

Sebastian Barg

Kontextbezogene Auslegung von Produktbaukästen



Kontextbezogene Auslegung von Produktbaukästen
Contextual Dimensioning of Modular Product Platforms

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

vorgelegt von

Sebastian Julian Barg

Berichter:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. Günther Schuh
Außerplanmäßiger Professor Dr.-Ing. Wolfgang Boos

Tag der mündlichen Prüfung: 15. Dezember 2017

ERGEBNISSE AUS DER PRODUKTIONSTECHNIK

Sebastian Barg

Kontextbezogene Auslegung
von Produktbaukästen

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Dr. h. c. Dr. h. c. F. Klocke

Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. G. Schuh

Prof. Dr.-Ing. C. Brecher

Prof. Dr.-Ing. R. H. Schmitt

Band 13/2018



Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Sebastian Barg:

Kontextbezogene Auslegung von Produktbaukästen

1. Auflage, 2018

Apprimus Verlag, Aachen, 2018
Wissenschaftsverlag des Instituts für Industriekommunikation und Fachmedien
an der RWTH Aachen
Steinbachstr. 25, 52074 Aachen
Internet: www.apprimus-verlag.de, E-Mail: info@apprimus-verlag.de

ISBN 978-3-86359-615-6

D 82 (Diss. RWTH Aachen University, 2017)

*„Wo kämen wir hin, wenn alle sagten, wo kämen wir hin, und niemand ginge,
um einmal zu schauen, wohin man käme, wenn man ginge.“*

KURT MARTI, 1967

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Innovationsmanagement am Lehrstuhl für Produktionssystematik des Werkzeugmaschinenlabors WZL der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen. Hier habe ich ein gleichermaßen innovatives und förderndes Umfeld gefunden, welches die Erstellung der vorliegenden Arbeit erst ermöglichte. Für die Schaffung dieses Umfelds und die Möglichkeit zur Promotion gilt mein besonderer Dank zunächst Herrn Professor Günther Schuh. Seine inspirierende Art, die langjährige Expertise im Themenfeld des Komplexitätsmanagements sowie das meiner Person entgegengebrachte Vertrauen hat meine persönliche Entwicklung maßgeblich geprägt und wesentlich zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beigetragen.

Für die Übernahme des Koreferats danke ich Herrn Professor Wolfgang Boos. Herrn Professor Frank Ole Flemisch danke ich für die Übernahme des Prüfungsvorsitzes.

Meine Zeit am Lehrstuhl wurde durch eine Vielzahl von Kollegen, Freunden, studentischen Mitarbeitern, Abschlussarbeitern und Projektpartnern geprägt. Das stets positive Miteinander, motivierende Worte in herausfordernden Situationen sowie intensive Diskussionen zu jeder Tageszeit haben dazu geführt, dass ich meine Promotion mit immer anhaltender Freude anfertigen konnte.

An dieser Stelle möchte ich mich bei Dr. Stefan Rudolf bedanken, der mich als wissenschaftlicher Mitarbeiter einstellte und mir das notwendige Vertrauen in meine Person entgegenbrachte. Auch seinem Nachfolger, Dr. Michael Riesener, gebührt ein ebenso großer Dank für die stete Diskussionsfreude und die Begleitung meines Forschungsprozesses von der ersten Idee bis hin zur gleichermaßen kritisch-konstruktiven wie akribischen Durchsicht der vorliegenden Arbeit.

Dr. Frederic Diels, Dr. Christian Dölle und Dr. Casimir Ortlieb möchte ich für die unzähligen „Diskussionen“ und die vielen gemeinsam verbrachten Stunden während der Ausarbeitung unserer Dissertationen danken. Das jederzeit offene und konstruktive Feedback sowie die daraus resultierenden Ideen haben die Erstellung dieser Disserta-

tion überhaupt erst ermöglicht und mich in meinem Vorhaben bestätigt. Ein besonderer Dank gilt dabei Dr. Frederic Diels, der mich mit seiner unermüdlichen Art während der zentralen Phase der Erstellung dieser Arbeit als treibende Kraft jeden Tag aufs Neue unterstützte und motivierte.

Die freundschaftlich-kollegiale Zusammenarbeit sowie die positive Kultur in der Abteilung Innovationsmanagement war mir stets eine Herzensangelegenheit und hat wesentlich dazu beigetragen, dass mir die Zeit am WZL für immer unvergesslich bleiben wird. Bedanken möchte ich mich hierfür bei Dr. Christopher Nußbaum, der mich vor acht Jahren als studentische Hilfskraft am WZL einstellte, Dr. Michael Schiffer und Dr. Sasa Aleksic, die mich nachfolgend als wissenschaftliche Mitarbeiter betreuten, Dr. Abassin Aryobsei, Dr. Stefan Breunig, Dr. Bastian Lüdtke, Dr. Martin Sommer, Dr. Elisabeth Schrey, Jan Kantelberg, Christian Tönnies, Christian Mattern, Jan Koch, Johanna Koch, Manuel Ebi, Merle Jank und Maximilian Kuhn.

Nicht zuletzt haben meine studentischen Mitarbeiter und Abschlussarbeiter durch ihre tatkräftige Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen. Hervorheben möchte ich an dieser Stelle meinen jetzigen Kollegen Sebastian Schloesser, Alexander Rau, Hendrik Lauf, Lukas Schmitt und Joschka Finke.

Die Zeit am WZL wurde darüber hinaus durch meine weiteren, noch nicht genannten Studienfreunde, die WiMos, geprägt. Stellvertretend möchte ich an dieser Stelle Ramon Kreuzer, Felix Lau, Matthias Vaterrodt, Christoph Lienemann, Dr. Johannes Müller und Sebastian Müller besonders hervorheben.

Mein größter Dank gebührt meiner Familie, allen voran meinen Eltern Sabine und Dr. Andreas Barg sowie meinem Bruder Maximilian Barg, die mich auf meinem gesamten Lebensweg darin bekräftigt haben, selbstbewusst, eigenverantwortlich und zielstrebig zu handeln und mir mit auf den Weg gaben, stets das Gute zu sehen, um aus jeder Situation das Beste zu machen. Eure Unterstützung hat diesen Weg erst ermöglicht. Mein ebenso großer Dank gilt dir, liebe Kathrin, für deinen liebevollen Rückhalt in all den Jahren, deine selbstlose Rücksichtnahme und dein Verständnis für die vielen entgangenen gemeinsamen Stunden.

Euch widme ich diese Arbeit.

Aachen, im Februar 2018
Sebastian Barg

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen.....	VII
Verzeichnis der Abkürzungen.....	XIV
Zusammenfassung	XVII
Summary	XIX
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung der Arbeit.....	3
1.3 Forschungskonzeption	5
1.4 Aufbau der Arbeit.....	10
2 Grundlagen und Definitionen im Kontext der Arbeit.....	13
2.1 Produktarchitektur.....	13
2.1.1 Definition relevanter Begrifflichkeiten.....	13
2.1.2 Grundlegende Formen der Produktarchitektur	17
2.2 Produktübergreifende Kommunalität	19
2.2.1 Definition relevanter Begrifflichkeiten.....	19
2.2.2 Gleichteil- und Wiederholteilbauweise.....	24

2.2.3	Produktplattform.....	25
2.2.4	Modularisierung von Produkten	26
2.2.5	Pakete	29
2.2.6	Baukastensysteme.....	30
2.3	Produktbaukasten.....	30
2.3.1	Definition relevanter Begrifflichkeiten.....	31
2.3.2	Elemente zur Beschreibung von Produktbaukästen.....	32
2.3.3	Arten von Produktbaukästen.....	36
2.3.4	Gestaltung von Produktbaukästen.....	41
2.3.5	Nutzenpotenziale der Baukastengestaltung	48
2.3.6	Baukastenkonstituierender Unternehmenskontext.....	51
2.4	Analytische Ordnungsmethoden	53
2.4.1	Definition relevanter Begrifflichkeiten.....	54
2.4.2	Typenbildende Verfahren.....	56
2.5	Kontingenztheorie.....	58
2.5.1	Definition relevanter Begrifflichkeiten.....	58
2.5.2	Gestaltansatz.....	60
2.5.3	Fit-Konzepte des Gestaltansatzes.....	61
2.6	Zwischenfazit: Grundlagen zur Auslegung von Produktbaukästen	63
3	Bestehende Ansätze zur Auslegung von Produktbaukästen	65
3.1	Herausforderungen in der Praxis	65
3.2	Darstellung und Bewertung bestehender Ansätze zur Auslegung von Produktbaukästen.....	68
3.2.1	Kriterien zur Bewertung bestehender Theorien zur Auslegung von Produktbaukästen	69

3.2.2	Bestehende Theorien zur Auslegung von Produktbaukästen	71
3.2.3	Zusammenfassung und Positionierung der Arbeit	91
3.3	Zwischenfazit: Forschungsbedarf zur Auslegung von Produktbaukästen.....	95
4	Konzeption der Methodik zur kontextbezogenen Auslegung von Produktbaukästen.....	97
4.1	Zielbild und angestrebte Nutzenpotenziale einer Auslegung von Produktbaukästen.....	98
4.2	Anforderungen an die Methodik.....	100
4.2.1	Inhaltliche Anforderungen.....	100
4.2.2	Formale Anforderungen	102
4.3	Modelltheoretische Grobkonzeptionierung der Arbeit	103
4.3.1	Allgemeine Modelltheorie.....	103
4.3.2	Systemtheoretische Einordnung der Arbeit.....	105
4.4	Grobkonzept zur Auslegung von Produktbaukästen	107
4.4.1	Beschreibung der auslegungsrelevanten Einflussfaktoren	108
4.4.2	Identifizierung der Konzeptalternativen zur Entwicklung von Produktbaukästen	111
4.4.3	Ableitung von Grundtypen des Baukastenkonzepts.....	113
4.4.4	Ermittlung von Wirkzusammenhängen zwischen Einflussfaktoren und Baukastenkonzept.....	115
4.4.5	Auslegung des Baukastenkonzepts zur Steigerung der Zielkonformität	116
4.5	Ableitung von Partialmodellen.....	117
4.6	Zwischenfazit: Grobkonzept zur kontextbezogenen Auslegung von Produktbaukästen.....	118

5	Detailierung der Methodik zur kontextbezogenen Auslegung von Produktbaukästen	121
5.1	Systematische Beschreibung von auslegungsrelevanten Einflussfaktoren aus dem Unternehmenskontext und dem Zielsystem	122
5.1.1	Einflussfaktoren aus dem Unternehmenskontext	123
5.1.2	Einflussfaktoren aus dem Zielsystem	132
5.2	Systematische Beschreibung von Produktbaukästen anhand von Baukastenkonzeptmerkmalen	144
5.2.1	Identifizierung potenzieller Baukastenkonzeptmerkmale	146
5.2.2	Ableitung von Ähnlichkeitsclustern zur Konsolidierung der Baukastenkonzeptmerkmale	153
5.2.3	Ableitung operationalisierter Baukastenkonzeptmerkmale zur Auslegung von Produktbaukästen	157
5.2.4	Zusammenfassung der operationalisierten Baukastenkonzeptmerkmale	179
5.3	Definition differenzierbarer Grundtypen des Baukastenkonzepts	182
5.3.1	Identifizierung kombinationstheoretischer Zusammenhänge zwischen den Baukastenkonzeptmerkmalen	184
5.3.2	Ableitung differenzierbarer Grundtypen von Produktbaukästen	188
5.4	Ermittlung von Wirkzusammenhängen zwischen Einflussfaktoren und Baukastenkonzeptmerkmalen	202
5.4.1	Wirkzusammenhänge zwischen Kontextfaktoren und Baukastenkonzeptmerkmalen	204
5.4.2	Wirkzusammenhänge zwischen Zielfaktoren und Baukastenkonzeptmerkmalen	214
5.5	Ableitung der kontextbezogenen Auslegung des Produktbaukastens	220
5.5.1	Aufnahme der individuellen Kontextsituation und Ziele	221

5.5.2	Ermittlung des Ausprägungsprofils der Baukastenkonzeptmerkmale.....	223
5.5.3	Konsistenzprüfung und Ableitung des relevanten Grundtyps.....	227
5.6	Zwischenfazit: Detailkonzept zur kontextbezogenen Auslegung von Produktbaukästen.....	230
6	Validierung und kritische Reflexion.....	231
6.1	Validierung der Auslegung von Produktbaukästen am Praxisbeispiel der Energieanlagen AG	231
6.1.1	Ausgangssituation der Energieanlagen AG.....	231
6.1.2	Anwendung der Methodik zur kontextbezogenen Auslegung von Produktbaukästen	232
6.2	Kritische Reflexion der Anwendungserfahrung	240
7	Zusammenfassung und Ausblick	243
	Literaturverzeichnis	247
A	Anhang.....	269
A.1	Einflussfaktoren aus dem Unternehmenskontext	269
A.2	Einflussfaktoren aus dem Zielsystem.....	279
A.3	Merkmale zur Beschreibung des Baukastenkonzepts	285
A.4	IGTA Cluster-Algorithmus	297
A.5	Kurzstudie zu Baukastenkonzepten in der Praxis	299

Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1–1:	Wissenschaftssystematik	6
Abbildung 1–2:	Heuristischer Bezugsrahmen.....	7
Abbildung 1–3:	Forschungsprozess nach ULRICH	9
Abbildung 1–4:	Aufbau der Arbeit.....	11
Abbildung 2–1:	Transformation der Funktions- in die Produktstruktur.....	15
Abbildung 2–2:	Klassifizierung von Produktarchitekturen nach GÖPFERT	18
Abbildung 2–3:	Kommunalitätsmodell nach SCHUH ET AL.....	22
Abbildung 2–4:	Sechs Arten der Modularität nach PINE.....	28
Abbildung 2–5:	Funktionsorientierte Gliederung von Baukastenelementen	34
Abbildung 2–6:	Klassifizierung von Baukastensystemen nach KOLLER	37
Abbildung 2–7:	Klassifizierung von Baukastensystemen in der Literatur	41
Abbildung 2–8:	Baukastengesamtkonzepte nach PONN ET AL.....	43
Abbildung 2–9:	Gestaltungsbereich dieser Arbeit aus der Prozessperspektive.....	46
Abbildung 2–10:	Stoßrichtungen der Baukastengestaltung nach RENNER	50
Abbildung 2–11:	Einordnung von Potenzialen in die Produktlebensphasen.....	50
Abbildung 2–12:	Zielsystem für Produktbaukästen nach VOGELS	51
Abbildung 2–13:	Analytische Verfahren der Typenbildung.....	57
Abbildung 2–14:	Fit-Konzepte nach VENKATRAMAN	62
Abbildung 3–1:	Branchenzuordnung und durchschnittliches Geschäftsprofil	66

Abbildung 3–2:	Generische Modularisierungsstrategien.....	67
Abbildung 3–3:	Identifizierte Herausforderungen in der Praxis.....	68
Abbildung 3–4:	Kriterien zur Bewertung bestehender Theorien in der Literatur.....	69
Abbildung 3–5:	Ursache-Wirkungs-Modell nach HACKL ET AL.....	73
Abbildung 3–6:	Klassifizierung bestehender Modularisierungsmethoden nach DANILIDIS ET AL.....	79
Abbildung 3–7:	Differenzierungsmerkmale für Baukastensysteme nach STECHELT.....	84
Abbildung 3–8:	Effizienzwirkungen von Produktordnungssystemen nach NILLES.....	88
Abbildung 3–9:	Auswertung der analysierten Ansätze	91
Abbildung 3–10:	Bewertung der analysierten Ansätze.....	92
Abbildung 4–1:	Übergeordnetes Zielbild der Auslegung von Produktbaukästen	98
Abbildung 4–2:	Inhaltliche Anforderungen an die Methodik	100
Abbildung 4–3:	Systemtheoretische Betrachtung der zu entwickelnden Methodik	106
Abbildung 4–4:	Grobkonzept zur kontextbezogenen Auslegung von Produktbaukästen	108
Abbildung 4–5:	Untersuchungsbereiche zur Identifizierung von Einflussfaktoren	109
Abbildung 4–6:	Dreigliedriger Ansatz zur Identifizierung von Konzeptalternativen	111
Abbildung 4–7:	Vorgehensweise zur Identifizierung der Konzeptalternativen zur Entwicklung von Produktbaukästen	113
Abbildung 4–8:	Vorgehen zur Ableitung von Grundtypen des Baukastenkonzepts.....	114

Abbildung 4–9:	Wirkzusammenhänge zwischen Einflussfaktoren und Baukastenkonzept	115
Abbildung 4–10:	Partialmodelle zur Auslegung von Produktbaukästen	118
Abbildung 5–1:	Vorgehensweise zur kontextbezogenen Auslegung von Produktbaukästen	121
Abbildung 5–2:	Beschreibung von auslegungsrelevanten Einflussfaktoren aus dem Unternehmenskontext und Zielsystem	122
Abbildung 5–3:	Vorgehen zur Identifizierung von Einflussfaktoren	124
Abbildung 5–4:	Auslegungsrelevante Marktfaktoren	125
Abbildung 5–5:	Auslegungsrelevante Unternehmensfaktoren	127
Abbildung 5–6:	Auslegungsrelevante Produktfaktoren	129
Abbildung 5–7:	Auslegungsrelevante Einflussfaktoren des Unternehmenskontextes	132
Abbildung 5–8:	Zieldimensionen der Finanzperspektive	134
Abbildung 5–9:	Zieldimensionen der Marktperspektive	136
Abbildung 5–10:	Zieldimensionen der Wertschöpfungsprozessperspektive	137
Abbildung 5–11:	Zieldimensionen der Produktarchitekturperspektive	138
Abbildung 5–12:	Ursache-Wirkungsbeziehungen der Zieldimensionen	140
Abbildung 5–13:	Ursache-Wirkungsbeziehungen am Beispiel der Produktionskosten	142
Abbildung 5–14:	Auslegungsrelevante Einflussfaktoren des Zielsystems	143
Abbildung 5–15:	Beschreibung von Produktbaukästen anhand von Baukastenkonzeptmerkmalen	144
Abbildung 5–16:	Vorgehen zur Ableitung von Grundtypen des Baukastenkonzepts	145
Abbildung 5–17:	Abgrenzung des Untersuchungsbereichs zur Identifizierung von Baukastenkonzeptmerkmalen	147

Abbildung 5–18: Vorgehen zur Identifizierung potenzieller Baukastenkonzeptmerkmale.....	148
Abbildung 5–19: Vorgehen zur Ableitung von Ähnlichkeitsclustern	153
Abbildung 5–20: Design Structure Matrix zur Analyse potenzieller Merkmale	154
Abbildung 5–21: Abgeleitete Ähnlichkeitscluster durch Anwendung der Design Structure Matrix	156
Abbildung 5–22: Vorgehen zur Ableitung operationalisierter Baukastenkonzeptmerkmale.....	158
Abbildung 5–23: Analyseumfänge im Ähnlichkeitscluster Baukastenaufbau	161
Abbildung 5–24: Realisierungsformen der Komponentenkommunalität	164
Abbildung 5–25: Ausprägungen der Realisierungsform modularer Produktstrukturen	165
Abbildung 5–26: Betrachtungsumfang der Ausprägungsformen der Reinheit	167
Abbildung 5–27: Ebenen der konstituierenden Merkmale	168
Abbildung 5–28: Vorgehensweisen zur prozess- und modulbezogenen Identifizierung konstituierender Merkmale	170
Abbildung 5–29: Entscheidungsdimensionen zur Definition des Modulcharakters	172
Abbildung 5–30: Alternative Vorgehensweisen zur Modulbildung	173
Abbildung 5–31: Auflösung der Produktstruktur in Form der Granularitätsebene.....	176
Abbildung 5–32: Bottom-up- und Top-down-Entwicklung von Produktbaukästen	178
Abbildung 5–33: Zusammenfassung der abgeleiteten Baukastenkonzeptmerkmale.....	181
Abbildung 5–34: Definition differenzierbarer Grundtypen des Baukastenkonzepts.....	182

Abbildung 5–35: Charakteristika zur Bildung von Typen.....	183
Abbildung 5–36: Vorgehen zur Ableitung differenzierbarer Grundtypen.....	183
Abbildung 5–37: Vorgehen zur Identifizierung kombinationstheoretischer Zusammenhänge	184
Abbildung 5–38: Konsistenzanalyse der Merkmalsausprägungen	186
Abbildung 5–39: Typenbildende Merkmale zur Ableitung von Grundtypen	187
Abbildung 5–40: Vorgehen zur Definition der Grundtypen des Baukastenkonzepts	189
Abbildung 5–41: Konsistente Ausprägungsszenarien und Ableitung der Grundtypen.....	190
Abbildung 5–42: Ausprägungsprofil einer geschlossenen Produktplattform	191
Abbildung 5–43: Ausprägungsprofil einer Anpassbaren Produktplattform	193
Abbildung 5–44: Ausprägungsprofil eines Anpassbaren Strukturbaukastens	195
Abbildung 5–45: Ausprägungsprofil eines Individualisierbaren Strukturbaukastens	197
Abbildung 5–46: Ausprägungsprofil eines Anordnungsflexiblen Modulbaukastens	200
Abbildung 5–47: Ermittlung von Wirkzusammenhängen zwischen Einflussfaktoren und Baukastenkonzeptmerkmalen.....	202
Abbildung 5–48: Vorgehensweise zur Identifizierung von Wirkzusammenhängen	203
Abbildung 5–49: Identifizierte Wirkzusammenhänge zwischen marktbezogenen Einflussfaktoren und Baukastenkonzeptmerkmalen	205
Abbildung 5–50: Identifizierte Wirkzusammenhänge zwischen unternehmensbezogenen Einflussfaktoren und Baukastenkonzeptmerkmalen	208

Abbildung 5–51: Identifizierte Wirkzusammenhänge zwischen produktbezogenen Einflussfaktoren und Baukastenkonzeptmerkmalen	211
Abbildung 5–52: Identifizierte Wirkzusammenhänge zwischen marktbezogener Zieldimension und Baukastenkonzeptmerkmalen	214
Abbildung 5–53: Identifizierte Wirkzusammenhänge zwischen wertschöpfungsprozessbezogenen Zieldimensionen und Baukastenkonzeptmerkmalen	215
Abbildung 5–54: Identifizierte Wirkzusammenhänge zwischen produktarchitekturbezogenen Zieldimensionen und Baukastenkonzeptmerkmalen	218
Abbildung 5–55: Ableitung der kontextbezogenen Auslegung des Produktbaukastens.....	220
Abbildung 5–56: Vorgehensweise zur Ableitung der kontextbezogenen Auslegung eines Produktbaukastens	221
Abbildung 5–57: Gewichtung von Faktoren durch paarweisen Vergleich.....	222
Abbildung 5–58: Gewichtete Ausprägungen der Einflussfaktoren und Ziele	223
Abbildung 5–59: Ableitung des Ausprägungsprofils der Baukastenkonzeptmerkmale in Abhängigkeit des Unternehmenskontextes.....	226
Abbildung 5–60: Zuordnung der Ausprägungsszenarien zu den Grundtypen	229
Abbildung 6–1: Unternehmenskontext der Energieanlagen AG	234
Abbildung 6–2: Strategisches Zielsystem der Energieanlagen AG	235
Abbildung 6–3: Ausprägungsprofil der Baukastenkonzeptmerkmale auf Basis des Unternehmenskontextes	236
Abbildung 6–4: Ausprägungsprofil der Baukastenkonzeptmerkmale auf Basis des Zielsystems.....	237

Abbildung 6–5:	Kontextbezogenes Ausprägungsprofil der Baukastenkonzeptmerkmale bei ganzheitlicher Betrachtung.....	238
Abbildung 6–6:	Baukastenkonzept der Energieanlagen AG	239
Abbildung 6–7:	Ableitung des Grundtyps für die Energieanlagen AG.....	239
Abbildung 7–1:	IGTA Cluster-Algorithmus.....	297
Abbildung 7–2:	Baukastenkonzept von Unternehmen 1 (Anwendungsbeispiel I).....	299
Abbildung 7–3:	Baukastenkonzept von Unternehmen 2 (Anwendungsbeispiel II)	299
Abbildung 7–4:	Baukastenkonzept von Unternehmen 3	299
Abbildung 7–5:	Baukastenkonzept von Unternehmen 4	300
Abbildung 7–6:	Baukastenkonzept von Unternehmen 5	300
Abbildung 7–7:	Baukastenkonzept von Unternehmen 6	300
Abbildung 7–8:	Baukastenkonzept von Unternehmen 7 (Anwendungsbeispiel III).....	301
Abbildung 7–9:	Baukastenkonzept von Unternehmen 8	301
Abbildung 7–10:	Baukastenkonzept von Unternehmen 9	301
Abbildung 7–11:	Baukastenkonzept von Unternehmen 10	302
Abbildung 7–12:	Baukastenkonzept von Unternehmen 11 (Anwendungsbeispiel IV).....	302
Abbildung 7–13:	Baukastenkonzept von Unternehmen 12	302
Abbildung 7–14:	Baukastenkonzept von Unternehmen 13 (Anwendungsbeispiel V)	303

Verzeichnis der Abkürzungen

AG	Aktiengesellschaft
A-t-O	Assemble-to-Order
B2B	Business-to-Business
B2C	Business-to-Consumer
bspw.	beispielsweise
bzw.	beziehungsweise
DSM	Design Structure Matrix
DV	Datenverarbeitung
et al.	et alii
E-t-O	Engineer-to-Order
f.	folgende
ff.	fortfolgende
FP	Finanzperspektive
ggf.	gegebenenfalls
GiBWert	Gestaltung innovativer Baukasten- und Wertschöpfungsstrukturen
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GT	Grundtyp
IGTA	Idicula-Gutierrez-Thebeau-Algorithmus
IT	Informationstechnologie
Jg.	Jahrgang
Kap.	Kapitel
LH	Lösungshypothese

METUS	Management Engineering Tool for Unified Systems
MFD	Modular Function Deployment
MP	Marktperspektive
M-t-O	Make-to-Order
M-t-S	Make-to-Stock
MLB	Modularer Längsbaukasten (Volkswagenkonzern)
MQB	Modularer Querbaukasten (Volkswagenkonzern)
Nr.	Nummer
OEM	Original Equipment Manufacturer
PAP	Produktarchitekturperspektive
RWTH	Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
S.	Seite
u.a.	unter anderen/m
VDI	Verband Deutscher Ingenieure
vgl.	vergleiche
WPP	Wertschöpfungsprozessperspektive
WZL	Werkzeugmaschinenlabor
z.B.	zum Beispiel

Zusammenfassung

Bei der Entwicklung neuer Produkte sehen sich produzierende Unternehmen mit einer zunehmenden Mikrosegmentierung sowie immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen konfrontiert, wodurch häufig eine wachsende Vielzahl von Produktvarianten entsteht. Die daraus resultierende Notwendigkeit zur Reduzierung von Zeit und Kosten in der Produktentwicklung lässt sich mit der Realisierung modularer Produktbaukästen adressieren. Produktbaukästen werden heutzutage in einer Vielzahl an Industrien entwickelt, dabei allerdings nur selten bereits in der frühen strategischen Phase systematisch auf den spezifischen Unternehmenskontext und das individuelle Zielsystem der Baukastenentwicklung ausgelegt.

Das Ziel dieser Arbeit besteht in der Entwicklung einer Methodik, welche eine Steigerung der Zielkonformität durch eine kontextbezogene Auslegung des Produktbaukastens in der frühen Phase ermöglicht. Mithilfe der entwickelten Methodik werden produzierende Unternehmen dazu befähigt, ein für den individuellen Anwendungsfall geeignetes Baukastenkonzept abzuleiten.

Der Ansatz zur Entwicklung der Methodik gliedert sich in fünf Teilmodelle. Ziel des ersten Modells ist die generische Beschreibung der auslegungsrelevanten Einflussfaktoren, mithilfe derer sich der Unternehmenskontext sowie das Baukastenzielsystem charakterisieren lassen. Im zweiten Teilmodell werden operationalisierte Merkmale zur Beschreibung der konzeptionellen Gestaltungsmöglichkeiten eines Baukastens erarbeitet. Diese Merkmale aufgreifend, werden im dritten Teilmodell mittels eines kombinationstheoretischen Ansatzes fünf differenzierbare Grundtypen des Baukastenkonzepts abgeleitet. Mit dem vierten Teilmodell folgt ein Erklärungsmodell zur Bestimmung von Wirkzusammenhängen zwischen den im ersten Teilmodell identifizierten Einflussfaktoren und den operationalisierten Baukastenkonzeptmerkmalen des zweiten Teilmodells. Das abschließende fünfte Modell der Methodik umfasst ein Gestaltungsmodell, welches die kontextbezogene Auslegung eines Produktbaukastens zur Steigerung der Zielkonformität für einen individuellen Anwendungsfall ermöglicht.

Summary

As companies develop new products, they are facing an increasing micro-segmentation and shorter product lifecycles wherefore the number of product variants is growing. The resulting need to reduce time and costs in product development can be addressed by implementing modular product platforms. These platforms are developed in a wide variety of industries, but they are rarely designed in the early strategic phase which is why they are missing a systematical fit of the boundary conditions of corporate context and target system.

The aim of this dissertation is the development of a methodology that allows for an improved target conformity through the contextual design of a modular product platform in the early design phase. With the assistance of the developed methodology, companies are enabled to derive a suitable modular product platform concept for their individual case of application.

The developed methodology is divided into five partial models. The objective of the first model is a generic description of the design-relevant influencing factors that characterize the corporate context as well as the target system of the modular product platform. In the second partial model, operationalized features implicating the conceptual design options of a modular product platform are derived. The third partial model is based on a combinational approach in order to systematically derive five basic types of a modular product platform concept. The fourth partial model provides an approach to determine the interdependencies between the design-relevant influencing factors and the operationalized conceptual features from the second partial model. The final step in the methodology is the development of a design model that enables for a context-specific and target-oriented design of a modular product platform for an individual case of application.

1 Einleitung

1.1 Motivation

Viele produzierende Unternehmen sehen sich einer zusehends dynamischeren Wettbewerbssituation gegenübergestellt¹, welche in der globalisierten Welt aufgrund einer Mikrosegmentierung der Märkte und dem Verlust an Differenzierungsmöglichkeiten häufig zu einer wachsenden Anzahl an Produktvarianten führt.² Dieser Effekt zunehmender Variantenvielfalt wird durch kürzer werdende Produktlebenszyklen und der damit einhergehenden Notwendigkeit reduzierter Entwicklungszeiten verstärkt.³

Auf diese Herausforderungen reagierend wird der Betrachtungsfokus in der Produktentwicklung immer häufiger auf Produktfamilien ausgeweitet und mithilfe modularer Produktbaukästen umgesetzt.⁴ Derartige Produktbaukästen ermöglichen es, die marktseitig geforderte Produktvielfalt wirtschaftlich umzusetzen.⁵ Die zunehmende Popularität des Baukastenansatzes hat dazu geführt, dass die Entwicklung von Produktbaukästen inzwischen in vielfältigen Branchen erfolgt.⁶ Der individuelle Nutzen eines Produktbaukastens ist dabei unter anderem vom betrachteten Portfolioumfang abhängig.⁷ Die strategischen Ziele der Einführung eines Produktbaukastens variieren jedoch von Unternehmen zu Unternehmen.⁸ Die strategischen Ziele zur Entwicklung eines

¹ Vgl. Schuh et al. (2016), Development Project Management, S. 2040; Poprawe et al. (2017), Production Systems, S. 35

² Vgl. Schuh (2017), Produktkomplexität managen, S. 1; ElMaraghy et al. (2013), Product variety management, S. 629; Schuh et al. (2012), Grundlagen des Innovationsmanagements, S. 2

³ Vgl. Schuh et al. (2016), Highly iterative product development, S. 1171; Schuh (2015), Leitfaden zur Baukastengestaltung, S. 1

⁴ Vgl. Schuh (2013), Lean Innovation, S. 97; Schuh et al. (2010), Integrated Development of Modular Product Platforms, S. 1928ff.

⁵ Vgl. Sommer (2017), Produktbaukastengerechte Organisationsstrukturen, S. 1; Gawer et al. (2014), Industry Platforms and Ecosystem Innovation, S. 428

⁶ Vgl. Romberg et al. (2015), Lean Development im deutschen Maschinenbau, S. 28

⁷ Vgl. Schuh et al. (2016), Modular platform potential in complex portfolios, S. 1

⁸ Vgl. Cameron et al. (2014), Crafting Platform Strategy, S. 67; Sköld et al. (2013), Development of Platforms, S. 62

Produktbaukastens gilt es folglich bereits in einer frühen Entwicklungsphase festzulegen, da diese einen Einfluss auf die Charakteristika und den Erfolg des zu entwickelnden Baukastens haben.⁹ Dies resultiert aus dem Umstand, dass eine Vielzahl an Gestaltungsmöglichkeiten bei der Baukastenentwicklung zur differenzierten Adressierung der individuellen Ziele existiert.¹⁰ So unterscheidet sich der Gesamtbaukasten in bestimmten Charakteristika je nach Anwendungsfall. Beispielsweise müssen im erklärungsbedürftigen Projektgeschäft des Maschinen- und Anlagenbaus – im Gegensatz zum Seriengeschäft der Automobilindustrie – häufig kundenindividuelle Anpasskonstruktionen realisierbar sein.¹¹

Im Kontext unterschiedlicher Anwendungssituationen und unter Berücksichtigung differenzierter Zieldimensionen ist eine Vielzahl an Methoden zur Entwicklung eines Produktbaukastens entstanden.¹² Die existierenden wissenschaftlichen Methoden adressieren folglich zumeist konkret definierte Zieldimensionen.¹³ Die Anwendbarkeit dieser Methoden wird darüber hinaus durch die häufig restriktiv wirkenden kontextuellen Rahmenbedingungen der Unternehmen zusätzlich beeinflusst.¹⁴ Neben den strategischen Zielen gilt es dementsprechend den grundsätzlichen Anwendungskontext bereits in der frühen Phase der Entwicklung eines Produktbaukastens zu berücksichtigen.¹⁵

In der industriellen Praxis erfolgt die Entwicklung von Produktbaukästen häufig noch auf intuitiver Basis.¹⁶ Wird dahingegen die erwähnte Notwendigkeit einer differenzierten Herangehensweise berücksichtigt, so erfordert die Baukastenentwicklung eine auf den Kontext und die Ziele bezogene Auslegung der konzeptionellen Gestaltungsmöglichkeiten eines Produktbaukastens in der frühen Entwicklungsphase.¹⁷ Eine we-

⁹ Vgl. Vietor et al. (2013), Produktarten zur Rationalisierung, S. 845

¹⁰ Vgl. Ehrlenspiel et al. (2013), Integrierte Produktentwicklung, S. 734ff.; Otto et al. (2013), Modular Design Research, S. 3ff.

¹¹ Vgl. Riesener (2015), Ähnlichkeitsbasierte Produktkonfiguration im Maschinenbau, S. 5

¹² Vgl. Hackl et al. (2016), Effects of Modular Product Structures, S. 1289f.; Zhang (2015), A literature review on multitype platforming, S. 2

¹³ Vgl. Halstenberg et al. (2015), Target-oriented Modularization, S. 603

¹⁴ Vgl. Magnusson et al. (2014), A Contingency-Based Approach, S. 449

¹⁵ Vgl. Ehrlenspiel et al. (2014), Kostengünstig entwickeln und konstruieren, S. 352; Roland Berger Strategy Consultants (2012), Modular Products, S. 6

¹⁶ Vgl. Rudolf (2013), Produktionsgerechte Baukastengestaltung, S. 53

¹⁷ Vgl. Renner (2007), Funktionsorientierte Baukastenentwicklung, S. 119

sentliche Aufgabe besteht in diesem Zusammenhang darin, die zu erwartenden positiven und negativen Effekte des Produktbaukastens in Abhängigkeit der kontextuellen Rahmenbedingungen und strategischen Ziele bewusst zu realisieren.¹⁸

Um eine branchenübergreifende Anwendbarkeit der handlungsleitenden Auslegung konzeptioneller Gestaltungsmöglichkeiten zu gewährleisten, müssen diese auf einer hinreichend abstrakten Ebene beschrieben sein. Zwar wird dieses Ziel in Ansätzen bereits in bestehenden wissenschaftlichen Arbeiten verfolgt, jedoch nicht im Gesamtzusammenhang mit den kontextuellen Rahmenbedingungen des anwendenden Unternehmens und dem strategischen Zielsystem der Entwicklung eines Produktbaukastens betrachtet.¹⁹

Ein wissenschaftlicher Ansatz, der diese Aspekte mit Blick auf eine kontextbezogene Auslegung von Produktbaukästen ganzheitlich berücksichtigt, besteht derzeit nicht. An dieser Stelle setzt somit die vorliegende Arbeit an.

1.2 Zielsetzung der Arbeit

Vor dem Hintergrund der beschriebenen Ausgangssituation besteht das übergeordnete Ziel der vorliegenden Arbeit darin, die frühe Phase der Entwicklung eines Produktbaukastens methodisch zu unterstützen. Der Ansatz ist an die produzierende Industrie adressiert, soll sich durch eine branchenübergreifende Sichtweise auszeichnen und die Auslegung eines Produktbaukastens für einen individuellen Anwender fokussieren. Insbesondere die Randbedingungen eines jeden Unternehmens, welche aus dem angebotenen Produktportfolio, den Marktgegebenheiten sowie den Unternehmensstrukturen resultieren, beeinflussen den theoretischen Lösungsraum der Auslegung. Darüber hinaus adressieren Unternehmen diversifizierte Zielsysteme mit der Entwicklung eines Produktbaukastens, anhand derer sich eine entsprechend konforme Auslegung konkretisieren lässt. Aus diesen Gründen erfolgt die Auslegung von Produktbaukästen im Kontext der unternehmerischen Randbedingungen und des Zielsystems des Produktbaukastens.

Im Rahmen dieser Arbeit soll eine Methodik entwickelt werden, welche die Auslegung eines Produktbaukastens in der frühen Entwicklungsphase in Form einer Stoßrichtung für die nachfolgende Baukastenentwicklung unter Berücksichtigung der kontextuellen

¹⁸ Vgl. Windheim et al. (2016), Opportunity Cost of Modularity, S. 73

¹⁹ Vgl. Braun et al. (2013), Referenzmodell zur Analyse von Baukastensystematiken, S. 34; Ponn et al. (2011), Konzeptentwicklung und Gestaltung technischer Produkte, S. 262

Einflussfaktoren sowie der strategischen Ziele des Produktbaukastens ermöglicht. Aufgrund der exogen gegebenen Randbedingungen aus dem unternehmerischen Kontext stellt das Zielsystem des Produktbaukastens die steuerbare Einflussgröße dar. Da die Anwender verschiedenen Industrien und Anwendungsfällen zugeordnet werden können, ist es notwendig, den Unternehmenskontext generisch zu erfassen und zu beschreiben. Die Definition eines individuellen Zielsystems setzt darüber hinaus eine generische Beschreibung adressierbarer Ziele eines Produktbaukastens voraus.

Das Kernelement dieser Arbeit stellt die Beschreibung eines Produktbaukastens mittels operationalisierter Merkmale dar, welche die Basis für die Ableitung differenzierbarer Grundtypen des Baukastens darstellen. Eine weitere Grundlage für die Methodik zur kontextbezogenen Auslegung eines Produktbaukastens bildet die Beschreibung von Wirkzusammenhängen zwischen Einflussfaktoren aus dem Unternehmenskontext beziehungsweise aus dem strategischen Zielsystem und operationalisierten Merkmalen eines Produktbaukastens. Auf Basis dieser Wirkzusammenhänge lässt sich der Produktbaukasten mittels Kombination der Merkmale auslegen, um die Zielkonformität zu steigern. Diese Vorgehensweise bezieht sich auf das Defizit einer mehr oder weniger zufälligen Erreichung eines individuell definierten Zielsystems und ermöglicht Unternehmen verschiedenster Branchen und Industrien die systematische Auslegung eines Produktbaukastens unter Berücksichtigung der kontextuellen Randbedingungen.

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit lässt sich demnach wie folgt formulieren:

Zielsetzung dieser Arbeit ist die Entwicklung einer Methodik zur Steigerung der Zielkonformität durch kontextbezogene Auslegung eines Produktbaukastens.

Folgende Teilziele lassen sich aus der übergeordneten Zielsetzung der Arbeit ableiten:

- Erarbeitung eines Beschreibungsmodells zur generischen Beschreibung des baukastenrelevanten Unternehmenskontextes sowie des Baukastenzielsystems
- Erarbeitung eines Beschreibungsmodells zur Beschreibung von Produktbaukästen mittels operationalisierter Merkmale
- Entwicklung eines Erklärungsmodells zur Definition von Grundtypen eines Produktbaukastens
- Aufbau eines Erklärungsmodells zur Bestimmung von Wirkzusammenhängen zwischen Unternehmenskontext bzw. Baukastenzielsystem und Baukastenmerkmalen
- Erarbeitung eines Gestaltungsmodells zur zielkonformen Auslegung eines Produktbaukastens unter Berücksichtigung des Unternehmenskontextes