. Mit der Anzahl der Produktvarianten nimmt in der Regel auch die Anzahl der Spezialwerkzeuge zu, die gegebenenfalls zu planen, zu bauen sowie zu beschaffen sind. Mit einer steigenden Variantenvielfalt erhöht sich somit auch die gesamte Durchlaufzeit aufgrund der Arbeitsplanung. In der Produktionssteuerung verursacht eine zunehmende Variantenvielfalt eine steigende Komplexität der Disposition von Teilen sowie die Planung und Steuerung der Teilefertigung und der Montage. Aufgrund der hohen Variantenvielfalt sind verschiedene Beschaffungs- und Fertigungsaufträge zu managen, um termingerecht alle notwendigen Teile bereitzustellen. Mit der Zielsetzung kurzer Lieferzeiten ergibt sich das Problem der Bedarfsprognose einzelner Variantenteile, was sich vor allem bei Teilen mit einer hohen Wiederbeschaffungszeit ergibt. Je komplexer die Produktionsabläufe und Montageabläufe sind, desto schwieriger wird die Steuerung bei unvorhersehbaren Störungen. Meist können bei derartigen Störungen die notwendigen Teile nicht mehr beschafft und produziert werden, was sich in Form von Fehlteilen in der Montage zeigt.

Die Effekte einer variantenreichen Produktpalette wirken sich in der Fertigung und der Montage am stärksten aus. Abnehmende Losgrößen führen zu erhöhten Rüstzeiten. Teilweise werden für die einzelnen Teilevarianten Spezialwerkzeuge und Spezial-

⁵⁸ In Anlehnung an Franke (2002), S.87

vorrichtungen benötigt und die Fertigungseinrichtungen müssen meist flexibler eingesetzt werden, was einen höheren Kapitaleinsatz erforderlich macht.⁵⁹

- **Distribution:**

Viele Unternehmer versuchen, mit neuen innovativen Produkten neue Käuferschichten zu erreichen. Zudem werden die Produktlebenszyklen zunehmend kürzer. Diese Entwicklungen haben nicht nur Einfluss auf die zuvor beschriebenen Beschaffungs- und Produktionsbereiche in einem Unternehmen, sondern stellen auch die Distribution eines Unternehmens vor neue Herausforderungen. Immer mehr Produktvarianten müssen immer kurzfristiger beim Kunden vorhanden sein, ohne dass dies eine preisliche Auswirkung auf ihn hat.⁶⁰ In der Distribution stehen somit die Logistikkenngrößen kurze Lieferzeit, eine hohe Termintreue sowie eine hohe Lieferqualität im Mittelpunkt. Eine hohe Lieferflexibilität und eine hohe Liefertreue lassen sich aufgrund der steigenden Variantenvielfalt nicht nur durch hohe Lagerbestände erzielen, sondern können auch durch eine kundennahe Zulieferung mit kurzen Durchlauf- und Wiederbeschaffungszeiten erreichen werden.⁶¹ Um eine gute Balance zwischen Kundenindividuellen Anforderungen und der Distributionslogistik zu erreichen, sind folgende Aufgaben zu erfüllen:⁶²

- Steigender Aufwand in der Produkt und Sortimentspolitik ist zu gewährleisten.
- Breitere Ausbildung und Ausrüstung des Kundenservices.
- Erhöhter Beratungsaufwand im Kundengespräch.

Eine steigende Variantenvielfalt bringt auch in den Geschäftsprozessen eines Unternehmens einige Veränderungen mit sich. In der Entwicklung sind Mitarbeiter umso produktiver, je weniger Projekte sie bearbeiten müssen. Je mehr Projektvarianten vorhanden sind, desto defokussierter sind die Mitarbeiter und desto langsamer schreitet die Entwicklung voran. In der Produktion muss eine Vielzahl an Teilen nicht nur zusammengebaut, sondern auch transportiert und gelagert werden. Mehr Rüstzeiten, und aufwändigere Qualitätsprüfungen sind die Folge davon. Das Marketing und der Vertrieb sind meist die treibenden Kräfte der Produktionskomplexität. Die Erarbeitung des notwendigen Wissens vieler Produktvarianten geht zur Lasten der Verkaufszeit.

⁵⁹ Vgl. Franke (2002), S.88

⁶⁰ Vgl. www.dhldiscoverlogistics.com, 19.9.2011

⁶¹ Vgl. Corsten, Gabriel (2004), S.46

⁶² Vgl. Gelbrich, Souren (2009), S.126

Eine steigende Variantenvielfalt führt auch meist zu einer steigenden Kundenstruktur, bei der viele Kunden nur kleine Mengen abnehmen. Es kommt zu vielen Marktsegmenten, welche unterschiedlich bedient und betreut werden müssen. Um auf die vielen unterschiedlichen Kundenbedürfnisse eingehen zu können, werden viele Vertriebseinheiten gebildet, welche wiederum schwer zu koordinieren sind.⁶³ Der Service am Ende der Unternehmenslogistikette ist meist am stärksten von der steigenden Variantenvielfalt und daraus resultierenden Komplexität betroffen. Der Service muss eine Vielzahl an Produkten betreuen. Weiters müssen bei einer steigenden Variantenvielfalt die Mitarbeiter auf die neuen Produkte eingeschult werden.⁶⁴ Zusätzlich müssen für jede Produktvariante Ersatzteile über den Produktlebenszyklus hinaus bevorratet werden. Auch das notwendige Werkzeug für eine etwaige Nachproduktion muss zusätzlich aufbewahrt werden.⁶⁵

- **After- Sales:**

Im Bereich für die erhöhte Ersatzteilbevorratung aufgrund der steigenden Variantenvielfalt zu erhöhten Kosten. Die Kapitalbindungskosten aufgrund der Bevorratung der notwendigen Ersatzteile nehmen drastisch zu. Vor allem durch die Teilevielfalt, weiterer Produktvarianten steigt die Zahl der bevorratenden Teilezahl oft innerhalb eines Jahrzehnts auf ein fünffaches des Ausgangswertes beim Markteintritt. Von großer Bedeutung ist auch die Kompatibilität der Teile: können bei Änderungen die bisherigen Teile nicht durch das neue Teil ersetzt werden, ist eine Lagerung beider Teilevarianten. Für diese Teile besteht meist nach dem Serienauslauf eine langfristige Bereitstellungspflicht durch den Servicebereich mit einer gewissen Nachfragegewissheit, was zusätzlich zur Erhöhung der zu verwaltenden Teilevarianten beiträgt. Außerdem ist bei elektronischen Teilen die Haltbarkeit über diesen langen Zeitraum nicht immer gegeben, was bei einem Bedarf nach vielen Jahren zu kostenintensiven Einzelanfertigungen anhand alter Baupläne führen kann.

Auch Reparaturen sind bei abweichender Gestaltung unterschiedlicher Produktvarianten schwieriger, und individueller Probleme wie z.B. technischer Art auftreten können. Diese können die Servicemitarbeiter kaum noch vollständig und umfassend erkennen bzw. beheben. Somit steigen mit der Variantenvielfalt sowohl die Kosten für Ausbildung, Schulung und Ausrüstung der Servicemitarbeiter, als auch die Aufwände

⁶³ Vgl. Rathnow (1993), S.21

⁶⁴ Vgl. Kluge (2006), S.69

⁶⁵ Vgl. Schmid (2009), S.35

in den indirekten Bereichen z.B. zur Dokumentation, Verwaltung und Disposition der zusätzlichen Teile und Produkte.⁶⁶ Im Weiteren soll die nachfolgende Tabelle nochmals die Auswirkungen der steigenden Variantenvielfalt auf die einzelnen Teilbereiche eines Unternehmens darstellen:

| <u>Vertrieb:</u> | <u>Entwicklung:</u> | <u>Beschaffung:</u> | <u>Produktion:</u> | <u>After- Sales</u> |
|---|--|---|--|---|
| Zunahme der Kundenaufträge und Kundenbetreuungsvorgänge | Zunahme der Varianten und Produktänderungen | Zunahme der Anzahl der verwendeten Rohstoffe, Halbzeuge und Lieferanten | Zunahme der Fertigungs- und Montageauftr. | Zunahme der Kundenaufträge und Kundenbetreuungsvorgänge |
| Heterogenes Kundensegment | Erstellung und Verwaltung zusätzlicher Unterlagen | Erhöhter Aufwand der Materialbedarfsplanung | Zunahme der Fertigungsstufen und Verpackungsvarianten | Bestandsaufbau zur Aufrechterhaltung der Lieferbereits. |
| Mehr Marketing/Sonderaktionen | Risiko von Parallelentwicklungen | Erhöhte Anzahl an Bestellvorgängen | Geringere Produktivität, keine Lerneffekte, Verlust von Skaleneffekte, höhere Nebeneffekte | Komplexe Disposition für Ersatzteile |
| Aufwändigere Preisbildung und Auftragsbearbeitung | Zusätzliche Versuche und Tests | Höhere Einkaufspreise durch niedrige Einkaufsvolumina | Zusätzliche Pläne, Werkzeuge und Vorrichtungen | Anspruchvollere Ausbildung des Kundendienstes |
| Höhere Qualifizierungsmerkmale | Erhöhter Änderungsaufwand durch Varianten | Höhere Bestände und dadurch Kapitalbindungskosten | Höhere Rüstkosten und Anlaufverluste aufgrund kleinerer Losgrößen | Zusätzliche Kundendienstunterlagen |
| Größerer Schulungsaufwand | Aufwändigere Normung, Typung und Standardisierung | Zusätzliche Lieferantensuche und -Auswahl | Auslastungsschwankungen | Schlechte Möglichkeit der EDV-Unterstützung |
| Höheres Risiko der Kalkulation, Kannibalisierung | Aufwand der Konstruktion der neuen Teile | Aufwändigere logistische Anlieferungsprozesse | Größere Verwechslungsgefahr beim Einbau der Teile | Erhöhung des Reklamationsrisikos |
| Aufwändigere Pflichthefterstellung | Problem der horizontalen und vertikalen Integration durch neue Teile | | | Steigender Verwaltungsaufwand durch zusätzliche Dokumente |
| Steigender Aufwand für Angebotserstellung | | | | |

Abbildung 10: Auswirkung der steigenden Variantenvielfalt auf die Unternehmensbereiche⁶⁷

Die Erarbeitung der Ursachen und Auswirkungen einer steigenden Variantenvielfalt in diesem Kapitel zeigt auf, dass die Variantenvielfalt sowohl einen gewissen Nutzenwert für ein Unternehmen haben kann, als auch die Ursache für Komplexität und Kosten sein kann. Basierend von einem einfachen Produktprogramm und damit einer

⁶⁶ Vgl. Bayer (2010), S.64

⁶⁷ Vgl. Schmid (2009), S.40

überschaubaren Vielzahl von innerbetrieblichen Prozessen hat sich infolge der Globalisierung und des damit verbundenen verschärften Verdrängungswettbewerbes die Produkt- und Prozessvielfalt deutlich erhöht. Die steigende Komplexität in einem Unternehmen führt zu intransparenten innerbetrieblichen Abläufen, zu einer mangelnden Flexibilität und zu hohen Kosten. Auch die Qualität und die Entwicklungszeiten werden aufgrund der steigenden Komplexität negativ beeinflusst. Somit kommt es darauf an, die Variantenvielfalt zu beeinflussen. Dafür kann das Variantenmanagement als Managementaufgabe definiert werden. Der Zwang für ein Unternehmen, durch ein umfangreiches Produktionsprogramm individuelle Kundenwünsche zu befriedigen wird bei einer steigenden Globalisierung weiter steigen. Infolge wird die innerbetriebliche Komplexität steigen und so zum dominierenden Kostenfaktor. Somit wird sich die Bedeutung des Variantenmanagement für ein Unternehmen weiter erhöhen.⁶⁸ Im folgenden Kapitel werden nun das Variantenmanagement und dessen Lösungsansätze beschrieben.

2.3.6 Unternehmensexterne Wirkung der Variantenvielfalt

Neben der soeben beschriebenen unternehmensinternen Folgen einer steigenden Variantenvielfalt können sich Komplexität und Produktvielfalt auch auf das Umfeld eines Unternehmens negativ auswirken. Grundsätzlich mag die Vermutung bestehen, dass ein Kunde die angebotene Produktvielfalt nicht groß genug sein kann. Die hohe Produktvielfalt wirkt insbesondere dann nachteilig auf den Markt und auf den Kunden aus, wenn die Vielfalt den Kaufentscheidungsprozess negativ und störend beeinflusst. Dieser Fall tritt ein, wenn sich ein Kunde aufgrund der hohen Anzahl an Produktvarianten überfordert fühlt und sich nicht mehr zwischen den Produkten eines Herstellers entscheiden kann.⁶⁹

3 Variantenmanagement

Das vorhergehende Kapitel hat die unterschiedlichen Ursachen und Auswirkungen der Variantenvielfalt dargestellt. Daraus leitet sich die Notwendigkeit einer umfassenden Steuerung des Vielfalt- und Komplexitätsproblems ab. Um die steigende Variantenvielfalt in den Griff zu bekommen, reichen punktuelle Maßnahmen nicht aus. Vielmehr ist ein umfassendes und durchgängiges Variantenmanagement notwen-

⁶⁸ Vgl. Schmid (2009), S.36

⁶⁹ Vgl. Rohrhofer (2009), S.43

dig, das einen konsequenten und bereichsübergreifenden Umgang mit der steigenden Variantenvielfalt gewährleistet und ein möglichst optimales Komplexitätsniveau verfolgt. Das notwendige Variantenmanagement basiert somit auf die im vorigen Abschnitt beschriebene Variantenvielfalt und deren Auswirkungen auf ein Unternehmen. Dabei sind die erläuterten Ursachen der steigenden Variantenvielfalt zwar vielfältig, häufig verfolgen sie aber das gemeinsame Ziel, den Kundennutzen in zunehmend kundenorientierten Märkten zu erhöhen. Eine Vielzahl an Unternehmen wollen auf diese Art und Weise ihre Wettbewerbsfähigkeit stärken und merken dabei häufig nicht, dass eine große Anzahl an Produktvarianten negative Auswirkungen auf das Unternehmen haben kann. Der Verlauf der Kosten- bzw. Nutzenkurve stellt dar, dass ab einem gewissen Ausmaß die Variantenvielfalt negative Auswirkungen hat und zu optimieren ist. Die meist zeitversetzte Wirkung einer stark orientierten Kunden- ausrichtung und eines Angebotes zahlreicher Produktvarianten kann ein Unternehmen in die zuvor beschriebenen Teufelskreise des Variantenmanagement führen. Außerdem sind die Kostenwirkungen einer steigenden Variantenvielfalt kaum direkt nachzuvollziehen, da sie meist als Gemeinkosten in den indirekten Unternehmensbereichen anfallen. Die Problematik der Zuordnung der Variantenkosten bzw. Komplexitätskosten führen zu falschen Entscheidungen und zur Quersubventionierung von Exotenvarianten. Diese Effekte der Variantenvielfalt, die Alle ein Unternehmen in eine Komplexitätsfalle führen können, waren Bestandteile des Abschnittes 2.3, bevor auf detailliert auf die Auswirkungen auf die einzelnen Unternehmensbereiche eingegangen wurde.

Gerade die Auswirkungen auf ein Unternehmen machen deutlich, dass die Variantenvielfalt bereichsübergreifend wirkt und meist Entscheidungen in einem Bereich auf die anderen Unternehmensbereiche langfristige Folgen hat. Aus diesem Grund ist eine möglichst frühzeitige und vor allem bereichsübergreifende Betrachtung der Auswirkungen der Variantenvielfalt erforderlich. Als Zwischenergebnis kann somit der steigenden Variantenvielfalt in zunehmend kundenorientierten Märkten eine große Bedeutung bescheinigt werden. Das Bedürfnis eines geeigneten Variantenmanagement und eines guten Überblicks über die unterschiedlichen Methoden wird daraus deutlich. Die „richtige“ Anwendung bzw. Umsetzung eines Variantenmanagement ist zunehmend ein strategischer Erfolgsfaktor zu Sicherung und Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit.⁷⁰ Im Rahmen eines Variantenmanagement kann zwischen

⁷⁰ Vgl. Bayer (2010), S.65

drei Grundrichtungen, der Variantenreduzierung, -beherrschung und -Vermeidung unterschieden werden:

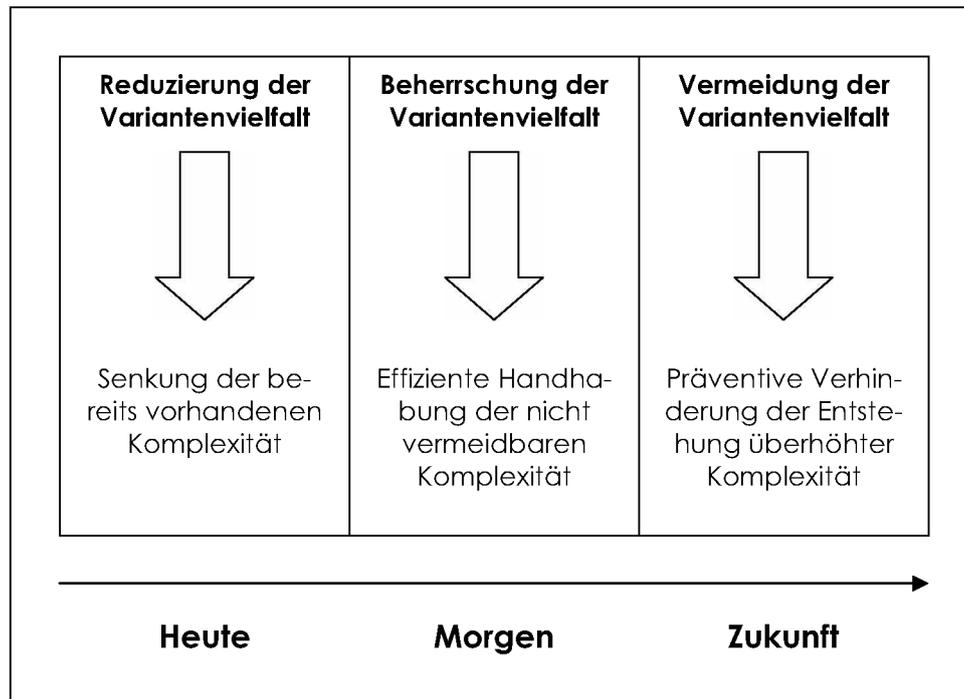


Abbildung 11: Ansätze des Variantenmanagements⁷¹

Im folgenden Unterkapitel sollen nun zunächst die Ziele und die Grundrichtungen des Variantenmanagement beschrieben werden. Basierend darauf werden die möglichen Ansätze des Variantenmanagement für einen geeigneten Umgang mit der Variantenvielfalt vorgestellt.

3.1 Interne und Externe Vielfalt

Das angestrebte Ziel des Variantenmanagement ist die Minimierung der internen Vielfalt bei gleichzeitiger Bereitstellung der vom Kunden bzw. vom Markt geforderten externen Vielfalt. Die externe Vielfalt beschreibt die ist für den Kunden nutzbare Variantenvielfalt der Produkte. Sie muss für den Kunden auch erkennbar sein, damit sie umsatz- und erlöswirksam ist. Sie trägt zur Erfüllung der individuellen Kundenwünsche und zu einem höheren Produktnutzen bei. Grundsätzlich ist die externe Vielfalt nur dann gewinnbringend für ein Unternehmen, solange sie nicht die vom Markt geforderte Variantenvielfalt übersteigt.⁷²

⁷¹ In Anlehnung an Rohrhofer (2009), S.60

⁷² Vgl. Franke (2002), S.13

Die Interne Vielfalt beschreibt die im Rahmen der Produktion auftretenden Bauteile, Produkte und Prozesse. Sie verursacht eine Komplexität und mangelnde Transparenz innerhalb der Produktionsabläufe und ist somit auch ein Kostentreiber. Die Interne Vielfalt wirkt sich somit negativ auf ein Unternehmen aus. Sofern sie nicht von den Kundenanforderungen sondern aus internen Koordinationsmängeln resultiert, muss sie unbedingt vermieden werden.⁷³ In der Abbildung 12 werden die Auswirkungen der externen und internen Vielfalt nochmals tabellarisch dargestellt.

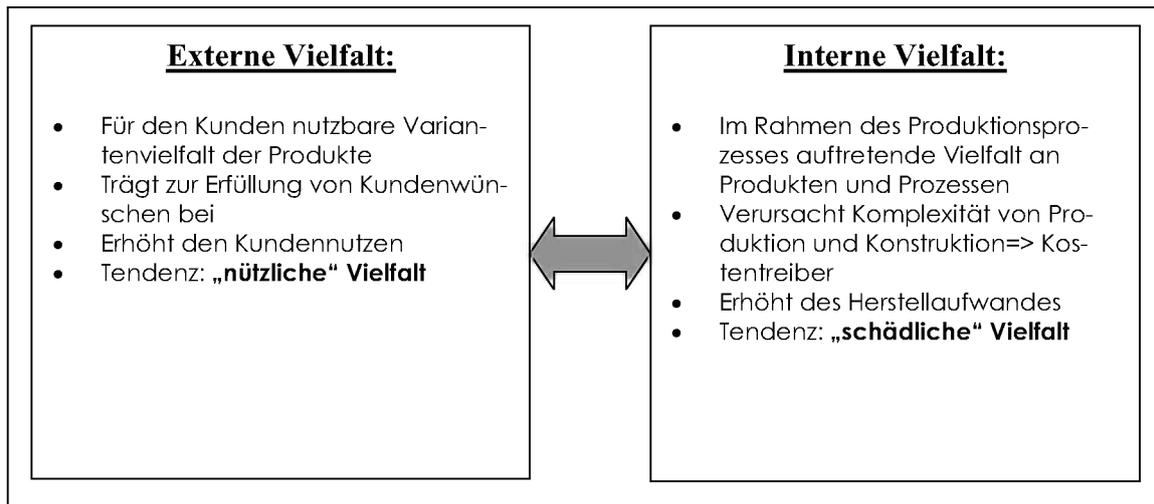


Abbildung 12: Gegenüberstellung interne und externe Vielfalt⁷⁴

In der Gegenüberstellung zwischen der internen- und der externen Vielfalt lassen sich bereits die Zielvorgaben eines wettbewerbsfähigen Unternehmens ableiten. Die Aufgabe eines Variantenmanagement besteht somit darin, das optimale Ausmaß der Variantenvielfalt im Unternehmen zu bestimmen und als Querschnittsfunktion Handlungsempfehlungen aufzuzeigen. Das Variantenmanagement fungiert dabei als Schnittstelle zwischen dem vom Markt geforderten Varianz und der unternehmensinternen Produkt- und Prozessvielfalt. Somit lässt sich ableiten, dass eine an die Bedürfnisse der Kunden abgeleitete externe Vielfalt mit Hilfe einer so gering wie möglichen internen Vielfalt zu produzieren ist, was in Abbildung 13 dargestellt ist.

⁷³ Vgl. Franke (2002), S.13

⁷⁴ In Anlehnung an Zenner (2006), S.52

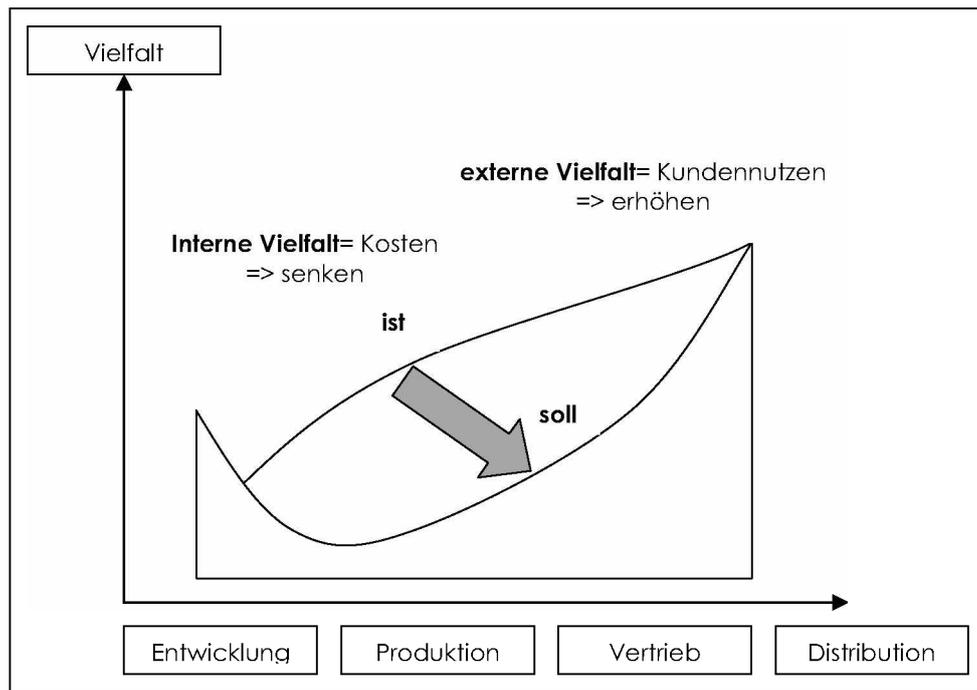


Abbildung 13: Ziele des Variantenmanagement⁷⁵

Basierend auf der Abbildung 13 lassen sich folgende Ziele des Variantenmanagement zusammenfassen:⁷⁶

- Minimierung der internen Vielfalt.
- Bereitstellung der geforderten externen Vielfalt.
- Unnötige Varianten erkennen und vermeiden.
- Durchlaufzeiten und Kosten minimieren.
- Gleiche Werkzeuge für unterschiedliche Varianten verwenden.

Im Unterkapitel 3.2 werden nun die einzelnen Ansätze des Variantenmanagement und deren Umsetzung beschreiben.

3.2 Ansätze des Variantenmanagement

Als Reaktion auf der steigenden Variantenvielfalt und derer Auswirkungen wurden in der Vergangenheit Lösungsansätze entwickelt, die im Gesamten als Variantenmanagement bezeichnet werden. Das Variantenmanagement umfasst die Entwicklung, Gestaltung und Strukturierung von Produkten und Dienstleistungen in einem Unternehmen. Mithilfe des Variantenmanagement wird angestrebt, die von einem Pro-

⁷⁵ In Anlehnung an Zenner (2006), S.52

⁷⁶ Vgl. Schmidt (2007), S.14

dukt ausgehende Komplexität sowie die auf ein Produkt einwirkende Komplexität mittels geeigneter Methoden zu bewältigen. Die Aufgabe des Variantenmanagement besteht nun darin, ein Optimum zwischen der externen Vielfalt und der internen Vielfalt zu finden, d.h. die vom Markt und dem Kunden geforderte Variantenvielfalt mithilfe eines geringen Ressourceneinsatzes gerecht zu werden.⁷⁷

In der Literatur wird häufig zwischen einem strategischen und operativen Variantenmanagement unterschieden. Das strategische Variantenmanagement hat die Aufgabe, die Kosten-Nutzenoptimale Ausrichtung der Variantenvielfalt zur Umsetzung der vom Unternehmen vorgegebenen Wettbewerbs- und Produktionsstrategie sicherzustellen. Das strategische Variantenmanagement hat einen langfristigen Charakter und wirkt sich über den ganzen Produktlebenszyklus aus. Die operativen Variantenentscheidungen haben dagegen einen mittelfristigen Charakter und haben meist keinen Einfluss auf die nachfolgenden Produktlebenszyklen. Das operative Variantenmanagement unterstützt die vom Unternehmen festgelegte Wettbewerbs- und Produktionsstrategie mit dem Ziel, einem Unternehmen nach den vorgegebenen strategischen Rahmenbedingungen effizient zu führen.⁷⁸

Das Variantenmanagement lässt sich in mehrere Ansätze unterteilen. Vielfach werden in der Literatur drei oder vier Unterscheidungen getroffen, wobei oftmals die Variantenfestlegung und Variantenbegrenzung zusammengefasst werden. Das Variantenmanagement, das der Reduzierung und der Beherrschung der Komplexität dient, ist inzwischen ein Teil des Managements vieler Unternehmen geworden, und muss daher unter strategischen, operativen und taktischen Gesichtspunkten betrachtet werden. In der Abbildung 14 wird nun das Variantenmanagement mit den unterschiedlichen Gesichtspunkten grafisch dargestellt. Unter Berücksichtigung der Produktlebenszyklen ist hier eine Unterteilung in fünf Ansätze vorgenommen worden. In der Abbildung 14 lässt sich auch ablesen, in welchem Zeitraum des Produktentwicklungs- bzw. -lebenszyklus der Ansatz eingeordnet wird und wo die entsprechenden Lösungsmaßnahmen zur Verringerung bzw. Vermeidung überflüssiger Varianten und Komplexität zu finden sind.⁷⁹

⁷⁷ Vgl. Raubold (2011), S.30

⁷⁸ Vgl. Raubold (2011), S.30

⁷⁹ Vgl. Maune (2001), S.32

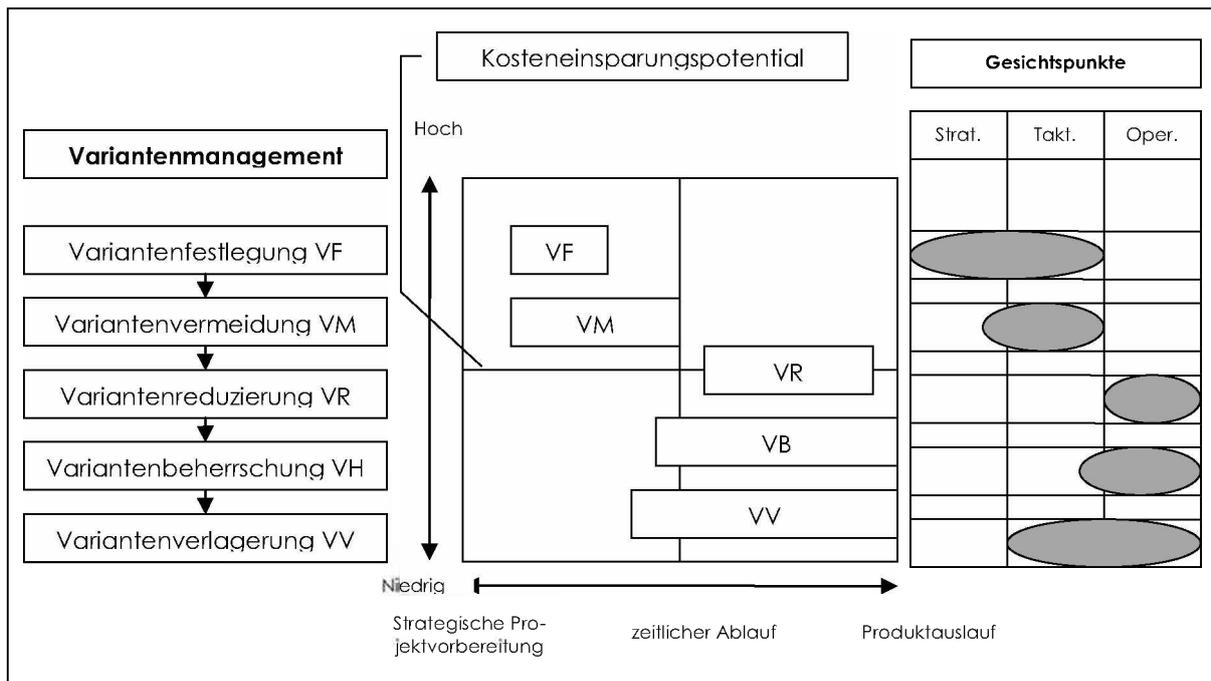


Abbildung 14: Aufteilung des Variantenmanagement⁸⁰

Der rechte Teil der Abbildung zeigt, wie weit reichend die Ansätze des Variantenmanagement sind. Die Variantenfestlegung ist beispielsweise sowohl im strategischen als auch im taktischen Bereich einzuordnen, da sie schon weit im Voraus Auswirkungen auf die Produktion und damit auch auf die im Unternehmen vorhandene Komplexität festlegt. Im Gegensatz dazu dienen die Maßnahmen zur Variantenbeherrschung dazu, schon vorhandene Varianten möglichst effektiv durch die Produktion zu steuern. In den folgenden Abschnitten werden nun die verschiedenen Ansätze des Variantenmanagement beschrieben.

3.2.1 Variantenfestlegung

Bei der Variantenfestlegung handelt es sich um die erste Beschreibung der Produktvarianten die ausschließlich auf die Kundenanforderungen ausgerichtet sind. Jede Produktvariante wird durch den Einführungszeitpunkt, der geplanten Lebensdauer und den prognostizierten Produktpreisen beschrieben.⁸¹ Durch die Festlegung der Produktvarianten werden mögliche Unternehmenserlöse mitbestimmt und zum anderen grundlegende Rahmenbedingungen für die Gestaltung der Unternehmensstruktur gesetzt. Viele Varianten werden heute immer noch ohne eine Begründung der Notwendigkeit festgelegt. Dabei sollten neue Varianten keinesfalls aus Unsicherheit

⁸⁰ In Anlehnung an Maune (2001), S.32

⁸¹ Vgl. Bullinger, Warnecke, Westkämper (2003), S.836

der zukünftigen Kundenanforderungen generiert werden. Das Ziel eines Unternehmens sollte immer die Gewinnmaximierung und nicht die Variantenmaximierung sein. Die Variantenanzahl sollte daher auch gewinnmaximal optimiert werden. Wenn das Basisprodukt definiert ist, müssen die Varianten festgelegt werden. Die Umstellung von einer flexiblen Fertigung zu einer Massenfertigung und umgekehrt lässt sich nur mit hohen Investitionen tätigen. Wichtig ist daher, die zusätzlich erforderlichen Varianten schon in der frühen Phase der Entscheidung zu berücksichtigen.⁸²

Basierend auf die festgelegte Anzahl an Varianten werden nun bei der Variantenreduzierung die „unnötigen“ Varianten eliminiert.

3.2.2 Variantenreduzierung

Die wesentliche Aufgabe der Variantenreduzierung besteht in der Eliminierung nicht notwendiger Produkt- und Prozessvarianten. Ziel dabei ist es, eine Verbesserung der bilanzwirksamen Unternehmensergebnisse durch Reduzierung der unternehmensinternen Komplexität sowie durch Senkung der Komplexitätskosten zu erreichen. Eine Variantenreduzierung kann sowohl auf Ebene der Teile- und Komponentenvielfalt als auch auf der Ebene der Angebotsvielfalt erreicht werden. Aufgrund der Betrachtungsweise, Produkte und Produktvarianten als Ganzes zu betrachten, versuchen viele Unternehmen, der steigenden Variantenvielfalt mit einer Bereinigung des Sortimentes auf Endproduktebene entgegen zu wirken. Diese Maßnahme basiert meist auf einer ABC- Analyse der Verkaufszahlen. Diese identifiziert die umsatzschwachen und unwirtschaftlichen Produktvarianten, welche anschließend eliminiert werden. Eine Variantenreduktion auf Endproduktebene führt aber meist nicht zu einer nachhaltigen Verringerung der betriebsinternen Komplexität. Während zwar die Kombinationsmöglichkeiten für die Endprodukte verringert werden, erfolgt weder eine Senkung der Teile- und Baugruppenvielfalt noch eine Komplexitätsverringering in den Unternehmensbereichen Beschaffung, Produktion und Distribution. Zusätzlich ist nicht sichergestellt, dass die eliminierte Variante später nicht wieder angeboten wird, wodurch es nach erfolgter Eliminierung wieder zu einem Anstieg der Produktvarianten kommen kann. Somit empfiehlt es sich, im Gegensatz zu einer traditionellen Fokussierung auf die Eliminierung von Endproduktvarianten, eine Orientierung an den Merkmalausprägungen spezifischer Produktvarianten. Eine Kunde fragt nicht eine spezifische Variante, sondern eine spezifische Befriedigung seiner Anforderungen und Be-

⁸² Vgl. Maune (2001), S.33

dürfnissen nach. Somit sind die Merkmale eines Produktes und nicht das Endprodukt selber ausschlaggebend für den Kauf eines Produktes. Durch die Reduzierung der Vielfalt auf der Teile- und Komponentenebene können somit weitaus effektivere Ergebnisse erzielt werden. Die Eliminierung von Teile- und Produktkomponenten bewirkt gleichzeitig eine Reduzierung mehrerer Endproduktvarianten. Bei dieser Vorgehensweise sind nur solche Teile und Komponenten zu eliminieren, die vom Kunden nicht verlangt bzw. nachgefragt werden. Auf diese Weise kann eine dauerhafte und nachhaltige Komplexitätsreduktion erreicht werden, ohne dabei auf die Kundenbedürfnisse schlechter reagieren zu können.⁸³ Die Strategien und Maßnahmen der Variantenreduzierung sind:⁸⁴

- **Integralbauweise:** Ur- und Umformverfahren wählen wie z.B. Gießen und Schmieden; geeignete Halbzeuge einsetzen.
- **Gestaltelemente standardisieren:** Gestaltelemente die in verschiedenen Varianten benötigt werden, standardisieren.
- **Gleichteile (Mehrals in einem Produkt vorkommend):** Möglichst viele Teile eines Produktes gleich machen und die Integralbauweise wählen; Vermeiden von links- und rechts Ausführungen; Auch Kleinteile wie z.B. Schrauben, Muttern und Dichtungsringe „radikal“ reduzieren und standardisieren; Die Fertigung und Montage wird meist dadurch viel einfacher! Werkstoffe vereinheitlichen- Im Zweifelfall den „höherwertigen“ Werkstoff mit Prüfzeugnis verwenden.
- **Wiederholteile (Mehrals in unterschiedlichen Produkten vorkommend):** Normteile und Zulieferteile verwenden; Symmetrische Teile die in unterschiedlichen Einbaulagen montiert werden können; Teile von anderen Produktfamilien verwenden- sich absprechen.
- **Teilefamilie:** Teile mit der gleichen Funktion standardisieren.
- **Baureihe:** Größere Stufung anstreben.
- **Baukasten:** Baukastensysteme von Zulieferanten verwenden; Lokale Baukastensysteme einsetzen; Plattformstrategie einsetzen- d.h. gleiche Grundbausteine für unterschiedliche Produkte.

⁸³ Vgl. Rohrhofer (2009), S.53

⁸⁴ Vgl. Ehrlenspiel, Kiewert, Lindemann (2007), S.559

- **Teilearmes Konzept:** Durch den Einsatz geeigneter physikalischer Prinzipien lässt sich die Variantenvielfalt oftmals überraschend verringern!

Die aufgezählten Maßnahmen und Strategien der Variantenreduzierung werden nun im Einzelnen detailliert beschrieben.

- **Integralbauweise:**

Ziel der Integralbauweise ist die Reduzierung der Teilevarianten, indem man mehrere Einzelteile zu einem zusammenfasst. Durch diese Bauart werden die Montagekosten drastisch gekürzt. Auch die Materialbeschaffung und die Logistik werden mit dieser Bauart vereinfacht. Dafür sind die notwendigen Aufwendungen für die Werkzeuge und der Fertigungsverfahren wesentlich komplexer und somit auch teurer. Änderungen sind nur mit einem hohen Kosten- und Zeitaufwand durchführbar, da Modelle, Formen und Werkzeuge geändert werden müssen. Schließlich birgt die höhere Gestaltkomplexität ein Fertigungsrisiko mit sich. Wenn die Einzelteile in mehreren Ausführungen vorliegen und die Baugruppen daraus in verschiedenen Kombinationen erstellt werden müssen, liegt ein Optimierungsproblem vor, da die Anzahl neuer Teile deutlich geringer sein sollte als die der zu substituierenden. Diese Bautechnik hat sich vor allem in Flugzeugbau für große Strukturkomponenten durchgesetzt.⁸⁵

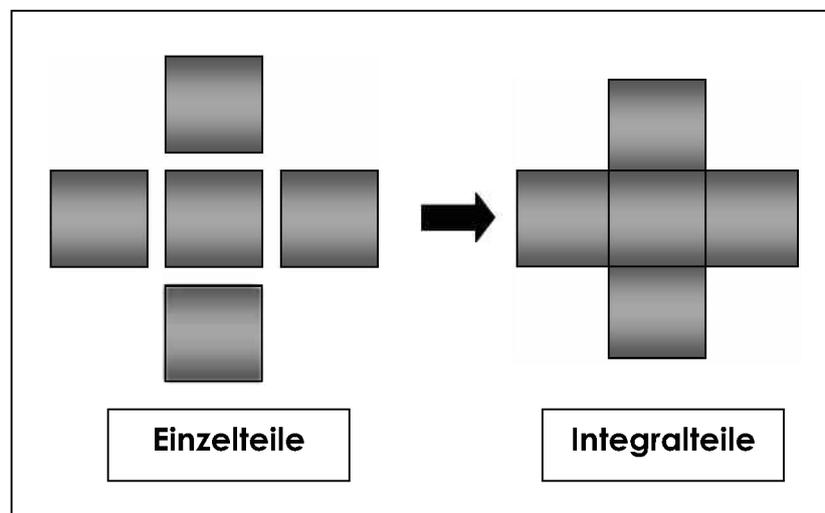


Abbildung 15: Integralbauweise⁸⁶

- **Differentialbauweise:**

Die Umkehr der Integralbauweise ist die Differentialbauweise. Die Vor- und Nachteile dieser Bauweise ergeben sich durch die Umkehrung der Gesichtspunkte der Integ-

⁸⁵ Vgl. Flemming, Ziegmann, Roth (1996), S.211

⁸⁶ In Anlehnung an Rapp (2010), S.63

ralbauweise. Während die Integralbauweise ihre Kostenvorteile in der Großserienproduktion aufweist, liegen sie in der Differentialbauweise in der Einzel- und Kleinserienfertigung durch die Aufteilung einer Baugruppe in die Einzelteile. Es entstehen weniger fixe Kosten für Modelle, spezielle Maschinen und Formen, da die Teile meist mit den vorhandenen unterschiedlichen Werkstoffen und Halbprodukte gefertigt und montiert werden können. Die Logistik- und Montagekosten steigen damit zwar an, dafür wird die Qualitätsprüfung für die einfacheren Teile kostengünstiger. Der Austausch einzelner Baugruppen wegen z.B. einem Verschleiß ist gegenüber einem Integralbauteil oftmals einfacher und daher auch günstiger, da nur das Einzelteil ausgetauscht werden müssen.⁸⁷

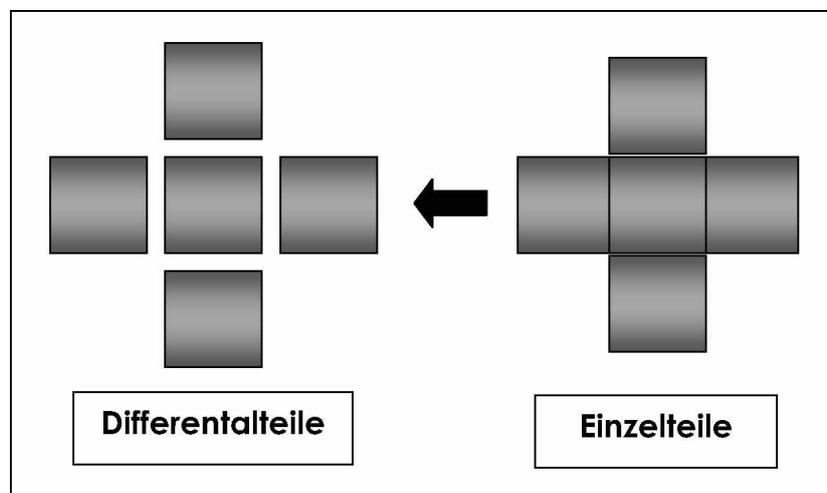


Abbildung 16: Differentialbauweise⁸⁸

- **Standardisierung:**

Die Vereinheitlichung von Bauteilen und Fertigungsverfahren wird Standardisierung genannt. Ziel dabei ist die Reduzierung der Produktvarianten und somit auch der Kosten. Die Standardisierung wird mithilfe von Baureihen und Baukästen angestrebt. Baureihen sind technische Gebilde (Maschinen, Baugruppen und Einzelteile) die

- dieselbe Funktion,
- mit der gleichen Lösung,
- in mehreren Größenstufen,
- bei möglichst gleicher Lösung ,

⁸⁷ Vgl. Ehrlenspiel (2008), S.481

⁸⁸ In Anlehnung an Rapp (2010), S.63

in einem großen Aufgabenbereich erfüllen. Außerdem ist eine optimale Größenabstufung zu treffen, da jede neue Größe eine zusätzliche Investition und einen höheren Materialeinsatz und damit Kosten erfordert, der Kunde jedoch nicht mehr Geld für eine Überdimensionierung und damit verbundene hohen Produktkosten bezahlen will.⁸⁹

- **Baukastensystem:**

Unter einem Baukasten versteht man die Kombination von Bauteilen und Baugruppen zur Produktion unterschiedlicher Gesamtfunktion. Hier liegt auch der Unterschied zur Baureihe, bei der die Funktion des Produktes immer die gleiche ist. Sehr oft sind Baukästen mit Baureihen verknüpft, d.h. Bausteine mit der gleichen Funktion werden in unterschiedlichen Größen hergestellt. In der Literatur wird zwischen einem offenen Baukasten, einem Zulieferbaukasten und einem geschlossenen Baukasten unterschieden. Ein Zulieferbaukasten ist ein Baukasten eines Zulieferers. Diese werden in der Praxis oftmals genutzt, um das know-how eines Spezialisten zu nutzen. Ein geschlossener Baukasten wird durch ein festgelegtes Bauprogramm und einer fest definierten Variantenzahl gekennzeichnet. Ein offener Baukasten ist im Gegensatz dazu in seinen Variation- und Kombinationsmöglichkeiten offen.⁹⁰

- **Modularisierung:**

Als Module werden Anbauteile beschrieben, die mit unterschiedlichen Funktionen aber einheitlichen Schnittstellen eine einfache Kombinierbarkeit der Teilekomponenten ermöglichen. Die Modulbauweise ermöglicht somit eine variantenreiche Kombination von Bauteilen mit unterschiedlichen Funktionen durch die Vereinheitlichung von Schnittstellen. Im Gegensatz zu den Bausteinen eines Baukastensystems können die Module nicht beliebig untereinander kombiniert werden. Eine modulare Bauweise kann somit als spezielle Form des Baukastensystems bezeichnet werden. Ein großer Vorteil der modularen Bauweise besteht in der Mehrfachverwendung. So kann ein Unternehmen mit begrenzter Anzahl interner Module eine hohe Anzahl an Produktvarianten erzeugen. Die Mehrfachverwendung der Module senkt einerseits die entwicklungszeiten- und Kosten und trägt andererseits zur Reduktion der Produktionskosten bei. Als Nachteil kann sich die Schnittstellengestaltung der einzelnen Module erweisen. Schnittstellen können einerseits hohe Produktionskosten aufgrund langer Entwicklungszeiten hervorrufen, andererseits besteht die Gefahr, dass sie die Produktions-

⁸⁹ Vgl. Maune (2001), S.26

⁹⁰ Vgl. Ehrlenspiel (2009), S.684

leistung eines Unternehmens reduzieren. Schnittstellen werden dann zu leistungsbe-
grenzten Elementen eines Produktes, wenn aufgrund mangelnder Reserven die
Schnittstellen ausgelastet sind, und das Unternehmen gezwungen ist, neue Schnitt-
stellen zu definieren.⁹¹

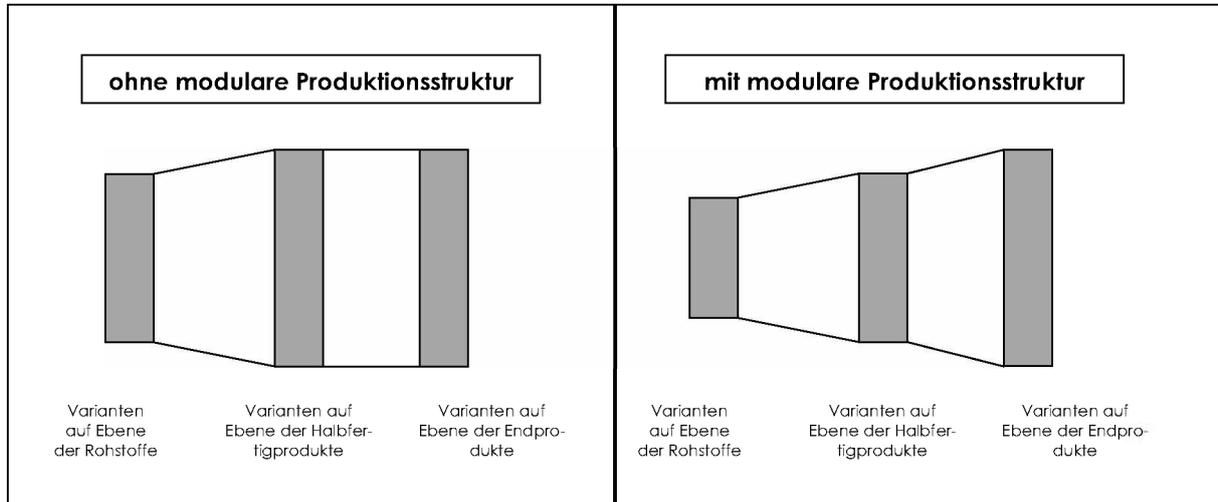


Abbildung 17: Modulare Produktstruktur⁹²

- **Einsatz von Gleichteilen:**

Eine sehr effektive Methode zur Variantenreduktion ist der Einsatz von Gleichteilen. Gleichteile sind Komponenten, die in mehreren Produktvarianten eingesetzt werden können. Durch den Einsatz von Gleichteilen können aber auch zusätzliche Kosten wie z.B. höhere Stückpreise entstehen, denn speziell auf jede Variante angepasste Materialien sind meist günstiger als Gleichteile. Bei den vom Kunden geforderten, den sogenannten kundenrelevanten Teilen, ist dieses Vorgehen oftmals nicht möglich, da sich verschiedene Produkte gerade durch diese unterscheiden sollen. Gleichteile müssen ein großes Spektrum an Funktionen erfüllen und vielfältigeren Anforderungen genügen. Es gilt daher ein optimales Maß an Gleichteilen zu bestimmen, die in Produktvarianten eingesetzt werden. Dabei sind alle Änderungen in den Stückkosten, Rüstkosten, Lagerhaltungskosten und Komplexitätskosten zu berücksichtigen.⁹³

⁹¹ Vgl. Rohrhofer (2009), S.79

⁹² In Anlehnung an Rohrhofer (2009), S.79

⁹³ Vgl. Arnold (2008), S.26

- **Einsatz von Wiederholteile:**

Unter einem Wiederholteil versteht man ein Bauteil, welches in einem anderen Produkt eingesetzt wurde. Wiederholteile werden durch Teilefamilien, Baukastensysteme oder Baureihen festgelegt.⁹⁴

- **Funktionsintegration:**

Mithilfe der Methoden Funktionsintegration lassen sich auch die steigenden Variantenzahlen reduzieren. Eine Funktionsintegration liegt dann vor, wenn funktionsbedingte einzelne Varianten so vereinigt werden, dass der neu gebildete Variantenkörper die gesamten Funktionen der einzelnen Varianten aufweist.⁹⁵ Dabei muss auch der Faktor Preis berücksichtigt werden, da die neue Variante meist teurer ist als die Ausgangsvarianten.

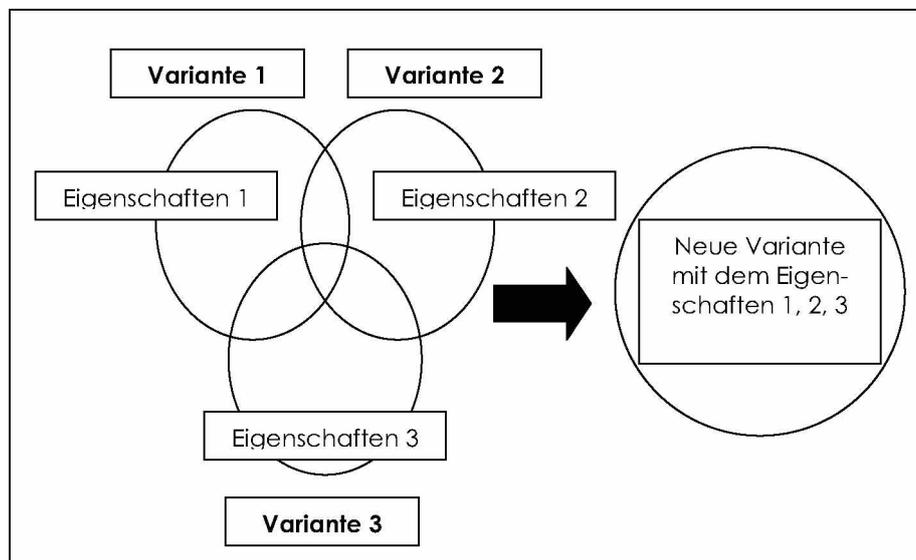


Abbildung 18: Funktionsintegration⁹⁶

Bei der Variantenreduzierung können nicht alle variantenbezogenen Kosten eliminiert werden. Diese Tatsache bezeichnet man als Kostenremanenz. Durch den Aufbau von Varianten steigen die Kosten durch Entwicklungen, Qualitätskontrollen, Marketing usw. die bei einem nachträglichen Abbau der Varianten nicht abgebaut werden können. Auch beim Verkauf von Gebäuden oder Maschinen ist mit einem Wertverlust zu rechnen. Das Entlassen fest angestellter Personen verursacht Abstandssummen. Diesen Kostenblock bezeichnet man als „Strukturelle Ertragslücke“, wobei die sprungfixen Kosten beispielsweise durch Kauf bzw. Verkauf von Produktionsanla-

⁹⁴ Vgl. Ehrlenspiel, Kiewert, Lindemann (2005), S.310

⁹⁵ Vgl. Hoenow, Meißner (2008), S.43

⁹⁶ In Anlehnung an Maune (2001), S.24

gen entstehen, während die Geraden die sogenannten „laufenden Kosten“ für Mitarbeiter, Strom u.a. umfassen. Auch können einmal inkorporierte Strukturen nur schwer wieder rückgängig gemacht werden.⁹⁷ Die Variantenreduzierung stellt somit nur ein geringes Einsparungspotential zu Verfügung.

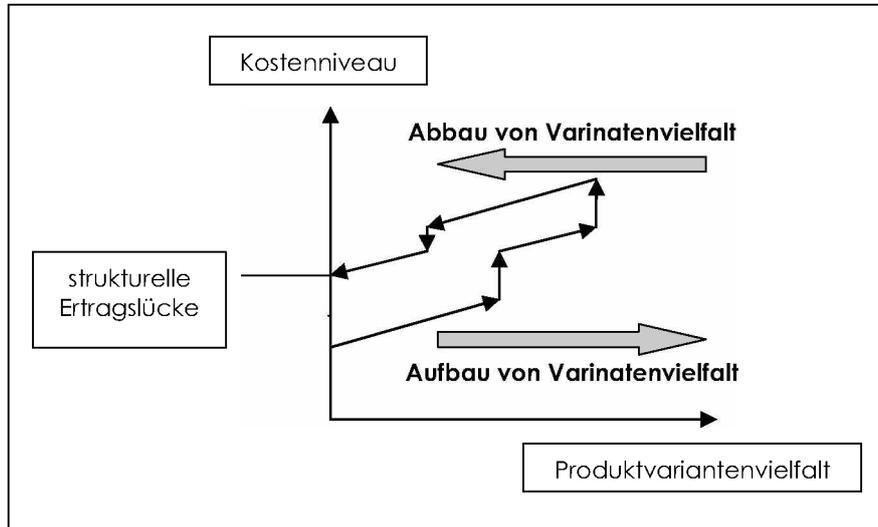


Abbildung 19: Kostenremanenz⁹⁸

Selbst wenn alle Reduzierungspotentiale ausgeschöpft sind, ist ein Unternehmen mit den verbleibenden Produktvarianten konfrontiert. So wird im Rahmen der Variantenbeherrschung eine effiziente Handhabung der nicht vermeidbaren Varianten angestrebt.

3.2.3 Variantenbeherrschung

Im Rahmen der Variantenbeherrschung geht es hauptsächlich um die Reduzierung der unternehmensinternen Vielfalt. Dies geschieht in Form umfangreicher Standardisierungsmaßnahmen. Dabei werden steigende Produktangleichungen bewusst in Kauf genommen. Die für den Kunden dadurch spürbar abnehmende Variantenvielfalt hat gravierende Auswirkungen auf das Kaufverhalten. Käufer werden preisempfindlicher, wenn die angebotene Produktvielfalt reduziert wird. Im Gegensatz dazu ist das Primärziel der kundenindividuellen Massenproduktion die Erhöhung der unternehmensexternen Vielfalt. Voraussetzung dafür sind flexible Produkte und Prozesse in den Unternehmensbereichen Entwicklung, Produktion und dem Vertrieb.⁹⁹ Im Rah-

⁹⁷ Vgl. Maune (2001), S.34

⁹⁸ In Anlehnung an Rohrhofer (2009), S.39

⁹⁹ Vgl. Gräßler (2004), S.18

men der Variantenbeherrschung sind einige Methoden entwickelt worden, die auf unterschiedlichen Ansätzen beruhen.

- **Fertigungssegmentierung:**

Eine Methode zur Variantenbeherrschung ist die Fertigungssegmentierung. Unter dieser Methode versteht man die Ausrichtung im Verbund arbeitenden Fertigungseinheiten. Die Fertigungssegmente beinhalten entweder mehrere Etappen der Logistikkette oder aller Wertschöpfungsstufen eines Unternehmens, d.h. sie besitzen eine durchgängige Produktverantwortung. Durch die Fertigungssegmentierung sollen somit nicht mehr alle Produkte durch dieselbe Fertigung laufen, sondern mehrere Fertigungsbereiche für unterschiedliche Produktionsanforderungen geschaffen werden. Die Grundidee dieser Methode der Variantenbeherrschung besteht darin, einfache Strukturen zu schaffen, um auch aller der Fertigung nach gelagerten Systemen wie Informations-, Planungs- und Kontrollsystemen weniger komplex zu gestalten. Die Fertigungssegmentierung vereint die Vorteile der Fließfertigung (geringe Kosten, kurze Durchlaufzeiten) mit den Vorteilen der Werkstattfertigung (hohe Flexibilität). Verschiedene Ziele stehen bei der Fertigungssegmentierung dabei im Vordergrund. Produktorientierung, Marktorientierung, Realisierung einer neuen Fertigungsstrategie oder eines neuen Logistikkonzeptes, Standortstrukturierung und die Einführung neuer Technologien.¹⁰⁰

- **Optimale Materialbereitstellung:**

Auch mit einer optimalen Materialbereitstellung lässt sich die steigende Variantenvielfalt beherrschen. Durch eine hohe Produktvielfalt werden entweder immer größere Materialbereitstellungsflächen in der Produktionsnähe gefordert, oder es entsteht ein sehr hoher Kommissionieraufwand. Die Optimierung der Materialbereitstellung kann durch folgende Maßnahmen verbessert werden: Arbeitsplatzgestaltung (Wegzeitminimierung), geeigneter Behälterinsatz, Verbesserung der Montagestruktur, Berücksichtigung der nachfolgenden Austaktungen. Eine zu geringe Lagerung von Material führt zu einer erhöhten Anzahl von inner- und außerbetrieblichen Transportvorgängen, die am besten ohne Wartezeiten abgewickelt werden. Ziel einer optimalen Materialbereitstellung ist es, einen reibungsfreien innerbetrieblichen Materialfluss zu

¹⁰⁰ Vgl. Rothlauf (2010), S.409

gewährleisten. Bei einer zu großen Materiallagerung steigt die Kapitalbindung und teurer Produktionsplatz wird für Lagerflächen verwendet.¹⁰¹

- **Reihenfolgeplanung:**

Mithilfe einer Reihenfolgenplanung lassen sich die steigenden Variantenzahlen beherrschen. Die Reihenfolgenplanung ordnet die Arbeiten eines Arbeitsspektrums in einer bestimmten Folge an. Mithilfe einer geschickten Sequenzierung und Abfolge der Arbeitsvorgänge kann man Rüstzeit sparen. Ein Rüstzeiterparnis infolge einer guten Reihenfolgenplanung trägt auch zur Durchlaufzeitverkürzung der gesamten Produktion bei. Das ist einer der wesentlichen Aufgaben der Reihenfolgenplanung.¹⁰² Mithilfe von Kennzahlen lässt sich bewerten, wie gut eine Reihenfolgeplanung durchgeführt wurde. Häufig verwendete Kennzahlen sind dabei:

- Fertigstellungszeit
- Durchlaufzeit
- Verspätung
- Gesamtbearbeitungszeit

- **Verringerung der Fertigungstiefe:**

Bei der Verringerung der Fertigungstiefe stellt sich die Frage, welche Produkte ein Unternehmen selbst erzeugt und welche von einem Zulieferer bezogen werden. Dieser Punkt das optimale Ausmaß der vertikalen Integration kann sowohl zur Reduzierung der innerbetrieblichen Komplexität führen als auch zur Erhöhung, wenn der Lieferant nicht den Erwartungen entspricht und hoher Koordinations- und Integrationsaufwand entstehen und Nachbesserungen durchgeführt werden müssen. Mit der Verringerung der Fertigungstiefe können neben der innerbetrieblichen Komplexitätsreduzierung noch weitere Vorteile verbunden sein. So können Kostenvorteile entstehen, wenn der Lieferant an einem Ort mit einem niedrigen Lohnniveau fertigt oder wenn die Herstellungskosten für den Lieferanten bedingt durch eine Massenfertigung geringer sind. Qualitätsvorteile können sich ergeben, wenn der Lieferant über Spezialmaschinen verfügt und mit Spezialwerkzeugen fertigt oder wenn der Lieferant in diesem Fertigungsgebiet eine langjährige Erfahrung mitbringt. Finanzwirtschaftliche Vorteile können sich einstellen, wenn durch die Fremdvergabe Kapital freigesetzt

¹⁰¹ Vgl. Maune (2001), S.38

¹⁰² Vgl. Schönleben (2011), S.745

wird und diese in Produktionsreinrichtungen investiert werden kann. Ein Problem der Verringerung der Fertigungstiefe stellt die Abhängigkeit vom Lieferanten dar.¹⁰³ Zur Variantenbeherrschung sollte daher eine Methode gewählt werden, die mehrere Aspekte berücksichtigt, sowohl die Minimierung der Gesamtkosten als auch die Minimierung der Abhängigkeiten von anderen Firmen.

3.2.4 Vorgehensweise des Variantenmanagement

Die soeben erarbeiteten Grundmaßnahmen zur Reduzierung, Beherrschung und Vermeidung der Variantenvielfalt sind nun in weiterer Folge in ein umfassendes Variantenmanagementkonzept zu integrieren. Der Variantenmanagementverlauf lässt sich in fünf Stufen gliedern, die in der folgenden Abbildung 20 dargestellt werden.

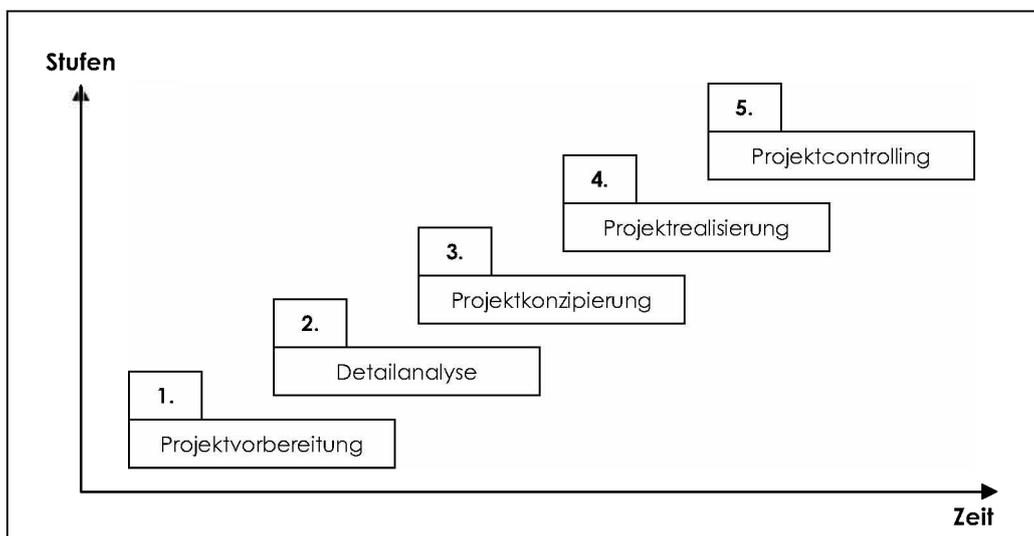


Abbildung 20: Hauptstufen des Variantenmanagement¹⁰⁴

Stufe 1: Projektvorbereitung:¹⁰⁵

- Die Ziele des Variantenmanagement müssen klar definiert und festgehalten werden.
- Die Auswahl des Projektteams, das sowohl interne als auch externe Know-how-Träger beinhaltet, ist ebenfalls in der Projektvorbereitung untergebracht.
- Eine strukturierte Projektvorbereitung eines Variantenmanagementprojektes soll ein zielgerichtetes und schnelles Vorgehen ermöglichen. In diesem Zusammenhang wird zuerst der Untersuchungsbereich festgelegt. Neben der Auswahl der

¹⁰³ Vgl. Perlitz (1996), S.346

¹⁰⁴ In Anlehnung an Rohrhofer (2009), S.57

¹⁰⁵ Vgl. Rohrhofer (2009), S.57

Produktlinien- und Gruppen muss festgelegt werden, ob sowohl Produkte als auch Prozesse Berücksichtigung finden und ob auch Wettbewerbsprodukte in die Untersuchung berücksichtigt werden.

Stufe 2: Detailanalyse:¹⁰⁶

- Die zu untersuchende Produktpalette ist in dieser Phase einer genauen Analyse zu unterziehen. Mit Hilfe der ABC-Analyse können Produktvarianten des Untersuchungsbereiches nach Umsatz, Deckungsbeitrag, Kunden und Stückzahlen analysiert werden. Die Variantenbestimmenden Baugruppen und Einzelteile können mittels Variantenbaum dargestellt und analysiert werden.
- Basierend auf der Produktvariantenanalyse dienen Kennzahlen zur Feststellung des Standardisierungsgrades, des Mehrfachverwendungsgrades, der Normteilquote und des Fremdbezuganteiles.
- Neben der Produktanalyse sind auch die durch die Variantenvielfalt ausgelösten (Teil-)Prozesse zu analysieren und die daraus resultierenden Prozesskosten zu bestimmen.
- Im Rahmen der Produktwerteanalyse können Verlust- Gewinnbringende Produkte identifiziert werden.
- Im Rahmen einer Reifegradanalyse lassen sich Produktvarianten auf ihre Stellung im Lebenszyklus überprüfen.
- Eine Kundennutzenanalyse dient zur Findung des Kundennutzens und den kaufentscheidungsrelevanten Produktvarianten auf Basis einer Conjoint Analyse.
- Die Ergebnisse der einzelnen Analysen müssen eindeutige Ansatzpunkte zur Variantenoptimierung beinhalten.

Stufe 3: Projektkonzipierung:¹⁰⁷

- In der dritten Phase des Variantenmanagementprojektes werden geeignete Variantenstrategien entwickelt. Es muss entschieden werden, ob Variantenlücken geschlossen, Variantenüberschneidungen reduziert und eine freie Wahl an Varianten durch Funktionspakete beschnitten werden.
- Durch den Einsatz von Workshops, Brainstorming oder Ideenwettbewerben können Ideen erarbeitet und anschließend systematisiert werden.

¹⁰⁶ Vgl. Rohrhofer (2009), S.58

¹⁰⁷ Vgl. Rohrhofer (2009), S.58

Variantenmanagement in der Fließfertigung

- In weiterer Folge sind die alle erarbeiteten Ideen bezüglich technischer, ökologischer, physikalischer und natürlicher Grenzen zu beurteilen. Die verbleibenden Ideen sind zu systematisieren.
- Die Ideenpakete sind basierend ihrer Gemeinsamkeiten zu bündeln und an Arbeitsgruppen zur Weiterentwicklung und Verfeinerung zu übergeben.

Stufe 4: Projektrealisierung:¹⁰⁸

- In dieser Phase sind nun die erarbeiteten Ideen der Produkt- und Variantengestaltung zu realisieren.
- Die dadurch auftretenden Veränderungen auf die Prozesse müssen hinsichtlich Zeit- Kostenkriterien analysiert werden.
- Die von der geänderten Produktgestaltung betroffenen Prozesse sind festzuhalten.
- Durch die Erarbeitung eines Ideen- bzw. Maßnahmenkataloges sollen präventive Aufgabenpakete für die Produktentwicklung festgelegt werden.

Stufe 5: Projektcontrolling:¹⁰⁹

- Im Rahmen einer regelmäßigen Projektaktivität sollen produkt-, prozess-, organisations-, bereichsbezogene und variantenbezogene Kenngrößen entwickelt werden, mit denen die Entwicklung der Variantenvielfalt laufend verfolgt und kontrolliert werden kann.
- Mit Hilfe eines Variantenmanager müssen zukunftsorientierte Variantenziele festgelegt, kontrolliert und gesteuert werden.

Wie schon in den ersten Kapiteln beschrieben, nehmen die Komplexität und die Vielfalt moderner Produkte permanent zu. Nur wen es gelingt, diesen Trend mit einem durchgängigen Variantenmanagement zu begegnen, lassen sich die Gesamtkosten und die steigende Komplexität der Unternehmen unter Kontrolle halten. Eine geeignete Produktstrukturierung und Gestaltung der Produktvarianten sind die Voraussetzungen dafür. Welche Methoden es für nun die Verwaltung von Produktvarianten gibt, wird im nachfolgenden Kapitel 4 beschrieben.

¹⁰⁸ Vgl. Rohrhofer (2009), S.59

¹⁰⁹ Vgl. Rohrhofer (2009), S.59

4 Darstellung von Produktvarianten

Zur Verwaltung variantenreicher Produkte sind Stücklisten in verschiedensten Formen etabliert. Im Rahmen dieses Kapitels werden die verschiedensten Stücklistenformen untersucht, die sich für eine hohe Anzahl an Produktvarianten anbieten.

4.1 Variantenstückliste

Die Untergliederung eines Produktes auf der technischen Ebene erfolgt in seiner Grundform in Stücklisten. Dabei stellt die Stückliste die systematische Zusammenstellung aller Bestandteile eines Endproduktes dar und dient als organisatorisches Hilfsmittel für Entwicklung, Fertigung und Logistik. Sie wird anhand der Konstruktionsdaten erstellt. Stücklisten enthalten Positionsnummer, Menge, Einheit der Menge, Benennung der Gruppe oder des Teils (einschließlich Normteile, Fremdteile und Hilfsstoffe), Sachnummer und/oder Norm-Kurzbezeichnungen zur Identifikation und ggf. Bemerkungen.¹¹⁰ Stücklisten werden vor allem bei so genannten Stückprozessen eingesetzt, d.h. bei Produktionsprozessen, in denen die Mengeneinheit in Stück gemessen wird. Man spricht dabei auch von einer diskreten Fertigung. Typische Beispiele dafür sind Fertigungsprozesse, bei denen Montagevorgänge eine wichtige Rolle spielen, z.B. im Maschinen- oder Möbelbau. Das Gegenstück ist die kontinuierliche Fertigung, die vor allem in der chemischen Industrie anzutreffen ist. Die Erzeugnisstrukturen werden dort in Form von Rezepturen angegeben.¹¹¹ Grundsätzlich unterscheidet man zwischen drei Grundformen einer Stückliste:¹¹²

- **Baukastenstückliste:**

Baukastenstücklisten enthalten jeweils die Baugruppe oder Einzelteile der nachfolgenden tieferen Fertigungsstufe. Liegt eine mehrstufige Fertigungsstruktur vor, so ergeben sich mehrere Baukastenstücklisten. Die Mengenangaben beziehen sich immer auf die höhere Baugruppe bzw. auf das Endprodukt.

¹¹⁰ Vgl. Maune (2001), S.147

¹¹¹ Vgl. Kurbel (2005), S.66

¹¹² Vgl. Zagel (2009), S.23

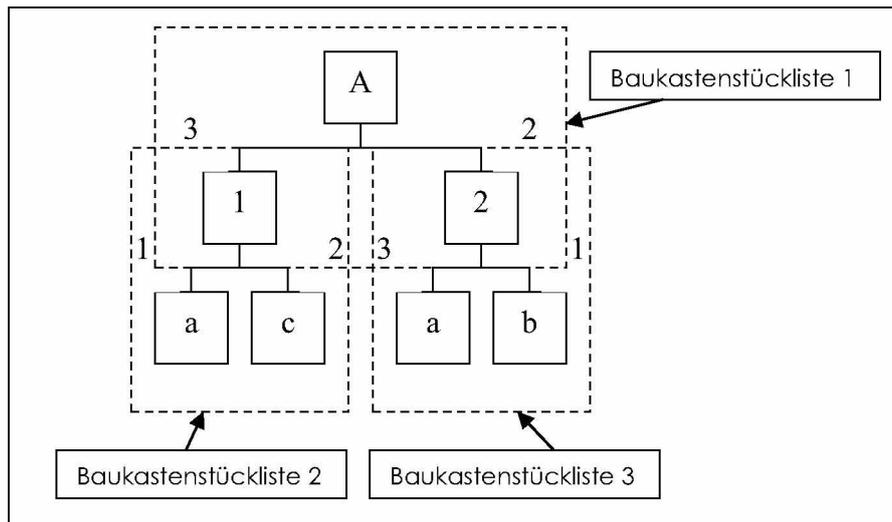


Abbildung 21: Baukastenstückliste¹¹³

Der Vorteil der Baukastenstückliste ist, dass gleiche Baugruppen nur einmal gespeichert werden müssen. Der Nachteil dieser Art der Stückliste ist, dass der Gesamtbedarf an Komponenten für ein Endprodukt auf einen Blick nicht erkennbar ist.¹¹⁴

- **Strukturstückliste:**

Die Strukturstückliste stellt die gesamte Struktur eines Endproduktes oder einer Baugruppe dar. Dabei wird detailliert dargestellt, welche jeweiligen Baugruppen oder Einzelteile in welche Unterbaugruppen einfließen. Die Strukturstückliste ist aufgebaut wie ein virtuelles Abbild des Endproduktes, in dem jede Baugruppe enthalten ist. Der Vorteil, dass jede Baugruppe in dieser Stücklistenform enthalten ist, stellt aber auch den größten Nachteil dar. Bei komplexen Listen ist es kaum möglich, einen Überblick zu bewahren.¹¹⁵

| Bezeichnung | Menge | Stufe |
|-------------|-------|-------|
| A | 1 | 2 |
| B | 3 | 3 |
| C | 4 | 4 |
| D | 2 | 1 |

Abbildung 22: Strukturstückliste¹¹⁶

¹¹³ In Anlehnung an Schulte (2001), S.126

¹¹⁴ Vgl. Schulte (2001), S.126

¹¹⁵ Vgl. Plümer (2003), S.108

¹¹⁶ In Anlehnung an Maune (2001), S.146

- **Mengenübersichtsstückliste:**

Diese Art der Stückliste beinhaltet für das Endprodukt nur die Einzelteile mit deren Mengenangaben. Mehrfach vorkommende Einzelteile erscheinen nur einmal, aber alle Teilenummern der Erzeugnisse sind angeführt. Funktions- und funktionsorientierte Gruppen sind nicht zu erkennen. Diese einfachste Form der Stückliste reicht für einfache Erzeugnisse mit nur wenigen Fertigungsstufen aus, bei denen die Struktur keiner Erklärung bedarf.

| Bezeichnung | Menge |
|-------------|-------|
| A | 1 |
| B | 3 |
| C | 4 |
| D | 2 |

Abbildung 23: Mengenübersichtsstückliste¹¹⁷

Da diese Grundformen der Stückliste aus spezifischen Einatzzwecken entstanden sind, sind sie für die Abbildung variantenreicher Produkte aufgrund der notwendigen Datenredundanz meist ungeeignet. Wenn die Zahl der Varianten in die Millionen geht, ist eine herkömmliche Verwaltung mit den Grundformen nicht mehr möglich.

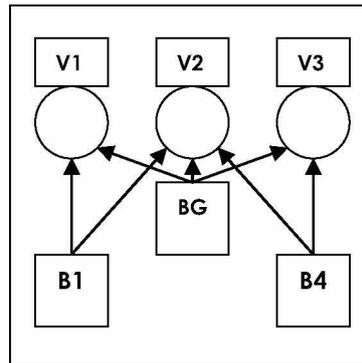
Die dargestellten Grundformen der Variantenstücklisten können in weiterer Folge in die Gleichteilstückliste, die Plus-/Minus- Stückliste und in die Mehrfachstückliste unterteilt werden.

- **Gleichteilstückliste:**

Um die Datenredundanz zu verringern, wird die Gleichteilstückliste eingeführt. Im Rahmen dieser Art von Stücklisten werden alle Teile, die in allen betrachteten Varianten gleichermaßen vorkommen, zu einer fiktiven Baugruppe zusammengefasst. Die Struktur der Varianten wird dann aus der fiktiven Baugruppe und den zusätzlichen notwendigen Baugruppen zusammengestellt. Die Gleichteilstückliste ist nur dann sinnvoll, wenn die Gleichteile über einen längeren Zeitraum konstant bleiben, da bei einer Änderung alle Stücklisten betroffen sind.¹¹⁸

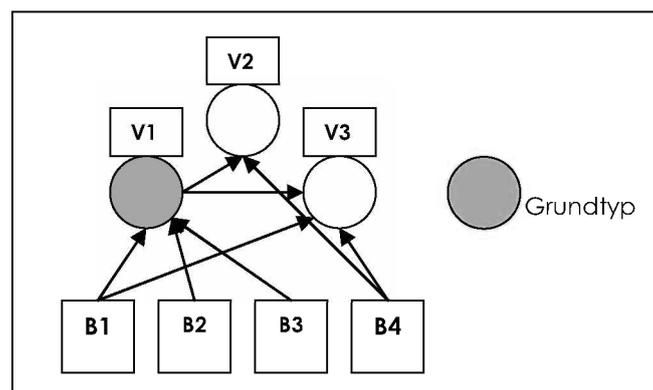
¹¹⁷ In Anlehnung an www.fhv.at/edubite/M6-LO005-Programmorientierte-Materialbedarfsplanung/images/005-tab-mengenstueckliste.gif

¹¹⁸ Vgl. Rohrhofer (2009), S.65; Schuh (2005), S.144

Abbildung 24: Gleichteilstückliste¹¹⁹

- **Plus-/Minus- Stückliste:**

In der Plus-/Minus- Stückliste wird eine Produktvariante als Grundtyp definiert. Jede Variante wird nun in Abweichung dieses Grundtyps in einer eigenen, als Plus-Minus-Stückliste bezeichneten Form dargestellt. Dabei werden die zum Grundtyp zusätzlichen Teile als Plusteile bzw. die zum Grundtyp entfallenen Teile als Minusteile bezeichnet.¹²⁰

Abbildung 25: Plus-/Minus- Stückliste¹²¹

- **Mehrfachstückliste:**

Eine Mehrfachstückliste ist eine weitere Form zur Abbildung von Varianten. Wenn sich die Zusammensetzung eines Materials ändert wird die zugehörige Materialstückliste zu einer sogenannten Mehrfachstückliste umgewandelt. Mehrfachstücklisten sind somit Alternativen zu Variantenstücklisten die gebildet werden, wenn sich die Mengen der Materialien geändert haben oder neue Komponenten hinzukommen. In einer Mehrfachstückliste werden mehrere Variantenstücklisten zu einer Mehrfachstückliste zusammengefasst, in der für die verschiedenen Endprodukte jeweils eine eigene

¹¹⁹ In Anlehnung an Rohrhofer (2009), S.65

¹²⁰ Vgl. Maune (2001), S.147

¹²¹ In Anlehnung an Rohrhofer (2009), S.65

Mengenspalte ausgewiesen wird. Eine Mehrfachstückliste enthält nur die Auflistung der Einzelteile mit den Identifikationsnummern und den Mengenangaben für das Endprodukt. Die Endproduktstruktur wird bei der Mehrfachstückliste nicht wiedergegeben. Der Aufwand der Aktualisierung einer Mehrfachstückliste kann sehr groß werden, wenn sich z.B. Teile oder Mengenangaben ändern.¹²²

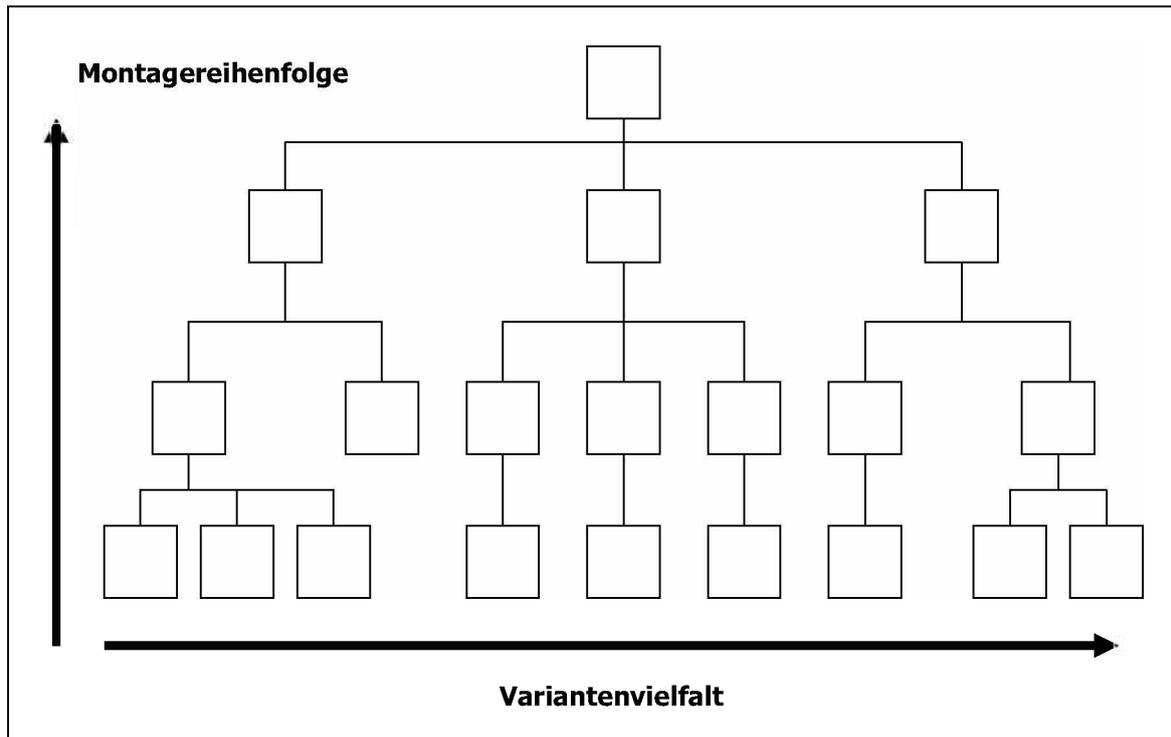
- **Variantenbaum:**

Zur Strukturierung und Abbildung der Varianten und des Gestaltungsprozesses im Bereich der fertigungs- und montageorientierten Produktgestaltung ist der Variantenbaum geeignet. Er wird von oben nach unten gelesen und berücksichtigt dabei die Variantenanwendung, die Teilevarianz und die Montagereihenfolge und bildet durch seine Form die Variantenentstehung in Fertigungs- und Montagenprozessen ab.¹²³ Ein großer Vorteil der Baumdarstellung besteht darin, dass die Variantenvielfalt auf jeder Ebene der Produktbeschreibung in so genannten Variantenleisten abzulesen ist. Damit lassen sich Hinweise zur Verringerung der Teilevielfalt und der damit verbundenen Komplexität ableiten. Ergänzt man den Variantenbaum um die Verwendungshäufigkeit pro Eigenschaft, unterstützt dieses Hilfsmittel die Früherkennung von Produktexoten. Ziel soll es sein, das Produktspektrum so zu gestalten, dass der Variantenbaum bis zur Endmontage möglichst schmal gehalten wird, d.h. dass die Variantenvielfalt erst möglichst gegen Ende der Wertschöpfung entsteht.¹²⁴

¹²² Vgl. Maune (2001), S.147

¹²³ Vgl. Bayer (2010), S.70

¹²⁴ Vgl. Rohrhofer (2009), S.67

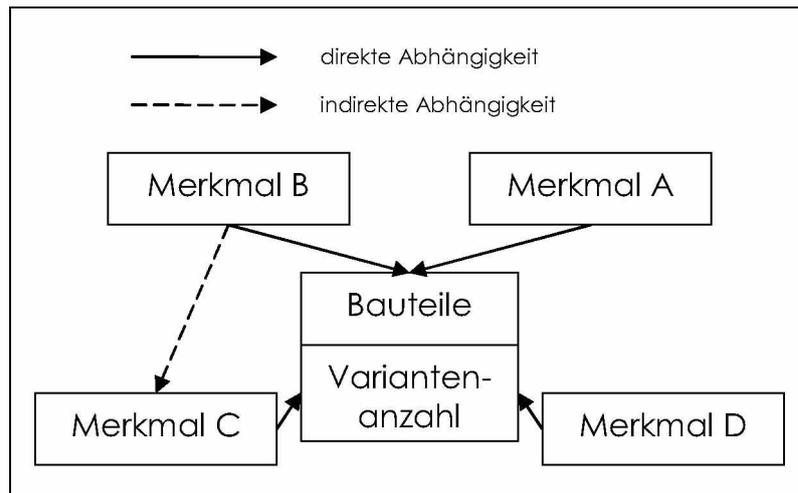
Abbildung 26: Variantenbaum¹²⁵

- **Merkmalebaum:**

Der Merkmalsbaum ist eine spezielle Form der Variantendarstellung und gut zur Darstellung der Vielfalt auf Variantenebene geeignet. Er zeigt in den einzelnen Spalten variantenbildende Merkmale auf und macht die geplante bzw. vorhandene Variantenvielfalt transparent. Der Merkmalsbaum spaltet sich an den Stellen auf, wo aufgrund variantenbildende Merkmale Produktvarianten entstehen. Dadurch sind alle wählbaren Kombinationen eines Produktes erkenntlich. Der Merkmalsbaum ist somit eine Möglichkeit, um die Ursachen-Wirkungsbeziehungen zwischen den Merkmalen des Endproduktes und der Variantenvielfalt eines untergeordneten Teiletyps herzustellen. Die Abhängigkeiten der Variantenbildung von Merkmalen wie z.B. Farben oder Anbauteilen werden mit Hilfe des Merkmalsbaumes dargestellt.¹²⁶

¹²⁵ In Anlehnung an Rohrhofer (2009), S.67

¹²⁶ Vgl. Bayer (2010), S.72

Abbildung 27: Merkmalbaum¹²⁷

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass durch einen effizienten Einsatz von geeigneten Methoden zur Darstellung der Produktvielfalt nicht unwesentliche Zeit- und Kosteneinsparungen erzielt werden können.

4.2 Methoden zur qualitativen Analyse des Variantenspektrums

Die im vorigen Kapitel beschriebenen Methoden der Variantendarstellung ermöglichen eine quantitative Analyse der vorhandenen Teile- und Produktvielfalt. Eine nach Kosten und Nutzen optimale Variantenvielfalt kann jedoch nur bei einer qualitativen Analyse des vorhandenen Produktsortiments garantiert werden. Der Schwerpunkt liegt dabei auf den Kunden- und Marktanforderungen. Die Kenntnis der exakten Marktanforderungen verhindert einerseits eine zu große und ineffiziente Variantenvielfalt, andererseits liefert sie Informationen für eine optimale Ausrichtung und Gestaltung der übrigen Produktpalette bezüglich Funktion und Design.

Im Rahmen einer qualitativen Analyse des Variantenspektrums bieten folgende Methoden großes Nutzungspotential:

- ABC- Analyse
- Conjoint- Analyse
- Ausstattungsanalyse, Preissensibilitätsanalyse, Funktionsindizes
- Kennzahlen

¹²⁷ In Anlehnung an Rohrhofer (2009), S.68

- **ABC- Analyse:**

Ein relatives einfaches, aber sehr effizientes Mittel zur qualitativen Untersuchung der Variantenvielfalt ist die ABC- Analyse. Sie dient der Bewertung der bisherigen Produkte aus Nutzer- und Herstellersicht und zeigen die Stärken und Schwächen des Produktes auf. Diese Methode sollte vor jeder Neukonstruktion und konstruktiven Überarbeitung eines Produktes erfolgen. Dabei wird das zu untersuchende Produkt anhand mehrerer Kriterien beurteilt. Diese Kriterien können sich auf den Markt (z.B. Umsatzanteile, Länder, Branche), den Nutzer (z.B. Handhabung, Service, Design) oder den Hersteller (z.B. Durchlaufzeit, Herstellkosten, Reklamationen) beziehen. Die dabei gesammelten Daten und Informationen werden in ABC- Analysen verglichen und dargestellt. Die ABC- Analyse bezüglich des Umsatzes pro Produkt verbunden mit der ABC- Analyse zu Gewinn pro Produkt identifiziert leichter kritische Produkte, die weiterentwickelt oder aussortiert werden können. Unwirtschaftlich sind auch die 80% der Produkte, die nur 20% zum Unternehmensumsatz beitragen. Die ABC- Analyse unterstützt sogar die Ermittlung des Unternehmenspotentials, wobei die Potentiale des Unternehmens und jene der Konkurrenz (geschätzt) gesammelt werden und pro Unternehmensbereiche Entwicklung, Vertrieb, After Sales, Produktion und Beschaffung aufgeschlüsselt werden.¹²⁸

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass mithilfe der ABC-Analyse Aussagen über deckungsbeitragschwache bzw. stückzahlschwache Produktvarianten gewinnen lassen, worauf Ansatzpunkte für eine Variantenreduzierung definiert werden können.

- **Conjoint- Analyse:**

Gemäß der Zielsetzung des Variantenmanagements, alle vom Markt geforderten Produktvarianten, den qualitativen Anforderungen entsprechend sowie zeitgemäß anbieten zu können, ist im Rahmen der Gestaltung des Produktvariantenspektrum eine Zuordnung von Kosten und Nutzen zur Funktion anzustreben. Sowohl Über- als auch Unterfunktionalitäten der angebotenen Produkte können in einer Variantenreichen Wertegestaltung reduziert werden. Besonders im Fall der Überfunktion der Produkte kommt es zu einer unnötigen komplexen Produktstruktur, die nur in wenigen Fällen mit höheren Preisen ausgeglichen werden kann. Unterfunktionalitäten werden vom Kunden negativ wahrgenommen und führen somit zu Wettbewerbsnachteilen. Um Über- und Unterfunktionalitäten zu vermeiden und ein folglich ein optimales Vari-

¹²⁸ Vgl. Schmidt (2007), S.49

antenspektrum anzubieten, ist eine enge Zusammenarbeit zwischen den Unternehmensbereichen Entwicklung und dem Vertrieb notwendig. Für eine folglich notwendige bereichsübergreifende Variantengestaltung ist der Einsatz von produkt- und simultan prozess- gestaltenden methodischen Hilfsmitteln notwendig. Dazu zählt zum Beispiel die Conjoint- Analyse.¹²⁹

Die Conjoint- Analyse ist ein in verschiedenen Forschungsdisziplinen weit verbreitetes Verfahren zur Messung und Analyse von Präferenzen von Auskunftspersonen und hat besonders dort an Bedeutung gewonnen, wo Entscheidungen zwar ganzheitlich getroffen, jedoch nach einzelne objektbezogene Faktoren differenziert werden können. Dies ist insbesondere im Bereich des Marketing und seiner Teildisziplin der Kaufverhaltensentscheidung der Fall. Die Conjoint- Analyse leitet im Rahmen von Befragungen aus ganzheitlichen Produktbeurteilungen Informationen über einzelne, zuvor definierte Produkteigenschaften ab, welche anschließend zur Prognose von Kaufentscheidungen verwendet werden können. Die weite Verbreitung der Conjoint- Analyse im Marketingbereich hängt nicht zuletzt damit zusammen, dass diese Informationen in verschiedenen Bereichen wie (Neu-) Produktgestaltung, Preispolitik, Marksimulation, Konkurrenzanalyse, Kommunikationspolitik, Markenwertbestimmung oder Marktsegmentierung Verwendung finden können. Die Conjoint- Analyse dient dazu, die Unter- und Überdimensionierung von Produkten und Bauteilen aufzudecken. Mit dieser Art der Analyse lassen sich bereits zu Beginn der Leistungsoptimierung jene Produktvarianten herauskristallisieren und eliminieren, die keinen Nutzen stiften und für denen der Kunde nicht bereit ist, zu zahlen.¹³⁰

- **Ausstattungsanalyse, Preissensibilitätsanalyse, Funktionsindizes:**

Neben ABC- Analysen und der Conjoint- Analyse ermöglichen zielgruppenspezifische Ausstattungsanalysen eine Identifikation von Ausstattungsoptionen mit geringer Markenpenetration, auf deren Basis Ansätze zu Variantenreduzierung abgeleitet werden können.

Für kritische Varianten ergeben sich folgende Gestaltungsoptionen:¹³¹

- **Wegfall:** Das Streichen von kaum nachgefragten Produktausstattungen ist ein wirksamer Hebel zur Variantenvielfalt.

¹²⁹ Vgl. Rohrhofer (2009), S.71

¹³⁰ Vgl. Hillig (2005), S.1

¹³¹ Vgl. Bayer (2010), S.76

- **Serieneinführung:** Für so genannte Rennervarianten ist die Einführung als Serienausstattung ein sehr wirksames Mittel, solange die entfallenden Kosten der Variantenvielfalt größer sind, als die Serieneinführungsmehrkosten und die entgehenden Zusatzerlöse durch die Serienausstattung.
- **Paketierung:** Die Paketierung ist eine bewährte Maßnahme, um meist vom Kunden zusammen ausgewählte Maßnahmen zusammenfassen und somit Einzelvarianten zu vermeiden. Außerdem besteht mit diesem Ansatz die Möglichkeit, durch attraktive Paketpreise unterschiedliche Zahlungsbereitschaften der Kunden zu kombinieren und somit höhere Erlöse zu erzielen.
- **Nachrüstung:** Durch eine Nachrüstung lässt sich die Vielfalt auf einen späteren Zeitpunkt verschieben und ist somit nicht problematisch für die Produktion. So können z.B. länderspezifische Veredelungsstufen auf Händler verlagert werden.
- **Preisänderung:** Durch eine Preisänderung ergibt sich zwar keine innere Komplexitätswirkung, doch wird die Wirtschaftlichkeit der Sonderausstattung eventuell verbessert und die Stückzahlverteilung verbessert. So sollte für Exotenvarianten ein Preis erreicht werden, um den Mehraufwand abzudecken.

Als weiteres Analysetool können Funktionsindizes angeführt werden. Diese ermöglichen es, Endprodukte miteinander zu vergleichen, um funktionsähnliche und -unähnliche auszufiltern. Auf Basis der Funktionsindizes können Maßnahmen zur Standardisierung abgeleitet werden.¹³²

- **Kennzahlen:**

Zur Bewertung variantenreicher Produktionsprogramme bieten sich je nach Entscheidungssachverhalt verschiedene Kennzahlen an. Neben Größen wie Umsatz, Selbstkosten, Gewinn und Deckungsbeitrag, können auch Kennzahlen wie relativer Nutzen und relative Kosten von Merkmalausprägungen sowie die Variantenkennzahlausprägung angeführt werden. Speziell die drei letzt genannten Kennzahlen eignen sich besonders für die Beurteilung von Produktvarianten, da sie Aussagen über die Vorteilhaftigkeit der Vielfalt ermöglichen:¹³³

¹³² Vgl. Wildemann (2010), S.45

¹³³ Vgl. Franke (2002), S.36; Rohrhofer (2009), S.72

- **Relativer Nutzen einer Merkmalausprägung:** Diese Kennzahl ergibt sich als Quotient aus dem Nutzwert der betrachtenden Merkmalausprägung und dem Nutzwert des Standardwerts. Auf Basis der Grundüberlegung, nur solche Varianten anzubieten, welche zu einem höheren Kundennutzen führen, lassen sich alle Ausprägungen eines Merkmales anhand ihres relativen Nutzwerts in eine fallende/ steigende Reihenfolge bringen. Merkmalausprägungen mit positivem relativem Nutzen sind naturgemäß vermehrt in Produktvarianten zu verwenden.
- **Relative Kosten einer Merkmalausprägung:** Analog zur vorherigen Kennzahl errechnen sich die relativen Kosten einer Merkmalausprägung aus dem Verhältnis der Kosten dieser Merkmalausprägung zu den Kosten der Standardmerkmalausprägung. Für die Feststellung der relativen Kosten einer Merkmalausprägung sind die Kosten den verschiedenen Merkmalausprägungen möglichst verursachungsgerecht zuzuordnen.
- **Variantenausprägungszahl:** Die Variantenausprägungszahl einer Merkmalausprägung ergibt sich aus dem Verhältnis des relativen Nutzens zu den relativen Kosten der Merkmalausprägung. Je höher die Variantenausprägungszahl, desto vorziehungswürdiger ist die entsprechende Merkmalausprägung im Vergleich zur Standardausprägung zu beurteilen. Mit Hilfe eines Variantenausprägungsportfolios, auf dessen Ordinate die relativen Kosten und auf der Abszisse der relative Nutzen von Merkmalausprägungen aufgetragen sind, lassen sich die relativen Kosten- und Nutzenpositionen darstellen und dementsprechende Handlungsalternativen ableiten. Ein Variantenmerkmalausprägungsportfolio kann in vier Quadranten eingeteilt werden, aus denen sich mit der ISO- Kosten- Nutzen-Linie, die eine Variantenausprägungszahl von 1 darstellt, sechs Felder ergeben. Alle Merkmalausprägungen links oberhalb der ISO- Kosten- Nutzen-Linie weisen ein negatives Verhältnis des relativen Nutzens zu den relativen Kosten auf und alle Merkmalausprägungen rechts unterhalb dieser Linie besitzen ein insgesamt positives Kosten-Nutzen-Verhältnis. Mithilfe dieser Grundüberlegung lassen sich dann die Handlungsempfehlungen ableiten. In der folgenden Abbildung ist nun ein solches Variantenausprägungsportfolio dargestellt:

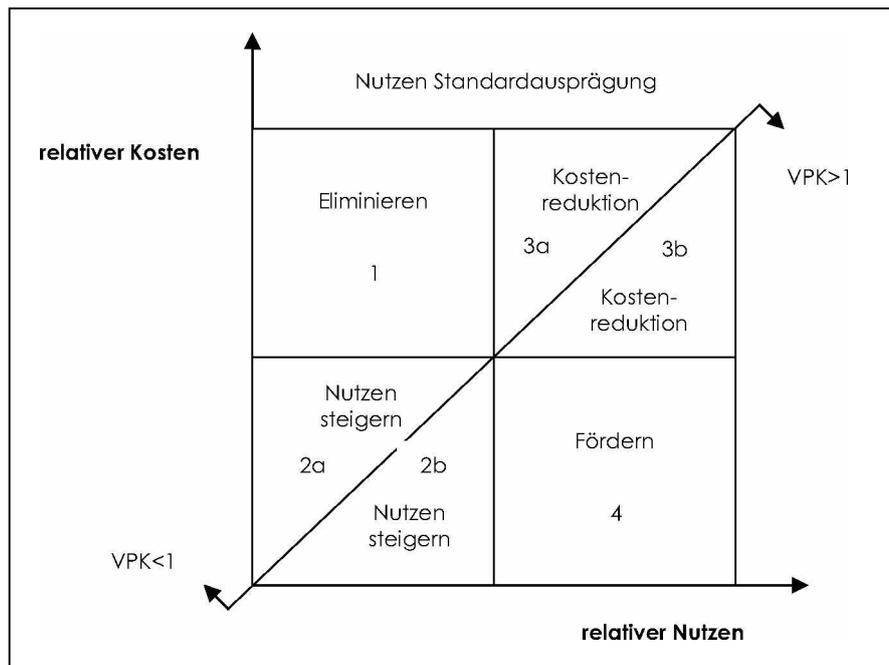


Abbildung 28: Variantenausprägungsportfolio¹³⁴

Folgende Handlungsempfehlungen sind aus der Abbildung 28 abzulesen. Im Feld 1 sind die Merkmalausprägungen in jedem Fall zu vermeiden, da sie bei relativ hohen Kosten nur einen geringen Nutzen für den Kunden besitzen. Im Feld 2a haben die Merkmalausprägungen nur einen relativ geringen Nutzen bei gleichzeitig geringen Kosten. Hierbei ist die Möglichkeit einer Steigerung ihres Nutzens zu prüfen. Im Feld 2b besitzen die Merkmalausprägungen ebenfalls nur einen geringen Nutzen bei geringen Kosten, im Gegensatz zu Feld 2a ist ihre Kosten-Nutzen-Relation jedoch positiv. Somit sollte ihr Nutzen mittel- bis langfristig erhöht werden und auf neue Merkmalausprägungen verzichtet werden. Im Feld 3a besitzen die Merkmalausprägungen einen hohen Kundennutzen und sollten trotz ihrer hohen Kosten und der negativen Kosten-Nutzen-Relation nicht eliminiert werden. Im Feld 3b weisen die Merkmalausprägungen eine positive Kosten-Nutzen-Relation auf bei allerdings relativ hohen Kosten. Daher sind Kostensenkungen anzuraten. Im letzten Feld 4 stiften die Merkmalausprägungen einen relativ hohen Nutzen bei relativ geringen Kosten. Daher sind sie verstärkt bei einer Konstruktion neuer und der Abänderung vorhandener Produktvarianten zu berücksichtigen. Bestehende Varianten mit diesen Merkmalausprägungen sollten bei der Programmpolitik besonders gefördert werden.

Variantenausprägungsportfolios stellen somit eine Bewertungsmethodik für Produktvarianten dar.¹³⁵

¹³⁴ In Anlehnung an Franke (2002), S.36

Die Ermittlung der relativen Kosten- und Nutzenwerte orientiert sich oftmals aufgrund mangelnder Bewertungsmethoden meist auf Schätzwerten. Trotz einer gewissen Ungenauigkeit liefern diese Kennzahlen operative Handlungsempfehlungen für die Gestaltung der Variantenpalette.

Die beschriebenen qualitativen und quantitativen Methoden zur Darstellung und Beurteilung des Variantenspektrums zeigen als Ergebnisse Potentiale und Möglichkeiten für die Reduzierung, Beherrschung und Vermeidung von Variantenvielfalt auf. Im nächsten Kapitel sollen nochmals zusammenfassend die Vor-Nachteile den vorhandenen Variantenmanagementansätzen beschrieben werden.

5 Chancen und Defizite vorhandener Variantenmanagementansätze

Durch einen effizienten Einsatz der in den letzten Kapiteln vorgestellten Variantenmanagementansätze können zusammenfassend folgende Nutzwirkungen erzielt werden:¹³⁶

- Durch Maßnahmen und Ansätze des Variantenmanagement lässt sich die Variantenvielfalt von Baugruppen und Einzelteile mit Hilfe der Standardisierung, Modularisierung und Vereinheitlichung deutlich reduzieren. Dies wirkt sich auch in weiterer Folge positiv auf die Produkt- und Prozesskosten aus.
- Eine Anpassung der Produkte an die geforderten Markt- und Kundenbedürfnisse bei gleichzeitig möglichst geringer unternehmensinterner Vielfalt führt zu einem hinsichtlich Kosten und Nutzen nahezu optimalen Vielfaltsniveau.
- Der effektive Einsatz von variantenorientierten Kostenrechnungssystemen erlaubt eine möglichst verursachungsgerechte Kalkulation der einzelnen Produktvarianten, wodurch eine verbesserte Transparenz in den Prozessen und Leistungen erzielt wird. Dadurch können auch Fehlentscheidungen im Rahmen der Variantenplanung reduziert werden.
- Basierend auf bereichsübergreifende Teambildung und Gruppenkonzepte können Durchlaufzeiten reduziert und Synergiepotentiale durch Bündelung von Know-How ausgeschöpft werden.

¹³⁵ Vgl. Franke (2002), S.37

¹³⁶ Vgl. Rohrhofer (2010), S.119

- Durch die Kombination von Maßnahmen zur Reduzierung, Beherrschung und Vermeidung der steigenden Variantenvielfalt können sowohl Kostensenkungspotentiale als auch Umsatzsteigerungen erreicht werden, wodurch auch eine verbesserte wirtschaftliche Situation des Unternehmens erzielt wird.

Eine nachhaltige Kostenreduktion bei Produkten und Prozessen als Ergebnis eines integrierten Variantenmanagement durch eine umfassende Analyse und Verringerung der Komplexität im gesamten Leistungserstellungsprozess konnte in der Praxis in einer Vielzahl von Projekten bestätigt werden. Die folgende Abbildung macht deutlich, welche beachtlichen Potentiale durch ein effizientes Variantenmanagement erreicht werden können.

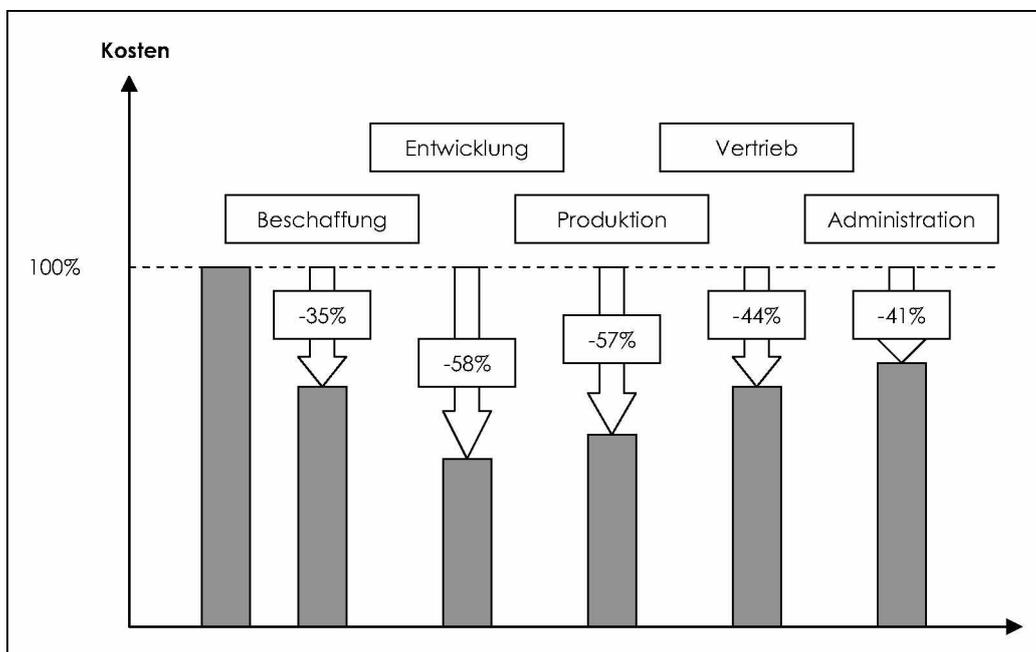


Abbildung 29: Nachhaltige Kostenreduzierung durch Variantenmanagement¹³⁷

Die in den vorigen Kapiteln beschriebenen Ansätze zur Bewältigung der Variantenproblematik bieten viel Potential für eine möglichst optimale Gestaltung des Vielfaltsniveaus. Bei deren Umsetzung gibt es jedoch gleichzeitig eine Reihe von Defiziten, die ein durchgängiges und Nachhaltiges Variantenmanagement erheblich erschweren. Die Schwächen werden im folgenden Abschnitt anhand dreier Defizitkategorien erläutert.¹³⁸

¹³⁷ In Anlehnung an Wildemann (2000), S.95

¹³⁸ Vgl. Rohrhofer (2010), S.120

Bewusstseindexit:

- Im Management und Mitarbeiterkreis fehlen oftmals das Bewusstsein bzw. Verständnis bezüglich der Gründe und Auswirkungen der steigenden Variantenvielfalt sowie deren Wechselwirkungen. Basierend des mangelnden Komplexitätsverständnisses werden vielfaltsinduzierte Probleme oftmals nicht als solche erkannt.

Monetäres Bewertungsdefizit:

- Die durch ein effizientes Variantenmanagement erreichbaren Kosteneinsparungen sind nicht exakt bezifferbar.
- Eine bezüglich Kosten und Nutzen optimale Variantenvielfalt kann mathematisch nicht exakt bestimmt werden.
- In den meisten Unternehmen fehlt es an detaillierten Kostenbewertungsmethoden, die eine ausreichende Klarheit über vielfaltsinduzierte Kostenwirkungen schaffen. Die Höhe der Komplexitätskosten sowie deren Auswirkungen und Effekte sind überhaupt nicht oder nur unzureichend bekannt.
- Obwohl Variantenkostenrechnungssystem existieren, die viele Vorteile im Vergleich zur traditionellen Kostenrechnung aufweisen, kann die Problematik der verursachungsgerechten Kostenverteilung- nicht zuletzt wegen oftmals enorm hoher Anzahl an Varianten- nicht vollständig gelöst werden.

Umsetzungsdefizit:

- Der Stand der Technik im Bereich des Variantenmanagement bietet keine durchgängige und umfassende Methodik, die es erlaubt, systematisch das Problem der steigenden Variantenvielfalt zu lösen. Es gibt zwar unterschiedlichste Ansätze, die jedoch nur auf einen oder wenigen Aspekte der Vielfaltsbewältigung abzielen. Diese limitierte Betrachtungsweise bietet in den meisten Fällen keine ausreichende Basis für ein nachhaltiges und integriertes Variantenmanagement
- Viele Unternehmen verfolgen kein durchgängiges Variantenmanagement, sondern konzentrieren sich nur auf bestimmte Unternehmensbereiche. Erfolgt keine Betrachtung und Analyse komplexitätsinduzierten Rahmenbedingungen in der Leistungserstellung, so kann dies im schlimmsten Fall durch Nichtbeachtung insgesamt zur Verschlechterung der Unternehmenssituation führen. Effi-

zientes Variantenmanagement setzt eine übergreifende Betrachtung der gesamten Supplychain vom Lieferanten über das Unternehmen bis zu den nachgeschalteten Kunden voraus. Nur auf diese Art und Weise können nachhaltige erfolgswirtschaftliche Effekte erreicht werden.

- Einige der beschriebenen Ansätze des Variantenmanagements fehlt es an Praxistauglichkeit und Benutzerfreundlichkeit. Meist diese Ansätze nur für jene Unternehmen geeignet, deren Variantenvielfalt nicht allzu groß ist, oder deren Einführung und Umsetzung erweist sich aufgrund des zu hohen Aufwands als nicht allzu wirtschaftlich. Dazu zählen vor allem die beschriebenen Verfahren zur Variantenkostenrechnung, deren Einführung und Handhabung zwar einen wesentlichen Teil für die Bewältigung der Variantenproblematik darstellen, jedoch besonders bei einer großen Variantenvielfalt aufgrund des hohen Zeitaufwandes oftmals nicht wirtschaftlich erscheinen. Auch die Entwicklung variantenrechter Fertigung gestaltet sich nicht selten als große Herausforderung, da es im Vorfeld häufig kaum möglich ist, jene Verbesserungsmaßnahmen zu bestimmen, deren Nutzwirkungen größtes Potential zur Variantenbewältigung darstellen. Als weitere Folge dieser fehlenden Einschätzbarkeit bezüglich qualitativer und quantitativer Nutzwirkungen sowie der schwierigen und zeitintensiven Planungs- und Implementierungsphase scheitern Umstrukturierungen dieser Art vielfach an fehlender Entschlossenheit bei der Umsetzung.

Die aufgezeigten Nachteile bzw. Defizite des Variantenmanagement zeigen auf, dass die steigende Variantenvielfalt ein noch immer nicht vollständig gelöstes erfolgswirtschaftliches Problem darstellt. Weiters kann davon ausgegangen werden, dass es sich dabei um ein Problem handelt, dass wahrscheinlich nie in seiner Vielfältigkeit gelöst werden kann.

Aufgrund der komplexen Ursache- Wirkungs- Zusammenhänge der steigenden Variantenvielfalt ist es mithilfe bestehender Lösungsansätze nicht möglich, eine ganzheitliche Transparenz hinsichtlich der Variantenproblematik und deren daraus resultierenden Auswirkungen zu erzielen. Es gibt somit keine „optimale“ Lösung, sondern lediglich Konzepte und Ansätze, die im Vergleich zu bisherigen Lösungen Verbesserungen darstellen.

Um ein weiters einheitliches Vorgehen im Rahmen dieser Arbeit zu gewährleisten, werden im folgenden Kapitel 6 die wesentlichsten Fertigungsformen in der Logistik

beschrieben, bevor im Kapitel 7 das Variantenmanagement in der Fließfertigung bearbeitet wird.

6 Fertigungsarten in der Logistik

Durch einen Fertigungstyp in der Logistik werden die räumliche Anordnung der Betriebsmittel zueinander, der Fertigungsdurchlauf der Werkstücke und die Einbindung des Menschen festgelegt. Grundsätzlich wird in der Logistik zwischen

- ortsgebunden und
- ortsveränderliche

Fertigungsformen unterschieden. Zu den ortsgebundenen Fertigungsformen zählen die Baustellenfertigung und die Wanderfertigung. Bei den ortveränderlichen Ablaufprinzipien sind dadurch gekennzeichnet, dass sich der Arbeitsgegenstand durch die Fertigung bewegt. Die wichtigsten und in der industriellen Teileproduktion am häufigsten vorkommenden Fertigungsformen mit ortsveränderlichem Ablaufprinzip sind die Werkstattfertigung, Gruppenfertigung und die Fließfertigung.¹³⁹

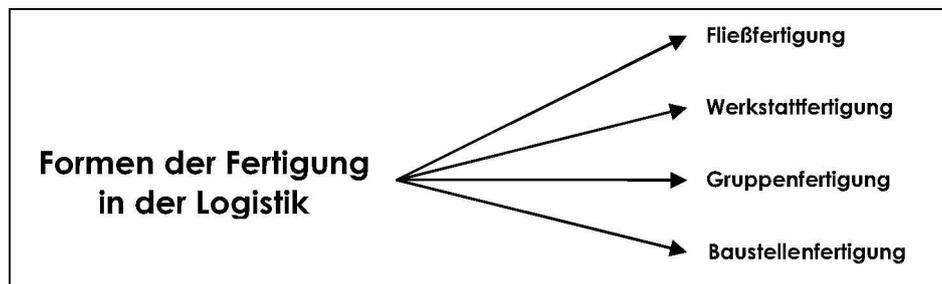


Abbildung 30: Fertigungsformen in der Logistik¹⁴⁰

6.1 Wanderfertigung

Die Wanderfertigung ist eine spezielle Form der Fließfertigung und kann mit der zuvor beschriebenen Baustellenfertigung verglichen werden. Während die Produktiveinheiten bei der Fließfertigung standortfest sind, bewegen sich die Menschen und Betriebsmittel bei der Wanderfertigung entsprechend dem Arbeitsfortschritt am Arbeitsgegenstand entlang. Typische Praxisbeispiele für die Wanderfertigung sind die

¹³⁹ Vgl. Wenzel, Fischer, Metzke (2001), S.156

¹⁴⁰ Eigene Darstellung

Arbeiten beim Strassen- und Gleisbau.¹⁴¹ In der folgenden Abbildung werden charakteristische Merkmale dieser Fertigungsform angegeben:

| <u>Merkmale:</u> | <u>Vorteile:</u> | <u>Nachteile:</u> |
|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> • Einsatz in der Kleinserien- und Serienfertigung • Stufenweise Produktion eines Endproduktes durch Mitarbeiter oder einer Gruppe von Mitarbeitern, die nur eine bestimmte Fertigungsaufgabe erfüllen, z.B. Gussputzen • im Gegensatz zur Baustellenfertigung ist der Arbeitsinhalt begrenzter und spezieller, ggf. ist die Wanderfertigung gekoppelt mit einem gewissen Fluss des Endproduktes | <ul style="list-style-type: none"> • Flexibilität bei Erzeugnisänderungen • Unempfindlich bei Leistungsschwankungen • Fixe Termine • Tiefe Transportkosten • Vorfertigung von Teilen gut möglich • Universell einsetzbare Werkzeuge • Kurze Transportzeiten dank Zwischenlagern direkt bei der Baustelle, die mitwandern | <ul style="list-style-type: none"> • Aufwendige Materialbereitstellung • Transport der Betriebsmittel zur Baustelle • Entkoppelung der Arbeitsplätze nicht gewährleistet • hohe physische und psychische Belastung der Mitarbeiter • Hohe Kosten bei Störungen oder beim Ausfall von Produkteinheiten (z.B. durch Wittereinflüsse) |

Abbildung 31: Merkmale und Vor- bzw. Nachteile einer Wanderfertigung¹⁴²

Relativ selten in der Industrie kommt die Werkbankfertigung vor, z.B. im Werkzeug- und Vorrichtungsbau. Sie entspricht der herkömmlichen handwerklichen Produktion, bei dem ein vielseitig ausgebildeter Facharbeiter nacheinander mehrere unterschiedliche Arbeitsvorgänge mit unterschiedlichen Werkzeugen an einem Werkstück an einer Stelle der Werkbank eben, bis zur Fertigstellung des Werkstückes zum Endprodukt durchführt.¹⁴³

6.2 Baustellenfertigung

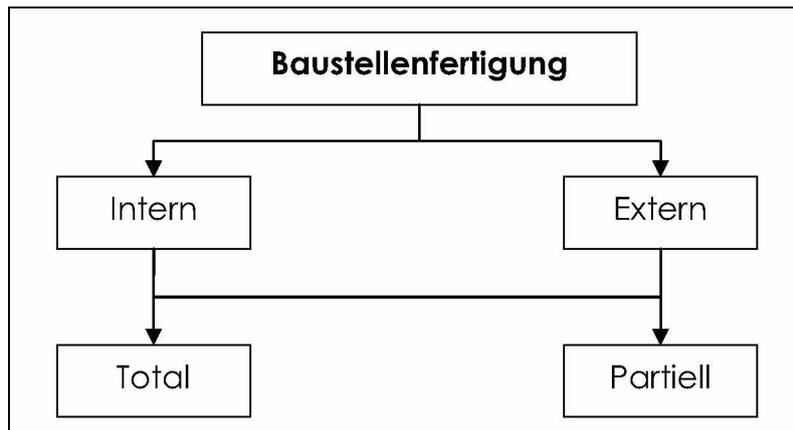
Diese Form der Fertigung ist eine ortsgebundene Form der Produktion, bei der die wesentlichen Betriebsmittel nicht ortsfest und erzeugnisspezifisch zusammengeführt bzw. an den Ort des Leistungsvollzugs geführt werden. Je nachdem, ob sich die Baustelle innerhalb oder außerhalb des Unternehmensstandortes befindet, handelt es sich um eine interne oder externe Baustellenfertigung. Eine totale Baustellenfertigung liegt dann vor, wenn die komplette Leistungserstellung an diesem Ort geschieht. Eine Vorproduktion von Teilen kann dabei geschehen.¹⁴⁴ Die folgenden Abbildungen stellen die Unterteilung bzw. die Vor- und Nachteile der Baustellenfertigung dar:

¹⁴¹ Vgl. Mathar, Scheuring (2009), S.125

¹⁴² In Anlehnung an Dangelmaier (2001), S.316

¹⁴³ Vgl. Wenzel, Fischer, Metzke (2001), S.156

¹⁴⁴ Vgl. Schneider, Buzacott, Rücker (2004), S.107

Abbildung 32: Formen der Baustellenfertigung¹⁴⁵

| <u>Vorteile:</u> | <u>Nachteile:</u> |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Geringe Beanspruchung der Produktionsfläche des Auftragnehmers (da diese der Auftraggeber stellt) • Gut geeignet für die Einzelfertigung • Universell einsetzbare Arbeitsmittel | <ul style="list-style-type: none"> • Setzt eine genaue Planung der Baustelleneinrichtung der Transportkette und der Fertigungsreihenfolge voraus, da Planungsfehler gravierende Auswirkungen auf das Ergebnis haben könnten • Erfordert bewegliche Arbeitsmittel • Gegebenfalls lange Transportwege |

Abbildung 33: Vor- bzw. Nachteile der Baustellenfertigung¹⁴⁶

Wie schon im Rahmen dieser Arbeit beschrieben, sind eine Vielzahl der Unternehmen auftragsorientierte Fertiger, da der Markt eine starke Individualisierung der angebotene Produkte fordert und damit eine sehr flexible Produktion einhergeht. Viele Unternehmen entscheiden sich deshalb für die Werkstattfertigung.

6.3 Werkstattfertigung

Bei der Werkstattfertigung erfolgt eine räumliche Zentralisierung nach den durchzuführenden Verrichtungen. Es entstehen dabei so genannte Werkstätten, die meist nach den ihnen ausgeführten Verrichtungen benannt sind: z.B. Dreherei, Stanzerei, Schweißerei, Lackiererei. In einer solchen Fertigungsform steuern alle Produkte die einzelnen Werkstätten entsprechend ihrer technologisch bedingten Bearbeitungsreihenfolge an, manchmal einige Werkstätten mehrfach und einige überhaupt nicht.

¹⁴⁵ In Anlehnung an Schneider, Buzacott, Rücker (2004), S.108

¹⁴⁶ In Anlehnung an Döring (2007), S.124

Da der Produktionsablauf nicht starr vorgegeben ist, besteht eine hohe Flexibilität bei der Kapazitätsausnutzung von Maschinen und kompletten Werkstätten. Aufgrund der vielen verschiedenen Bearbeitungsreihenfolgen treten bei der Werkstattfertigung viele koordinations- und Planungsprobleme auf, sodass eine besonders effiziente Produktionsplanung und -steuerung erforderlich ist. Ein weiterer Nachteil der Werkstattfertigung ist, dass sie aufgrund des ungerichteten Materialflusses naturgemäß lange Transportwege und somit hohe Übergangszeiten und Transportkosten bedingt.¹⁴⁷ In der folgenden Abbildung ist nun eine solche Werkstattfertigung mit ihren Vor- und Nachteilen dargestellt.

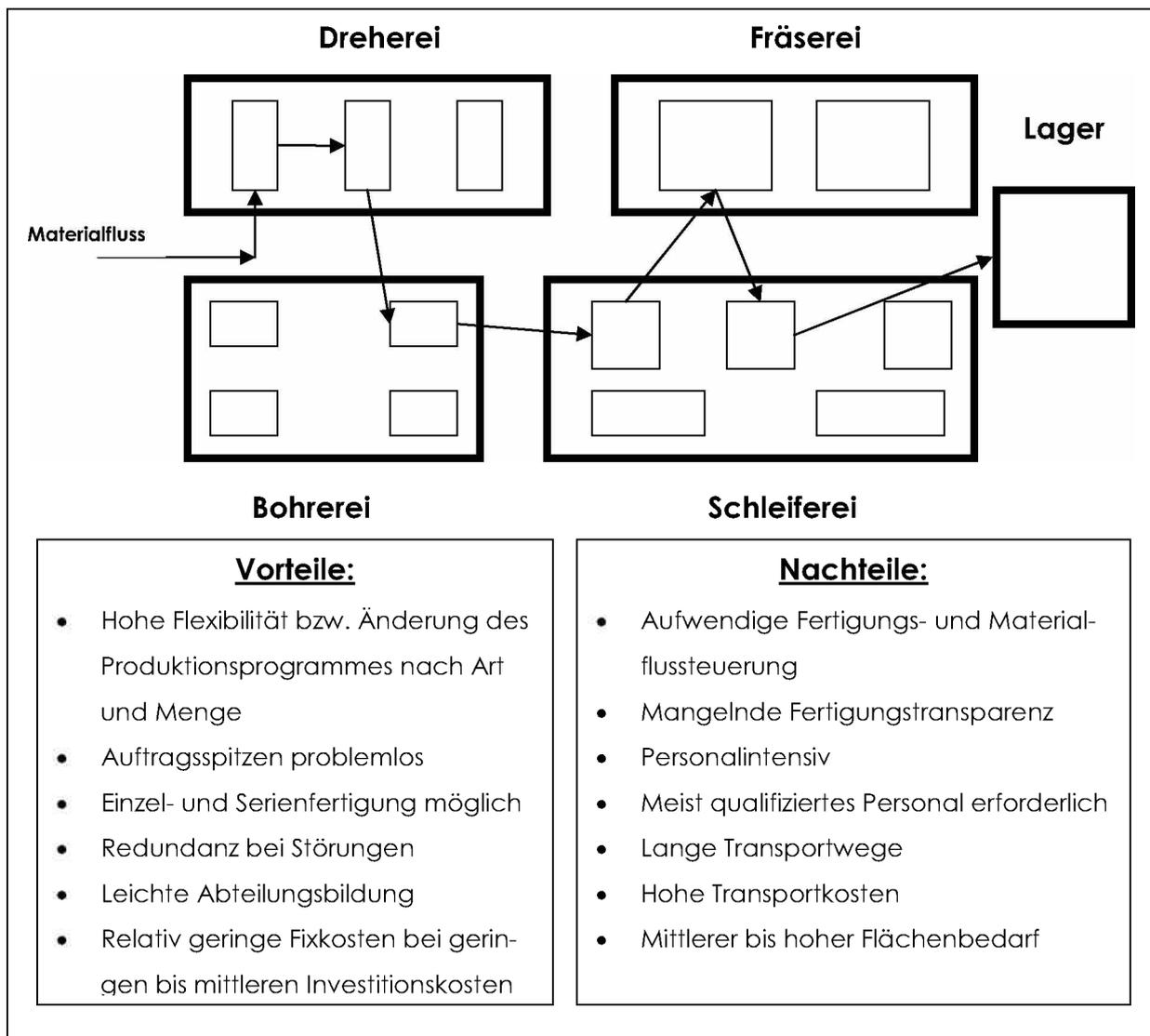


Abbildung 34: Vor- bzw. Nachteile einer Werkstattfertigung¹⁴⁸

¹⁴⁷ Vgl. Kiener (2009), S.68-69

¹⁴⁸ In Anlehnung an Wenzel, Fischer, Metzke (2001), S.157

6.4 Gruppenfertigung

Einen weitem ortveränderlichen Fertigungstyp in der Logistik stellt die Gruppenfertigung dar. Hierbei wird versucht, die Vorteile der Werkstattfertigung mit jenen Vorteilen der Fließfertigung zu verbinden. Die Gruppenfertigung basiert auf einer Objektneutralisation. D.h. ähnliche Produkte werden zu Produktfamilien und die zu deren Produkten notwendigen Betriebsmittel in Maschinengruppen zusammengefasst. Die Gruppenstruktur der Werkzeugmaschinen setzt insofern den Einsatz einer Gruppe von Facharbeitern voraus oder begünstigt ihn zumindest. Das Prinzip der Gruppenfertigung führt somit zur Einführung von Gruppenarbeitskonzepten, deren Hauptmerkmal die Aufhebung der strengen Arbeitsteilung und die Zuteilung einer größeren Autonomie an die Beschäftigten sind. Wichtige und aktuelle Formen der Gruppenfertigung sind Bearbeitungszentren, Flexible Fertigungszelle, Fertigungsinseln, Fertigungssegmente und die sogenannten flexiblen Fertigungssysteme.¹⁴⁹

Bei einem Bearbeitungszentrum wird in Ergänzung zum Bearbeitungsvorgang auch das Wechseln der Werkstücke automatisiert und gelenkt. Die Flexible Fertigungszelle unterscheidet sich von einem Bearbeitungszentrum darin, dass auch die logistischen Prozesse der Werkstückzufuhr, des Werkstücktransport und der Werkstücklagerung durchgängig automatisiert ist. Eine Fertigungsinsel hat die Aufgabe, innerhalb eines Gesamtsystems der Fertigung aus vorhandenem Ausgangsmaterial Halbfertig- oder Endprodukte möglichst vollständig herzustellen. Die dazu notwendigen Betriebsmittel werden räumlich und organisatorisch zusammengefasst. Vergleicht man das Prinzip der Werkstattfertigung mit dem Prinzip der Fertigungsinsel, so reduzieren sich die Transportwege zwischen den einzelnen Werkstätten, da die Grenzen des jeweiligen Produktionssystems Fertigungsinsel nur selten überschritten werden.¹⁵⁰

Ein flexibles Fertigungssystem ist ein Produktionssystem, welches aus einer Vielzahl von ersetzenden und/oder ergänzenden numerisch gesteuerten Maschinen (NC-Maschinen) besteht, die durch ein automatisiertes Transportsystem miteinander verbunden werden. Alle Vorgänge in einem flexiblen Fertigungssystem werden von einem systemeigenen Rechner zentral gesteuert.¹⁵¹ Dieses Fertigungssystem ermöglicht es, innerhalb des Produktbereiches

- unterschiedliche Bearbeitungsaufgaben,

¹⁴⁹ Vgl. Jung (2006), S.489

¹⁵⁰ Vgl. Jung (2006), S.489-490

¹⁵¹ Vgl. Arnold (2008), S.131

- an unterschiedlichen,
- bei freier Wahl der Fertigungsmaschinen,

durchzuführen. Trotz der Vorteile des flexiblen Fertigungssystems, kurze Durchlaufzeiten bei einem hohen Maß an Anpassungsfähigkeit bei gleichzeitig hoher Auslastung zu erreichen, wird das System in Europa aufgrund der hohen Investitionskosten noch zurückhaltend eingesetzt. So bleibt der Einsatz des flexiblen Fertigungssystems vorerst fast nur auf Großunternehmen beschränkt.¹⁵²

Die folgende Abbildung stellt die Vor- bzw. Nachteile einer Gruppenfertigung dar.

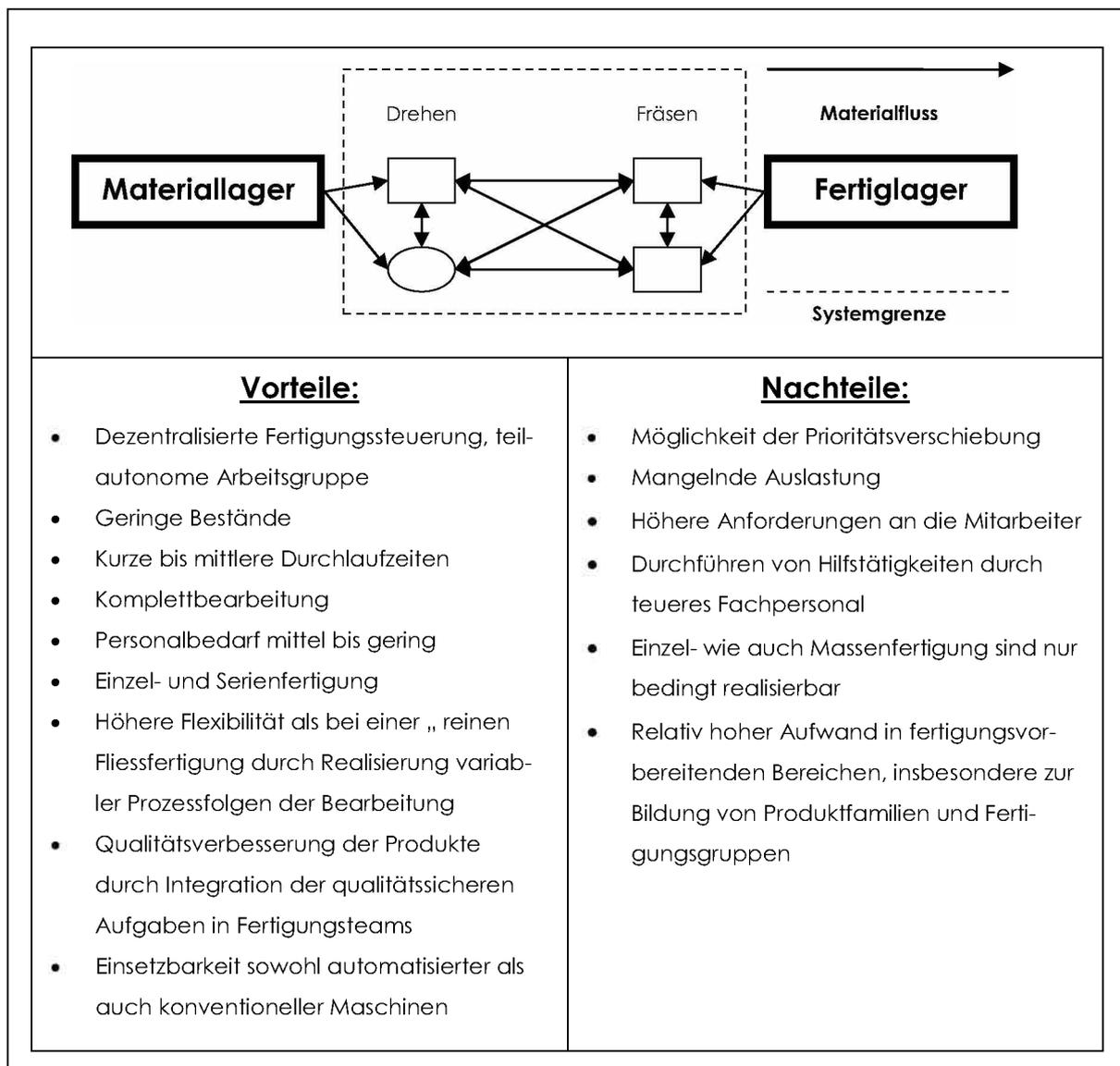


Abbildung 35: Vor- und Nachteile der Gruppenfertigung¹⁵³

¹⁵² Vgl. Jung (2006), S.491

¹⁵³ In Anlehnung an Wenzel, Fischer, Metzke (2001), S.160; Härdler (2006), S.279; Plümer (2003), S.196

Zusammenfassend lässt zu festhalten, dass die Gruppenfertigung den Transportweg und den Steuerungsaufwand erheblich vermindert und die Durchlaufzeit senkt. Ein wesentlicher Nachteil ist die geringere Auslastung der Betriebsmittel.

Abschließend wird nun detailliert die Fließfertigung beschrieben, da dieser ein wesentlicher Teil des folgenden Kapitels 7 sein wird.

6.5 Fließfertigung

Beim Fließprinzip werden die Arbeitssysteme im Gegensatz zur Werkstattfertigung nach dem Objektprinzip angeordnet, d.h. auf ein zu produzierendes Objekt bezogen. In ihrer strengen Form ist die Fließfertigung als eine örtliche fortschreitende, zeitlich festgelegte, lückenlose Abfolge von Arbeitsschritten definiert. Sie ist den anderen Fertigungsformen bei jenen Produktprogrammen überlegen, die eine häufige Wiederholung des gesamten Produktionsprozesses verlangen, also insbesondere bei Massenproduktionen und Großserienfertigung. Nur hier lassen sich die hohen Investitionen in die spezialisierten Betriebsmittel durch relativ große Stückzahlen kompensieren. Die Fließfertigung zeichnet sich dadurch aus, dass die Planung für das Anlaufen der Fertigung zwar aufwändig ist, die Steuerung des Fertigungsablaufs aber auf einfachem Wege umgesetzt wird. Hinzu kommen kurze Transportwege und wegen der guten Abstimmung in der Produktion kaum Zwischenlager, ein weiterer Beitrag zu den vergleichsweise geringen variablen Kosten. Allerdings sind die Vorteile der Fließfertigung mit einem Verlust an Flexibilität und einem hohen Fixkostenanteil untrennbar verbunden.¹⁵⁴

Je nach dem Grad der zeitlichen Koordination und der Art des Materialflusses kann die Fließfertigung in Reihenfertigung, Fließbandfertigung und Transferstrassen unterteilt werden.¹⁵⁵

Bei der Reihenfertigung sind die Betriebsmittel entsprechend den an den einzelnen Erzeugnissen durchzuführenden Arbeitsvorgängen angeordnet. Die Betriebsmittel sind hierbei in der Regel nur für einzelne Arbeitsgänge und Erzeugnisarten verwendbar. Die Reihenfertigung kann mit oder ohne Zeitzwang erfolgen. Bei einer Reihenfertigung ohne Zeitzwang werden die Entscheidungen über die Zeitdauer der Arbeitsvorgänge den einzelnen Abteilungen und Arbeitern überlassen. Die Reihenfertigung

¹⁵⁴ Vgl. Fandel, Fandel, Dyckhoff (1994), S.183

¹⁵⁵ Vgl. Kiener (2009), S.66

mit Zeitzwang (Fließfertigung) kennt eine genaue aufeinander abgestimmte zeitliche Regelung der Produktionsvorgänge.¹⁵⁶

Bei der Fließbandfertigung sind die Produktionsschritte zeitlich genau aufeinander abgestimmt (getaktet), d.h. es liegt eine zeitliche Bindung zwischen den einzelnen Arbeitsgängen vor, was den Einsatz eines so genannten Fließbandes ermöglicht (zeitlich gebundener, gerichteter Materialfluss). Materiell erfolgt ein ungekoppelter (asynchroner) Materialfluss mit selbstständigen Fördereinrichtungen, bei dem die Werkstücke auch unabhängig voneinander bewegt werden können.¹⁵⁷

Eine hoch automatisierte Form der Fließfertigung sind die Transferstrassen (Fertigungslinien), bei denen die Steuerung und Überwachung der Fertigung rechnergestützt erfolgt. Der Materialfluss ist bei dieser Produktionsart nicht nur zeitlich, sondern auch materiell gekoppelt, d.h. es kommt ein automatisiertes Fördersystem zum Einsatz, bei dem die Werkstücke fest mit dem Transportsystem sind. Grundsätzlich lassen sie Transferstrassen in eine starre und eine flexible Form der Transferstrasse unterteilen. Als eine starre Transferstrasse wird eine Verkettung von Sondermaschinen für jeweilige Bearbeitungsaufgaben in einem starren Takt in einer festgelegten Reihenfolge bezeichnet. Starre Transferstrassen besitzen somit in der Regel kein automatisches Werkzeugwechselsystem und sind nur auf einzelne unterschiedliche Teile ausgelegt. Bei einer flexiblen Transferstrasse werden mehrere automatische Fertigungseinrichtungen nacheinander geschaltet und durch ein getaktetes System miteinander gekoppelt. Die Verkettung erfolgt in einer festen Reihenfolge. Durch die Möglichkeit, unterschiedliche Werkstücke bearbeiten zu können, ist kein fester Takt nötig.¹⁵⁸

Eine Sonderform der Fließfertigung stellt die Fließgüterproduktion dar. Bei dieser Fertigungsart werden in einem kontinuierlichen Fertigungsprozess im Gegensatz zu den bisher betrachteten Stückgütern Fließgütern (in Form von Schüttgut, Flüssigkeiten, Gasen, Gemische) hergestellt. Während Stückgüter als „geformte“ Güter in einer nichtteilbaren Gesamtheit auftreten, deren Menge durch Zählen bestimmbar ist, sind Fließgüter beliebig teilbar und dosierbar. Ihre Mengen sind durch Messen bestimmbar. Fließgüter werden meist in hoch automatisierten Fertigungsanlagen hergestellt, in denen in der Regel ein kontinuierlicher Fertigungsprozess möglich ist wie z.B. Erdöl-

¹⁵⁶ Vgl. Heinen (1992), S.134

¹⁵⁷ Vgl. Kiener (2009), S.66

¹⁵⁸ Vgl. Voigt (2008), S.226

raffinerie, chemische Industrie, Rohstahlproduktion usw.).¹⁵⁹ In der folgenden Abbildung ist nun eine Fließfertigung mit ihren Vor- und Nachteilen dargestellt.

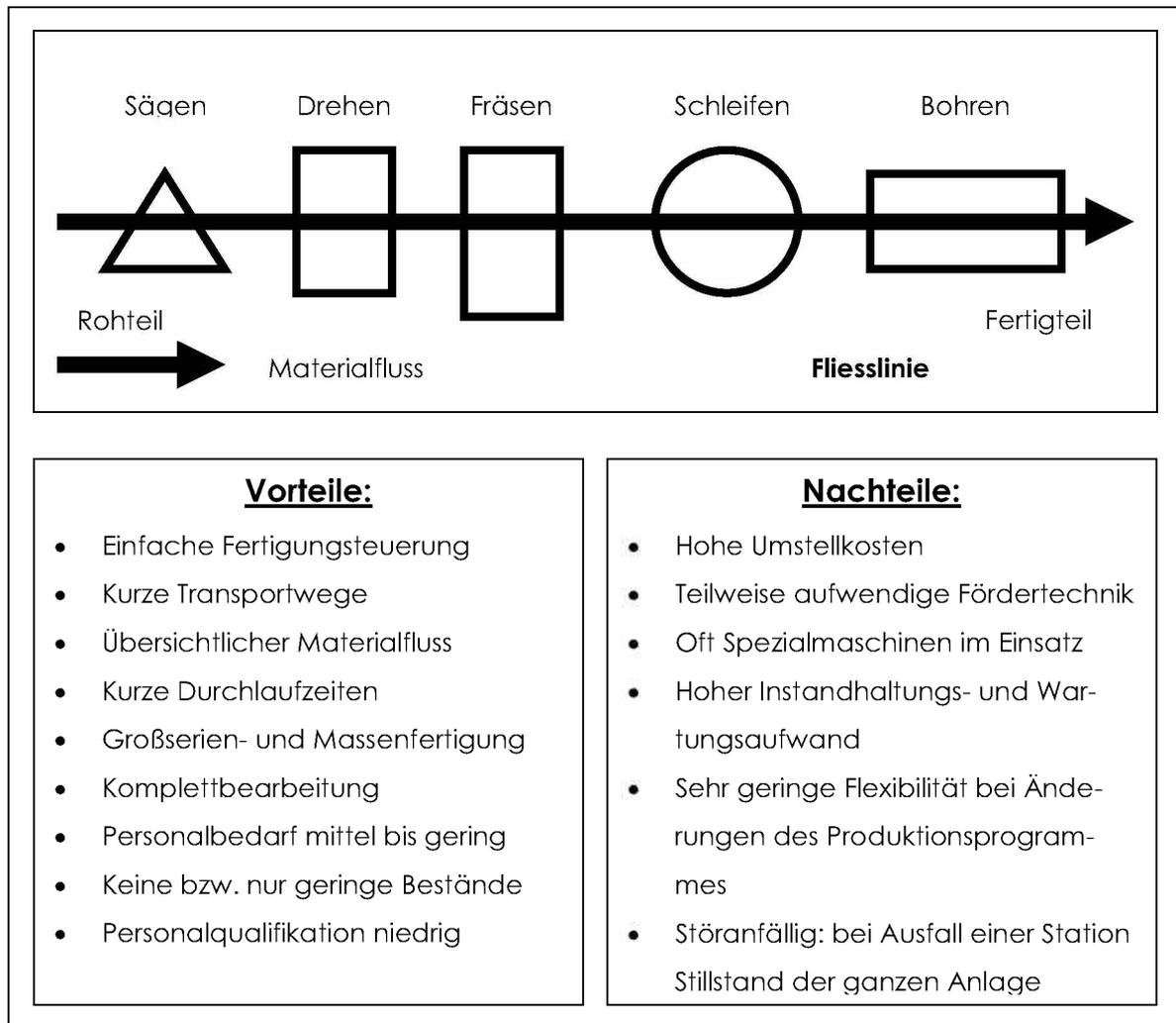


Abbildung 36: Vor- bzw. Nachteile einer Fließfertigung¹⁶⁰

Mit einem nun grundlegenden erarbeiteten Verständnis der Logistikkbegriffe Variantenmanagement und Fließfertigung kann nun im folgenden Kapitel 7 detailliert auf die Thematik Variantenmanagement in der Fließfertigung eingegangen werden.

7 Variantenmanagement in der Fließfertigung

Wie bereits im Kapitel 2 beschrieben ist in den vergangenen Jahren in vielen Unternehmen die Produktvielfalt bzw. die Anzahl an Produktvarianten kontinuierlich angestiegen. Unternehmen mit einem Produktionssystem nach dem im Kapitel 6 definierten Fließprinzip stehen somit vor einer großen Herausforderung. Die Zielsetzung für

¹⁵⁹ Vgl. Kiener (2009), S.67

¹⁶⁰ In Anlehnung an: Wenzel, Fischer, Metzger (2001), S.158

diese Unternehmen ist es nun, keine Reihenfolgenverwirbelungen von Aufträgen, stabile Bestände und rückstandsfreie Ausbringung im Kundentakt. Letztendlich werden damit die Kernziele gegenüber dem Endkunden, kurze Lieferzeit und Termintreue direkt unterstützt. In diesem Abschnitt werden nun alle vorhandenen Konzepte, Methoden und Strategien zur Produktionsflussoptimierung bei einer Fließfertigung unter Berücksichtigung der steigenden Variantenvielfalt erstellt, um diese angestrebten Ziele zu erfüllen.

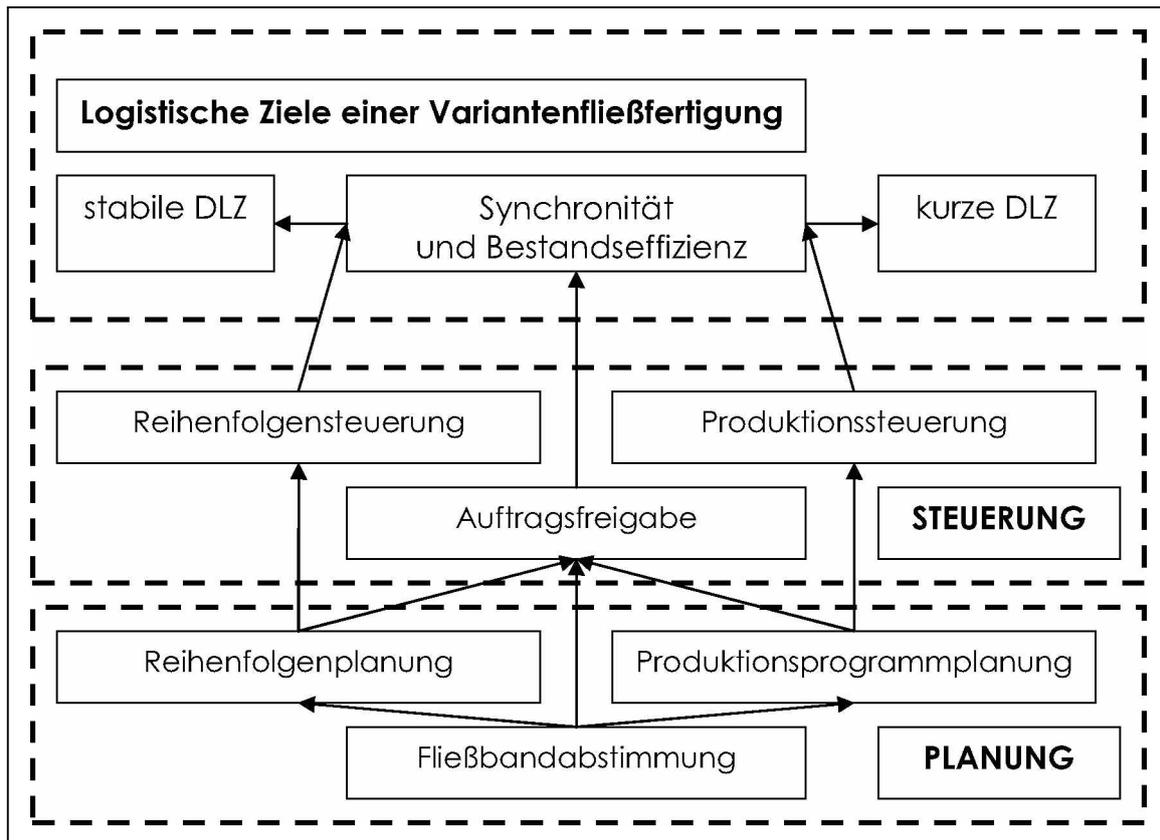


Abbildung 37: Logistische Ziele einer Variantenfließfertigung¹⁶¹

Das stark zunehmende Variantenspektrum führt dazu, dass aus einer Fließfertigung eine so genannte Variantenfließfertigung wird. Diese besondere Art der Fließfertigung findet sich nicht nur bei der Endmontage von Autos und verwandten Produkten wie Bussen und anderen Nutzfahrzeugen wieder, sondern auch in weiten Teilen der Elektroindustrie.¹⁶² Im Vergleich zu anderen Fertigungsformen hat die Variantenfließfertigung jenen Vorteil, dass der Fertigungsfluss der nacheinander folgenden Produktionsprozesse eng gekoppelt wird. Das wiederum hat

- kleinere Durchlaufzeiten und Zwischenpuffer,

¹⁶¹ In Anlehnung an Meißner (2009), S.44

¹⁶² Vgl. Waldmann, Stocker (2007), S.12

- geringere Fertigungssteuerungskosten,
- und eine Basis für Verbesserungsaktivitäten durch Standardisierung

zur Folge.¹⁶³

Wie im Kapitel 1 erläutert, lassen sich Produktvarianten hinsichtlich ihrer Ausstattungsmerkmale unterscheiden. Diese Merkmale bewirken große Abweichungen in den Produktionszeiten an den einzelnen Fertigungsstationen am Fließsystem. So kann es z.B. eine große zeitliche Differenzierung geben, ob in einem Auto ein 4-Zylinder- oder ein 6-Zylinder-Motor montiert wird. Das ist ein Beispiel dafür, welche Rahmenbedingungen sich durch die Einführung einer Variantenfließfertigung verändern und in der Fertigungsplanung berücksichtigt werden müssen. Somit ergibt sich die Notwendigkeit, bei maximaler Erfüllung der vom Kunden gewünschten externen Varianz, durch die Produktplanung die internen Varianten zu minimieren oder durch die entsprechenden Methoden bei der Produktionsplanung zur Handhabung mit der hohen Varianz zu realisieren.¹⁶⁴ Die Beschreibung der Produktionsplanung bei einer Variantenfließfertigung ist nun Ziel des nächsten Unterkapitels.

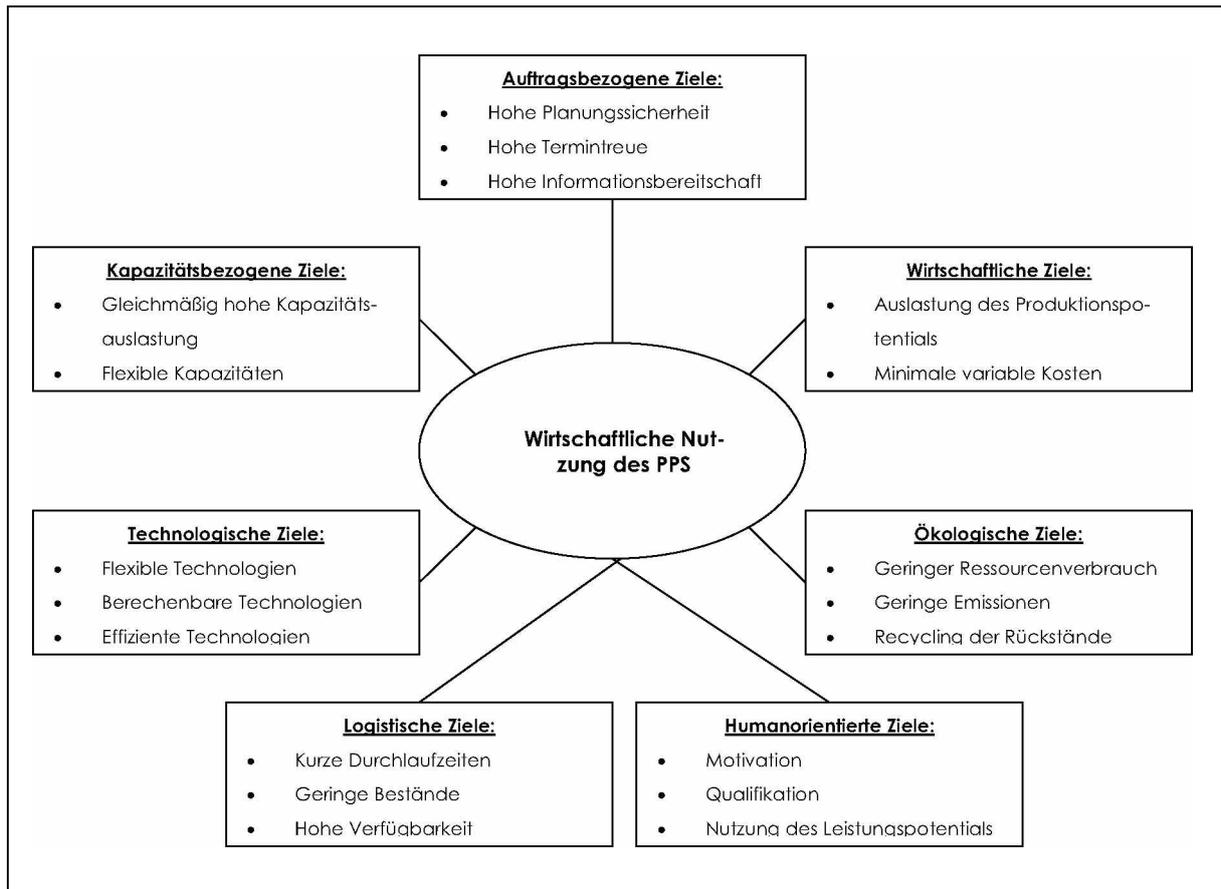
7.1 Produktionsplanung in der Variantenfließfertigung

Für die zeitliche und mengenmäßige Planung und Koordination des Fertigungsablaufes als planerisch dispositive Aufgabe der Produktionslogistik hat sich in der Literatur der Begriff Produktionsplanung und -steuerung (PPS) durchgesetzt. Das PPS hat das Ziel, die Elementarfaktoren Material, Personal und Betriebsmittel optimal aneinander abzustimmen. Die Ziele der Produktionsplanung und -steuerung müssen von den Unternehmenszielen abgeleitet werden.¹⁶⁵ Folgende Abbildung zeigt allgemeine Ziele der PPS, zusammengefasst nach unterschiedlichen Aspekten.

¹⁶³ Vgl. Meißner (2009), S.22

¹⁶⁴ Vgl. Boysen (2005), S. 1

¹⁶⁵ Vgl. Mathar, Scheuring (2011), S.149

Abbildung 38: Ziele der PPS¹⁶⁶

Die PPS umfasst dabei die als Hauptfunktionen die Produktionsprogramm-, Mengen-, Termin- und Kapazitätsplanung sowie die Auftragsveranlassung und -überwachung.¹⁶⁷ Die Produktionsplanung der Variantenfließfertigung beinhaltet dabei unter anderem die Aufgaben der Planung der Produktvarianten, der Fließbandabstimmung, der operativen Produktionsprogrammplanung und der Reihenfolgenplanung.

Wie schon am Beginn des Kapitels beschrieben, werden die Produktvarianten in den Unternehmen zukünftig steigen. Deshalb kommt der Frage nach einer sinnvollen Planung der Produktvarianten, um die steigenden Variantenvielfalt zu beherrschen, eine besondere Rolle zu. Im Produktplan sollte eine detaillierte Beschreibung jedes einzelnen Produktes enthalten. Dazu gehören:

- Kundenprofil (Bedürfnisse, Psychogramme und demographische Merkmale),
- erwartete Absatzmengen und Preise,
- Verfügbarkeit von Entwicklungsressourcen,

¹⁶⁶ In Anlehnung an Mathar, Scheuring (2011), S.149

¹⁶⁷ Vgl. Meißner (2009), S.23

- Lebenszyklus der gegenwärtigen Produkte,
- zu erwartender Lebenszyklus von Wettbewerbsproduktionen,
- verfügbare Produktionstechnologien.

Bereits in der Produktentwicklung müssen entsprechende Vorgaben einfließen, um die benötigten Varianten fertigen zu können.¹⁶⁸

Nach der Festlegung der zu fertigenden Produktvarianten erfolgt die Fließbandabstimmung zur Festlegung des Maschinen- und Personalbedarfes sowie des Produktionstaktes. Die Zielsetzung bei der Fließbandabstimmung ist in der Regel kein Kostenziel, sondern ein Zeitkriterium, durch das die Kostenminimierung gefördert wird. Das angestrebte Ziel ist somit die Minimierung der Zeit, die ein Werkstück benötigt, um das gesamte Fließband zu durchlaufen. Diese Durchlaufzeit ergibt sich aus der Anzahl der zu durchlaufenden Arbeitsstationen und der maximalen Verweildauer in einer Arbeitsstation, die der Produktion als Taktzeit vorgegeben wird. Typischerweise wird bei einer Fließbandabstimmung eine dieser beiden Größen festgelegt und die andere minimiert. Daher sind die Minimierung der Taktzeit bei festgelegter Stationsanzahl und die Minimierung der Anzahl der Arbeitsstationen bei einer vorgegebenen Taktzeit möglichen Zielsetzungen der Fließbandabstimmung.¹⁶⁹

Zusätzlich kann berücksichtigt werden, dass der festgelegte Durchlaufplan möglichst homogen ist, d.h. dass sich eventuell auftretende Leerzeiten möglichst gleichmäßig auf die einzelnen Arbeitsstationen verteilen, so dass sich an diesen Stationen jeweils Puffer gegen unvorhergesehene Verzögerungen auf Grund von Störungen bilden. Auch weitere Nebenziele, wie die Zuordnung bestimmter Arbeitsschritte zu bestimmten Bereichen (z.B. Kühlbereich, Reinluftzone), können bei einer Fließbandabstimmung bedacht werden.¹⁷⁰

Bevor die Zuweisung von Aufgaben an die einzelnen Arbeitsstationen durchgeführt werden kann, ist die Gesamtbearbeitungsaufgabe in Arbeitselemente zu zerlegen. Ein so genanntes Arbeitselement sind nicht weiter teilbare Einheiten. Beispiele für Arbeitselemente sind die Herstellung einer Lötverbindung, das Verpacken von Produkten oder die Qualitätskontrolle.¹⁷¹

¹⁶⁸ Vgl. Engeln (2006), S.153

¹⁶⁹ Vgl. Steven (2007), S.205

¹⁷⁰ Vgl. Steven (2007), S.205

¹⁷¹ Vgl. Steven (2007), S.205

Bei der Zuweisung dieser Arbeitselemente zu den Arbeitsstationen sind die technologisch vergebenen Reihenfolgebeziehungen zu beachten. Da meist zwischen vielen Arbeitselementen keine Vorrangbeziehung besteht, weist die Fließbandabstimmung in der Regel eine große Zahl an Freiheitsgraden auf. Die Fließbandabstimmung ist somit eine kombinatorische Aufgabe von hoher Komplexität. Die Ausgangssituation für eine Fließbandabstimmung lässt sich wie folgt darstellen. Gegeben bzw. zu bestimmen sind:¹⁷²

- Menge der Arbeitselemente $AE = (1, 2, \dots, N)$.
- Ausführungszeiten $t(i)$ der Arbeitselemente $i = 1, \dots, N$.
- Taktzeit c : Die Obergrenze der Taktzeit ist die Summe der Durchführungszeiten aller Arbeitselemente, ihre Untergrenze ist die Dauer des längsten Arbeitselementes.
- Menge der Arbeitsstationen, $AS = (1, 2, \dots, M)$; Die Obergrenze für die Anzahl der Arbeitsstationen M entspricht der Anzahl der Arbeitselemente, ihre Untergrenze ist 1, denn im Extremfall können sämtliche Arbeitselemente nacheinander auf einer Arbeitsstation durchgeführt werden.
- Angaben über die technologischen Reihenfolgebeziehungen, welche eingehalten werden müssen. Jedes Arbeitselement kann erst beginnen, wenn die direkt vorangehenden Arbeitselemente abgeschlossen sind.

Diese Reihenfolgebeziehungen lassen sich in einen sogenannten Vorranggraphen $G=(V, E, t)$ darstellen. Die Menge der Knoten V beinhaltet die n Arbeitsgänge, d.h. $V=(1, \dots, n)$. Zusätzlich besteht eine Knotenbewegung t , die jedem Arbeitsgang i seine Durchführungszeit $t(i)$ zuordnet. Schließlich werden die Vorrangbeziehungen zwischen den Arbeitsgängen durch die Pfeilmenge E abgebildet. Ein Pfeil (i, j) zeigt dabei an, dass der Arbeitsgang $i(j)$ direkter Vorgang (Nachfolger) von $j(i)$ ist.¹⁷³ Die Abbildung 37 zeigt einen Vorranggraphen.

¹⁷² Vgl. Steven (2007), S.205

¹⁷³ Vgl. Boysen, Fliedner, Scholl (2006), S.4

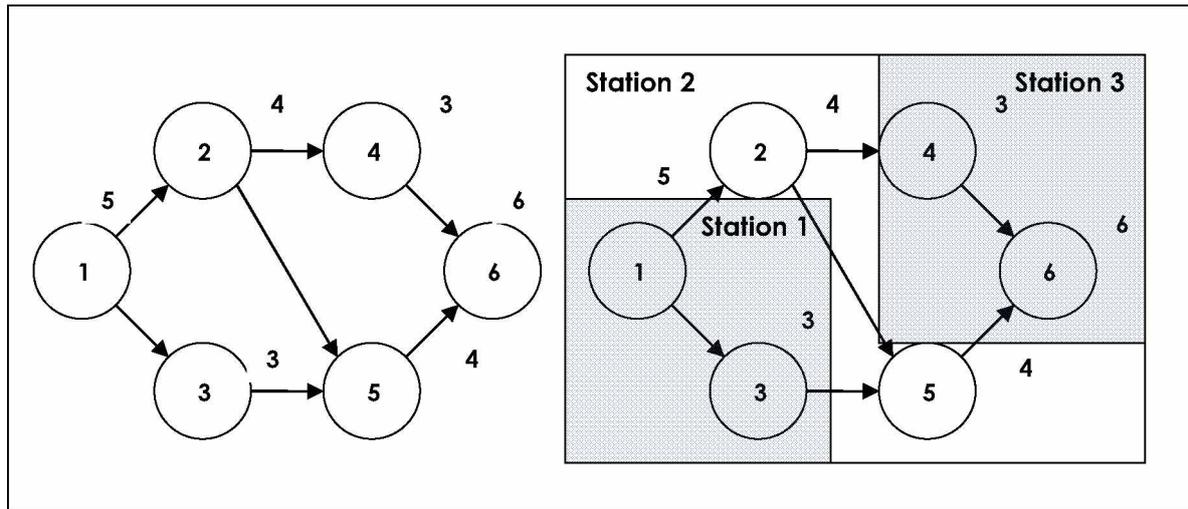


Abbildung 39: Vorranggraph und Ergebnis der Abstimmung¹⁷⁴

An jeder Fertigungsstation werden ein oder mehrere Arbeitsgänge ausgeführt. Jeder Arbeitsgang wird basierend auf seiner Unteilbarkeit in der Regel genau einer Station zugeordnet. Nach dem zeitlichen Zusammenhang zwischen den verschiedenen Bearbeitungsstationen unterscheidet man zwischen zwei Formen der Fließfertigung:¹⁷⁵

Steht jeder Station eine fest vorgegebene Zeit (Taktzeit) zur Bearbeitung eines Werkstückes zur Verfügung, so spricht man von einer Fließfertigung mit Zeitzwang oder getakteter Fließfertigung. Demgegenüber liegt einer Fließfertigung ohne Zeitzwang vor, wenn für die Durchführung der Bearbeitung einer Station keine Zeitbeschränkung vorliegt.

In der Literatur werden eine Vielzahl verschiedener Fließbandabstimmungsmodelle sowie exakte heuristische Lösungsverfahren beschrieben. Aufgrund der hohen Komplexität der Fließbandabstimmung zugrunde liegenden Problemstellung sind diese Verfahren und Methoden in der Regel mit einem hohen Rechenaufwand verbunden. Die vorhandenen Modelle zur Fließbandabstimmung unterscheiden sich in erster Linie über die folgenden Merkmale:

- **Einproduktmodelle:** Bei Einproduktmodellen geht man davon aus, dass auf einem Fließband ein homogenes Produkt zu produzieren ist. Dieser Fall tritt bei Massenproduktionen und Großserienfertigungen auf.
- **Mehrproduktmodelle:** Bei Mehrproduktmodellen betrachtet man die gemeinsame Fertigung mehrerer Produkte auf einem oder mehreren Fließbändern.

¹⁷⁴ In Anlehnung an Boysen, Fliedner, Scholl (2006), S.4

¹⁷⁵ Vgl. Domschke, Scholl, Voß (1997), S.4

In der Variantenfließfertigung wird grundsätzlich von einer Einmodellmethode ausgegangen. Das einfachste und am ausführlichsten diskutierte Modell der Fließbandabstimmung ist das Einproduktmodell SALBP. Dieses Modell geht von folgenden Annahmen aus:¹⁷⁶

- Herstellung eines homogenen Produktes in n Arbeitsgängen; das Produktionsverfahren ist fest vorgegeben.
- Fest vorgegebene Bearbeitungszeiten $t(j)$ für die Arbeitsgänge $j=1, \dots, n$.
- Reihenfolgebeziehungen in Form eines Vorrangengraphen.
- Alle Stationen besitzen dieselbe Taktzeit.
- Fixe Anstoßrate.
- Unbewegliche Werkstücke.
- Seriell angeordnete geschlossene Stationen.
- Außer Vorrangbedingungen existieren keine weiteren Zuordnungsrestriktionen.
- In Bezug auf Maschinen und Arbeiter sind alle Stationen gleichmäßig ausgestattet.

Damit kann das grundlegende Problem der Fließbandabstimmung wie folgt formuliert werden: unter Berücksichtigung der Reihenfolgenbeziehungen sollen die einzelnen Arbeitselemente optimal den Arbeitsstationen zugewiesen werden. Bezüglich der Zielsetzung lassen sich vier alternative Ausprägungen des Grundmodells unterscheiden:

- **SALBP-G:** Zu bestimmen sind eine positive Taktzeit und eine positive Stationenanzahl m , sodass die Auslastung des Fließbandes maximiert wird. Diese wird durch den Bandwirkungsgrad gemessen: $BG=(1/m*c)*t$ ¹⁷⁷
- **SALBP-F:** Diese Ausprägung als Realisierbarkeitsproblem- bzw. Zuverlässigkeitsproblem bezeichnet und ist ein Spezialfall der Grundform. Bei einer vorgegebenen Stationenanzahl m ist zu untersuchen, ob es eine Zuordnung aller Arbeitsgänge zu höchstens m Stationen unter Einhaltung der Taktzeit c und der Reihenfolgenbeziehung gibt. Eine Lösung besteht entweder in einer solchen Zu-

¹⁷⁶ Vgl. Domschke, Scholl, VoB (1997), S.191

¹⁷⁷ Vgl. Vienstroerer (2010), S.8

ordnung oder in der Aussage, dass eine entsprechende Zuordnung nicht existiert. Bei SALBP-F liegt also keine Zielsetzung im herkömmlichen Sinne vor.¹⁷⁸

- **SALBP-1:** Bei einer vorgegebenen Taktzeit c ist die Stationenzahl m zu minimieren.
- **SALBP-2:** Bei einer vorgegebenen Stationenzahl m ist die Taktzeit zu minimieren.¹⁷⁹

Sind nun die Kapazitäten des Fließsystems mittels der Fließbandabstimmung determiniert, so muss auf der nächsten Ebene der Planungshierarchie das zu fertigende Produktionsprogramm unter Beachtung dieser Kapazitäten bestimmt werden.

Bei der operativen Produktionsprogrammplanung liegt die Herausforderung, die vorliegenden prognostizierten Kundenaufträge sowie die für den zukünftigen Absatz geplanten Lageraufträge termingerecht in den Produktionsplan einzuordnen. Das Ergebnis der operativen Produktionsplanung ist der so genannte Primärbedarf. Zwischen der Absatz- und der Produktionsprogrammplanung besteht ein enger Zusammenhang. Bei Verfolgen des wirtschaftlichen Erfolgs eines Unternehmens, fokussieren jedoch unterschiedliche Zielstellungen. Ziel der Absatzplanung ist eine möglichst genaue Prognose künftiger Bedarfe und Absatzmengen für die zuzufertigenden Produkte. Dagegen hat die Produktionsprogrammplanung eine möglichst konstante Beschäftigung bei hoher Kapazitätsauslastung anzustreben. Für die betreffende Planperiode ist jenes Produktionsprogramm zu bestimmen, mit dem unter Berücksichtigung des aktuellen bzw. erwarteten Zustandes des Produktionssystems der höchste Grad der Zielerreichung realisiert werden kann.¹⁸⁰

Basierend des Auftragsstyps kann zwischen angebotorientierter (marktorientierter, kundenauftragsneutraler) und nachfrageorientierter (kundenauftragsorientierter oder kundenspezifischer) Produktionsplanung unterschieden werden. Die daraus folgenden Aufträge unterscheiden sich durch den Grad der Vollständigkeit und Detailliertheit der zum Zeitpunkt der Planung vorliegenden Informationen sowie durch den Grad der Sicherheit/Unsicherheit, mit dem diese Information verbunden ist. Angebotsorientierte Aufträge sind dadurch gekennzeichnet, dass die notwendigen Informationen in Form von Stücklisten, Arbeitspläne und Kostendaten zum Zeitpunkt der Produktionsprogrammplanung zur Verfügung stehen. Da es sich in diesem Fall und

¹⁷⁸ Vgl. Domschke, Scholl, Voß (1997), S.191, Vienstroeer (2010), S.8

¹⁷⁹ Vgl. Domschke, Scholl, Voß (1997), S.191

¹⁸⁰ Vgl. Schneider, Buzacott, Rücker (2004), S.21

Standardprodukte handelt, ist davon auszugehen, dass mit diesem Produktsortiment ein positiver Deckungsbeitrag erwirtschaftet wird. Bei angebotsorientierten Aufträgen ist kein zwingender Fertigungsstellungstermin festgelegt. Bei Kundenaufträgen in Form von Einzelbestellungen liegen zum Zeitpunkt der Produktionsplanung häufig noch keine detaillierten Informationen vor, um eine grundlegende Programmentscheidung treffen zu können. Somit ist im Rahmen der Kundenauftrags- und Programmplanung zu überprüfen, ob die betreffenden Produkte in das aktuelle Produktionsprogramm aufgenommen werden soll.¹⁸¹

Derzeit wird bei Unternehmen mit einer Variantenfließfertigung die kundenauftragsbezogene Produktion nach der so genannten „built-to-order“- Strategie angestrebt, da eine Produktion der variantenreichen Produkte aufgrund von Prognosen nicht möglich ist. Mit Hilfe dieser Strategie kann das Produktionskonzept des „Mass Customisation“ realisiert werden. Diese individualisierte Massenproduktion, also die Fertigung kundenindividueller Produkte in großen Stückzahlen, steht der zuvor beschriebenen klassischen Lagerproduktion (angebotsorientierter Fertigung) gegenüber, die eine so genannte „built-to-stock“ Strategie verfolgt.¹⁸²

Der Unterschied beider Strategien liegt in der Wahl des Kundenentkopplungspunktes. Als solches wird der Zeitpunkt einer Supply Chain bezeichnet, an dem der Übergang einer kundenunabhängigen zu einer kundenbezogenen Leistung erfolgt. D.h. die beiden Strategien differenzieren sich insofern, als dass bei der „built-to-stock“ – Strategie das Produkt vom Kunden aus dem Bestand eines Händlers oder des Distributionssystem des Herstellers gekauft. Nachteilig bei dieser Form der Lieferkette sind die hohen Lagerbestände. Bei der „built-to-order“- Strategie (Assemble-to-order) hingegen werden die Produkte als kundenbezogener Produktionsauftrag, also als individualisierte Varianten eingeplant und gefertigt. D.h. kundenindividuelle Produkte werden auf Basis von standardisierten Einzelkomponenten zusammengesetzt. Diese Produktion der Komponenten erfolgt dabei prognosegesteuert, die Montage des kompletten Produktes allerdings erst bei Eingang des Kundenauftrages.¹⁸³

¹⁸¹ Vgl. Schneider, Buzacott, Rücker (2004), S.22

¹⁸² Vgl. Meißner (2009), S.21

¹⁸³ Vgl. Frühbauer (2007), S.23

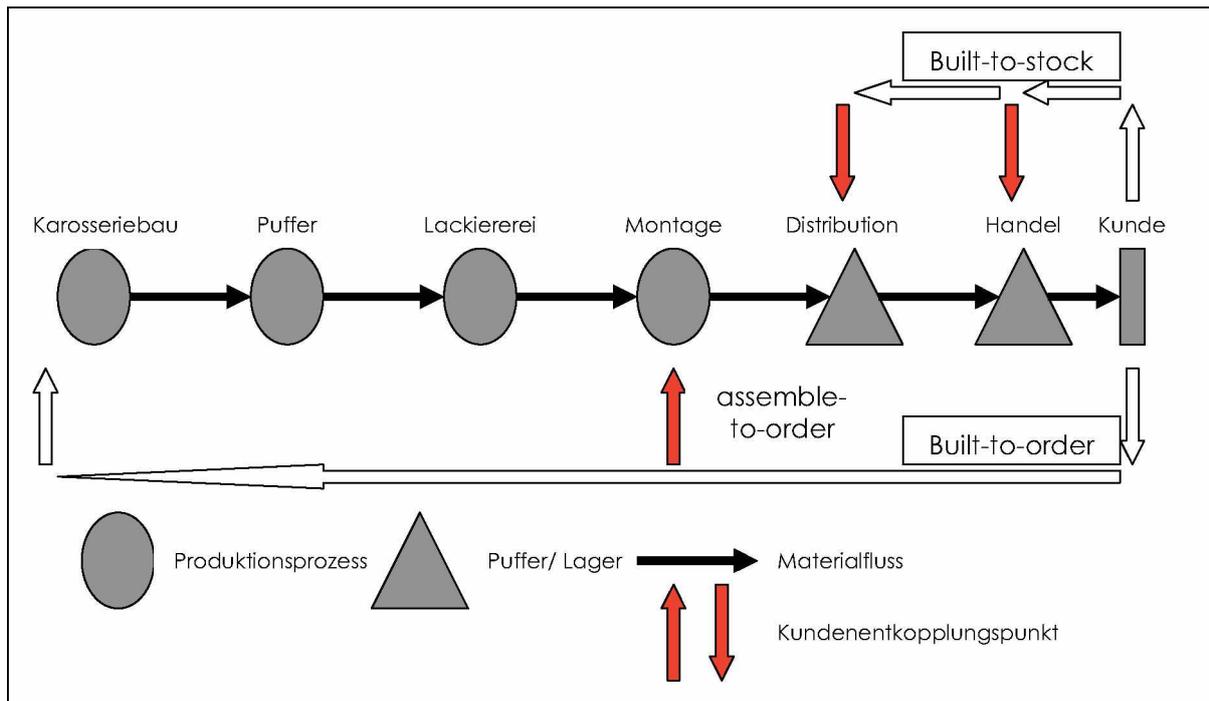


Abbildung 40: Auftragsabwicklung und Kundenentkopplungspunkt¹⁸⁴

In der Praxis treten die Verfahren kombiniert auf. Basierend on Verkaufsprognosen werden Händleraufträge erzeugt (built-to-stock), welche, wenn ein entsprechender Kundenauftrag eintrifft, diesem unter etwaigen Änderungen der Ausstattungsoptionen zugeteilt werden (built-to-order). So erfolgt schrittweise eine Erhöhung des Anteils an „echten“ Kundenaufträgen am Produktionsvolumen, während sich der built-to-stock-Anteil entsprechend verringert.¹⁸⁵

Durch Logistik- und Produktionsprozesse entstehen Differenzierungen des Angebots sowohl direkt über die produzierten Varianten als auch durch die örtliche und zeitliche Verfügbarkeit der Produkte. Die So genannte Postponement- Strategie stellt dabei eine optimale Lösung für dieses Problem dar. Diese Art der Strategie soll den Entkopplungspunkt innerhalb der Supply Chain zum Kunden hin verschieben. Hintergrund dieses Ziels ist es, die Kosten, die aufgrund von zu frühzeitiger Variantenbildung für die Unternehmen entstehen zu minimieren. Zu diesen Kosten kommt es vor allem, wenn die Produkte zwischen den Produktionsstufen zwischengelagert werden, und sie somit einen Zuwachs an Wert der sich aus den Produktions- sowie den Serviceleistungen ergibt erfahren. Der Vorteil der Postponement- Strategie beruht für die Unternehmen dahin gehend, dass die Lagerhaltungskosten reduziert werden, da durch Verschiebung der kundenindividuellen Fertigung zu einem späteren Zeitpunkt in der

¹⁸⁴ In Anlehnung an Meißner (2009), S.21

¹⁸⁵ Vgl. Meißner (2009), S.22

Supply Chain, den kurzen Produktlebenszyklen entgegengetreten wird. Weiters halten sich Unternehmen mit der Einführung der Postponement- Strategie die Möglichkeit offen, weiterhin ihre Produkte in einem Standardformat zu fertigen.¹⁸⁶ Der letzte wesentliche und charakteristische Planungsschritt der Variantenfließfertigung ist die Reihenfolgeplanung.

Die Reihenfolgeplanung hat die Aufgabe, die Fertigungsaufträge der Einplanungspakete unter der Berücksichtigung von Zielkriterien und möglichen Nebenbedingungen in eine optimale Fertigungsreihenfolge zu bringen.¹⁸⁷ Im Zusammenhang mit der Reihenfolgeplanung wird zwischen der Maschinenfolge und der Auftragsfolge unterscheiden.

Die Maschinenfolge wird auch als technologische Folge bezeichnet und gibt an, in welcher Reihenfolge die Arbeitsgänge eines Fertigungsauftrages die Maschinen durchlaufen müssen. Sie ist in der Regel technisch determiniert und unterscheidet sich danach, ob die Reihenfolge für alle Aufträge identisch oder unterschiedlich ist. Im Fall der Fließfertigung ist die Maschinenreihenfolge für alle Aufträge gleich. Die Auftragsfolge legt fest, in welcher Reihenfolge die Aufträge auf den Bearbeitungsplätzen gefertigt werden. Demzufolge entspricht die Bestimmung der Auftragsfolge dem Maschinenbelegungsproblem. Dies lässt sich nun so beschreiben, dass N Aufträge auf M Maschinen zu bearbeiten sind, wobei die folgenden Prämissen zu beachten sind:¹⁸⁸

- Jedem Auftrag ist ein geplanter Fertigstellungstermin zugeordnet.
- Die einzuplanenden Aufträge sind zu Beginn des Planungszeitraumes aus der Programmplanung bekannt.
- Die Maschinenfolge ist für jeden Auftrag bekannt und gegeben.
- Eine Maschine kann zu jedem Zeitpunkt gleichzeitig nur an einer Maschine bearbeitet werden.
- Jede Maschine steht uneingeschränkt zur Bearbeitung zur Verfügung.
- Ein Arbeitsgang kann während der Bearbeitung nicht unterbrochen werden.
- Sämtliche zur Bearbeitung benötigten Materialien sind bekannt und stehen uneingeschränkt zur Verfügung.

¹⁸⁶ Vgl. Gomes-Bathelt (2009), S.15-16

¹⁸⁷ Vgl. Meißner (2009), S.25

¹⁸⁸ Vgl. Gierth (2007), S.12

- Die Bearbeitungs-, Transport- und Rüstzeiten sind bekannt und konstant.
- Die Zwischenlager sind unbegrenzt aufnahmefähig.
- Der Standort der Maschinen ist gegeben.
- Die Bearbeitung der Aufträge auf den Maschinen erfolgt fehlerfrei.
- Ein Auftrag kann von einem anderen Auftrag überholt werden.

Aus den beschriebenen Prämissen ergeben sich folgende Zielsetzungen der Reihenfolgeplanung:¹⁸⁹

- **Minimierung der Durchlaufzeit:** Unter der Durchlaufzeit eines Auftrages wird die Zeit zwischen der Einsteuerung des Auftrages in die Produktion und der Fertigstellung des Auftrages verstanden. Dabei verfolgt man das Ziel, durch einen möglichst schnellen Produktionsfluss zum einen eine schnellere Verfügbarkeit der Maschinen zu gewährleisten und zum anderen der in der Fertigung gebundenen Kosten möglichst gering zu halten. Zielsetzungen bezüglich der Termintreue sind:
 - Minimierung der mittleren Terminabweichung der Aufträge, d.h. es ist sowohl eine Terminüberschreitung wie auch eine Terminverfrühung möglich.
 - Minimierung der Summe aller Terminabweichungen der Aufträge.
 - Minimierung der maximalen Terminabweichung.
 - Minimierung der mittleren Terminüberschreitung, d.h. es werden nur positive Differenzierungen berücksichtigt.
 - Minimierung der mittleren Terminverfrühung, d.h. es werden nur negative Differenzierungen erfasst.
- **Maximierung der Kapazitätsauslastung:** Die Maximierung der Kapazitätsauslastung wird angestrebt, um das in den Fertigungsanlagen gebundene Kapital effizient zu nutzen, indem die fixen Kosten der Nutzung auf eine möglichst große Produktionsmenge verteilt werden. Als mögliche Zielsetzungen ergeben sich:
 - Maximierung der mittleren Kapazitätsauslastung.
 - Minimierung der mittleren Leerzeit.
 - Maximierung der Kapazität von Engpassplätzen.

¹⁸⁹ Vgl. Gierth (2007), S.18-19

- Minimierung der Schwankungen der Kapazitätsauslastung, um eine gleichmäßige Auslastung der Fertigungsanlage zu erzielen.

Zur Lösung des Reihenfolgeproblems ist eine große Anzahl von verschiedenen Verfahren entwickelt worden. In der Praxis werden häufig die Prioritätsregeln als heuristische Methoden als Ablaufplan eingesetzt. Grund dafür ist ihre in der betrieblichen Praxis leichte Implementierung, der geringen Rechenaufwand und einfache Handhabung und flexible Anwendbarkeit. Die gängigsten Prioritätsregeln sind:¹⁹⁰

- **KOZ- Regel:** Als nächster Auftrag wird der bearbeitet, der die kürzeste Operationszeit hat.
- **LOZ- Regel:** Als nächster Auftrag wird der bearbeitet, der die längste Operationszeit hat.
- **WT- Regel:** Als nächster Auftrag wird der bearbeitet, der den höchsten Produktwert hat.
- **FLT- Regel:** Als nächster Auftrag wird der bearbeitet, der den frühesten Liefertermin hat.
- **FIFO- Regel:** Als nächster Auftrag wird der bearbeitet, der als erster im Gesamtsystem eingetroffen ist
- **FCFS- Regel:** Als nächster Auftrag wird der bearbeitet, der zuerst auf der jeweiligen Arbeitsstation ankommt.
- **KGB-Regel:** Als nächster Auftrag wird der bearbeitet, der die kleinsten Gesamtbearbeitungszeit auf allen Arbeitsstationen hat.
- **GGB- Regel:** Als nächster Auftrag wird der bearbeitet, der die größten Gesamtbearbeitungskosten auf allen Arbeitsstationen hat.
- **UK- Regel:** Als nächster Auftrag wird der bearbeitet, der die geringsten Umrüstkosten an der Arbeitsstation verursacht.

Ein Auftragsreihenfolge- Konzept kann somit vor der Planungsfixierung dem Kunden eine beliebige Änderung seines Produktes bieten. Ab der Einplanung ist einer Veränderung des Auftragsinhaltes nicht mehr möglich. Dies könnte eine Schwäche des Konzepts sein, da die Änderungsflexibilität ein potentiell Differenzierungsmerkmal im Sinne des Kundenwunsches darstellt. So lässt sich durch das Abwägen der logisti-

¹⁹⁰ Vgl. www.uni-karlsruhe.de

schen Potentiale gegenüber den Kundenerwartungen und den mit der Länge des Vorlaufs zum Produktionsstart zunehmenden Unsicherheitsfaktoren ein optimaler Zeitpunkt für die Planungsfixierung festlegen. Zum spätestens Zeitpunkt wäre dies der Start der „bullet-to-order“-Fertigung.¹⁹¹

Zur Stabilisierung der Aufträge der Kunden bieten sich zwei grundsätzliche Strategien an: die Reihenfolgenbeherrschung und die Reihenfolgenabsicherung. Mit der Strategie der Reihenfolgebeherrschung sollen Verwirbelungen im Vorhinein verhindert werden. Dies erfordert eine durchgängige Zielausrichtung der Prozesse auf eine stabile Auftragsreihenfolge, eine hohe Prozessdisziplin und die konsequente Eliminierung von Prozessschwächen. Mit dieser Art der Strategieausrichtung sollen Prozesse mit einer hohen Prozessfähigkeit geschaffen und einem stabilen Produktionsfluss realisiert werden. Durch die Umsetzung der Strategie der Reihenfolgenabsicherung sollen mögliche Prozessverwirbelungen durch geeignete Maßnahmen wieder ausgeglichen werden, um die geplante Auftragsfolge in der Fertigung trotz Unzulänglichkeiten in den vor gelagerten Prozessen zu erreichen. Ziel dieser Strategie ist es, trotz mangelnder Beherrschung der Reihenfolge durch fehlende Prozessfähigkeit reihenfolgerobuste Prozesse zu ermöglichen.¹⁹²

7.2 Produktionssteuerung in der Variantenfließfertigung

Werden nun die bisher erarbeiteten Vorgaben in der Planungsphase in konkrete „Durchsetzungsaktivitäten“ umgesetzt, gelangt man von der Produktionsplanung in die Produktionssteuerung, d.h. von der Planungs- in die Realisierungsphase. Sie beinhaltet die Funktionen der Auftragsveranlassung und die Auftragsüberwachung. Die Auftragsveranlassung löst die Auftragsbearbeitung in den einzelnen Arbeitsschritten aus. Die Funktion der Auftragsüberwachung besteht in der kontinuierlichen Sicherstellung des Arbeitsschrittes und einer entsprechenden Informationsverarbeitung.¹⁹³ Die Produktionssteuerung hat bei Unternehmen mit einer Variantenfließfertigung die Aufgaben,

- die Fertigungsaufträge freizugeben,
- die Kapazitäten der Auftragsüberwachung zu nutzen,
- den Fertigungsfluss der Produkte zu lenken sowie

¹⁹¹ Vgl. Meißner (2009), S.26

¹⁹² Vgl. Meißner (2009), S.130

¹⁹³ Vgl. Hansmann (2006), S.257

- den Fertigungsfortschritt zu überwachen und damit
- für die termingerechte Fertigstellung der Aufträge zu sorgen.¹⁹⁴

Generell wird bei einer Produktionssteuerung zwischen Push- und Pull- Steuerung unterschieden. Bei Push- Steuerung wird ausgehend von einer Nachfrageprognose zunächst die Produktionsmenge der Endprodukte festgelegt. Dann wird durch Auslösung der vorhandenen Stücklisten der Teilebedarf und somit das Produktionsprogramm jeder Bearbeitungsstation berechnet. Die gesamte Produktion wird zentral gesteuert und die Fertigungsaufträge werden regelrecht in die Produktion „geschoben“ (Push). Bei einer Pull- Steuerung werden die Produkte hingegen durch die Produktion „gezogen“. Die Pull- Steuerung basiert nicht auf einer Nachfrageprognose, sondern auf einer tatsächlichen Nachfrage. Wenn keine Nachfragen eintreffen, steht bei einer Pull- Steuerung die Fertigung still. Sobald eine Nachfrage eintritt, wird dies der letzten Bearbeitungsstation mitgeteilt und diese beginnt mit der Produktion. Außerdem sendet diese Station ein Signal an die vorgelagerte Station. Wenn diese das Signal erhält, beginnt sie mit der Produktion und sendet ein Signal an ihre vorgelagerte Station.¹⁹⁵ Die folgende Abbildung 39 stellt nun die beiden Steuerungskonzepte dar:

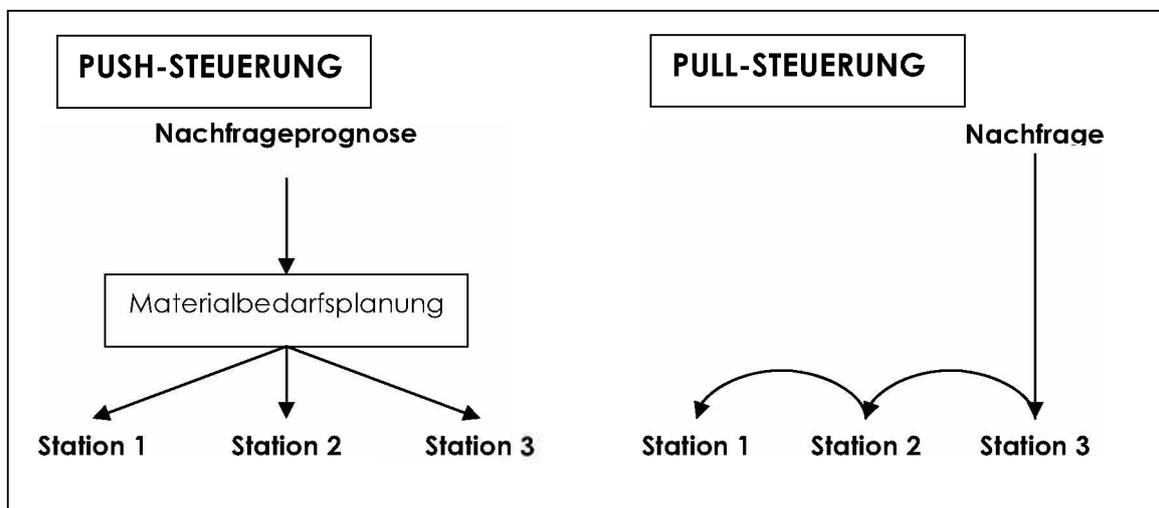


Abbildung 41: Steuerungskonzepte Push und Pull¹⁹⁶

Bei einem Unternehmen mit einer Variantenfließfertigung wie etwa in der Automobilindustrie wird weiterhin das klassische Push- Prinzip eingesetzt.

¹⁹⁴ Vgl. Meißner (2009), S.27

¹⁹⁵ Vgl. Thonemann (2009), S.344

¹⁹⁶ In Anlehnung an Thonemann (2009), S.345

Bei der Umsetzung eines Auftragsreihenfolgekonzeptes steht unabhängig vom gewählten Steuerungsprinzip das Ziel im Fokus, die geplante Auftragsfolge verlässlich umzusetzen. D.h. eine hohe Termintreue, kurze Durchlaufzeiten, niedrige Bestände und eine hohe Kapazitätsauslastung. Die gesamtheitliche Zielerreichung wird allerdings durch die konkurrierenden Ziele limitiert. Das Problem der Produktionssteuerung verdeutlicht die Abhängigkeit zwischen der Auftragsdurchlaufzeit und Kapazitätsauslastung von Betriebsmitteln. So können insbesondere eine hohe Auslastung und niedrige Bestände nicht gleichzeitig erzielt werden. Dies wird nun mit Hilfe logistischer Kennlinien in der Abbildung 40 verdeutlicht:¹⁹⁷

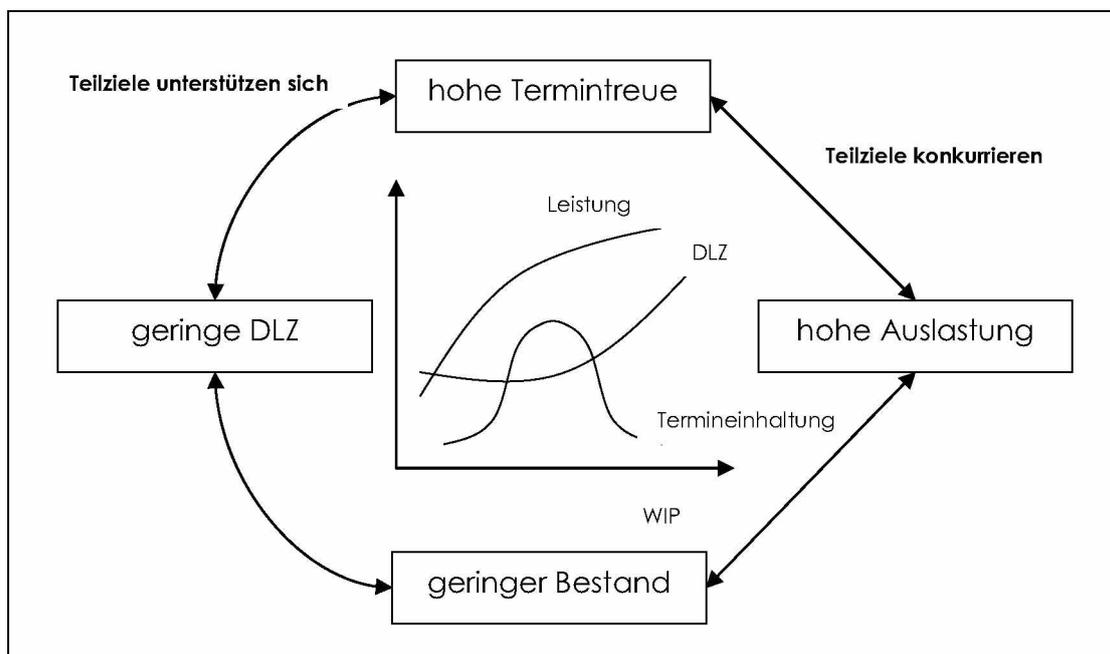


Abbildung 42: Ziele und Probleme der Produktionssteuerung¹⁹⁸

7.3 Produktionsflussqualität in der Variantenfließfertigung

Wie schon im Abschnitt 7.1 beschrieben, werden im Rahmen einer Variantenfließfertigung eine gewisse Produktionsstabilität und eine daraus resultierende synchrone, kontinuierliche Variantenfließfertigung angestrebt. Mithilfe der Einhaltung der geforderten Qualitätsanforderungen lässt sich eine gewisse Produktionsstabilität erreichen. Bei Produktionsprozessen sind die Prozessbeherrschung und die Prozessfähigkeit wesentliche Qualitätsanforderungen. Ziel ist es hierbei, Ausschuss und Nacharbeit zu vermeiden sowie kundenkritische Qualitätskriterien durch ein entsprechendes Qualitätsmanagement einzuhalten. Wesentlich dabei ist es, dass die Streuung der messba-

¹⁹⁷ Vgl. Meißner (2009), S.40

¹⁹⁸ In Anlehnung an Meißner (2009), S.40

ren Ergebnisse eines Prozesses stabil innerhalb der festgelegten Toleranzgrenze liegt und dass negative Einflüsse systematisch eliminiert werden. Ein Prozess ist fähig, wenn er theoretisch den Qualitätsanforderungen entsprechen kann, da er das Potential hat, die vorgegebenen Toleranzgrenzen einzuhalten. Eine so genannte Prozessbeherrschung liegt vor, wenn es gelingt, Mittelwert und Streuung des Prozessergebnisses zu stabilisieren und die Prozessfähigkeit zu nutzen.¹⁹⁹ Basierend der Qualitätsdefinition können nun geeignete Ziele der logistischen Stabilität in der Variantenfließfertigung festgelegt werden.

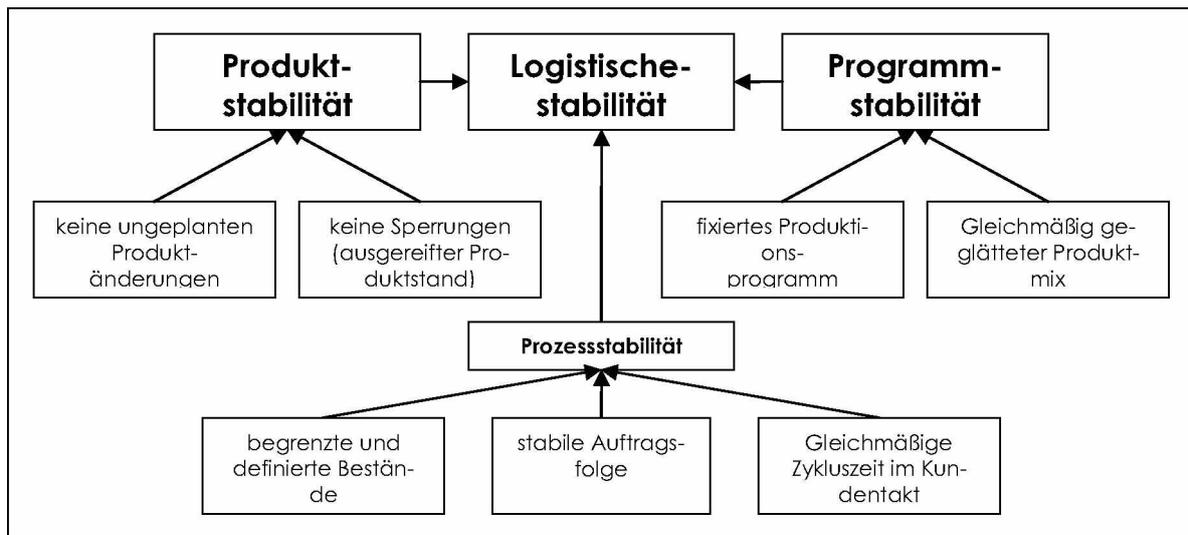


Abbildung 43: Zielsystem in der Produktionslogistik der Variantenfließfertigung²⁰⁰

Ziel der Produktionslogistik der Variantenfließfertigung ist es nun, nicht nur einen schlanken, sondern einen gleichmäßig stabilen Produktionsfluss zu erzielen. Eine Stabilität des Produktionsprogrammes wird vor allem durch ein Reihenfolgenkonzept ermöglicht und soll für eine hohe Planbarkeit der Materialströme und zu einer konstanten Kapazitätsauslastung durch einen gleichmäßigen Produktmix in der Auftragsfolge führen. Im Kern des Zielsystems stehen der Fertigungsprozess und seine so genannte Flussqualität. In letzten Unterkapiteln 7.3 dieser Arbeit sollen nun die Kennzahlen beschrieben werden, mit denen eine Umsetzung der vorgegebenen Ziele bewertet werden kann.

¹⁹⁹ Vgl. Steven (2007), S.166

²⁰⁰ In Anlehnung an Meißner (2009), S.46

7.3 Kennzahlen zur Planung und Bewertung der Variantenfließfertigung

Wie bisher im Kapitel 7 beschrieben, werden bei einer modernen Fließfertigung auf einem Fließband viele verschiedene Varianten und Produkttypen gefertigt. Hieraus resultiert eine sehr ungleichmäßige Auslastung der Stationen des Fließbandes, da die einzelnen Aufträge aufgrund unterschiedlicher Arbeitsinhalte differierende Kapazitätsbedarfe aufweisen. Das mit Hilfe der Reihenfolgeplanung den variierenden Kapazitätsbedarf auf das Kapazitätsangebot der Arbeitsstationen anpasst. Die zentrale Zielsetzung besteht darin, durch eine stabile Auftragsreihenfolge die Produktionskosten, und die Produktionszeiten bezüglich den Kundenanforderungen zu optimieren. Mit den nun folgenden Kennzahlen lassen sich diese Ziele planen und bewerten.

- **Terminabweichung und Termintreue:**

Die Differenz zwischen der Bearbeitungsende IST und dem Bearbeitungsende SOLL entspricht der Terminabweichung. Ist die Differenz positiv, so ist der Auftrag später als geplant fertig gestellt worden. Bei einem negativen Wert liegt eine zu frühe Fertigstellung vor. Ein positiver bedeutet somit, dass der Arbeitsvorgang gegenüber der Planung verzögert wurde, während ein negativer Wert zeigt, dass eine kürzere DLZ als geplant realisiert werden konnte. Die Terminabweichung kann für jeden einzelnen Auftrag bestimmt werden. Dagegen ist die Termintreue ein Maß zur Beurteilung der Gesamtheit aller Aufträge eines Zeitraumes. Die Termintreue wirkt ggf. gedämpft durch einen Lieferzeitpuffer, direkt auf die Liefertreue und ist daher eine sehr wichtige Zielgröße.²⁰¹

- **Position und Reihenfolgeabweichung:**

Die Reihenfolgeabweichung beschreibt die Abweichung zwischen geplanter und tatsächlicher Bearbeitungsreihenfolge in einem Arbeitssystem. Gegenüber dem Plan vorgezogene Aufträge werden zu früh, die dafür zurückgestellten Aufträge zu spät fertig gestellt. Reihenfolgeabweichungen erhöhen die Streuung der Terminabweichung und verhindern somit eine hohe Termintreue. Ziel der Produktionssteuerung ist es somit, Reihenfolgeabweichungen zu vermeiden.²⁰²

²⁰¹ Vgl. Lödning (2004), S.31

²⁰² Vgl. Nyhius (2008), S. 224

- **Kundentakteinhaltung:**

Ein weiteres Ziel in der Variantenfließfertigung stellt die stabile Ausbringungsleistung in der notwendigen Produktionsrate dar. Idealerweise entspricht die tatsächliche realisierte Zykluszeit den Kundentakt. Dabei ist der Kundentakt der Quotient aus verfügbarer Betriebszeit (z.B. pro Schicht) und der vom Kunden benötigten Fertigungsstückzahl als die Plan- Ausbringungsmenge des Produktionsprogrammes in der gleichen Zeitperiode.²⁰³

- **Flussgrad:**

Ziel der Fertigung ist die Minimierung der Verschwendung und eine Konzentration auf die wertschöpfenden Prozesse. So ergibt sich ein Idealprozess in der Fertigung ohne Pufferung und Transport, aber auch ohne Nacharbeit der Produkte, also im kontinuierlichen Fluss ohne Wartezeiten. Eine sehr aussagekräftige Kennzahl, um die Höhe der Durchlaufzeit zu bewerten, ist der Flussgrad. Je höher der Flussgrad ist, desto höher ist der Anteil der Übergangzeiten an den Durchlaufzeiten. Ein hoher Flussgrad deutet meist auf hohe Bestände hin. Der Flussgrad kann sowohl für ein Arbeitssystem als auch für eine gesamte Fertigung berechnet werden.²⁰⁴

Die Einhaltung der Ziele lässt sich in Form der Fertigungsflussqualität ausdrücken. Diese setzt sich aus den drei beschriebenen Anteilen dem Flussgrad, dem Kundentakt und der Reihenfolgeabweichung zusammen. Die folgende Abbildung zeigt die drei Größen in einer beispielhaften gemeinsamen Bewertungsdarstellung. Alle drei Bestände können dabei maximal mit 100% bewertet werden. Aus den Größen ergibt sich so eine Bewertung der logistischen Ziele der Variantefließfertigung, welche in der Abbildung 44 dargestellt werden:

²⁰³ Vgl. Meißner (2009), S.84

²⁰⁴ Vgl. Lödding (2008), S.54

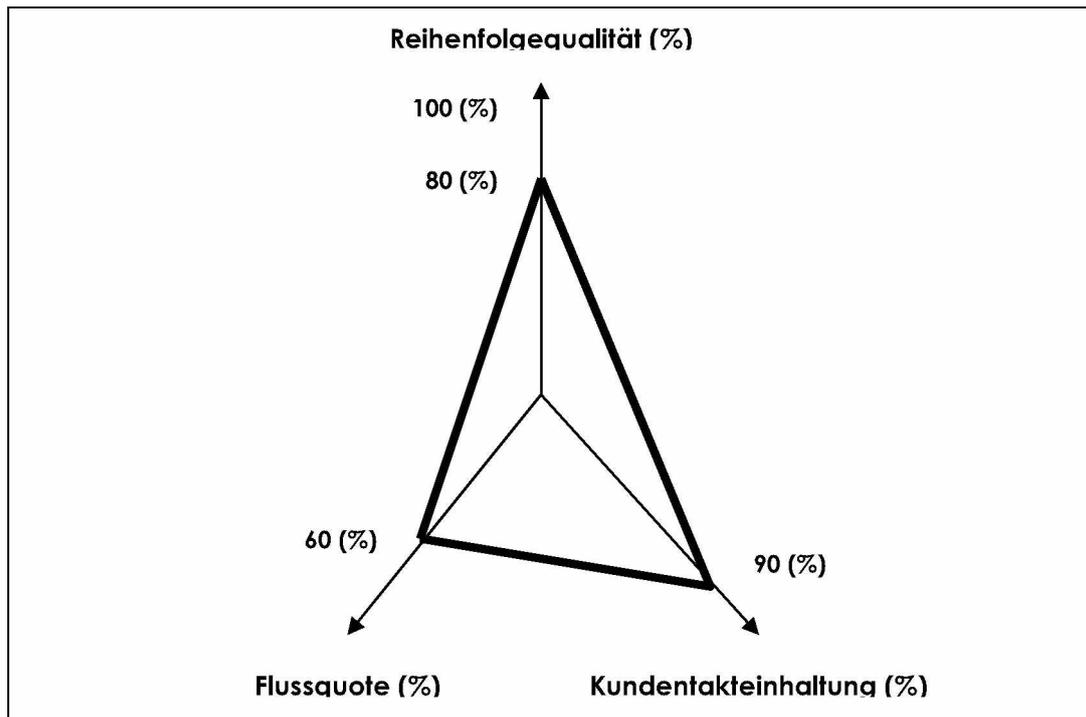


Abbildung 44: Bewertung der Ziele einer Variantenfließfertigung²⁰⁵

8 Conclusio

Die Wettbewerbsfähigkeit eines Produktionsunternehmens hängt grundsätzlich davon ab, inwieweit die kritischen Erfolgsfaktoren Kundenorientierung und eine wirtschaftliche Produktion gemeinsam realisiert werden kann. Die heutigen vorliegenden unstabilen Material- und Informationsflüsse führen zu negativen Auswirkungen auf die zentralen Zielgrößen Termintreue gegenüber den Kunden sowie zu große Sicherheitsbestände und kostenintensive Produktionssysteme.

Ausgangspunkt dieser Arbeit war es nun, das aufgrund steigender Markt- und Kundenanforderungen die Thematik Variantenvielfalt und das Management steigender Variantenzahlen im Bereich der Unternehmensführung immer mehr an Bedeutung gewinnen. So sind immer mehr Unternehmen mit drastisch gestiegenen Vielfalts-Anforderungen konfrontiert, wo aufgrund eines unzureichenden Variantenmanagement es oftmals zu ungewollten Kostenanstiegen kommt. Somit hat sich der Umgang mit einer steigenden Variantenvielfalt zu einer zentralen Aufgabe einer Unternehmensführung gemacht.

Ziel dieser Arbeit war es, alle vorhandenen Methoden zur Bewältigung der steigenden Variantenvielfalt für Unternehmen mit einer Fließfertigung darzustellen, um den

²⁰⁵ In Anlehnung Meißner (2009), S.87

Variantenmanagement in der Fließfertigung

Fokus, einen kontinuierlichen und wertschöpfungsorientierten Materialfluss zu erreichen. Dazu wurden zunächst die Ursachen für die steigende Variantenvielfalt und deren Auswirkung auf die Unternehmensbereiche erläutert. Die darauf folgenden Kapitel haben zahlreiche Methoden zur Bewältigung der Variantenproblematik und da speziell in der Fließfertigung aufgezeigt.

Die beschriebenen Konzepte zeigen auf, dass die Methoden so eingesetzt werden müssen, dass ein stabiler, kontinuierlicher und synchroner Produktionsfluss erreicht wird. Im Kern entspricht dies der

- Maximierung der logistischen Leistung sowie der
- Minimierung des Faktoreinsatzes.

Ziel der beschriebenen Ansätze ist es, das Problem zwischen der Standardisierung und Individualisierung zu lösen und die vom Kunden geforderte Produktvielfalt bei einem möglichst geringen internen Varianzniveau möglichst kostengünstig zu produzieren. Um einen nachhaltigen Erfolg des Variantenmanagement in einer Fließfertigung sicherzustellen, ist eine ganzheitliche Betrachtung des Produktionsprozesses notwendig. Außerdem ist das Variantenmanagement als dauerhafter Prozess mit einer strategischen Bedeutung innerhalb eines Unternehmens zu etablieren.

Trotz der umfassenden Lösungsansätze stellt das Handling mit der Variantenvielfalt viele Unternehmen noch vor große Herausforderungen. Wichtig wird es für viele Unternehmen in Zukunft sein, sich der Problematik der Variantenvielfalt bewusst zu sein, und ein integriertes und nachhaltiges Variantenmanagement anzustreben.

Literaturverzeichnis

Monographien:

Arnold Dieter, Heinz Isermann (2008): Handbuch Logistik, 3. Auflage, Heidelberg: Springer-Verlag. ISBN 978-3-540-72928-0

Bayer Tobias (2010): Integriertes Variantenmanagement- Variantenkostenbewertung mit faktorenanalytischen Komplexitätstreibern, 1. Auflage, Karlsruhe: Rainer Hampp-Verlag. ISBN 978-3-866-18554-8

Birga Döring, Wolfgang Harmgardt, Wilfried Giesler, Regina K. (2007): Allgemeine BWL- Betriebswirtschaftliches Wissen für kaufmännische Berufe- Schritt für Schritt, 2. Auflage, München: Gabler-Verlag. ISBN 3-409-29740-5

Bogaschewsky Ronald; Eßig Michael; Lasch Rainer; Stölzle Wolfgang (2010): Supply Management Research- Aktuelle Forschungsergebnisse 2010, 1. Auflage, München: Gabler-Verlag. ISBN 978-3-834-92957-0

Boysen Nils; Fliedner Malte; Scholl Armin (2006): 1. Auflage, Jena: Wirtschaftswissenschaftliche Fakultät Universität Jena. ISSN 1611-1311

Boysen Nils (2005): Variantenfließfertigung, 1. Auflage, Hamburg: Deutscher Universitätsverlag. ISBN 978-3-835-00058-2

Bräutigam Lars-Peter (2004): Kostenverhalten bei Variantenproduktion, 1. Auflage, Wiesbaden: Universitätsverlag Wiesbaden. ISBN 978-3-824-48109-5

Bullinger Hans-Jörg; Warnecke Hans-Jürgen; Westkämper Engelbert (2003): Neue Organisationsformen im Unternehmen, 2. Auflage, Heidelberg: Springer-Verlag. ISBN 3-540-67610-4

Corsten Daniel; Gabriel Christoph : Supply Chain Management erfolgreich umsetzen- Grundlagen, Realisierungen und Fallstudien, 2. Auflage, Berlin: Springer-Verlag. ISBN 3-540-005586-2

Corsten Hans; Reiß Michael (2006): Betriebswirtschaftslehre- Band 2, 4. Auflage, Oldenburg: Oldenburger Wissenschaftsverlag. ISBN 978-3-486-58652-7

Dietrich Adam (1998): Produktions- Management, 8. Auflage, München: Gabler-Verlag. ISBN 978-33-409-69117-8

- Domschke Wolfgang; Scholl Armin; Voß Stefan (1997): Produktionsplanung- ablauf-organisatorische Aspekte, 1. Auflage, Berlin: Springer Verlag. ISBN 978-3-540-63560-4
- Edmund Heinen (1992): Betriebswirtschaftliche Führungslehre- Grundlagen- Strategien- Modelle, 2. Auflage, München: Gabler- Verlag. ISBN 978-3-409-31693-4
- Ehrlenspiel Klaus; Kiewert Alfons; Lindemann Udo (2007): Cost- efficient design, 1. Auflage, Heidelberg: Springer- Verlag. ISBN 978-3-540-34647-0
- Engeln Werner (2006): Methoden der Produktentwicklung, 1. Auflage, München: Oldenburg Industrieverlag. ISBN 978-3-8356-3112-0
- Fandel Gunter; Fandel Günter; Dyckhoff Harald (1994): Industrielle Produktentwicklung, 2. Auflage, Heidelberg: Springer- Verlag. ISBN 3-540-57847-1
- Flemming Manfred; Ziegmann Gerhard; Roth Siegfried (1996): Faserverbundbauweisen: Halbzeuge und Bauweisen, 1. Auflage, Berlin: Springer- Verlag. ISBN 3-540-606165
- Franke Hans-Joachim (2002): Variantenmanagement in der Einzel- und Kleinserienfertigung, 1. Auflage, München: Carl Hanser Verlag. ISBN 3-446-21730-4
- Frühbauer Roman (2007): Entwicklung und Bedeutung von Build to Order Konzepten in der Supply Chain globaler Automobilhersteller, 1. Auflage, Wien
- Gelbrich Katja; Souren Rainer (2009): Kundenintegration und Kundenbindung- Wie Unternehmen von ihren Kunden profitieren, 1. Auflage, München: Gabler- Verlag. ISBN 978-3-834-91472-9
- Gierth Michael (2007): Hofsteuerung von Speditionsanlagen mittels Methoden der Produktionsplanung, 1. Auflage, Nordstedt: Grin- Verlag. ISBN 978-3-645-75694-4
- Gießmann Marco (2010) : Komplexitätsmanagement in der Logistik- Kausalanalytische Untersuchung zum Einfluss der Beschaffungskomplexität auf den Logistikererfolg, 1. Auflage, Dresden: Josef Eul- Verlag. ISBN 978-3-89936-964-9
- Gräßler Iris (2004): Kundenindividuelle Massenproduktion- Entwicklung, Vorbereitung der Herstellung, Veränderungsmanagement, 1. Auflage, Berlin: Springer- Verlag. ISBN 3-540-20554-3
- Gomes- Bathelt Marcelo (2009): Marktorientierte Disposition- Eine Studie in einem mittelständischen Industrieunternehmen, 1. Auflage, Nordstedt: Grin- Verlag. ISBN 978-3-640-34631-8

- Hansmann Karl- Werner (2006): Industrielles Management, 8. Auflage, Oldenburg: Oldenburger Wissenschaftsverlag. ISBN 3-486-58058-2
- Händler Jürgen (2006): Betriebswirtschaftslehre für Ingenieure- Lehr- und Praxisbuch, 3. Auflage, Leipzig: Carl Hanser Verlag München. ISBN 978-3-446-40759-6
- Hillig Thomas (2006): Verfahrensvarianten der Conjoint- Analyse zur Prognose von Kaufentscheidungen, 1. Auflage, München: Deutscher Universitätsverlag. ISBN 978-3-8244-8329-7
- Hoenow Gerhard; Meißner Thomas (2008): Konstruktionspraxis im Maschinenbau: Vom Einzelteil zum Maschinendesign, 2. Auflage, Leipzig: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. ISBN 978-3-446-41657-4
- Jung Hans (2007): Controlling, 2. Auflage, Oldenburg: Oldenburg Wissenschaftsverlag. ISBN 978-3-486-58500-1
- Kiener Stefan (2006): Produktionsmanagement- Grundlagen der Produktionsplanung und -Steuerung, 8. Auflage, München: Oldenburg Wissenschaftsverlag. ISBN 3-486-58059-0
- Kluge Jürgen (2006): Wachstum durch Verzicht-schneller Wandel zur Weltklasse- Vorbild Elektroindustrie, 1. Auflage, Heidelberg: Redline Wirtschaft. ISBN 978-3-636-014115
- Kurbel Karl (2005): Produktionsplanung und -steuerung im Enterprise resource planning und Supply Chain Management, 7. Auflage, München: Oldenburg Wissenschaftsverlag. ISBN 978-3-486-59695-3
- Krause Frank-Lothar; Franke Hans J.; Gausemeier Jürgen (2007): Innovationspotenziale in der Produktentwicklung, 1. Auflage, München: Carl Hanser Verlag. ISBN 978-3-446-40667-4
- Lödding Hermann (2004): Verfahren der Fertigungssteuerung, 2. Auflage, Berlin: Springer- Verlag. ISBN 978-3-540-76859-3
- Mathar Hans Joachim; Scheuring Johannes (2009): Unternehmenslogistik- Grundlagen für die betriebliche Praxis mit zahlreichen Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten Wilhelm Dangelmaier: Fertigungsplanung- Planung von Aufbau und Ablauf der Fertigung, 1. Auflage, Zürich: Edubook AG. ISBN 978-3-7155-9347-0
- Maune Guido: Möglichkeiten des Komplexitätsmanagement für Automobilhersteller auf Basis IT- gestützter durchgängiger Systeme, 1. Auflage, Osnabrück

- Meißner Sebastian (2009): Logistische Stabilität in der automobilen Variantenfließfertigung, 1. Auflage, München: Technische Universität München. ISBN 978-3-981-118199-0
- Perlitz Manfred (1996): Reengineering zwischen Anspruch und Wirklichkeit, 1. Auflage, München: Gabler- Verlag. ISBN 978-3-409-12911-4
- Piller Frank Thomas (2006): Mass Customization- Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter, 1. Auflage
- Plümer Thomas (2003): Logistik und Produktion, 1. Auflage, Oldenburg: Oldenburg Wissenschaftsverlag. ISBN 3-486-27470-8
- Ponn Josef; Lindemann Udo (2007): Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte, 2. Auflage, Heidelberg: Springer- Verlag Heidelberg . ISBN 978-3-642-205804
- Prillman Martin (1996): Management der Variantenvielfalt- Ein Beitrag zur handlungsorientierten Erfolgsfaktorenforschung im Rahmen einer empirischen Studie in der Elektroindustrie, 1. Auflage, Frankfurt: Peter Lang Verlagsgruppe. ISBN 978-3-631-495636
- Rapp Thomas (2010): Produktstrukturierung- Komplexitätsmanagement durch modulare Produktstrukturen und- Plattformen, 1. Auflage, St. Gallen: Gabler- Verlag. ISBN 3-8244-7010-1
- Rathnow Peter (1993): Integriertes Variantenmanagement- Bestimmung, Realisierung und Sicherung der optimalen Produktvielfalt, 1. Auflage, Göttingen: Hubert & Co Göttingen. ISBN 3-525-12569-0
- Raubold Ulrich (2011): Lebenszyklusmanagement in der Automobilindustrie- Ein Optimierungsansatz auf Basis der auf den Lebenszyklus wirkenden Einflussfaktoren, 1. Auflage, München: Gabler- Verlag. ISBN 978-3-834-92862-7
- Rohrhofer Evelyn (2009): Variantenmanagement- Strategien, Methoden und Erfolgsfaktoren im logistischen Leistungsprozess, 1. Auflage, Saarbrücken: VDM- Verlag. ISBN 978-3-639-21811-4
- Rothlauf Jürgen (2003): Total Quality Management in Theorie und Praxis, 2. Auflage, München: Oldenburger Wissenschaftsverlag, ISBN 3-486-27490-2
- Ruppert Timo (2007): Modularisierung des Verbrennungsmotors als strategische Option in der Motorenindustrie, 1. Auflage, Kassel: Kassel university press. ISBN 978-3-89958-297-0

Rüdiger Wenzel; Georg Fischer; Gerhard Metze (2001): Industriebetriebslehre: das Management des Produktionsbetriebs, 1. Auflage, Leipzig, Fachbugverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. ISBN 3-446-21343-0

Schmid Tonja (2009): Variantenmanagement- Lösungsansätze in den einzelnen Phasen des Produktlebenszyklus zur Beherrschung von Variantenvielfalt, 1. Auflage, Hamburg: Diplomica Verlag. ISBN 978-3-8366-7387-7

Schmidt Ivonne (2007): Fallbasiertes Schließen zur Komplexitätsreduktion- Fallbasiertes Schließen als Ansatz des Variantenmanagement in Maschinen und Anlagenbau, 1. Auflage, Nordstedt: Grin Verlag Nordstedt. ISBN 978-3-638-71167-8

Schneider Herfried; John A. Buzacott; Thomas Rücker (2004): Operative Produktionsplanung und- Steuerung- Konzepte und Modelle des Informations- und Materialfluss in komplexen Fertigungssystemen, 1. Auflage, München: Oldenburg Wissenschaftsverlag. ISBN 3-486-57691-7

Schuh Günter (2005): Produktkomplexität managen- Strategien - Methoden – Tools, 2. Auflage, München: Carl Hanser Verlag. ISBN 3-446-40043-5

Schulte Gerd (2001): Material- und Logistikmanagement, 2. Auflage, München: Oldenburger Wissenschaftsverlag. ISBN 3-486-25458-8

Schönsleben Paul (2011): Integrales Logistikmanagement- Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend, 6. Auflage, Heidelberg: Springer- Verlag. ISBN 978-3-642-20380-0

Sönke Albers; Andreas Hermann (2007): Handbuch Produktmanagement- Strategieentwicklung- Produktplanung- Organisationskontrolle, 3. Auflage, München: Gabler-Verlag. ISBN 978-3-834-9068-9

Steven Marion (2007): Handbuch Produktion- Theorie- Management- Logistik- Controlling, 1. Auflage, Stuttgart: Kohlhammer Druckerei. ISBN 978-3-17-018312-4

Stocker Sabine; Radtke Phillip (2000): Supply chain quality, 1. Auflage, München: Hanser- Verlag. ISBN 3- 446-1538-7

Thonemann Ullrich (2009): Operations Management- Methoden und Anwendungen, 2. Auflage, München: Paerson Studium. ISBN 978-3-8273-7316-8

Vienstroeer Natalja (2010): Das Grundproblem der Fließbandabstimmung, 1. Auflage, Nordstedt: Grin- Verlag. ISBN 978-3-640-73856-4

Voigt Kai- Ingo (2008): Industrielles Management- Industriebetriebslehre aus prozessorientierter Sicht, 1. Auflage, Nürnberg: Springer- Verlag. ISBN 978-3-540-25648-9

Waldmann Karl- Heinz; Stocker Ulrike M. (2007); Operations Research Proceedings 2006, 1. Auflage, Berlin: Springer- Verlag. ISBN 978-3-540-69994-1

Wildemann Horst (2011): Supply Chain Management- Leitfaden für unternehmensübergreifendes Wertschöpfungsmanagement, 9. Auflage, München, TWC- Verlag. ISBN 978-393151142-5

Wiendahl Hans-Peter; Gerst Detlef; Keunecke Lars (2004): Variantenmanagement in der Montage- Konzept und Praxis der flexiblen Produktionsendstufe, 1. Auflage, Berlin: Springer- Verlag. ISBN 3-540-14042-5

Wildemann Horst (2010): Produktivitätsverbesserung- Leitfaden zur kurzfristigen Produktivitätssteigerung in kleinen und mittleren Unternehmen, 13. Auflage, München: TWC- Verlag. ISBN 978-3-931511-95-1

Zagel Mathias (2006): Übergreifendes Konzept zur Strukturierung variantenreicher Produkte und Vorgehensweise zur iterativen Produktstruktur- Optimierung, 1. Auflage, Kaiserslautern: Technische Universität Kaiserslautern. ISBN 978-3-939432-26-5

Zenner Christian (2006): Durchgängiges Variantenmanagement in der technischen Produktionsplanung, 37. Band, Saarbrücken: Universität des Saarlandes Schriftreihe Produktionstechnik. ISBN 3-930429-66-7

Internetquellen:

<http://www.dr-kopp.com> (Zugriff 8.8.2011; MEZ: 14:00.Uhr)

<http://www.tcw.de/news/komplexitaetsmanagement-in-der-beschaffung-592>
(Zugriff 19.9.2011; MEZ: 13:00.Uhr)

<http://www.leanmanufactuing.de/de/aa487dbf824d8356c125700c004ffadb/LeanComplexity.pdf> (Zugriff 19.9.2011; MEZ: 13:30.Uhr)

<http://www.dhldiscoverlogistics.com> (Zugriff 19.9.2011; MEZ: 11:00.Uhr)

[http://www.fhv.at/edubite/M6-LO005-Programmorientierte Materialbedarfsplanung/images/005-tab-mengenstueckliste.gif](http://www.fhv.at/edubite/M6-LO005-Programmorientierte%20Materialbedarfsplanung/images/005-tab-mengenstueckliste.gif) (Zugriff 20.12.2011; MEZ 19:00.Uhr)

<http://www.uni-karlsruhe.de> (Zugriff 31.1.2012; MEZ 21:00.Uhr)