

**Thomas Schlichting**

# Analyse und Optimierung von Methoden zur Bildung modularer Produktstrukturen

**Diplomarbeit**

# BEI GRIN MACHT SICH IHR WISSEN BEZAHLT



- Wir veröffentlichen Ihre Hausarbeit, Bachelor- und Masterarbeit
- Ihr eigenes eBook und Buch - weltweit in allen wichtigen Shops
- Verdienen Sie an jedem Verkauf

Jetzt bei [www.GRIN.com](http://www.GRIN.com) hochladen  
und kostenlos publizieren



## **Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de/> abrufbar.

Dieses Werk sowie alle darin enthaltenen einzelnen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsschutz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlanges. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen, Auswertungen durch Datenbanken und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Systeme. Alle Rechte, auch die des auszugsweisen Nachdrucks, der fotomechanischen Wiedergabe (einschließlich Mikrokopie) sowie der Auswertung durch Datenbanken oder ähnliche Einrichtungen, vorbehalten.

Copyright © 1999 GRIN Verlag GmbH  
ISBN: 9783656982968

**Thomas Schlichting**

**Analyse und Optimierung von Methoden zur Bildung modularer Produktstrukturen**

Examicus - Verlag für akademische Texte

Der Examicus Verlag mit Sitz in München hat sich auf die Veröffentlichung akademischer Texte spezialisiert.

Die Verlagswebseite [www.examicus.de](http://www.examicus.de) ist für Studenten, Hochschullehrer und andere Akademiker die ideale Plattform, ihre Fachtexte, Studienarbeiten, Abschlussarbeiten oder Dissertationen einem breiten Publikum zu präsentieren.

## Inhaltsverzeichnis

<b>INHALTSVERZEICHNIS .....</b>	<b>I</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>IV</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>V</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>	<b>VI</b>
<b>1 PROBLEMSTELLUNG UND THEMENABGRENZUNG .....</b>	<b>1</b>
<b>2 BEGRIFFSDEFINITIONEN.....</b>	<b>3</b>
2.1 MODULARE PRODUKTARCHITEKTUREN .....	3
2.1.1 Systemstruktur/-architektur.....	3
2.1.2 Produktstruktur/-architektur.....	6
2.1.2.1 Modulare und integrale Produktarchitekturen .....	8
2.1.2.2 Typen der Modularität.....	9
2.1.2.3 Arten der Modularität.....	11
2.2 MODUL .....	13
2.2.1 Definition nach <i>Piller</i> .....	14
2.2.2 Definition nach <i>Schmoeckel</i> .....	15
2.2.3 Definition der Fa. Siemens.....	16
2.2.4 Definition der Fa. Behr .....	17
2.3 SCHNITTSTELLEN .....	17
2.4 GRAD DER MODULARISIERUNG.....	18
2.5 PRODUKTPLATTFORMEN .....	20
<b>3 ZIELE DER MODULARISIERUNG .....</b>	<b>25</b>
3.1 KOMPLEXITÄTSREDUKTION .....	25
3.1.1 Komplexität in der Systemtheorie.....	25
3.1.2 Komplexitätsarten .....	26
3.1.2.1 Externe Komplexität .....	26
3.1.2.2 Leistungskomplexität .....	27
3.1.2.3 Innenkomplexität.....	27
3.1.3 Entstehungsursachen der Variantenvielfalt.....	27
3.1.3.1 Unternehmensexterne Entstehungsursachen.....	28
3.1.3.2 Unternehmensinterne Entstehungsursachen.....	28
3.1.4 Wirkung der Modularisierung bezüglich der Komplexität .....	30
3.2 GRÖBENEFFEKTE .....	31

---

3.2.1	Economies of Scale .....	31
1.1.2	Economies of Scope .....	31
1.3	FLEXIBILITÄT UND KUNDENORIENTIERUNG .....	32
1.4	VERTEILTE PRODUKTENTSTEHUNG .....	33
<b>4</b>	<b>BEISPIELHAFTE DARSTELLUNG INTEGRALER UND MODULARER PRODUKTE .....</b>	<b>34</b>
4.1	INTEGRALE PRODUKTE.....	34
4.2	MODULARE PRODUKTE .....	36
<b>5</b>	<b>AUSWIRKUNGEN DER MODULARISIERUNG IN DER PROZESSKETTE .....</b>	<b>38</b>
5.1	KONSTRUKTION UND ENTWICKLUNG .....	38
5.1.1	Entwicklung der Produktstruktur .....	38
5.1.2	Parallelität der Entwicklungsaufgaben.....	39
5.2	WISSENSMANAGEMENT.....	40
5.3	PRODUKTION UND PRODUKTIONSSTEUERUNG.....	41
5.4	ZULIEFERER .....	42
5.4.1	Outsourcing .....	42
5.4.1.1	Gründe für Outsourcing .....	44
5.4.1.2	Gründe für Internalisierung.....	45
5.4.2	Anforderungen an Modul- und Systemlieferanten.....	46
5.4.3	Zusammenarbeit mit Zulieferern.....	47
5.5	MITARBEITER.....	49
5.6	LOGISTIK.....	50
5.7	STRATEGIEN IN VON MODULARITÄT BESTIMMTEN MÄRKTEN.....	51
5.8	KUNDENORIENTIERUNG UND MASS CUSTOMIZATION .....	52
<b>6</b>	<b>KONZEPTE ZUR ENTWICKLUNG MODULARER PRODUKTE.....</b>	<b>54</b>
6.1	MODULAR FUNCTION DEPLOYMENT .....	54
6.1.1	Bestimmung der Kundenanforderungen .....	56
6.1.2	Auswahl technischer Lösungen.....	57
6.1.3	Generierung von Modularisierungskonzepten .....	58
6.1.3.1	Modultreiber.....	58
6.1.3.2	Module Indication Matrix .....	62
6.1.4	Bewertung der Konzepte.....	67
6.1.4.1	Entwicklungszeit.....	70
6.1.4.2	Entwicklungskosten .....	71
6.1.4.3	Entwicklungskapazität .....	71
6.1.4.4	Produktkosten.....	72

---

6.1.4.5 Systemkosten.....	74
6.1.4.6 Vorlaufzeit.....	74
6.1.4.7 Qualität.....	76
6.1.4.8 Variantenflexibilität .....	77
6.1.4.9 Service/Upgrading.....	77
6.1.4.10 Recyclingfähigkeit .....	78
6.1.5 Optimierung der Module.....	78
6.1.6 House of Modular Function Deployment .....	79
6.2 ERWEITERUNG VON MFD DURCH RELATIONAL REASONING .....	80
6.2.1 Design Structure Matrix.....	80
6.2.2 Gruppierung der Modultreiber .....	81
6.2.3 Aufbau der Produktstruktur.....	83
<b>7 ILLUSTRATIVES BEISPIEL.....</b>	<b>86</b>
7.1 FUNKTIONSANALYSE.....	86
7.2 MODULE INDICATION MATRIX.....	87
7.3 RELATIONAL MATRIX .....	89
7.4 DESIGN STRUCTURE MATRIX.....	95
7.5 AUFSTELLEN MODULARER KONZEPTE .....	100
<b>8 KRITISCHE BETRACHTUNG DER METHODEN .....</b>	<b>102</b>
8.1 MODULAR FUNCTION DEPLOYMENT .....	102
8.2 RELATIONAL REASONING .....	103
<b>9 ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK.....</b>	<b>105</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>	<b>107</b>



## Abbildungsverzeichnis

<u>Bild 2.1</u> : interne und externe Beziehungen von Systemen .....	6
<u>Bild 2.1</u> : Produktarchitektur .....	7
<u>Bild 2.1</u> : Typen der Modularität.....	10
<u>Bild 2.1</u> : Arten der Modularität am Beispiel eines Tisches .....	12
<u>Bild 2.1</u> : Zusammenhang zwischen Funktionsanalyse und technischer Realisierung .....	19
<u>Bild 2.1</u> : Gemeinsamkeiten und Produktdifferenzierung bei verschiedenen Produktarchitekturen.....	22
<u>Bild 2.2</u> : Darstellung der Beziehungen zwischen Produktfamilien, Plattformen und modularen Systemen.....	24
<u>Bild 5.1</u> : Produktebenen.....	39
<u>Bild 5.1</u> : Ablauf von Entwicklung und Produktion .....	43
<u>Bild 6.1</u> : Allgemeines Ablaufschema von MFD.....	55
<u>Bild 6.1</u> : Module Indication Matrix (Bsp. Staubsauger).....	63
<u>Bild 6.2</u> : Abhängigkeit zwischen Modulanzahl und Montagevorlaufzeit (Bsp.).....	65
<u>Bild 6.3</u> : Horizontale Auswertung der MIM zur Integration der Funktionen.....	66
<u>Bild 6.1</u> : Bewertung der Schnittstellen am Beispiel eines Staubsaugers .....	68
<u>Bild 6.1</u> : Montagevorlaufzeit bei paralleler Fertigung.....	75
<u>Bild 6.1</u> : House of MFD.....	79
<u>Bild 6.1</u> : Relational Matrix für technische Aspekte (Bsp.).....	81
<u>Bild 6.1</u> : Relational Matrix für „degree of commonality“ (Bsp.) .....	83
<u>Bild 6.2</u> : a) geordnete Relational Matrix für technische Aspekte, b) geordnete Relational Matrix für strategische Modultreiber .....	84

---

## **Tabellenverzeichnis**

<u>Tabelle 2.1</u> : Some statements about modularity .....	13
<u>Tabelle 6.1</u> : Bewertungskriterien für modulares Design .....	69
<u>Tabelle 6.1</u> : Zusammenfassung der Modultreiber .....	82
<u>Tabelle 7.1</u> : MIM Kamera.....	87
<u>Tabelle 7.1</u> : Reduzierte MIM Kamera .....	90
<u>Tabelle 7.3</u> : Relational Matrix Kamera.....	91
<u>Tabelle 7.4</u> : Relational Matrix Kamera (Commonality).....	92
<u>Tabelle 7.6</u> : Relational Matrix Kamera (Commonality), nach Zeilen sortiert .....	93
<u>Tabelle 7.8</u> : Relational Matrix Kamera (Commonality), vollständig sortiert.....	94
<u>Tabelle 7.9</u> : Relational Matrix Kamera, vollständig sortiert.....	95
<u>Tabelle 7.1</u> : DSM Kamera .....	96
<u>Tabelle 7.2</u> : DSM Kamera (räumliche Beziehungen).....	98
<u>Tabelle 7.3</u> : DSM Kamera (räumliche Beziehungen), sortiert .....	98
<u>Tabelle 7.5</u> : DSM Kamera, sortiert .....	99

---

## Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
DFA	Design for Assembly
DFMA	Design for Manufacturing and Assembly
DSM	Design Structure Matrix
Fa.	Firma
HWO	Handwörterbuch der Organisation
Hrsg.	Herausgeber
ISS	International Space Station
KTH	Königliche Technische Hochschule
MFD	Modular Function Deployment
MIM	Module Indication Matrix
MIT	Massachusetts Institute of Technology
QFD	Quality Function Deployment
PC	Personalcomputer
TU	Technische Universität
vgl.	vergleiche
VW	Volkswagen AG

## 1 Problemstellung und Themenabgrenzung

Modulare Produktstrukturen finden sich in nahezu allen Lebensbereichen. Die russische Raumstation MIR wie auch die ISS ALPHA sind aus Modulen aufgebaut. Andererseits sind auch solch alltägliche Erzeugnisse wie Fahrräder oder Computer modular. Die Gründe für den Produktaufbau sind hierbei sicherlich unterschiedlich. Bei der Raumstation könnten die Transportkapazitäten oder auch die Verteilung der Entwicklungsarbeit auf verschiedene Nationen und Forschungsinstitute eine Rolle gespielt haben. Bei Gebrauchsgütern hat dagegen die Anpassung an Kundenwünsche und die Kombination von Komponenten verschiedener Hersteller in einem Produkt eine wesentliche Bedeutung.

Das in letzter Zeit vermehrt zu beobachtende Auftreten modularer Produktarchitekturen hat diverse Gründe, die in der vorliegenden Arbeit dargestellt werden. Ein wesentlicher Anlaß zur Modularisierung von Erzeugnissen ist in der Anpassung der Unternehmen an die verschiedenen Kundenwünsche zu sehen. Diese führen zu einer verstärkten Variantenbildung, die wiederum die Komplexität und die Kosten der Hersteller in die Höhe treibt. Ohne die interne Komplexität wesentlich zu erhöhen, bieten modulare Produktstrukturen die Möglichkeit, kundenspezifische Erzeugnisse auf den Markt zu bringen.

Diese Arbeit beschäftigt sich mit dem systematischen Erarbeiten von modularen Produktstrukturen. In Abschnitt 2 werden zunächst die wesentlichen mit Modularität zusammenhängenden Begriffe definiert und näher erläutert. Dabei wird auf der Systemtheorie aufgebaut.

Im nächsten Kapitel (siehe Abschnitt 3) werden die übergeordneten Ziele der Modularisierung von Produkten dargestellt. Das sind vor allem Komplexitätsreduktion, Größeneffekte, erhöhte Flexibilität und bessere Anpassung an die Kundenanforderungen sowie die verteilte Produktentstehung. Dabei wird auf wesentliche Wirkungsmechanismen eingegangen.

Der Einstieg in ein Thema wird durch Beispiele erheblich erleichtert. Aus diesem Grund sind in Abschnitt 4 anhand von Produktbeispielen die wesentlichen Eigenschaften modularer und integraler Produkte dargestellt. Dabei wird deutlich, daß in der Praxis meist Kombinationen beider Fälle zu finden sind. Extrembeispiele modularer und integraler Strukturen sind sehr selten.

Eine konsequente Modularisierung der Produkte eines Unternehmens hat vielfältige Wirkungen. Diese werden in Abschnitt 5 näher beschrieben. Jeder dieser Effekte kann ein ausschlaggebender Grund für die modulare Gestaltung der Produktstruktur sein. Deshalb werden diese Auswirkungen entlang der gesamten Prozeßkette ausführlich dargestellt.

Die Modularisierung industriell hergestellter Produkte hat viele Vorteile. Die Frage ist jetzt, wie sich eine geeignete modulare Produktarchitektur entwickeln läßt. In dieser Arbeit werden aktuelle Ansätze zur Modularisierung von Erzeugnissen ausführlich und anhand eines praktischen Beispiels erläutert (siehe Abschnitt 6 und Abschnitt 7) . Dabei wird auf die internationale wissenschaftliche Literatur zum Thema eingegangen. Die Methoden werden einer Bewertung unterzogen und mit ihren Vorzügen und Verbesserungspotentialen dargestellt (siehe Abschnitt 8).