

Lebenszyklusorientiertes Produktstrukturmanagement
- Eine theoretische und empirische Untersuchung -

Ekkehard Lübke

Ekkehard Lübke

Lebenszyklusorientiertes Produktstrukturmanagement
Eine theoretische und empirische Untersuchung

Copyright by TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG 2007

1. Auflage 2007

Die deutsche Bibliothek CIP-Einheitsaufnahme

Ein Titeldatensatz für diese Publikation ist bei der Deutschen Bibliothek erhältlich.

Lübke, Ekkehard

Lebenszyklusorientiertes Produktstrukturmanagement
Eine theoretische und empirische Untersuchung

1. Auflage

München: TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG 2007

ISBN 978-3-937236-65-0

Verlag:

TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG, München

Alle Rechte, auch die Übersetzung in fremde Sprachen, vorbehalten. Kein Teil dieses Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form, auch nicht zum Zwecke der Unterrichtsgestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet werden.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
1.1	Problemstellung.....	4
1.2	Behandlung der Thematik in der Literatur.....	9
1.2.1	Lebenszyklusmanagement.....	9
1.2.1.1	Marktorientierte Produktlebenszyklen.....	9
1.2.1.2	Produktlebensweg.....	10
1.2.2	Kostenmanagement.....	12
1.2.2.1	Lebenszykluskostenrechnung.....	13
1.2.2.2	Variantenkostenrechnung.....	15
1.2.2.3	Zielkostenmanagement.....	16
1.2.3	Konstruktionslehre.....	18
1.2.4	Variantenmanagement.....	20
1.2.4.1	Produktstandardisierung.....	20
1.2.4.2	Variantenorientiertes Komplexitätsmanagement.....	21
1.3	Zielsetzung, Vorgehensweise und Aufbau der Arbeit.....	24
2	Theoretischer Bezugsrahmen und empirische Analyse.....	29
2.1	Produktmanagement als Handlungsfeld der Untersuchung.....	29
2.1.1	Produktstrategie.....	30
2.1.2	Produktprogrammgestaltung.....	35
2.1.2.1	Entscheidungsebene der Produktprogrammgestaltung.....	37
2.1.2.2	Aufgaben der Produktprogrammgestaltung.....	38
2.1.3	Produkt.....	41
2.1.3.1	Produktbeschreibung.....	45
2.1.3.2	Perspektiven der Produktgestaltung.....	47
2.1.3.3	Produktinnovation.....	49
2.1.3.4	Produktstruktur.....	53
2.1.4	Produktentwicklungsprozess.....	58
2.1.4.1	Forschung und Technologieentwicklung.....	60
2.1.4.2	Generierung von Produktideen und Selektion von Produktkonzepten ...	60
2.1.4.3	Entwicklung einer Produktstruktur in der Entwurfsphase.....	64
2.1.4.4	Umsetzung und Test des Produktkonzepts in der Konstruktionsphase ..	65

2.1.4.5	Prozessentwicklung	67
2.1.5	Bedeutung der Produktentwicklung für den Produktlebenszyklus	70
2.1.5.1	Beziehung zwischen Anfangs- und Folgekosten	70
2.1.5.2	Kostenbeeinflussung in der frühen Entwicklungsphase	70
2.2	Lebenszyklustheorie	74
2.2.1	Marktzyklusmodell.....	76
2.2.1.1	Zielsetzung des Marktzyklusmodells	78
2.2.1.2	Phasen des Produkt-Markt-Zyklus	81
2.2.2	Produktlebenswegmodelle.....	86
2.2.2.1	Lineare Produktlebenswege	86
2.2.2.2	Kreislauforientierte Produktlebenswege	88
2.2.3	Integrierter Produktlebenszyklus.....	90
2.3	Modellbildung für die theoretische und empirische Untersuchung	92
2.3.1	Modellierung Produktlebensweg.....	93
2.3.2	Integration des Marktzyklus in das Modell.....	94
2.4	Empirische Fallstudienanalyse	95
2.4.1	Erhebungsmethodik.....	95
2.4.2	Datenbasis.....	96
2.5	Zusammenfassung des theoretischen und empirischen Bezugrahmens.....	98
3	Einfluss der Lebenszyklusphasen auf die Produktstruktur.....	101
3.1	Einflussfaktoren des Produktlebenswegs	101
3.1.1	Entwicklungsphase	102
3.1.1.1	Komplexität der Produktentwicklung	102
3.1.1.2	Unterstützung von Ablauf- und Aufbauorganisation in der Produktentwicklung	103
3.1.1.3	Einfluss der Entwicklungsorganisation auf die Produktstruktur.....	106
3.1.2	Erstellungsphase	110
3.1.3	Fertigung.....	110
3.1.3.1	Fertigungsprozess	111
3.1.3.2	Einfluss der Produktstruktur auf die Fertigung	112
3.1.3.2.1	Bauweise	112
3.1.3.2.2	Normierung und Standardisierung.....	113
3.1.3.2.3	Werkstückgestaltung.....	115
3.1.3.2.4	Fertigungsverfahren	117
3.1.4	Montage.....	118

3.1.4.1	Montageprozess.....	118
3.1.4.2	Messung der Montageeffizienz	120
3.1.4.3	Einfluss des Montageprozesses auf die Produktstruktur.....	121
3.1.4.4	Einfluss des Montageprozesses auf die Werkstückgestaltung	123
3.1.4.5	Optimierung der Erstellungsprozesse.....	126
3.1.5	Nutzungsphase.....	127
3.1.5.1	Betriebsstoffeinsatz	127
3.1.5.2	Instandhaltung	128
3.1.5.3	Rekonfiguration.....	133
3.1.5.4	Produktergonomie	134
3.1.6	Entsorgungsphase	136
3.1.6.1	Rechtliche Rahmenbedingungen für die Außerbetriebnahme	136
3.1.6.2	Gesellschaftliche Rahmenparameter der Außerbetriebnahme	137
3.1.6.3	Recyclingoptionen.....	138
3.1.6.4	Bewertungsverfahren für die Recyclingfähigkeit von Produktstrukturen	142
3.1.6.5	Demontageplanung.....	145
3.1.6.6	Einfluss der Außerbetriebnahme auf die Produktstruktur.....	146
3.1.6.6.1	Verbindungsstruktur	147
3.1.6.6.2	Bauteilstruktur.....	149
3.1.6.6.3	Werkstoffwahl.....	150
3.1.7	Qualität	153
3.1.7.1	Abgrenzung interne von externer Qualitätssicht.....	154
3.1.7.2	Produktqualität	157
3.1.7.2.1	Rechtliche Rahmenbedingungen	158
3.1.7.2.2	Methoden	159
3.1.7.3	Dimensionen der Produktqualität.....	160
3.1.7.4	Einfluss der Qualität auf die Produktstruktur.....	162
3.1.8	Logistik.....	164
3.1.8.1	Einfluss der Beschaffungslogistik auf die Produktgestaltung.....	166
3.1.8.2	Einfluss der Produktionslogistik auf die Produktgestaltung	168
3.1.8.3	Einfluss der Distributionslogistik auf die Produktgestaltung.....	170
3.1.8.4	Einfluss der Entsorgungslogistik auf die Produktgestaltung	172
3.1.8.5	Black Box-Verfahren logistikgerechte Konstruktion.....	172
3.2	Einflussfaktoren der Produktkomplexität.....	173
3.2.1	Marktwirkung von Produktvarianten	174
3.2.2	Produkt- und Variantenkomplexität	175
3.2.3	Ursachen der Variantenentstehung.....	179
3.2.3.1	Endogene Einflussfaktoren	180
3.2.3.2	Exogene Einflussfaktoren	182

3.2.4	Komplexitätswirkung von Produktvarianten	184
3.2.4.1	Forschung und Entwicklung.....	185
3.2.4.2	Einkauf	187
3.2.4.3	Logistik.....	187
3.2.4.4	Produktion	189
3.2.4.5	Qualitätsmanagement	192
3.2.4.6	Marketing, Vertrieb und Service	193
3.2.4.7	Entsorgung.....	194
3.3	Analyse der Einflussfaktoren	194
3.3.1	Fallstudie 1	196
3.3.2	Fallstudie 2	198
3.3.3	Fallstudie 3	199
3.3.4	Fallstudie 4	201
3.3.5	Fallstudie 5	203
3.3.6	Fallstudie 6	205
3.3.7	Strukturierung der Einflussgrößen	207
3.3.8	Vergleich der Fallstudien	209
3.4	Zusammenfassung der Einflussfaktorenanalyse	213
4	Gestaltungsfelder für die lebenszyklusorientierte Produktstrukturierung	215
4.1	Variantenmanagement.....	215
4.1.1	Abgrenzung strategisches und operatives Variantenmanagement	216
4.1.2	Methoden für die Bewertung der Variantenvielfalt	221
4.1.2.1	Variantenkennzahlen	221
4.1.2.2	Varianten-ABC-Analyse	225
4.1.2.3	Lebenszyklusanalyse	226
4.1.2.4	Variantenportfolio	226
4.1.2.5	Zeitreihenanalyse.....	227
4.1.3	Methoden für die Gestaltung der Variantenvielfalt.....	227
4.1.3.1	Merkmalsorientierte Variantenbaumanalyse.....	228
4.1.3.2	Montageorientierte Variantenbaumanalyse.....	231
4.1.3.3	Formale Beschreibungsmodelle für die Produktstruktur	233
4.1.4	Organisatorische Ansätze für die Ausgestaltung des Variantenmanagements	234
4.1.4.1	Interdisziplinäre Teams	234
4.1.4.2	Konfigurationsmanagement	235
4.1.4.3	Leistungstiefenentscheidung	238
4.1.4.4	Flexible Produktionssysteme.....	241

4.1.4.4.1	Adaptive Produktionsprozesse	241
4.1.4.4.2	Änderungsresistente Produktionsprozesse	242
4.1.4.4.3	Fertigungssegmentierung	243
4.1.4.4.4	Hybride Montagesysteme	245
4.2	Produktstrukturmanagement	246
4.2.1	Produktmodularisierung	248
4.2.2	Gestaltungsstrategien modularer Produktprogramme	250
4.2.2.1	Teilefamilien	250
4.2.2.2	Baureihen.....	251
4.2.2.3	Gleichteile	252
4.2.2.4	Baukastensystem	253
4.2.2.5	Module.....	253
4.2.2.6	Produktplattform	254
4.2.2.7	Ausstattungs Pakete	254
4.2.3	Entwicklung modularer Produktarchitekturen	255
4.2.3.1	Methoden für die Entwicklung modularer Produktstrukturen	256
4.2.3.2	Modular Function Deployment	257
4.2.4	Veränderung der Montagereihenfolge.....	261
4.2.4.1	Verlagerung der Variantengenerierung	261
4.2.4.2	Verlagerung des Wertzuwachses	263
4.2.5	Bauweisen.....	264
4.2.5.1	Bauteilintegration	264
4.2.5.2	Funktionszuordnung.....	267
4.2.5.3	Produktschnittstellen	268
4.3	Kostenmanagement in der Produktentwicklung	269
4.3.1	Variantenkostenrechnung	269
4.3.1.1	Defizite der traditionellen Kostenrechnung	270
4.3.1.2	Anforderungen an eine Variantenkostenrechnung.....	271
4.3.1.3	Verfahren der Komplexitätskostenrechnung.....	273
4.3.1.3.1	Variantenkostenstellen	273
4.3.1.3.2	Prozesskostenrechnung	274
4.3.2	Zielkostenmanagement.....	280
4.3.2.1	Unterscheidung Zielkostenmanagement und klassische Kostenrechnung	282
4.3.2.2	Einsatzbereich des Zielkostenmanagements	284
4.3.2.3	Vorgehensweise des Zielkostenmanagements	285
4.3.2.3.1	Festlegung der Zielkosten	286
4.3.2.3.2	Spaltung der Gesamtzielkosten.....	290
4.3.2.3.3	Messung der Zielkostenerreichung	292

4.3.2.4	Organisatorische Gestaltung des Target Costing	293
4.3.3	Lebenszykluskostenrechnung.....	296
4.3.3.1	Abgrenzung Lebenszykluskostenrechnung von Verfahren der Kostenrechnung	296
4.3.3.2	Abgrenzung der Lebenszykluskostenrechnung vom strategischen Controlling	298
4.3.3.3	Einsatzbereich der Lebenszykluskostenrechnung.....	301
4.3.3.4	Vorgehensweise der Lebenszykluskostenanalyse.....	302
4.3.3.5	Phasenorientierte Gliederung der Lebenszykluskosten	305
4.3.3.6	Kostenprognose.....	306
4.3.3.7	Überprüfung der Ergebnisse.....	309
4.4	Empirische Fallstudienanalyse der Gestaltungsfelder.....	311
4.4.1	Gestaltung des Variantenmanagements.....	311
4.4.2	Gestaltung der Produktstruktur	322
4.4.3	Gestaltung des Kostenmanagements	326
4.4.4	Vergleich der Fallstudienanalyse	331
4.5	Zusammenfassung der Gestaltungsfelder.....	333
5	Gestaltungsempfehlungen für ein lebenszyklusorientiertes Produktstrukturmanagement	337
5.1	Vergleich der Gestaltungsfelder.....	337
5.1.1	Vergleich des Variantenmanagements	337
5.1.2	Vergleich des Produktsstrukturmanagements	341
5.1.3	Vergleich des Kostenmanagements.....	346
5.2	Strukturtypbezogene Gestaltungsempfehlungen.....	348
5.2.1	Gestaltungsempfehlungen für den Strukturtyp I „Basis“	349
5.2.2	Gestaltungsempfehlungen für den Strukturtyp II „Lebensweg“	351
5.2.3	Gestaltungsempfehlungen für den Strukturtyp III „Komplex“	353
5.2.4	Gestaltungsempfehlungen für den Strukturtyp IV „Variante“	355
5.3	Zusammenfassung der Gestaltungsempfehlungen	357
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	361
7	Literaturverzeichnis	367

1 Einleitung

Die Wettbewerbsfähigkeit von Produkten wird heute mehr denn je in der Phase der Forschung und Entwicklung determiniert. Der Erfolg eines Unternehmens hängt sehr stark von dem Erfolg von produktbezogenen Projekten ab, da der Umsatz in einigen Industriezweigen wie der Automobil-, Elektro- oder Chemieindustrie mit einer geringen Anzahl von Produkten oder Baureihen erzielt wird.¹ Externe Einflüsse, die die Ausgangssituation der Unternehmen verändern, untergliedern sich in gesellschaftliche Einflussfaktoren sowie marktseitige und technologische Veränderungen.² Die Produktnachfrage ist durch ihre Schnellebigkeit gekennzeichnet, nichts ist so konstant wie der Wandel. Die Kundenpräferenzen sowie die daraus abgeleiteten Produkthanforderungen verändern sich in immer kürzeren Zeitabständen. Für Unternehmen hat dies die Konsequenz, dass sie auf inhomogenen Märkten mit instabilen Kundennachfragen und -präferenzen agieren.³ Die Vorhersagegenauigkeit des Absatzes nimmt ab und Unternehmen müssen zunehmend Produktentscheidungen unter Unsicherheit treffen.⁴ Der Wandel der Nachfrage basiert auf einer zunehmenden Individualisierung als Form des Wertewandels in der Gesellschaft.⁵ Der Besitz eines Gutes per se stiftet keinen Kundennutzen, stattdessen treffen Kunden ihre Kaufentscheidung anhand ihrer individuellen Anforderungsprofile.⁶ Wettbewerbsvorteile lassen sich immer weniger durch Kosten- und Qualitätsmerkmale erzielen, die kundenindividuelle Gestaltung gewinnt immer mehr an Bedeutung.⁷ Weitere Individualisierungsanforderungen liegen in den Gegebenheiten lokaler Märkte. Unterschiedliche rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen erfordern im Zuge einer steigenden Globalisierung eine spezifische

¹ Vgl. Hahn/Laßmann (1993), S. 185 f.; Müller (1993a), S. 46

² Vgl. Heina (1999), S. 13

³ Vgl. Wildemann (1999a), S. 31; Picot/Reichwald/Nippa (1988), S. 113; Ericsson/Erixon (1999), S. 11; Schuh/Schwenk (2000), S. 5

⁴ Vgl. Pine (1994), S. 92; Braun (1991), S. 45. Durch den Anstieg der Entwicklungskosten für Neuprodukte bzw. durch die Erhöhung des Anteils der Forschungs- und Entwicklungskosten an den Gesamtkosten wird der Erfolg von einzelnen Produkten immer mehr zum überlebenswichtigen Faktor für ein Unternehmen. Vgl. dazu Kottler/Bliemel (1992), S. 487; Bullinger (1990), S. 35; Droege/Backhaus/Weiber (1993), S. 52 ff.

⁵ Vgl. Wildemann (2004), S. 68; Schuh/Schwenk (2001), S. 53 ff.; Herbert (1993), S. 5 ff.; O'Grady (1999), S. 12; Pine (1993), S. 21; Adam (1993), S. 16 ff.; Pfeiffer/Weiß (1991), S. 4 ff. Piller beschreibt die Individualisierung als Tendenz der modernen Wohlstandsgesellschaft, vgl. Piller (1998), S. 22 ff. Die Nutzendimensionen der Individualisierungsstrategie erläutert Mayer (1993), S. 65. Specht/Zörgiebel entwickeln, basierend auf einer Standardisierungs- oder Individualisierungsstrategie, Handlungsempfehlungen für die Technologiestrategie eines Unternehmens, vgl. Specht/Zörgiebel (1985), S. 491 ff. Den Einfluss des Wertewandels auf die Produktpolitik beschreiben Hansen/Hennig-Thurau/Schrader (2001), S. 54.

⁶ Vgl. Wildemann (1987), S. 44; Specht/Heina (1999), S. 225; Huy (1993), S. 136. Zahn bezeichnet diesen Trend der Heterogenisierung der Kundennachfrage als Demassification, vgl. dazu Zahn (1986), S. 477.

⁷ Vgl. Burkert/Kontny (2001), S. 1

Anpassung der Produkte an die lokalen Gegebenheiten eines Absatzmarktes.⁸ Eine Individualisierung beeinflusst die Ausnutzung von Erfahrungskurveneffekten negativ.⁹ Durch eine Zunahme der Varianten können Produkte nicht mehr kundenneutral gefertigt werden, sondern müssen auftragsbezogen hergestellt werden.¹⁰ Die Logistik-, Einkaufs- und Produktionsprozesse, die auf eine Serienproduktion ausgerichtet sind, müssen flexibel an den Marktbedürfnissen ausgerichtet werden.¹¹ Um individuelle Produkte effizient herstellen zu können, sind Ansätze wie das Mass Customization und die Produktmodularisierung entwickelt worden.¹²

Die Gründe für die Veränderung der Märkte liegen in der Globalisierung, dem Wandel von einem Verkäufer- zu einem Käufermarkt sowie einem Trend zur Segmentierung und Sättigung von Märkten.¹³ Der Trend zur Globalisierung macht es für Unternehmen leichter, neue Märkte zu erschließen, konträr dazu stehen sie im direkten Wettbewerb mit einer gestiegenen Anzahl internationaler Wettbewerber.¹⁴ Für zuvor regional oder national agierende Unternehmen verschärft sich durch den Markteintritt internationaler Konkurrenten die Wettbewerbsintensität, was zu einem steigenden Innovationsdruck führt. Der Wandel vom Verkäufer- zum Käufermarkt führt zu einer erhöhten Wettbewerbsintensität auf Seiten der Unternehmen sowie einer höheren Anspruchshaltung der Kunden und stärkt die Verhandlungsposition von Handelsunternehmen und Endkonsumenten.¹⁵ Märkte zeichnen sich in zunehmendem Maße durch Sättigungstendenzen aus, wobei Kunden aus einer immer breiteren Auswahlmöglichkeit an spezifischen Produktvarianten wählen können. Eine Sättigung in den traditionellen Märkten, einhergehend mit dem Aufbau von Überkapazitäten in den einzelnen Branchen, verschärft den Wettbewerb zwischen den Marktteilnehmern.¹⁶ Diese Individualisierung

⁸ Vgl. O'Grady (1999), S. 16 ff.; Kaiser (1995), S. 26; Huch/Lösch (2002), S. 51; Firchau/Franke (2002), S. 55; Bartuschat (1995), S. 9; Lambkin/Day (1989), S. 11; Kluge et al. (1994), S. 14

⁹ Vgl. Bauer (1986), S. 1 ff.; Henderson (1974), S. 19; Höft (1992), S. 161 f.; Weber (1993a), S. 85; Buzzell/Gale (1989), S. 71 f.; Horváth (2003), S. 537 f.; Hieber (1991), S. 11; Adam (1993), S. 326

¹⁰ Vgl. Erens/Hegge (1994), S. 83

¹¹ Vgl. v. Eicken/Femerling (1991), S. 4; Kluge et al. (1994), S. 39. In der Automobilindustrie mit einem sehr hohen Variantenangebot wird davon ausgegangen, dass, wenn es sich nicht um Sondermodelle handelt, kaum mehr zwei Fahrzeuge gleich gebaut werden. Vgl. Bliesener (1992), S. 456

¹² Für Mass Customization wird auf Martin/Hausman/Ishii (1998), S. 105 ff., Piller (1998) und Pine (1993) verwiesen. Autoren, die sich mit dem Themenfeld Produktprogrammstandardisierung und -modularisierung auseinandergesetzt haben, sind Nilles (2002) und Kleissl (2004).

¹³ Vgl. Pümpin (1992), S. 15

¹⁴ Eine Untersuchung in der Werkzeug- und Schneidwarenindustrie hat gezeigt, dass die Chancen für KMUs aufgrund struktureller Defizite wie die Unternehmensgröße geringer sind als die Risiken durch das Auftreten neuer Marktteilnehmer, vgl. dazu Wildemann (2005a), S. 52 ff.

¹⁵ Vgl. Meffert (1993), S. 30; Lingnau (1994b), S. 82 f.

¹⁶ Vgl. Schuh/Schwenk (2000), S. 7

der Nachfrage führt dazu, dass die Bedürfnisse des Kunden nur durch spezifische Angebote und in Nischen zu befriedigen sind.¹⁷

Empirische Untersuchungen in den letzten Jahren haben eine deutliche Tendenz dargestellt, dass die Marktphase der Produkte als Zeitdauer zwischen der Einführung des Produkts am Markt und dem Stopp des Verkaufs kontinuierlich abgenommen hat.¹⁸ Die Verkürzung von Produktlebenszyklen ist ein Phänomen, das die Produktinnovation in den letzten Jahren beeinflusste.¹⁹ Die Verkürzung ist durch den Trend zu einer steigenden Nachfrage nach individuellen Produkten sowie durch technische Innovationen begründet. Unternehmen versuchen, durch eine Steigerung der Innovationsrate neue Kundenbedürfnisse auf gesättigten Märkten zu erzeugen sowie durch eine Produktindividualisierung neue Märkte oder Nischen zu schaffen.²⁰ Durch die Verkürzung der Marktzyklen versuchen Unternehmen bewusst, zusätzlichen Absatz zu generieren, der durch Ersatzkäufe nicht zu erschließen ist. Des Weiteren werden durch einen Zeitvorsprung Wettbewerbsvorteile gegenüber Konkurrenten aufgebaut.²¹ Eine Verkürzung der Phase, in der ein Produkt am Markt angeboten werden kann, führt zu einer Zeitfalle mit sinkenden Absatzzahlen für den Verkauf von einzelnen Modellvarianten.²² Die Verkürzung der Absatzphase hat zur Folge, dass die Absatzzahlen pro Produktvarianten sinken.²³ Eine geringere Absatzmenge muss die Vorlaufkosten, die durch Forschung und Entwicklung sowie Marketingmaßnahmen für die Produkteinführung anfallen, tragen. Durch die verkürzte Marktphase von Produktderivaten sowie

¹⁷ Vgl. Eversheim (1994), S. 73 ff.; Wildemann (1990c), S. 37 f.; Lancaster (1998), S. 3; Kahn (1998), S. 21 ff.; Swaminathan/Tayur (1998), S. 86; Ericsson/Erixson (1999), S. 9 f.; Boutellier/Schuh/Seghezzi (1997), S. 42; Luczak/Fricker (1997), S. 311

¹⁸ Vgl. Wildemann (1990b), S. 198 f.; Braun (1991), S. 44; Picot/Reichwald/Nippa (1988), S. 113 f.; Gloor/Simma (1988), S. 19; v. Eicken/Femerling (1991), S. 3; Bayus (1994), S. 300 ff.; Bullinger (1990), S. 32 ff.; Höft (1992), S. 40 ff.; Mayer (1993), S. 111 ff.; Siewart/Raas (1991), S. 82 f.; Droege/Backhaus/Weiber (1993), S. 54 f.; Braun (1991), S. 43. Die These wird teilweise widersprüchlich diskutiert. Bayus zeigt auf, dass durch die Auswahl einer geeigneten Standardisierungsstruktur die Lebenszyklen von Produktfamilien konstant gehalten werden können und nur der Variantenlebenszyklus abgenommen hat. Vgl. Bayus (1994), S. 301; Rapp (1999), S. 102. Piller beschreibt, dass die Verkürzung des Produktlebenszyklus mit einer steigenden Variantenvielfalt einhergeht, vgl. Piller (1998), S. 38

¹⁹ Vgl. Tani/Kato (1994), S. 195; Coenberg/Prillmann (1995), S. 1240; Bullinger (1990), S. 20 ff.; Höft (1992), S. 45; Hahn/Laßmann (1993b), S. 189; Siegart/Raas (1991), S. 84; Kluge et al. (1994), S. 6; McGrath (1995), S. 5 ff.

²⁰ Vgl. Rosenberg (1997), S. 186; Lackes (1995), S. 281; v. Eicken/Femerling (1991), S. 3; Kluge et al. (1994), S. 14; Pine (1994), S. 103

²¹ Vgl. Pine (1994), S. 338 f.

²² Vgl. Claassen/Ellßel (1997), S. 128. Schon Patton beschreibt die Verkürzung von Produktlebenszyklen in der Automobilindustrie. Durch die Veränderung des Designs wird der Absatz unterstützt, vgl. dazu Patton (1959), S. 10.

²³ Wildemann beziffert den Umsatzrückgang pro Sachnummer, basierend auf einer empirischen Untersuchung, auf 40% - 55% in unterschiedlichen Branchen. Vgl. Wildemann (2000), S. 4. Weitere Untersuchungen findet man bei Schuh/Schwenk (2000), S. 8; Rosenkötter (1985), S. 19; Kaiser (1995), S. 21 f.

die damit unsichere Datenbasis wird die Investitions- und Ressourcenplanung erschwert.²⁴

Die steigende Dynamik der Märkte geht einher mit der zunehmenden Komplexität der technologischen Entwicklungen.²⁵ Die Produktentwicklung wird durch die sich beschleunigenden technologischen Veränderungen beeinflusst, die Entwicklungen sind zu differenzieren in Produkt- und Prozesstechnologien. Produkte lassen sich dadurch charakterisieren, dass immer technologieintensivere und komplexere Produkte auf dem Markt angeboten werden, die mit produktbegleitenden Dienstleistungen kombiniert werden.²⁶ Durch die steigende Technologisierung der Produkte steigen die Vorlaufkosten für die Entstehungsphase.²⁷ Typische Trends in der Prozesstechnologie der letzten Jahre waren die Verkettung einzelner Produktionsanlagen, die Einführung von computerintegrierten Produktionssteuerungssystemen sowie die Entwicklung flexibel umrüstbarer Produktionsanlagen.²⁸

1.1 Problemstellung

Die Aufgabenstellung in der Produktentwicklung steigt, da die in dieser Phase gelegten Weichenstellungen maßgeblich für den gesamten Produktlebenszyklus sind.²⁹ Innerhalb des ersten Abschnitts des Produktentwicklungsprozesses werden tief greifende Entscheidungen getroffen, deren Auswirkungen über die Produktentwicklung hinausgehen. In einem, bezogen auf den Produktlebenszyklus, relativ kurzen Zeitabschnitt werden Entscheidungen über die Rahmenparameter wie die Produktstruktur, die eingesetzten Werkstoffe oder die Fertigungs- und Montageverfahren eines Produkts getroffen. Diese Entscheidungen determinieren maßgeblich die Freiheitsgrade und damit die Effizienz des gesamten Produktlebenszyklus. Empirische Untersuchungen unterschiedlicher Produktgattungen weisen eine Korrelation von Zeitpunkt der Entscheidung und Kostenbeeinflussung auf; 80-90% der Herstellkosten stehen vor Start der Serienfertigung bereits fest.³⁰ Die Kostenbeeinflussung beschränkt sich nicht

²⁴ Vgl. Bayus (1994), S. 300 ff.

²⁵ O'Grady beschreibt die zunehmende Entwicklungskomplexität anhand von Beispielen aus der Automobilindustrie, vgl. O'Grady (1999), S. 2

²⁶ Vgl. Back-Hock (1988), S. 1; Firchau et al. (2002), S. 1

²⁷ Vgl. Bullinger (1989), S. 16; Back-Hock (1992), S. 703; Hahn/Laßmann (1993b), S. 186; Müller (1993b), S. 555; Vikas (1993), S. 280; Bullinger/Wasserloos (1991), S. 22, Wildemann (1987), S. 218

²⁸ Vgl. Kaiser (1993), S. 2 f.; Wildemann (1987b), S. 1; Adam (1993), S. 21

²⁹ Vgl. Ericsson/Erixson (1999), S. 13. Die Einhaltung der Durchlaufzeit von Entwicklungsprojekten ist ein zentraler Erfolgsfaktor für die Produktrentabilität. Empirische Untersuchungen haben ergeben, dass zeitliche Verschiebungen von Markteinführungen zu deutlich höheren Ergebniseinbußen führen als die Überschreitung des Entwicklungsbudgets um 50%. Vgl. Bullinger (1990), S. 9

³⁰ Vgl. Coenberg (1999), S.453 f.; Seidenschwarz (1991b), S. 199; Wildemann (1982), S. 108 f.; Pfeiffer/Weiß (1992), S. 130; Schehl (1994), S. 220 ff.; Anjanappa/Wang (1994), S. 139

ausschließlich auf die der Entwicklung nachgelagerten Phasen, 70% der innerhalb des Produktlebenszyklus anfallenden Life Cycle-Kosten werden durch die Produktentwicklung vorherbestimmt, obwohl für den Produktentwicklungsprozess nur 6% dieser Kosten anfallen.³¹ Ein weiterer Indikator für die Bedeutung der Entscheidung sind die Änderungskosten, die, abhängig von dem Zeitpunkt der Einleitung, ansteigen.³² Aus dem zuvor beschriebenen Zusammenhang lässt sich die Bedeutung einer lebenszyklusorientierten Berücksichtigung der Anforderungen für den Produkterfolg erkennen.

Die Produktentwicklung hat die Aufgabe, die heterogenen Einflussfaktoren des Produktlebenszyklus in ein Produktkonzept zu implementieren mit der Zielsetzung, das Gesamtoptimum über alle Lebenszyklusphasen anzustreben.³³ Eine Berücksichtigung der Anforderungen aus den einzelnen Phasen führt aufgrund erhöhter Aufgabekomplexität und unternehmensinterner und externer Abstimmungsprozesse zu erhöhten Aufwänden innerhalb des Produktentwicklungsprozesses.³⁴ Die Produktentwicklung ist die erste Phase des Produktlebenszyklus. Dabei besteht der Produktentwicklungsprozess aus einer Vielzahl thematisch heterogener Teilprozesse, die von der Grundlagenforschung bis zur Detailkonstruktion reichen.³⁵ Die einzelnen Aufgabenfelder sind unterschiedlichen Fachbereichen zuzuordnen und werden in einer Abfolge von sequentiellen und parallelen Teilprozessen, die miteinander zu koordinieren sind, erarbeitet.³⁶ Um die Anforderungen an die Durchlaufzeit zu erfüllen, können die Entwicklungsinhalte wie die Produkt- und die Prozessentwicklung nicht mehr sequentiell bearbeitet werden, sondern werden parallel durchgeführt.³⁷ Die Produktstruktur muss eine Aufteilung der einzelnen Entwicklungsinhalte auf unterschiedliche Teams innerhalb und bei Lieferanten ermöglichen.³⁸

In die Produktentwicklung sind die Einflussfaktoren der Fertigung einzubeziehen. Die Entwicklung von fertigungsgerechten Produkten umfasst alle Maßnahmen, die Produktstruktur an die bestehende oder geplante Fertigungsstruktur anzupassen.³⁹ Dafür sind die Fertigungsprozesse, die Werkstoffe und das fertigungsrelevante Know-how zu

³¹ Vgl. Bullinger/Wasserloos (1990), S. 22

³² Vgl. Askin/Sodhi (1994), S. 85; Schehl (1994), S. 222

³³ Vgl. Franzeck (1997), S. 8 ff.; Wildemann (2004), S. 74

³⁴ Eine steigende Produktkomplexität erhöht den Entwicklungsaufwand nicht linear sondern exponentiell, vgl. Hagel/Kluge (1988), S. 7. Ericsson/Erixon begründen die steigende Komplexität der Entwicklungsaufgabe mit dem initialen Aufwand für die Entwicklung von Produktplattform, vgl. dazu Ericsson/Erixon (1999), S. 13.

³⁵ Vgl. Anjanappa/Wang (1994), S. 140 ff.

³⁶ Vgl. Shields/Young (1991), S. 42 f.; Belson (1994), S. 25 ff.; Kölscheid (1999), S. 15 f.; Askin/Sodhi (1994), S. 86 ff.

³⁷ Vgl. Bauer (2003), S. 1. Überschreitungen der Entwicklungsdauer verkürzen das Zeitfenster für die profitable Absatzerzielung. Vgl. Eversheim (1994), S. 93; Weber (1993b), S. 29

³⁸ Vgl. Huy (1993), S. 138

³⁹ Vgl. Koller (1994), S. 174 f.

berücksichtigen.⁴⁰ Die Montagekonzepte müssen an die veränderten Logistikprozesse angepasst werden. Logistische Prinzipien, wie eine Just-in-Time- oder Just-in-Sequence-Belieferung, erfordern eine Verkürzung der Bereitstellung von Baugruppen für die Montage eines Endprodukts. Eine besondere Komplexität erlangt die Produktgestaltung, wenn bei einer Anlieferung mit einer vorgegebenen Sequenz eine hohen Variantenvielfalt erstellt werden muss.⁴¹ Hierfür ist bei der Entwicklung eines Produkts die Frage der Montagestruktur sowie die Verteilung der Montageschritte auf variantenneutrale und -spezifische Prozessabschnitte zu beantworten.⁴² Für die Produktion hat die steigende Variantenvielfalt die Bedeutung, dass öfter und flexibler auf Produktneuanläufe zu reagieren ist.⁴³ Der Aufwand für die Erstellung von Gebrauchs- und Betriebsanleitungen nimmt zu.⁴⁴ Der Beachtung von internationalen Normen für die Ausschließung von Produkthaftungs- und Gewährleistungsansprüchen in Form einer Dokumentationspflicht der sicheren Nutzung kommt einer immer größeren Bedeutung zu.⁴⁵

Für eine nutzungsgerechte Entwicklung von Produkten sind die Faktoren Qualität, Instandhaltung, Energieverbrauch, Bedienbarkeit sowie die Rekonfiguration zu berücksichtigen. Die steigenden Erwartungen der Kunden an die Zuverlässigkeit und Qualität eines Produkts gehen einher mit den gesetzlichen Rahmenbedingungen.⁴⁶ Regulatorische Kriterien, wie die Veränderung der Produkthaftung und Gewährleistung, erfordern eine gesichert hohe Produktqualität.⁴⁷ Die Erwartungen der Kunden an die Instandhaltung von Produkten steigen, gleichzeitig bietet sich hier ein Marktpotenzial für Unternehmen an, durch produktbegleitende Dienstleistungen zusätzlichen Umsatz zu generieren.⁴⁸ Für die Reduzierung des Ressourcenverbrauchs in der Nutzungsphase ist eine Trade-off-Entscheidung zwischen der Erhöhung der Einmalkosten in der Produktentstehungsphase und einer Senkung der Verbrauchskosten in der Nutzungsphase

⁴⁰ Vgl. Meerkamm/Koch (2005), S. 311; Boothroyd/Dewhurst/Knight (1994), S. 36 ff.

⁴¹ Vgl. v. Eicken/Fmerling (1991), S. 59

⁴² Vgl. Wildemann (1988b), S. 316; Whang/Lee (1998), S. 67; Hesselbach/Menge (2002), S. 92; Whitney (1993), S. 2; Swaminathan/Tayur (1998), S. 86; Simchi-Levi/Kaminsky/Simchi-Levi (2000), S. 171 f.; Ungeheuer (1990), S. 42; Ulrich/Eppinger (2003), S. 198

⁴³ Vgl. Heine (1995), S. 27

⁴⁴ Für die Beschreibung unterschiedlicher Produktklassen und die dafür zu erstellenden Anleitungstypen wird auf Walek (1988), S. 534 ff. verwiesen

⁴⁵ Die DIN 8418 (1974) gibt eine Anleitung für den Aufbau und Inhalt von Gebrauchsanleitungen. Die DIN 820-12 (1995), S. 3 verlangt, dass bei Anwendung einer Sicherheitsnorm für verwendungsfertige Produkte oder Anlagen in den Phasen des Lebenszyklus Regeln befolgt werden, um Gefahren für den Nutzer auszuschließen. Gefahren sind in einem eigenen Abschnitt zu kennzeichnen.

⁴⁶ Vgl. Bruhn (1988), S. 265

⁴⁷ Vgl. Bullinger (1994), S. 256. Relevante Paragraphen des Bürgerlichen Gesetzbuchs (BGB) sind: § 439 Nacherfüllung, §§ 440, 323 und 326 Abs. 5 Rücktritt vom Vertrag, § 441 Kaufpreisminderung, §§ 440, 280, 281, 283 und 311a Schadenersatz und § 284 Ersatz vergeblicher Aufwendungen (Stand: 01. Januar 2002).

⁴⁸ Vgl. Bruhn (1988), S. 265

zu treffen.⁴⁹ Die Schnittstelle zwischen einem Nutzer und dem Produkt stellt bei technischen Geräten die Bedienbarkeit in Form der Ergonomie dar.⁵⁰ Hierfür sind die biomechanischen, physiologischen und psychologischen Aspekte der Produktnutzung anhand von Nutzerprofilen bei der Produktentwicklung zu berücksichtigen.⁵¹ Die Rekonfiguration eines Produkts erfordert den Austausch oder den späteren Einbau von Bauteilen in ein bereits genutztes Produkt.⁵² Bei der Rekonfiguration ist zwischen einer Modifikation und Erweiterung zu unterscheiden. Beide sollten in der Produktentwicklung durch geeignete Schnittstellen und Fügeverbindungen berücksichtigt werden.⁵³

Bei der Entwicklung von Produktstrukturen ist die Bedeutung der Entsorgungsphase im Rahmen einer kreislauforientierten Produktgestaltung in den letzten Jahren gestiegen.⁵⁴ Die Treiber für diese Entwicklung sind einerseits die internationale Gesetzgebung, die eine umweltgerechte Produktgestaltung einfordert, die, ausgehend von internationalen Konventionen, Eingang in die nationale Gesetzgebung findet, andererseits die ansteigenden Rohstoffpreise, die einen ressourcenarmen Einsatz von Energie und Werkstoffen sowie ein Recycling wirtschaftlich notwendig machen.⁵⁵

In einem Wettbewerbsumfeld, das durch sich rapide verkürzende Technologie- und Produktlebenszyklen gekennzeichnet ist, wird eine Nischenstrategie, basierend auf

⁴⁹ Vgl. Fabrycky/Blanchard (1991), S. 194 ff.; Woodward (1997), S. 340; Pfohl/Wübbenhorst (1982), S. 15; Wübbenhorst (1992), S. 254 ff.

⁵⁰ Vgl. Rohmert/Haider (1988), S. 751

⁵¹ Biochmechanische Kriterien sind in den DIN 33 402 (1978), DIN 33 408 (1987), DIN 33 411 (1982) und der VDI-Richtlinie 2242 geregelt. Physiologische Aspekte werden in der DIN 33 411 (1982), S. 2 ff. dokumentiert. Nutzerprofile unterscheiden sich aufgrund des Geschlechts, Alters und der Erfahrung des Nutzers oder Anwenders, vgl. dazu DIN 33 402 (1986), S. 2. Psychische Aspekte werden bei Pahl/Beitz (1993), S. 354 ff. und in der EN 29 241 (1993), S. 3 ff. beschrieben.

⁵² Vgl. Rapp (1999), S. 105

⁵³ Vgl. Blohm et al. (1997), S. 455; Schuppert (1994), S. 82; Pfaffmann (2001), S. 27; Souren/Dyckhoff/Ahn (2002), S. 375; Schuppert (1994), S. 83

⁵⁴ Vgl. Bruhn (1988), S. 265; Böhlke (1994), S. 1

⁵⁵ Die umweltpolitisch orientierte Deklaration auf der Uno-Konferenz in Rio de Janeiro im Jahre 1992 hinsichtlich einer internationalen nachhaltigen Entwicklung stellt die Basis für die Umweltgesetzgebung dar. 1994 wurde die Nachhaltigkeit in Artikel 20a des Grundgesetzes aufgenommen, das Grundlage für zahlreiche Gesetze, Normen und Richtlinien in Deutschland darstellt. Vgl. Grundgesetz (2003), Artikel 20a Umweltschutz. Das für die Entsorgung maßgebliche Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz für die Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen trat 1996 in Kraft, vgl. dazu Queitsch (1999), S. 29 ff. Die Leitlinien: Vermeiden, Verwerten und Beseitigen sind in § 22 festgelegt. Im Rahmen dieses Gesetzes wurde die Verantwortung für die Entsorgung eines Produkts am Ende des Produktlebenswegs vom Nutzer auf den Hersteller übertragen. vgl. dazu Souren/Dyckhoff/Ahn (2002), S. 360. Aufbauend auf dem Kreislaufwirtschaftsgesetz wurden zahlreiche auf spezielle Produktgruppen oder Branchen ausgerichtete gesetzliche Regelungen erlassen, wie die Altkraftfahrzeuge-, die Verpackungs-, die Elektronikschrott- oder die Informationstechnikverordnung. Vgl. Meerkamm/Rosemann (2000), S. 1 f. Der Preis von Rohöl ist von 9,82 Dollar pro Barrel im Jahre 1998 auf 66,08 Dollar zum Stand 12.08.2005 angestiegen. Der Stahlpreisindex ist von Januar 1997 bis Ende 2004 um 60% gestiegen, der Roheisen-DRI-Schrottpreisindex ist in derselben Zeit um 120% angestiegen. Vgl. www.stahl-online.de (Stand: 26.08.2005); www.Wallstreet-online.de (Stand: 26.08.2005)

einer Qualitäts-, Leistungs- oder Variantendifferenzierung, immer schwieriger.⁵⁶ Unternehmen versuchen, sich durch eine vertikale Differenzierungsstrategie mit Hilfe einer Verbreiterung der Produktpalette von den Wettbewerbern zu unterscheiden.⁵⁷ Die Erweiterung des Produktportfolios durch die Generierung von peripheren Produktvarianten kann zu steigenden Umsätzen führen, wobei der Zuwachs mit steigender Variantenanzahl geringer wird.⁵⁸ Parallel dazu erhöht eine steigende Variantenvielfalt den Entwicklungsaufwand, wobei sich die erhöhte Komplexität auch in anderen Bereichen wie der Produktionsplanung, Logistik oder dem Einkauf widerspiegelt.⁵⁹ Die geplante Unternehmensrentabilität wird durch die Komplexitätskosten gefährdet, da der Markt die höheren Preise für Varianten nicht immer akzeptiert.⁶⁰ Sollte der Kreislauf aus Variantengenerierung und steigenden Komplexitätskosten nicht durchbrochen werden, so kann die Wirtschaftlichkeit der Produktbaureihe ernsthaft gefährdet sein.⁶¹

Um eine lebenszyklusorientierte Entwicklung von Produktstrukturen zu ermöglichen, ist die zuvor beschriebene Problemstellung anhand der folgenden Fragen zu beantworten:

- Welche Einflussgrößen sind bei der Gestaltung von lebenszyklusorientierten Produktstrukturen zu beachten?
- Welche Gestaltungsfelder lassen sich für die Beherrschung der komplexen Anforderungen identifizieren und welche Ausprägungen sind zu unterscheiden?
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen den Einflussfaktoren und den Gestaltungsfeldern?
- Wie lassen sich die Gestaltungsinstrumente individuell auf eine spezifische Unternehmenssituation angepasst in der Praxis einsetzen?

Nachfolgend werden die bisherigen Forschungsansätze untersucht, welchen Beitrag sie für die Beantwortung der Problemstellung anbieten.

⁵⁶ Vgl. Kaiser (1995), S. 93 ff.; Lambkin/Day (1989), S. 11 ff.

⁵⁷ Vgl. Wildemann (2000), S. 2; Wildemann (1999a), S. 32; Lorch (1993), S. 1705

⁵⁸ Vgl. Gembrys (1998), S. 1

⁵⁹ Vgl. Wildemann (2004), S. 2; Müller (2000), S. 5 und S.11; Firchau et al. (2002), S. 1. Wildemann beschreibt einen Anstieg der Teileanzahl in 90 untersuchten deutschen Industrieunternehmen von 1980 bis 1990 zwischen 180% und 520%, vgl. Wildemann (1990c), S. 37 ff.

⁶⁰ Vgl. Fröhling (1989), S. 68 f. Prillmann beschreibt den Zusammenhang zwischen Variantenvielfalt, Erhöhung der Komplexitätskosten und Verringerung der Produktrentabilität. Vgl. Prillmann (1996), S. 203. Die Komplexitätskosten sind durch einen Anstieg der Kosten in den indirekten Bereichen gekennzeichnet. Vgl. Sigwart/Raas (1991), S. 77 ff.; Hahn/Laßmann (1993b), S. 189; Zehbold (1996a), S. 120

⁶¹ Vgl. Rathnow (1993), S. 210 ff.

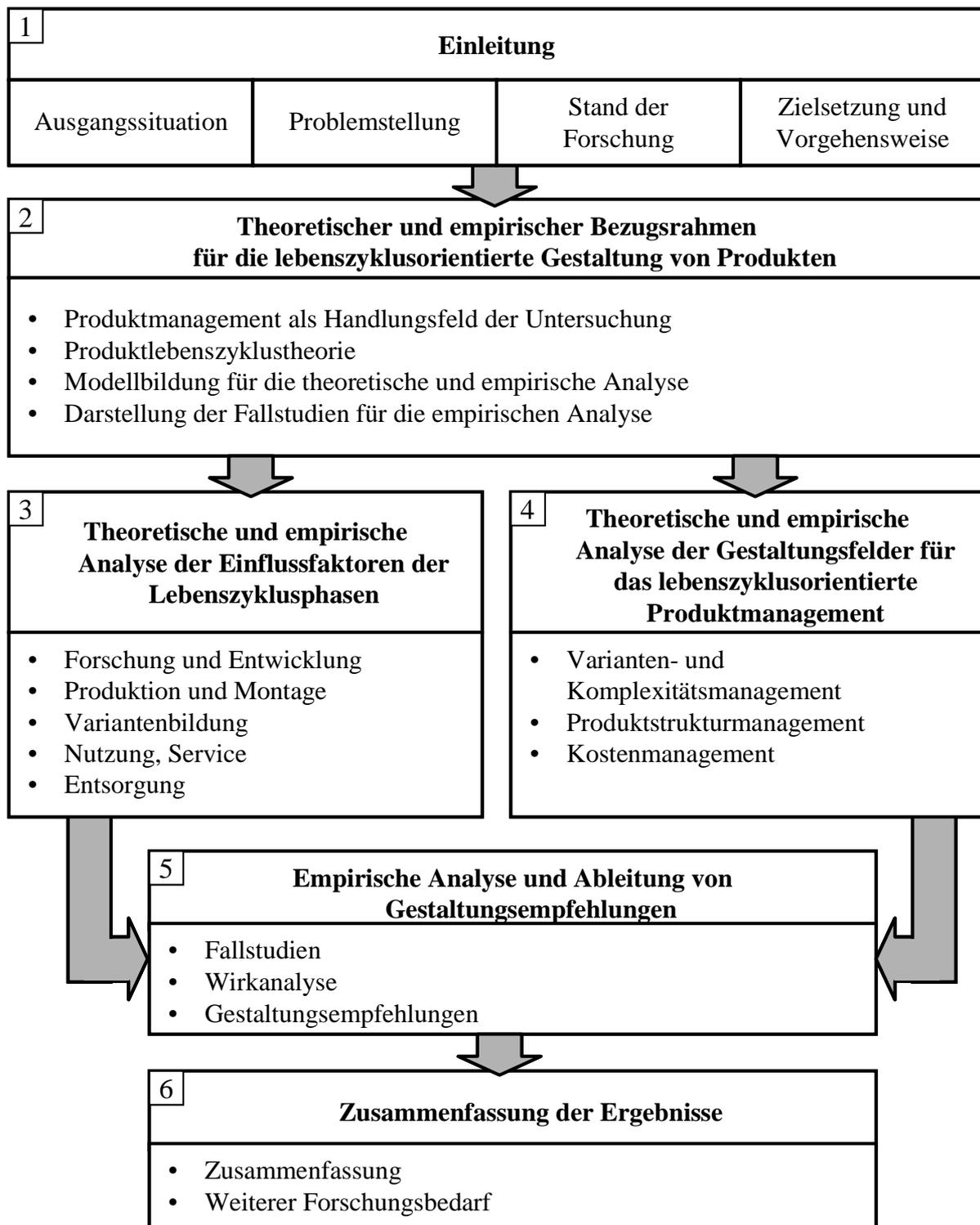


Abbildung 1-1: Vorgehensweise bei der Untersuchung