

Funktionale Erweiterung von Investitionsgütern im Nachrüstmarkt

Von der Fakultät für Maschinenwesen
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Benedikt Günther

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Feldhusen
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. B. Corves

Tag der mündlichen Prüfung: 30. April 2015

Schriftenreihe Produktentwicklung und Konstruktionsmethodik

Band 20

Benedikt Günther

**Funktionale Erweiterung von Investitionsgütern
im Nachrüstmarkt**

Shaker Verlag
Aachen 2015

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Zugl.: D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2015)

Copyright Shaker Verlag 2015

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3677-0

ISSN 1438-4930

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Die vorliegende Dissertationsschrift entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Lehrstuhl und Institut für Allgemeine Konstruktionstechnik des Maschinenbaus an der RWTH Aachen (ikt).

Zu allererst gilt mein Dank meinem Doktorvater Univ.-Prof. Dr.-Ing. J. Feldhusen, der mir die Möglichkeit und das Arbeitsumfeld für die Erstellung dieser Dissertation gegeben hat. Durch sein stets offenes Ohr und die intensiven Diskussionen hat er diese Arbeit maßgeblich direkt und indirekt beeinflusst. Außerdem danke ich Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr. h. c. B. Corves für die Übernahme der Koreferats und Univ.-Prof. Prof. h.c. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. T. Gries für die Übernahme des Vorsitzes der Promotionskommission.

Allen meinen Kollegen, die mich während meiner Tätigkeit am ikt begleitet haben, möchte ich für die schöne und kollegiale Zeit danken. Im Besonderen danke ich Jan Erik Heller für die fünf Jahre in einem gemeinsamen Büro mit vielen schönen aber auch kontroversen Gesprächen. Ebenfalls danke ich Stephanie Dallmeier und Sebastian Schubert, die nicht nur für berufliche Fragestellungen immer ein offenes Ohr hatten.

Von Herzen möchte ich mich bei meinen Eltern Sabine und Jochen sowie meinem Bruder Jonas bedanken, die mir von klein an die Unterstützung und das Selbstvertrauen gegeben haben, alle Dinge zu schaffen, die ich mir vornehme. Ihnen widme ich diese Arbeit.

Osnabrück, im Mai 2015

Benedikt Günther

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	2
1.2	Motivation	4
1.3	Aufbau der Arbeit	4
2	Grundlagen und Begriffsbestimmungen	5
2.1	Investitionsgüter	6
2.1.1	Investitionsgüter	6
2.1.2	Klassifizierung von Investitionsgütern	7
2.1.3	Definition von Investitionsgütern	9
2.2	Nachrüsten von Produkten	9
2.2.1	Funktionserweiterung vs. Neukauf	13
2.2.2	Beispiele für Funktionserweiterungen	16
2.3	Konstruktionsmethodik	18
2.4	Beschreibung technischer Systeme	18
2.4.1	Funktionszusammenhang	19
2.4.2	Wirkzusammenhang	22
2.4.3	Bauzusammenhang	22
2.4.4	Systemzusammenhang	22
2.4.5	Produktarchitektur	23
3	Stand der Forschung	25
3.1	Produktentwicklungsprozesse	25
3.1.1	Produktentwicklung nach VDI 2221	27
3.1.2	Produktplanung nach dem Münchner Vorgehensmodell	29
3.1.3	Integrierte Produkterstellungsmethodik nach Ehrlenspiel	32
3.1.4	Entwicklung vorgedachter Produkte	33
3.1.5	Design for Upgrading	35
3.2	Produktanalyse	35
3.2.1	Reverse Engineering	36
3.2.2	Analyse des Funktionszusammenhangs	36
3.2.3	Analyse des Bauzusammenhangs	40
3.2.4	Analyse des Wirkzusammenhangs	46
3.3	Zusammenfassung	48

4	Zielsetzung	49
5	Einflussfaktoren auf die Funktionserweiterung – Anforderungen an die Methodik	55
5.1	Vorhandene Produkte auf dem Markt	55
5.2	Neuentwickelte Nachrüstkomponente	56
5.3	Integration von neuen Funktionen in vorhandene Produkte	57
5.4	Logische Verknüpfung von Analyse- und Synthese-Schritten	58
5.5	Zusammenfassung	59
6	Methodik zur funktionalen Erweiterung von Investitionsgütern im Nachrüstmarkt	61
6.1	Voranalyse	64
6.2	Analyse	66
6.3	Synthese	69
7	Detaillierung der Methodik	73
7.1	Voranalyse	73
7.1.1	Definieren des betrachteten Investitionsguts	74
7.1.2	Definieren der geforderten Funktionen	76
7.1.3	Betrachtung des Marktpotentials	76
7.1.4	Abschätzung des Entwicklungsaufwandes	77
7.1.5	Strategische Betrachtung der Nachrüstkomponente	77
7.1.6	Entscheidungsfindung	78
7.2	Analyse des vorhandenen Investitionsguts	81
7.2.1	Festlegen der Systemgrenze	81
7.2.2	Ermitteln und Analysieren der externen Schnittstellen	83
7.2.3	Ermitteln der eingesetzten Module	84
7.2.4	Ermitteln und Analysieren der internen Schnittstellen	85
7.2.5	Auflösen der Funktionen	87
7.2.6	Verknüpfen der Funktions- und Produktstruktur	88
7.3	Synthese der funktionserweiternden Komponente	90
7.3.1	Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung	91
7.3.2	Ermitteln von Funktionen und deren Strukturen	93
7.3.3	Integration der Funktionen in das Gesamtsystem	93
7.3.4	Suchen nach Lösungsprinzipien und deren Strukturen	95
7.3.5	Gliedern in realisierbare Module	96
7.3.6	Integrieren der Module in das Gesamtsystem	97
7.3.7	Gestalten der maßgebenden Module	101
7.3.8	Gestalten der gesamten Komponente	102

8	Beispielhafte Validierung.....	103
8.1	Ausgangssituation	103
8.2	Vorgehen	104
8.2.1	Voranalyse.....	104
8.2.2	Analyse.....	105
8.2.3	Synthese.....	110
8.3	Reflexion.....	118
9	Zusammenfassung und Ausblick	119
9.1	Zusammenfassung	119
9.2	Ausblick	120