

**Globales Komplexitätsmanagement - Eine Methode zur integrierten
Komplexitätsbewältigung globaler Wertschöpfungsarchitekturen**

D I S S E R T A T I O N
der Universität St.Gallen,
Hochschule für Wirtschafts-,
Rechts- und Sozialwissenschaften
sowie Internationale Beziehungen (HSG)
zur Erlangung der Würde eines
Doktors der Wirtschaftswissenschaften

vorgelegt von

Daniel Sebastian Rohde

aus

Deutschland

Genehmigt auf Antrag der Herren

Prof. Dr. Thomas Friedli

und

Prof. Dr. Johannes Rüegg-Stürm

Dissertation Nr. 4916

Difo-Druck GmbH, Untersiemaun 2019

Die Universität St.Gallen, Hochschule für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften sowie Internationale Beziehungen (HSG), gestattet hiermit die Drucklegung der vorliegenden Dissertation, ohne damit zu den darin ausgesprochenen Anschauungen Stellung zu nehmen.

St.Gallen, den 27. Mai 2019

Der Rektor:

Prof. Dr. Thomas Bieger

Vorwort

Die vorliegende Dissertation ist das Ergebnis meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Technologiemanagement an der Universität St.Gallen. Während dieser Zeit hatte ich das Privileg, an einer Vielzahl spannender Forschungs- und Industrieprojekte mitzuwirken, die mir die Zusammenarbeit mit Unternehmen vieler Branchen ermöglichten. Die dabei erlangten Erkenntnisse bilden das Fundament dieser Arbeit und haben mich die wertvollen Erfahrungen gewinnen lassen, auf die ich gern zurückblicke und von denen ich noch lange zehren werde. Mit diesem Vorwort möchte ich allen Personen aus dem beruflichen und privaten Umfeld danken, die mich bei der Erstellung begleitet und unterstützt haben.

Besonders danken möchte ich zunächst Prof. Dr. Thomas Friedli, der mir die Tätigkeit am Institut sowie die Erstellung dieser Arbeit ermöglicht hat. Seine stete Unterstützung und das unerschütterliche Vertrauen in die Arbeit seiner Mitarbeiter haben zum Gelingen meines Forschungsvorhabens beigetragen. Prof. Dr. Johannes Rüegg-Stürm danke ich für die Übernahme des Korreferats.

Am Institut möchte ich mich bei allen Kollegen bedanken, welche die einzigartige Atmosphäre geschaffen und die Zeit in St.Gallen unvergesslich gemacht haben. Dazu gehören Dr. Christoph Benninghaus, Dr. Lukas Budde, Paul Buess, Dr. Jakob Ebeling, Dr. Axel Faix, Dr. Maria Fischl, Dr. Maximilian Klein, Dr. Stephan Köhler, Dominik Kohr, Dr. Nikolaus Lembke, Dr. Fabian Liebetrau, Dr. Richard Lützner, Julian Macuvele, Dr. Christian Mänder, Dr. Steffen Mengel, Dr. Uli Schneider und Marian Wenking. Danken möchte ich ebenfalls den beiden Assistentinnen Caroline Ubiato und Manuela Landert sowie den zahlreichen Abschlussarbeitern, wissenschaftlichen Hilfskräften und Praktikanten für die tatkräftige Unterstützung.

Bei den Aachener Kollegen Christian Tönnies und Thorben Ipers bedanke ich mich für die hervorragende Zusammenarbeit im Rahmen des gemeinsamen Konsortialbenchmarkings. Thorben gebührt zudem mein besonderer Dank für die Korrektur dieser Arbeit.

Meinen Kollegen bei der Schuh & Co. danke ich für die herausragende Zusammenarbeit, aber auch für die Schaffung der notwendigen Freiräume zur Fertigstellung dieser Arbeit. Hervorheben möchte ich stellvertretend für das ganze Team Dr. Stephan Krumm, Klaus Schopf, Jan Eilers und Regula Gurzeler.

Herzlich danken möchte ich zudem den zahlreichen Unternehmenspartnern, die ebenfalls einen wertvollen Beitrag zu dieser Arbeit geleistet haben.

Abschliessend möchte ich mich bei meinem privaten Umfeld bedanken. Zunächst bei meiner Familie, die mir meinen akademischen Werdegang ermöglicht und mich auf diesem Weg stets nach Kräften unterstützt hat. Meiner langjährigen Freundin Anna bin ich für ihre Unterstützung, den geduldigen Verzicht auf gemeinsame Stunden sowie den motivierenden Zuspruch zutiefst dankbar.

St.Gallen, im Mai 2019

Daniel Sebastian Rohde

Inhaltsübersicht

KURZZUSAMMENFASSUNG.....	1
SUMMARY.....	2
1 EINLEITUNG	3
1.1 Forschungsinteresse	4
1.2 Forschungsziel	16
1.3 Aufbau der Arbeit	18
2 GRUNDLAGEN UND KENNZEICHNUNG DER AUSGANGSSITUATION .	20
2.1 Begriffsabgrenzungen	20
2.2 Globale Wertschöpfungsarchitekturen.....	31
2.3 Modulare Systemarchitekturen.....	43
2.4 Komplexitätsbewältigung als Kern der Managementaufgabe.....	55
2.5 Strategien des Komplexitätsmanagements	69
2.6 Organisationsarchitekturen und Komplexitätsbewältigung	75
2.7 Kritische Würdigung bestehender Ansätze.....	93
3 FORSCHUNGSKONZEPTION.....	108
3.1 Wissenschaftstheoretische Positionierung	108
3.2 Forschungsfrage	109
3.3 Forschungskonzept	112
3.4 Heuristischer Bezugsrahmen	119
4 EMPIRISCHE UNTERSUCHUNG	122
4.1 Einführung in die Fallstudien	122
4.2 Fallstudie A: Automobil AG.....	128
4.3 Fallstudie B: Anlagenbau AG	134
4.4 Fallstudie C: Elektromotoren AG	142

4.5	Fallstudie D: Automotive Tier-1 AG	148
4.6	Fallstudie E: Automotive Tier-2 AG	153
4.7	Cross-Case Analyse	159
4.8	Literaturabgleich der Fallstudienresultate	165
4.9	Implikationen für die Methodenentwicklung	169
5	EINE METHODE DES GLOBALEN KOMPLEXITÄTSMANAGEMENTS .	171
5.1	Einführung in die Methode	171
5.2	Schritt 1: Analyse und Gestaltung der Identität	173
5.3	Schritt 2: Modellierung der Primäraktivitäten	178
5.4	Schritt 3: Strukturierung der Komplexitätsbewältigung	183
5.5	Schritt 4: Modellierung der Wertschöpfungsarchitektur	192
5.6	Schritt 5: Lenkung des Systems	197
5.7	Zusammenfassung der Methode	204
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	207
6.1	Theoretischer Beitrag	211
6.2	Praktischer Beitrag	213
6.3	Limitationen und Ausblick	214
	LITERATURVERZEICHNIS	216
	ANHANG	241

Inhaltsverzeichnis

KURZZUSAMMENFASSUNG.....	1
SUMMARY.....	2
1 EINLEITUNG	3
1.1 Forschungsinteresse	4
1.1.1 Globalisierung von Produktion und Entwicklung.....	5
1.1.2 Praktische Relevanz des Themas	11
1.1.3 Wissenschaftliche Relevanz des Themas	13
1.2 Forschungsziel	16
1.3 Aufbau der Arbeit	18
2 GRUNDLAGEN UND KENNZEICHNUNG DER AUSGANGSSITUATION .	20
2.1 Begriffsabgrenzungen	20
2.1.1 Komplexität und komplexe Systeme.....	20
2.1.2 Organisation	24
2.1.3 Monolithische vs. polyzentrische Organisationen.....	26
2.1.4 Hierarchisch-autoritäre vs. heterarchisch-partizipative Organisationen.....	26
2.1.5 Systemisches Management	27
2.1.6 Kybernetik	27
2.1.7 Komplexitäts- und Variantenmanagement.....	28
2.1.8 Produktarchitektur	29
2.1.9 Kommunalität	30
2.2 Globale Wertschöpfungsarchitekturen.....	31
2.2.1 Wertschöpfung in Unternehmen.....	31
2.2.2 Wertschöpfung produzierender Unternehmen.....	33
2.2.3 Wertschöpfungsarchitekturen.....	39
2.3 Modulare Systemarchitekturen.....	43

2.3.1	Modulare Wertschöpfungs- und Produktarchitekturen.....	45
2.3.2	Modulare Produktarchitekturen und Organisationsdesign	49
2.3.3	Modulare Produktionsarchitekturen	51
2.4	Komplexitätsbewältigung als Kern der Managementaufgabe	55
2.4.1	Ursachen von Komplexität.....	55
2.4.2	Auswirkungen von (Produkt-)Komplexität.....	58
2.4.3	Komplexitätskosten	60
2.4.4	Herausforderungen der Globalisierung.....	63
2.5	Strategien des Komplexitätsmanagements	69
2.5.1	Umgang mit externer Komplexität	70
2.5.2	Management interner Komplexität.....	71
2.6	Organisationsarchitekturen und Komplexitätsbewältigung	75
2.6.1	Ashby's Law of Requisite Variety	75
2.6.2	Identität und Umwelt von Systemen	75
2.6.3	Komplexitätsbewältigung durch Organisation.....	76
2.6.4	Modell lebensfähiger Systeme	79
2.6.5	Rekursive Systeme: Complexity unfolding	84
2.6.6	Bionik und Kellys Prinzipien der Gestaltung und Entwicklung adaptiver komplexer Systeme	87
2.7	Kritische Würdigung bestehender Ansätze.....	93
2.7.1	Anforderungen an ein integriertes Komplexitätsmanagement	93
2.7.2	Beiträge des integrierten Komplexitätsmanagements	98
2.7.3	Implikationen für das Forschungsvorhaben.....	106
3	FORSCHUNGSKONZEPTION.....	108
3.1	Wissenschaftstheoretische Positionierung	108
3.2	Forschungsfrage	109
3.3	Forschungskonzept	112
3.3.1	Angewandte Fallstudienforschung.....	112

3.3.2	Forschungsprozess	114
3.4	Heuristischer Bezugsrahmen	119
4	EMPIRISCHE UNTERSUCHUNG	122
4.1	Einführung in die Fallstudien	122
4.2	Fallstudie A: Automobil AG.....	128
4.2.1	Komplexitätstreiber des Unternehmens.....	129
4.2.2	Management von Marktkomplexität.....	130
4.2.3	Management von Produktkomplexität	131
4.2.4	Management von Supply Chain und Produktionskomplexität.....	132
4.2.5	Zusammenfassung und Charakterisierung des Ansatzes	133
4.3	Fallstudie B: Anlagenbau AG	134
4.3.1	Komplexitätstreiber der Anlagenbau AG	136
4.3.2	Management von Marktkomplexität.....	137
4.3.3	Management von Produktkomplexität	138
4.3.4	Management von Supply Chain und Produktionskomplexität.....	139
4.3.5	Zusammenfassung und Charakterisierung des Ansatzes	141
4.4	Fallstudie C: Elektromotoren AG	142
4.4.1	Komplexitätstreiber des Unternehmens.....	142
4.4.2	Management von Marktkomplexität.....	143
4.4.3	Management von Produktkomplexität	145
4.4.4	Management von Supply Chain und Produktionskomplexität.....	145
4.4.5	Zusammenfassung und Charakterisierung des Ansatzes	147
4.5	Fallstudie D: Automotive Tier-1 AG	148
4.5.1	Komplexitätstreiber Automotive Tier-1 AG	148
4.5.2	Management von Marktkomplexität.....	149
4.5.3	Management von Produktkomplexität	150
4.5.4	Management von Supply Chain und Produktionskomplexität.....	151
4.5.5	Zusammenfassung und Charakterisierung des Ansatzes	152

4.6	Fallstudie E: Automotive Tier-2 AG	153
4.6.1	Komplexitätstreiber der Automotive Tier-2	153
4.6.2	Management von Marktkomplexität	154
4.6.3	Management von Produktkomplexität	155
4.6.4	Management von Supply Chain und Produktionskomplexität.....	156
4.6.5	Zusammenfassung und Charakterisierung des Ansatzes	158
4.7	Cross-Case Analyse.....	159
4.7.1	Gemeinsamkeiten der Ansätze	160
4.7.2	Unterschiede der Ansätze	161
4.8	Literaturabgleich der Fallstudienresultate	165
4.9	Implikationen für die Methodenentwicklung.....	169
5	EINE METHODE DES GLOBALEN KOMPLEXITÄTSMANAGEMENTS. 171	
5.1	Einführung in die Methode.....	171
5.2	Schritt 1: Analyse und Gestaltung der Identität	173
5.3	Schritt 2: Modellierung der Primäraktivitäten	178
5.4	Schritt 3: Strukturierung der Komplexitätsbewältigung	183
5.5	Schritt 4: Modellierung der Wertschöpfungsarchitektur	192
5.6	Schritt 5: Lenkung des Systems	197
5.7	Zusammenfassung der Methode	204
6	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	207
6.1	Theoretischer Beitrag	211
6.2	Praktischer Beitrag	213
6.3	Limitationen und Ausblick.....	214
	LITERATURVERZEICHNIS.....	216
	ANHANG.....	241

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Globalisierung der Produktion, in Anlehnung an (Jakob und Strube 2008, S. 4)..... 7

Abbildung 2: Modelle der Lokalisierung von F&E (Simon et al. 2008, S. 355)..... 10

Abbildung 3: Entwicklung Publikationen im Komplexitätsmanagement (Vogel und Lasch 2016, S. 14) 14

Abbildung 4: Aufbau der Arbeit 19

Abbildung 5: Komplizierte und komplexe Systeme, in Anlehnung an (Ulrich und Probst 2001, S. 61) 22

Abbildung 6: Strategie der Komplexitätsverstärkung und -dämpfung, in Anlehnung an (Schwaninger 2009a; Espejo und Watt 1988; Schwaninger 2009b; Beer 1985) 23

Abbildung 7: Sichtweisen organisatorischer Zusammenhänge (Gomez und Zimmermann 1999, S. 16)..... 24

Abbildung 8: Bestandteile der Produktarchitektur (Göpfert 1998, S. 75) 29

Abbildung 9: Grundlogik eines Geschäftsmodells, in Anlehnung an (Gassmann et al. 2013, S. 6; Csik 2014, S. 24)..... 31

Abbildung 10: Das erweiterte System Produktion, in Anlehnung an (Westkämper und Löffler 2016, S. 57) 34

Abbildung 11: A holistic view of product family design and development, in Anlehnung an (Jiao et al. 2007, S. 7) 36

Abbildung 12: Extended Integration-Responsiveness Framework (Verbeke und Asmussen 2016, S. 1067) 39

Abbildung 13: Produktarchitekturen in der Automobilindustrie 2022 (Frost & Sullivan 2016, S. 9)..... 41

Abbildung 14: Entwicklung der Forschungsschwerpunkte der Modularisierung (Frandsen 2017, S. 717)..... 44

Abbildung 15: Produktarchitektur, Wertschöpfungsarchitektur und intermediäre Märkte (Bach et al. 2017, S. 109)..... 47

Abbildung 16: Auswirkungen der Produktarchitekturgestaltung auf die Gestaltung der globalen Produktion (Pashaei und Olhager 2017b, S. 364) 48

Abbildung 17: Restriktionen organisatorischer Gestaltung in Abhängigkeit des Produktdesigns (Stüttgen 1999, S. 184).....	50
Abbildung 18: Modulare Strukturierung einer Fahrzeugmontage, in Anlehnung an (Klug 2018, S. 18)	52
Abbildung 19: Grundgedanke der Produkt- und Produktionsbaukastenstrategie der Volkswagen AG (Waltl und Wildemann 2014, S. 203)	54
Abbildung 20: Komplexitätstreiber in der Literatur (Vogel und Lasch 2016, S. 30) .	57
Abbildung 21: Wettbewerbsnachteil durch die Quersubventionierung von Exoten (Schuh 2005, S. 20)	60
Abbildung 22: Kosten-/Nutzen-Wirkung der Variantenvielfalt (Schuh 2005, S. 26; Rathnow 1993, S. 167).....	62
Abbildung 23: Wandlungstreiber des Systems Produktion, in Anlehnung an (Westkämper und Löffler 2016, S. 57).....	66
Abbildung 24: Zusammenhang zwischen interner und externer Komplexität, in Anlehnung an (Größler et al. 2006, S. 257).....	69
Abbildung 25: Komplexitätsmanagement in Organisationen, in Anlehnung an (Espejo und Reyes 2011, S. 69).....	77
Abbildung 26: Variety Engineering (Espejo und Reyes 2011, S. 70).....	78
Abbildung 27: Viable Systems Model, in Anlehnung an (Beer 1985, S. 136).....	81
Abbildung 28: Rekursive Systeme und ihre relevante Umwelt, in Anlehnung an (Espejo und Reyes 2011, S. 96).....	84
Abbildung 29: Das System im Fokus und Perspektiven der Rekursion, in Anlehnung an (Pérez Ríos 2010, S. 1538).....	86
Abbildung 30: Ordnungsrahmen der Komplexitätsbewältigungsstrategien in Unternehmen (Stüttgen 1999, S. 66).....	92
Abbildung 31: Forschung als iterativer Lernprozess, in Anlehnung an (Tomczak 1992, S. 84; Kubicek 1977, S. 14).....	108
Abbildung 32: Forschungsfrage	110
Abbildung 33: Überblick über den Entstehungsprozess einer Fallstudie (Borchardt und Göthlich 2007, S. 44).....	113
Abbildung 34: Bezugsrahmen des globalen Komplexitätsmanagements	120
Abbildung 35: Einführung der Komplexitätskostenrechnung der Anlagenbau AG	135
Abbildung 36: Produktübergreifende Vereinheitlichung der Montage	140

Abbildung 37: Komplexitätsbasierte Klassifizierung von Kundenanfragen	144
Abbildung 38: Verlagerung des Order Penetration Points (OPP) und der Lagerhaltung	146
Abbildung 39: Konfiguration von Prozessmodulen	157
Abbildung 40: Polare Ausprägungen von Wertschöpfungsarchitekturen	164
Abbildung 41: Identity Statement, in Anlehnung an (Espejo und Reyes 2011, S. 124)	174
Abbildung 42: Wertschöpfungsarchitekturen in Unternehmen am Beispiel eines Industrieunternehmens, in Anlehnung an (Bach et al. 2017, S. 102)	179
Abbildung 43: Zusammenhang von Produkt-, Produktions- und Prozessarchitekturen.....	186
Abbildung 44: Schalenmodell des globalen Komplexitätsmanagements, in Anlehnung an (Schuh 2015).....	187
Abbildung 45: Struktur des Volkswagen Konzerns (Volkswagen AG 2018, S. 21)	188
Abbildung 46: Segmente und Modellbeispiele nach Definition der Volkswagen AG, in Anlehnung an (Rudolf 2013, S. 87)	190
Abbildung 47: Struktur des modularen Produktionsbaukastens, in Anlehnung an (Waltl und Wildemann 2014, S. 217).....	191
Abbildung 48: Exemplarische Kategorisierung der Gestaltung und Lenkung komplexer Systeme	201
Abbildung 49: Einordnung ausgewählter Instrumente des Komplexitätsmanagements im Kontext der Methode	204

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Exogene und Endogene Komplexitätstreiber, in Anlehnung an (Varandani 2014, S. 83; Kirchhof 2003, S. 41; Schoeneberg 2014a, S. 17)	58
Tabelle 2: Einzelansätze des Komplexitätsmanagements, in Anlehnung an (Vogel und Lasch 2015, S. 123)	74
Tabelle 3: Vorstellung ausgewählter Ansätze des Komplexitätsmanagements	96
Tabelle 4: Bewertung ausgewählter Ansätze des Komplexitätsmanagements	97
Tabelle 5: Fallstudienübersicht	124
Tabelle 6: Komplexitätstreiber des Unternehmens (Fallstudie A)	130
Tabelle 7: Komplexitätstreiber des Unternehmens (Fallstudie B)	137
Tabelle 8: Komplexitätstreiber des Unternehmens (Fallstudie C)	143
Tabelle 9: Komplexitätstreiber des Unternehmens (Fallstudie D)	149
Tabelle 10: Komplexitätstreiber des Unternehmens (Fallstudie E)	154
Tabelle 11: Komplexitätsmanagement der Fallstudien im Vergleich	162
Tabelle 12: Die fünf Schritte der Methode	172
Tabelle 13: Exemplarische Fragen für die Erarbeitung eines Identity Statements	176
Tabelle 14: Beispiel der Verteilung von Aktivitäten eines Unternehmens	195
Tabelle 15: Managementfunktionen nach VSM im Unternehmen (exemplarisch)	203

Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
ca.	circa
CAD	computer-aided design
CHF	Schweizer Franken
CKD	completely knocked down
engl.	englisch
et al.	et alii
EUR	Euro
EOS	economies of scale
FDI	foreign direct investment
F&E	Forschung und Entwicklung
FTE	full-time equivalent
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
HAT	hierarchisch-autoritärer Typus
Hrsg.	Herausgeber
HSG	Universität St.Gallen
HTP	heterarchisch-partizipativer Typus
IKT	Informations- und Kommunikationstechnik
ITEM	Institut für Technologiemanagement der Universität St.Gallen
KBM	Konsortialbenchmarking
KG	Kommanditgesellschaft

KM	Komplexitätsmanagement
KTI	Kommission für Technologie und Innovation
LKW	Lastkraftwagen
Mgmt	Management
Mio.	Million
MLB	Modularer Längsbaukasten
MNC	multinational corporation
MPB	Modularer Produktionsbaukasten
MQB	Modularer Querbaukasten
Mrd.	Milliarde
OEM	original equipment manufacturer
OPP	order penetration point
PDM	Produktdatenmanagement
PKW	Personenkraftwagen
P&L	profit and loss
SKD	semi knocked down
Stk.	Stück
VSM	viable systems model
WZL	Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen
z. T.	zum Teil

Kurzzusammenfassung

Produzierende Unternehmen sehen sich zunehmend und in vielfältiger Weise mit interner und externer Komplexität konfrontiert, was die Komplexitätsbewältigung zum Kern der Managementaufgabe macht. Die optimale Gestaltung des Leistungsangebots sowie die Konfiguration und Koordination der global vernetzten Wertschöpfung stellen dabei zentrale Herausforderungen des Managements produzierender Unternehmen dar. Die vorliegende Arbeit betrachtet Unternehmen als komplexe Systeme, deren Lenkung auf der Selbstorganisation von Subsystemen und der Selbstregulierung von Prozessen basiert. Auf der Objektebene lassen sich die Prozesse der Wertschöpfung aufgrund ihrer Komplexität nicht im Detail organisieren. Dies bedeutet, dass keine Instanz die notwendige Kapazität aufbauen kann, um die Organisation und Lenkung auf dieser Ebene im Detail durchzuführen. Die einzige Lösung zur Ordnung und Lenkung im System, besteht darin, von einer höheren Ebene aus Regeln und Prinzipien zu gestalten, um die Selbstorganisation und Selbstregulierung auf den darunterliegenden Ebenen zu ermöglichen. Dies zeigt sich in der produzierenden Industrie insbesondere in der Bewältigung von Markt-, Produkt- und Produktionskomplexität. Die Komplexitätsbewältigung eines Unternehmens erfolgt dabei innerhalb einer relevanten Umwelt und richtet sich nach den Systemgrenzen sowie den gewählten Geschäftsmodellen. Im Rahmen der Arbeit werden verschiedene Strategien der Komplexitätsbewältigung vorgestellt und diskutiert. Anhand von fünf Fallstudien werden die Erkenntnisse aus der Theorie mit der Umsetzung in der Praxis abgeglichen. Darauf aufbauend wird eine Methode zur Systemanalyse und -gestaltung vorgestellt, welche in der praktischen Anwendung eine Optimierung der Komplexitätsbewältigung globaler Produktionsunternehmen in fünf Schritten ermöglicht.

Summary

Manufacturing companies are increasingly confronted with internal and external complexity in a variety of ways, making coping with complexity the core of the management task. The optimal design of the range of product offerings as well as the configuration and coordination of the increasingly intertwined value chains represent the central challenges of globally operating companies. The complexity management of a company thus takes place within a relevant environment and depends on the respective business model. This manifests in the manufacturing industry, in particular in the different shape of the respective product offering and value chain architecture. Within the scope of this thesis various strategies of coping with complexity are presented and discussed. Based on five case studies, the theoretical findings are compared with the experience of the industry. A method for system analysis and design is proposed, which takes into account the business model and the environment of the company to optimize the system's ability to cope with complexity.

1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten sind globale Warenströme und ausländische Direktinvestitionen explosionsartig angestiegen, was zu einer zunehmenden Globalisierung der Produktion und Entwicklung geführt hat (Ambrosius 2018). Die Perspektive des Managements produzierender Unternehmen hat sich dabei von einer lokalen bzw. standortorientierten Sicht hin zu einem Management globaler Produktions- und Entwicklungsnetzwerke entwickelt (Cheng et al. 2015). Die internationale Vernetzung von Unternehmensprozessen hat in diesem Kontext weiter zugenommen, wobei eine Zunahme der Komplexität in allen Bereichen produzierender Unternehmen zu beobachten ist (Vogel und Lasch 2016). Die Überlagerung der skizzierten Entwicklungen stellt somit insbesondere global agierende Unternehmen vor die Herausforderungen der globalen Komplexitätsbewältigung. Daher bedarf es eines differenzierten Umgangs mit Komplexität im Unternehmen, wobei unterschiedliche Arten und Ursachen von Komplexität verschiedene Strategien erfordern (Aitken et al. 2016). So ist beispielsweise eine reine Strategie der internen Komplexitätsreduktion oftmals nicht zielführend und die Absorption externer Komplexität oft erfolgsversprechender (Ashmos et al. 2000). Lange Zeit wurde aus der Perspektive adaptiver komplexer Systeme heraus eine eher passive Rolle des Unternehmens unterstellt und die Möglichkeit der Beeinflussung externer Komplexität weitgehend ausgeblendet (Child und Rodrigues 2011). Aktuelle Fragen der synchronen Komplexitätsreduktion und -absorption im Unternehmen ebenso wie die Betrachtung der Komplexität in der Up- und Downstream Supply Chain gemeinsam mit Kunden und Lieferanten weisen in vielen Fällen jedoch grosses Potenzial auf (Aitken et al. 2016). Aktuell findet in Theorie und Praxis eine intensive Auseinandersetzung mit den Ansätzen des integrierten Komplexitätsmanagements statt. Die Betrachtung hat sich von produktfokussierten Ansätzen des Variantenmanagements über die Integration von Produktportfolios und Prozessen hin zu einem integrierten Komplexitätsmanagement entwickelt, welches langfristig orientiert ist und die Wechselwirkungen von Systemen berücksichtigt (Vogel und Lasch 2016). Nachdem die Strategieliteratur in den letzten Jahrzehnten bereits zwischen globaler und lokaler Strategie unterschieden hat, nimmt die Bedeutung der

Betrachtung von Regionen zu (Verbeke und Asmussen 2016). In diesem Kontext entstehen vielschichtige Optimierungsaufgaben im Spannungsfeld zwischen Adaptionsfähigkeit und dem Streben nach Economies of Scale (EOS) (Aljorephani und ElMaraghy 2016). Ein zentrales Konzept der effizienten Bewältigung von Komplexität stellt die Modularisierung dar, welche sich ausgehend von dem Produktarchitekturdesign zunehmend auch in der Gestaltung von Organisationen sowie der Produktion zeigt. In Theorie und Praxis gewinnt die Modularisierung von Produkt- und Produktionssystemen daher zunehmend an Bedeutung (Frandsen 2017). Aktuell wird insbesondere in der unternehmens- und standortübergreifenden Betrachtung die Modularisierung vorangetrieben. Die Automobilindustrie ist in diesem Kontext als Pionier zu betrachten, was sich insbesondere in der globalen Zusammenarbeit in den Supply Chains zeigt (Walzl und Wildemann 2014). Die zahlreichen Abhängigkeiten und Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Produktarchitekturen und globalen Produktions- und Entwicklungsnetzwerken sowie der Supply Chain finden in den neueren Ansätzen (Pashaei und Olhager 2017a, 2017b; Schoeller 2009) Beachtung. Die Koordination der Einzelansätze des Komplexitätsmanagements ist jedoch nach wie vor kaum erforscht (ElMaraghy et al. 2012; Closs et al. 2008; Maurer 2017), was sich auch in der Praxis zeigt. So stellt sich für Unternehmen beispielsweise die Frage, in welchen Bereichen die Strategie der Komplexitätsreduktion und in welchen die der Komplexitätsabsorption gewählt werden sollte. Die Vielzahl an Methoden für die Praxis wird nur selten in den jeweiligen Kontext integriert, weshalb deren Einsatzbereich oftmals unklar bleibt (Aitken et al. 2016).

Gemeinsam mit neun Industriepartnern wurden die oben beschriebenen Punkte im Konsortialbenchmarking „Globales Komplexitätsmanagement“ untersucht, welches die empirische Grundlage des vorliegenden Dissertationsvorhabens bildet.

1.1 Forschungsinteresse

Das grundlegende Forschungsinteresse am Thema „globales Komplexitätsmanagement“ basiert auf der Erkenntnis des Bedarfs der Praxis sowie dem Bestreben, eine Brücke zwischen den Forschungsfeldern „globale Produktion“

und „Komplexitätsmanagement“ am Institut für Technologiemanagement zu bauen. Insgesamt gewinnt das Komplexitätsmanagement als interdisziplinäre Disziplin in Theorie und Praxis zunehmend an Relevanz (Schoeneberg 2014a, S. 25).

Gemäss der St.Galler Tradition steht die ganzheitliche Betrachtung des Systems Unternehmen im Zentrum der Forschung (Ulrich und Probst 2001; Malik 2008; Friedli 2006). Dabei wurde die systemisch-kybernetische Perspektive auf ein Unternehmen insbesondere für produzierende Unternehmen als besonders geeignet identifiziert (Schuh 2005), was in den vergangenen Jahren viel Beachtung erfahren hat und zu der Entwicklung einer Vielzahl von Einzelansätzen geführt hat, welche jedoch für sich genommen jeweils nur einen Teilbereich des Komplexitätsmanagements methodisch unterstützen (Bliss 2000; Maurer 2017). Ein zentraler Aspekt des Forschungsvorhabens besteht daher darin, die etablierten Einzelansätze in einem ganzheitlichen System zu erfassen und die notwendigen Strukturen der (Sub-)Systeme sowie deren Interaktion in produzierenden Unternehmen zu untersuchen. Zentrale Aspekte der Komplexitätsbewältigung sind in der Systemstrukturierung und dem resultierenden Lenkungsverhalten der Subsysteme zu sehen (Malik 2008).

Bereits 1975 stellte Stafford Beer die Bedeutung der Organisation zur Komplexitätsbewältigung in den Mittelpunkt der Betrachtung, welche durch eine drastische Zunahme der Komplexität als aktueller denn je anzusehen ist:

„Complexity is the very stuff of today’s world. The tool for handling complexity is ORGANIZATION” (Beer 1975, S. 15)

Die bislang in der Literatur wenig beachtete komplexitätsorientierte Strukturierung produzierender Unternehmen soll dabei insbesondere im globalen Kontext erfolgen.

1.1.1 Globalisierung von Produktion und Entwicklung

Im letzten Jahrhundert war ein kontinuierlicher Wandel der Wertschöpfungsstrukturen von Unternehmen zu beobachten, welche zunehmend verwoben und komplexere Gestalt annahmen. Im folgenden Abschnitt wird diese

Entwicklung kurz skizziert und die Auswirkungen auf die Komplexitätsbewältigung dargelegt.

In den letzten Dekaden haben sich sowohl die globalen Handelsströme als auch die ausländischen Direktinvestitionen (FDI) stark erhöht, welche die Weltwirtschaft dauerhaft geprägt haben. Das Tempo der Globalisierung hat sich entsprechend dieser Entwicklung weiter beschleunigt und wird weiterhin wachsende Auswirkungen auf das Management und die Organisation in Unternehmen haben (Friedman 2005). Als grösste einzelne FDI in den meisten Ländern nimmt die Fertigung in der theoretischen und praktischen Diskussion seit den 1980er Jahre eine zentrale Bedeutung ein (Ferdows 1997a). In den vergangenen Jahrzehnten haben multinationale Konzerne (MNCs) versucht, ihre geografisch verteilte, aber jeweils standortkonzentrierte, Produktion zu globalisieren, indem sie diese in einem synergetischen Netzwerk koordinieren (Ferdows 1997a, 1997b; Shi und Gregory 1998; Friedli et al. 2013; Abele et al. 2008). Die Produktionsstrategie hat sich dabei von der exportorientierten Versorgung der internationalen Nachfrage aus einer zentralen Fabrik heraus hin zu einer dezentralen Produktion vor Ort entwickelt. Abbildung 1 illustriert die Globalisierung der Produktion anhand von drei charakterisierenden Phasen (Jakob und Strube 2008).

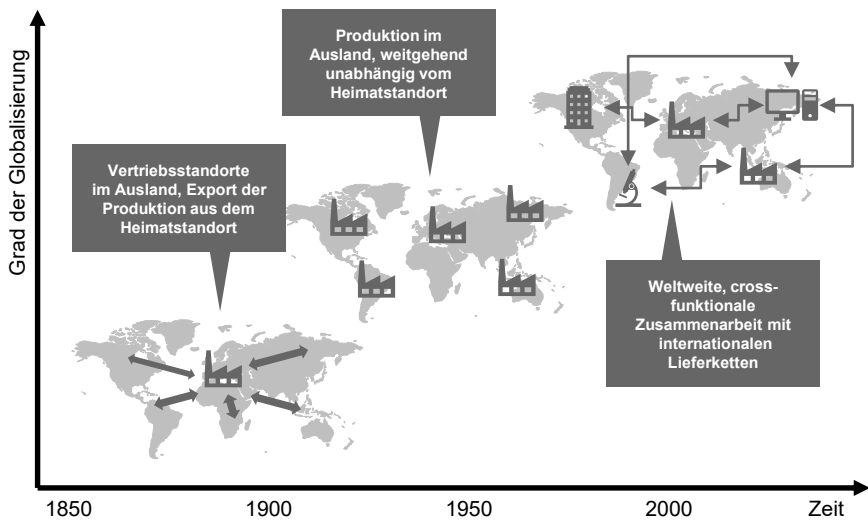


Abbildung 1: Globalisierung der Produktion, in Anlehnung an (Jakob und Strube 2008, S. 4)

Vor 1930: Primär durch Vertriebsstandorte wurde seit ca. 1850 der Transfer von technischen Innovationen über Landesgrenzen hinweg vorangetrieben. Das simultane Aufkommen der Massenmärkte und einhergehender Skaleneffekte resultierten in dem neuen Konzept der Massenproduktion. Das Aufkommen von Kapitalgesellschaften bot mit der Zeit Zugang zu Investitionskapital und eröffnete Unternehmen neue Möglichkeiten der Expansion, was zur Erschließung neuer internationaler Beschaffungs- und Absatzmärkte führte. Die entstandenen Supply Chains waren jedoch aufgrund der Kommunikationstechnologien beschränkt. Informationen liessen sich kaum schneller als Waren transportieren, was zu einer gewissen Autonomie der Auslandsstandorte führte. Der Stammsitz eines Unternehmens war kaum in der Lage, die weiter entfernten Produktionsstandorte zu unterstützen, was den Erfolg der Niederlassungen oft beschränkte. Produktionsnetzwerke im heutigen Sinn waren nicht existent.

1930 bis 1980: Nach dem ersten Weltkrieg und der Weltwirtschaftskrise wuchsen viele Unternehmen schnell und es entwickelten sich weltweit prägende Markennamen wie Coca-Cola, Mercedes und IBM. Geringe Kosten und effektive Kommunikation ermöglichten das Management von Unternehmen mit bislang unerreichter Grösse. Durch organisches Wachstum und Zukäufe formten sich Industriegiganten, die zahlreiche Synergien und Skaleneffekte für sich nutzen konnten. Diese Unternehmen setzten ihre Dominanz in ihren Heimatmärkten ein, um internationale Märkte zu erschliessen. Die Produktion im Stammsitz war nach wie vor nur lose mit internationalen Produktionsstandorten vernetzt. Auslandsstandorte agierten operativ weitgehend unabhängig mit dem Ziel, neue Märkte mittels lokaler Produktion zu erschliessen. Durch ihre Finanzkraft war es den Unternehmen möglich, die Strategien rasch und konsequent umzusetzen. Oftmals wurden zudem Wettbewerber gekauft, um den teuren und langwierigen Prozess des Aufbaus eigener Produktionsstätten zu umgehen.

Seit 1980: Die dritte Phase der Globalisierung begann etwa ab 1980 und lässt sich durch Deregulierung, das Zusammenwachsen der Weltwirtschaft, raschen technischen Fortschritt und sinkende Transaktionskosten charakterisieren. Der Abbau von Handelsbarrieren und der Abschluss von Zoll- und Handelsabkommen sowie Zollunionen führten zu einer deutlichen Erleichterung des internationalen Handels. Die westliche Wirtschaft wurde zunehmend miteinander verflochten. Die Globalisierung erlangte einen starken Stellenwert, welcher bis heute kontinuierlich steigt. Intra- und interorganisationale Unternehmensnetzwerke wuchsen in der Folge rasant und es entstanden globale Märkte. Die Montage nach den Konzepten des Completely Knocked Down (CKD) und Semi Knocked Down (SKD) gewannen an Verbreitung. Die zentrale Produktion von Basiskomponenten ermöglichte Produzenten die Realisierung von Skaleneffekten, während zeitgleich Produkte zunehmend auf lokale Kundenanforderungen hin entwickelt wurden. Unternehmen, welche die Potenziale der neuen Form der Globalisierung erfassten, konnten schnell einen starken Wettbewerbsvorteil schaffen. Globale Unternehmen brachten die internationale Kooperation auf ein neues Level: Kunden nahmen nicht länger nur Waren entgegen, stattdessen wurde die verteilte Projektarbeit zur Normalität. Unternehmensfunktionen wie Forschung und Entwicklung, Produktion, Personal

oder Marketing wurden zunehmend global verteilt. Dabei besteht die Herausforderung nicht darin, Unternehmen und Geschäftsbereiche miteinander zu verbinden, sondern Unternehmensfunktionen am jeweils besten Ort zu positionieren und diese als Netzwerk zu managen. Technologien wie das Internet und die digitale Kommunikation untermauern dies und verbinden die Vorteile lokaler Wissensbasen mit lokalen Faktorkosten entfernter Standorte. Der schnelle Austausch von Informationen und der Zugang zu Wissen führte zum Beginn des Aufbaus globaler Wissensnetzwerke.

Die globale Produktion wiederum gilt als einer der zentralen Treiber für die Dezentralisierung von Forschung und Entwicklung (F&E) (Blanc und Sierra 1999). Im vergangenen Jahrzehnt hat die Globalisierung der F&E eine bemerkenswerte Zunahme erfahren, was eine geografische Streuung der innovativen Aktivitäten multinationaler Unternehmen (MNEs) zur Folge hat (Dunning und Lundan 2009). Aufgrund vieler systemischer Verknüpfungen zwischen Produktion und F&E über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes hinweg steht jedes Unternehmen mit globaler Produktionsstruktur vor der Frage, wie die F&E integriert werden kann (Simon et al. 2008). Die F&E von Unternehmen, welche oftmals in den entwickelten Ländern ansässig ist, ist nicht so globalisiert wie die Produktion. Die Motivation für die Wahl eines F&E-Standorts ist nicht notwendigerweise von denselben Grundsätzen geprägt, die die Produktionsstandorte eines Unternehmens bestimmen. Obwohl Faktorkosten und Marktnähe eine Rolle spielen, sind der Zugang zu qualifizierten Ingenieuren und Nähe zu relevantem Wissen oft die Haupttreiber (Cheng et al. 2015). Infolgedessen stimmt die globale F&E-Struktur eines Unternehmens möglicherweise nicht mit der Struktur überein, die von der globalen Produktion angestrebt wird. Dementsprechend werden globale Produktion und F&E oftmals unabhängig diskutiert, was den komplexen Wechselwirkungen zwischen Produktions- und F&E-Netzwerken jedoch nicht gerecht wird (Cheng et al. 2015; Simon et al. 2008). Aktuelle Trends deuten darauf hin, dass die Hochlohnländer weiterhin hohe Anziehungskraft für F&E-Standorte aufweisen werden. Dies ist vor allem auf die etablierten Wissenscluster für bestimmte Branchen mit ihrer hohen Dichte an privaten und öffentlichen Forschungsaktivitäten in Kombination mit

gewachsenen Netzwerken von Lieferanten, Kunden, Wettbewerbern und Kapitalgebern zurückzuführen (Simon et al. 2008).

Die geografische Distanz zwischen Produktion und F&E hat zur Folge, dass das Management der Schnittstelle kontinuierlich an Bedeutung gewinnt. Dabei zeigt sich, dass eine Kollokation insbesondere bei komplexen Produkten vorteilhaft ist (Simon et al. 2008). Abhängig von den örtlichen Produkthanforderungen und standortspezifischen Fertigungstechniken sind Konstellationen von der blossen Unterstützung der Produktion bis zum schrittweisen Transfer der gesamten F&E möglich. Abbildung 2 zeigt fünf Modelle der Lokalisierung von F&E und deren Schnittstellen, welche eine signifikante Charakterisierung der globalen Wertschöpfungsarchitektur von Unternehmen darstellt. Die Aktivitäten und Schnittstellen der Standorte als Subsysteme eines globalen Produktionsunternehmens resultieren in unterschiedlichen Prozessen und Anforderungen an deren Management (Bach et al. 2017).

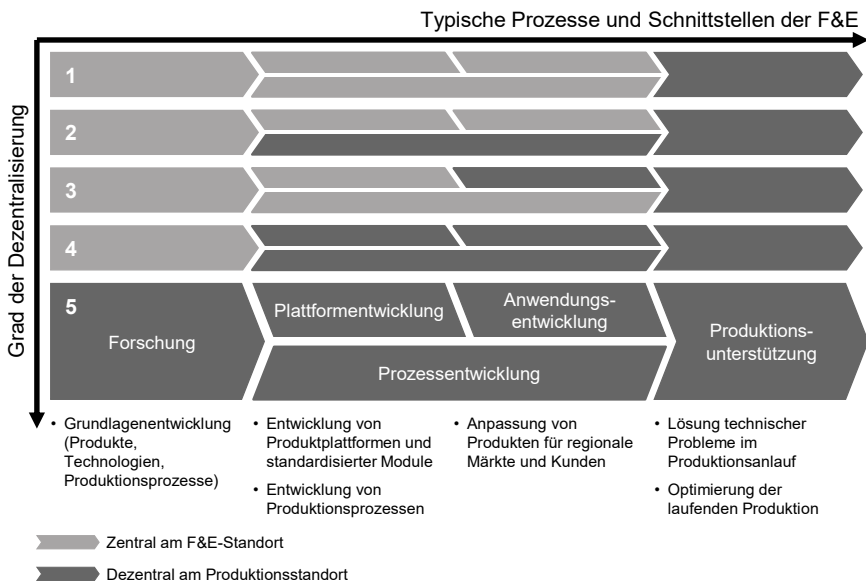


Abbildung 2: Modelle der Lokalisierung von F&E (Simon et al. 2008, S. 355)

Aufgrund der zahlreichen Schnittstellen und Vernetzungsgrade der Produktion und F&E sollte keine isolierte Betrachtung der Netzwerke stattfinden (Simon et al. 2008). Die Globalisierung von F&E und Produktion sowie das Management der Netzwerke sollte weiterhin nicht nur den lokalen Managern überlassen werden und relevante Entscheidungen sollten nicht zu verschiedenen Zeitpunkten und von verschiedenen Personen auf unterschiedlichen organisatorischen Ebenen konzipiert werden (Colotla et al. 2003). Für die Einhaltung adäquater Entscheidungen müssen alle relevanten Faktoren Berücksichtigung finden (z.B. Merkmale von Produkten, Prozessen und Standortfähigkeiten). Die Organisation muss als Ganzes optimiert und Entwicklungen kontinuierlich geprüft werden. In diesem Zusammenhang sollten mögliche Veränderungen, deren Implikationen und Interaktionen bestmöglich antizipiert und das Gesamtsystem proaktiv angepasst werden (Cheng et al. 2015).

1.1.2 Praktische Relevanz des Themas

Im Jahr 2017 haben grenzüberschreitende Handels-, Kapital-, Informations- und Personenströme signifikant zugelegt. Die Vernetzung der Welt hat ein neues Rekordhoch erreicht und Europa hat sich als Region der höchsten globalen Verflechtung bestätigt (Altman et al. 2019). Die Komplexität der Weltwirtschaft nimmt dabei seit Jahren kontinuierlich zu, was durch vielfältige Treiber wie eine steigende Zahl Akteure, wachsende Märkte, steigende Informationsverfügbarkeit, zunehmende Vernetzung von Akteuren, komplexer werdende Supply Chains, eine steigende Produktvielfalt und dynamische Produktionsprozesse hervorgerufen wird (Arpe et al. 2012). Die Entwicklung der Weltwirtschaft wird geprägt durch die Entscheidungen und Handlungen der involvierten Akteure (Einzelpersonen, Gruppen, Institutionen) durch Veränderungen am System (Arpe 2012). Der Fortschritt der Vernetzung und Globalisierung wird dabei heutzutage in vielen Fällen von Managern überschätzt, während der bestehende Handlungsbedarf unterschätzt wird (Ghemawat und Altman 2019; Ghemawat 2003). Entgegen häufiger Annahmen lassen sich bislang in vielen Fällen keine einheitlich globalen Märkte feststellen (Schlegelmilch 2016), sondern bei genauerer Betrachtung vielmehr zahlreiche Hürden zwischen Ländergrenzen identifizieren. Die Vernetzung

der Weltwirtschaft wird nach wie vor durch geografische Distanzen und Unterschiede zwischen Ländern eingeschränkt (Altman et al. 2019). Die Herausforderung der Globalisierung ist somit keinesfalls abgeschlossen, sondern nach wie vor hochaktuell. Angesichts dessen ist das institutionalisierte Management von Komplexität heutzutage ein entscheidender Faktor für den nachhaltigen Unternehmenserfolg. Obwohl dem Komplexitätsmanagement in Theorie und Praxis bereits seit vielen Jahren hohe Aufmerksamkeit geschenkt wird, sind produzierende Unternehmen mehr denn je mit der Herausforderung der globalen Komplexitätsbewältigung gefordert (Schoeneberg 2014a). In der Praxis produzierender Unternehmen zeigt sich die Wirkung von steigender Komplexität insbesondere in einer Ausweitung der zu steuernden und zu koordinierenden Prozesse im Unternehmen (Lasch und Gießmann 2009). Zahlreiche Initiativen der Praxis haben die Komplexitätsbeherrschung oder -reduktion zum Ziel. In vielen Unternehmen geht dabei eine Zunahme der Varianz des Leistungsspektrums, welches dem Kunden offeriert wird, in Kombination mit Strategien zur Beherrschung der Markt-, Produkt- und Produktionskomplexität einher. Dies zeigt sich insbesondere in der Automobilindustrie in einer verstärkten Produkt- und Prozessmodularisierung in einem globalen Produktionsumfeld (Buiga 2012; Waltl und Wildemann 2014). Vielen Unternehmen ist trotz einer Vielzahl von Einzelinitiativen nicht bewusst, welche Effekte aus einer nicht optimalen Komplexität resultieren (Schuh und Riesener 2017). Organisationen sind dabei nicht in der Lage, den Einfluss externer Komplexitätstreiber einzudämmen und schaffen durch organisatorische Defizite intern zusätzliche, ungewollte Komplexität aufgrund unzureichender Prozess- und Systemgestaltung (Closs et al. 2008). Wird die Komplexität im Unternehmen nicht beherrscht, führt dies zu Ineffizienz und Instabilität der Prozesse (Lasch und Gießmann 2009).

In den letzten Jahren haben sich diese Eindrücke in einer Vielzahl von Beratungs- und Forschungsprojekten sowie im Austausch mit Praxisvertretern bestätigt. Das Komplexitätsmanagement zeigt einen Trend hin zur integrierten Betrachtung, wobei die synchrone Bearbeitung von Komplexität der globalen Wertschöpfung angestrebt wird. Dem Streben der Praxis nach Erkenntnisgewinn in diesem Bereich wurde mit der Konzeption und Durchführung des Konsortialbenchmarks (KBM) „globales

Komplexitätsmanagement“ Rechnung getragen. Das Projekt wurde vom Institut für Technologiemanagement der Universität St.Gallen (ITEM) in Kooperation mit dem Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen (WZL) sowie der Complexity Management Academy initiiert. Gemeinsam mit neun Industriepartnern wurden Fragen an die Praxis definiert und eine umfassende Studie durchgeführt, welche der vorliegenden Arbeit als empirische Basis dient. Das zentrale Ziel des KBMs bestand darin, über quantitative und qualitative Erhebungen „Successful Practices“ zu ermitteln und erfolgreiche Ansätze sowie Methoden des Komplexitätsmanagements produzierender Unternehmen zu erfassen. Das Projekt folgte der Methodik des Konsortialbenchmarkings des TECTEM Benchmarking Centers (Schweikert 2000).

Die praktische Relevanz des Themas wird sowohl aufgrund theoretischer Überlegungen als auch basierend auf der Resonanz des Konsortialbenchmarkings im Folgenden als gegeben betrachtet.

1.1.3 Wissenschaftliche Relevanz des Themas

In den letzten Jahren zeigt sich ein deutlicher Zuwachs der Publikationen im Komplexitätsmanagement (Vogel und Lasch 2016). Abbildung 3 illustriert die Entwicklung der Publikationen auf Deutsch und Englisch von 1991 bis 2015, wobei in den letzten Jahren insbesondere eine Zunahme der Publikationen der englischsprachigen Beiträge wahrgenommen wird.

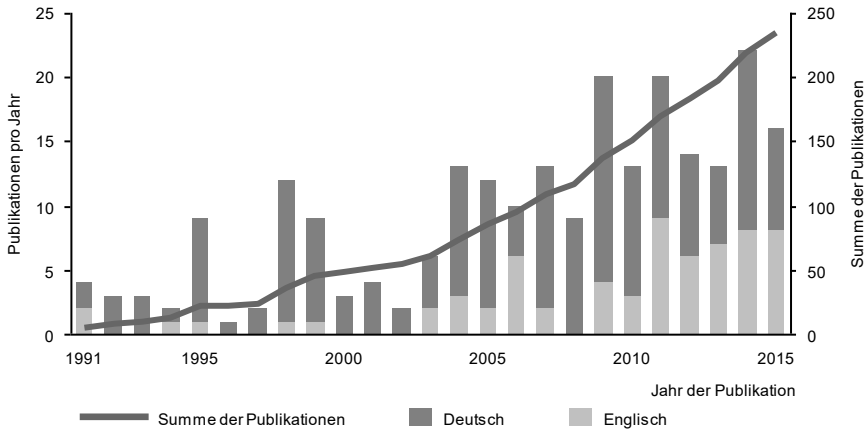


Abbildung 3: Entwicklung Publikationen im Komplexitätsmanagement (Vogel und Lasch 2016, S. 14)

In der Literatur werden in der Diskussion allgemeine Betrachtungen von Unternehmen vorgenommen, welche als adaptive komplexe Systeme im Ganzen verstanden werden (Maurer 2017). Dabei wird weithin anerkannt, dass sich Unternehmen ihrer Umwelt anpassen müssen, um überlebensfähig zu bleiben, und Unternehmen somit komplexitätsgerecht gestaltet werden müssen (Espejo und Reyes 2011; Beer 1985). Die Zunahme der Komplexität der relevanten Umwelt produzierender Unternehmen wird in der Forschung weitgehend anerkannt (Schoeneberg 2014b). Das Komplexitätsmanagement lässt diesbezüglich zwei Forschungsströme erkennen. Kirchhof (2003) ordnet zum einen die eher technisch geprägten Ansätze dem „mechanischen Paradigma“ von Produktkomplexität (Hoffmann 2017; Simpson et al. 2014) und zum anderen die systemisch/kybernetisch geprägten Ansätze einem „systemisch-evolutionären Paradigma“, welche oftmals aus der Systemtheorie und Kybernetik stammen, zu (Maurer 2017). Aus einer (eher) technischen Perspektive heraus wurde daher eine Vielzahl sehr spezifischer Methoden für die (interne) Komplexitätsreduktion und -absorption vorgestellt, welche jedoch nicht im Kontext diskutiert werden, sodass deren Anwendungsbereiche oftmals unklar bleiben (Aitken et al. 2016). Häufig wird in dieser Betrachtung die aktive Gestaltungsmöglichkeit der relevanten Umwelt der

Unternehmen (bzw. des jeweiligen Subsystems im Fokus) nur unzureichend berücksichtigt (Child und Rodrigues 2011). Die systemtheoretische Erforschung globaler Produktions- und Entwicklungsnetzwerke hat in den letzten Jahren an Bedeutung gewonnen (Friedli et al. 2013; Thomas 2015). Forschungsbedarf besteht jedoch insbesondere an der Schnittstelle der Netzwerkperspektiven und der Integration verschiedener Ansätze. Gerade eine integrale Betrachtung der Globalisierung von Produktion und Entwicklung findet in der Diskussion bislang kaum statt (Cheng et al. 2015). Die Untersuchung der integrierten Komplexitätsbewältigung produzierender Unternehmen unter Berücksichtigung der relevanten Umwelt ist demnach durch eine hohe Aktualität und wissenschaftliche Relevanz gekennzeichnet.

1.2 Forschungsziel

Die Zielsetzung der vorliegenden Dissertation liegt in der theoretischen und praktischen Relevanz des Themas begründet. Die theoretischen Ansätze der Komplexitätsbewältigung gelten in der Praxis häufig als schwer anwendbar, weshalb Manager eine mangelnde Unterstützung durch theoretische Arbeiten bemängeln (Pérez Ríos 2010). Diese Arbeit gliedert sich in die Forschung des Komplexitätsmanagements produzierender Unternehmen ein und integriert daher bestehende Erkenntnisse der Theorie unter durchgängiger Berücksichtigung der praktischen Anwendbarkeit in produzierenden Unternehmen. Das angestrebte Ergebnis des Forschungsprozesses wird im Folgenden kurz skizziert. Im Rahmen dieser Arbeit soll ein ganzheitlicher Ansatz der Komplexitätsbewältigung (Kirchhof 2003) aufgezeigt werden, welcher insbesondere die Identität sowie das relevante Umfeld des Systems im Fokus berücksichtigt (Espejo und Reyes 2011; Pérez Ríos 2010). In diesem Kontext wird Organisation als Ordnungsmuster zur Bewältigung von Komplexität verstanden (Gomez und Zimmermann 1999). Dabei spielt die Umwelt des Unternehmens eine bedeutende Rolle, denn die „Kräfteverhältnisse“ von Akteuren sowie deren Beeinflussbarkeit werden in der Theorie oftmals vernachlässigt (Child und Rodrigues 2011) und sollen hier Berücksichtigung finden. Im Kontext produzierender Unternehmen stellt die Gestalt von Branchenarchitekturen den Ausgangspunkt für die Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur des Unternehmens dar (Bach et al. 2017). Für die Erbringung der gesamten Wertschöpfung in Sinne einer Transformation innerhalb der Branche basiert die Arbeitsteilung in der Stückgüterindustrie häufig auf der Gestaltung von Produktarchitekturen, welche die „Regeln des Zusammenwirkens“ verschiedener Standorte und Unternehmen in der Wertschöpfungsarchitektur bestimmen (Baldwin und Clark 2000; Baldwin et al. 2014; Fixson 2005). Mittels der Klärung der Identität des Unternehmens wird bereits festgelegt, an welchen Stellen sich das Unternehmen von seiner Umwelt abgrenzt, welche Aktivitäten innerhalb der Systemgrenzen stattfinden und welche externe Komplexität für das Unternehmen relevant ist (Espejo und Reyes 2011). Aus der Vielfalt der intern erbrachten Leistungen resultiert eine interne Komplexität, welche unter Einsatz von Methoden des Komplexitäts- und Variantenmanagements gering gehalten werden

kann (ElMaraghy und ElMaraghy 2014; ElMaraghy et al. 2013). Die Auswirkungen der (Produkt-)Komplexität zeigen sich in nahezu allen Bereichen des Unternehmens und erzeugen Aufwände, die in Komplexitätskosten münden und explizit ausgewiesen werden sollten (Bayer 2010). Mittels einer ganzheitlichen Betrachtung der internen Wertschöpfungsarchitektur können Synergien erschlossen und die am Markt angebotene Vielfalt kosteneffizient erbracht werden (Jiao et al. 2007; Simpson et al. 2014). Ein charakterisierendes Element der zu entwickelnden Methode stellt die notwendige Integration von „technischen“, historisch oftmals aus der Entwicklung heraus getriebenen Ansätzen (Sanchez 1996; Göpfert 1998), und „organisatorischen“ Aspekten dar, welche die ganzheitliche Komplexitätsbewältigung von Organisationen mittels Methoden der Kybernetik ermöglicht (Espejo und Reyes 2011; Malik 2015).

1.3 Aufbau der Arbeit

Im folgenden Abschnitt werden der Aufbau der Arbeit sowie die Inhalte der einzelnen Kapitel dargelegt, um dem Leser einen Überblick über das Gesamtdokument zu bieten:

Kapitel 1 bildet die Einleitung in die Arbeit. Das Forschungsinteresse sowie die Zielsetzung werden offengelegt.

Kapitel 2 erläutert die zugrundeliegenden Begrifflichkeiten und stellt die Ausgangssituation dar. Grundlegende Konzepte sowie Definitionen werden diskutiert und die Abgrenzung zu bestehenden Arbeiten wird vorgenommen.

Kapitel 3 beinhaltet die wissenschaftliche Grundpositionierung und die Forschungsfrage der Arbeit. Darauf aufbauend wird das Vorgehen zur Beantwortung der Forschungsfragen dargestellt sowie ein Bezugsrahmen des globalen Komplexitätsmanagements vorgestellt.

Kapitel 4 beschreibt die empirische Untersuchung, es erfolgt eine kritische Reflexion des aus der theoretischen Analyse gewonnenen Realitätsbildes. Anhand von fünf Fallstudien werden in der Unternehmenspraxis etablierte Methoden untersucht und das theoretische Vorverständnis ergänzt.

Kapitel 5 stellt die entwickelte Methode des globalen Komplexitätsmanagements vor. Es werden die Erkenntnisse der vorherigen Analysen aus Theorie und Praxis vereint.

Kapitel 6 fasst die vorliegende Arbeit zusammen und diskutiert Implikationen für Forschung und Praxis. Es wird weiterführender Forschungsbedarf aufgezeigt und ein Ausblick gegeben.

Abbildung 4 liefert eine Übersicht des Aufbaus der vorliegenden Arbeit.

Kapitel 1: Einleitung				
1.1 Forschungsinteresse		1.2 Forschungsziel		1.3 Aufbau der Arbeit
Kapitel 2: Grundlagen und Kennzeichnung der Ausgangssituation				
2.1 Begriffsabgrenzungen		2.2 Globale Wertschöpfungsarchitekturen		2.3 Modulare Systemarchitekturen
2.4 Komplexitätsbewältigung als Kern der Managementaufgabe		2.5 Strategien des Komplexitätsmanagements		2.6 Organisationsarchitekturen und Komplexitätsbewältigung
2.7 Kritische Würdigung bestehender Ansätze des integrierten Komplexitätsmanagements				
Kapitel 3: Forschungskonzeption				
3.1 Wissenschaftstheoretische Positionierung		3.2 Forschungsfrage		3.3 Forschungskonzept
3.4 Heuristischer Bezugsrahmen				
Kapitel 4: Empirische Untersuchung				
4.1 Einführung in die Fallstudien				
4.2 Fallstudie A Automobil AG		4.3 Fallstudie B Anlagenbau AG		4.4 Fallstudie C Elektromotoren AG
				4.5 Fallstudie D Automotive Tier-1 AG
				4.6 Fallstudie E Automotive Tier-2 AG
4.7 Cross-Case Analyse		4.8 Literaturabgleich der Fallstudienresultate		4.9 Implikationen für die Methodenentwicklung
Kapitel 5: Eine Methode des globalen Komplexitätsmanagements				
5.1 Einführung in die Methode				
5.2 Analyse und Gestaltung der Identität		5.3 Modellierung der Primäraktivitäten		5.4 Strukturierung der Komplexitätsbewältigung
				5.5 Modellierung der Wertschöpfungsarchitektur
				5.6 Lenkung des Systems
5.7 Zusammenfassung der Methode				
Kapitel 6: Zusammenfassung und Ausblick				
6.1 Theoretischer Beitrag		6.2 Praktischer Beitrag		6.3 Limitationen und Ausblick

Abbildung 4: Aufbau der Arbeit

2 Grundlagen und Kennzeichnung der Ausgangssituation

Dieses Kapitel dient zunächst der Diskussion und Abgrenzung grundlegender Begriffe des Komplexitätsmanagements. Nachfolgend werden die Ursachen und Folgen von Komplexität in produzierenden Unternehmen dargelegt und die Komplexitätsbewältigung als zentrale Managementaufgabe beleuchtet.

2.1 Begriffsabgrenzungen

2.1.1 Komplexität und komplexe Systeme

In dieser Arbeit werden Unternehmen als evolvierende komplexe Systeme verstanden, wobei das Unternehmen aus einer Vielzahl von unabhängigen, miteinander interagierenden Agenten besteht (Friedli 2006). Das Verhalten des Systems ist dabei nicht durch einen einzelnen Teil des Systems verursacht, sondern durch das Zusammenwirken der verbundenen Teile, welches erst in integrierter Betrachtung ein bestimmtes erkennbares Verhalten aufzeigt (Ulrich und Probst 2001) und somit zur Definition des Systembegriffs nach Ulrich und Probst führt:

„*Ein System* ist ein dynamisches Ganzes, das als solches bestimmte Eigenschaften und Verhaltensweisen besitzt. Es besteht aus Teilen, die so miteinander verknüpft sind, dass kein Teil unabhängig von anderen Teilen und das Verhalten des Ganzen beeinflusst wird vom Zusammenwirken aller Teile.“ (Ulrich und Probst 2001, S. 34)

Die Komplexitätswissenschaft basiert auf den Erkenntnissen einer Vielzahl von Wissenschaftsdisziplinen, welche unterschiedliche Perspektiven einnehmen und den Begriff der Komplexität unterschiedlich interpretieren. Zur Anwendung der Konzepte des Komplexitätsmanagements, bedarf es daher einer klaren Begriffsabgrenzung, um einer unangemessenen oder unreflektierten Nutzung des Begriffs vorzubeugen (Bandte 2007; Stüttgen 1999). Stüttgen beleuchtet verschiedene Sichtweisen, die zum Verständnis des Begriffs der Komplexität im Sinne einer anwendungsorientierten Managementlehre auf Basis zweckgerichteter

sozialer Systeme über eine Analyse der Merkmale von Komplexität bzw. komplexer Systeme beitragen (Stüttgen 1999):

1. Komplexität bezeichnet einen Gegenbegriff zur Einfachheit, welcher den Bereich des oberen Endes einer kontinuierlichen Skala kennzeichnet.
2. Der Grad der Komplexität lässt sich anhand von zwei möglichen Massstäben festmachen:
 - a. Die Varietät, also die Anzahl möglicher Zustände, welche ein System in einem gegebenen Zeitraum einnehmen kann,
 - b. die Länge einer Beschreibung, welche zur Erfassung des Systems erforderlich ist.
3. Typologisch lassen sich komplexe Systeme von einfachen und komplizierten Systemen abgrenzen:
 - a. Einfache Systeme bestehen aus wenigen, kaum miteinander verknüpften Elementen.
 - b. Komplizierte Systeme weisen viele, relativ stark vernetzte Elemente auf, wobei die Struktur eine relativ geringe Dynamik aufweist.
 - c. Komplexe Systeme verfügen über viele stark verknüpfte Elemente, die in ihrer Interaktion und Beziehung eine starke Veränderung aufweisen. Diese Systeme weisen eine hohe Eigendynamik sowie ständig wechselnde Muster und Konstellationen auf.
4. Komplexe Systeme zeigen in bestimmten Bereichen ein kohärentes, regelgeleitetes Verhalten, dabei zeigt sich Kohärenz des Systemverhaltens in der Ausbildung bestimmter allgemeiner Muster.
5. Die Komplexität eines Systems ist keine objektiv gegebene Eigenschaft, sondern vielmehr ein Produkt
 - a. der Beziehung des Beobachters zum System,

- b. des Auflösungsgrades sowie der Sprache, welche ein Beobachter zur Erfassung des Systems einsetzt.

Ulrich und Probst stellen die Eigendynamik komplexer Systeme in den Vordergrund. Im Gegensatz zu trivialen Systemen lassen sich bei komplexen Systemen keine genauen Vorhersagen über das Verhalten treffen. Dabei lässt sich das System nicht mit einer unveränderlichen Funktion f beschreiben, sondern unterliegt einer Eigendynamik, weshalb auf denselben Input zu verschiedenen Zeiten unterschiedliche Reaktionen folgen. Aufgrund des Ursache-Wirkungs-Denkens entsteht für den Betrachter häufig der Eindruck eines „irrationalen“ Systemverhaltens. (Ulrich und Probst 2001)

Abbildung 5 zeigt den Zusammenhang von komplizierten und komplexen Systemen.

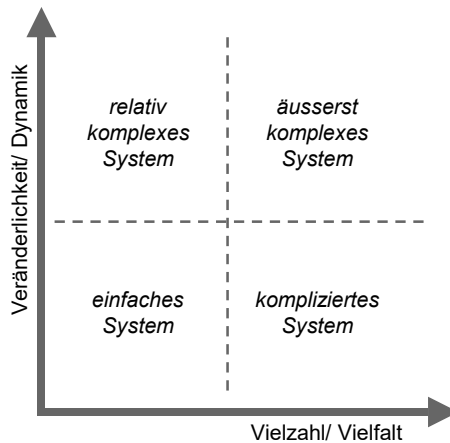


Abbildung 5: Komplizierte und komplexe Systeme, in Anlehnung an (Ulrich und Probst 2001, S. 61)

Es bestehen zahlreiche Ansätze die Komplexität eines Systems mittels Messgrößen zu quantifizieren, um eine Vergleichbarkeit von Systemen zu ermöglichen (Budde 2016). Die Messung der Komplexität eines Systems nimmt durch die Anwendung eines Messmodells eine Fragmentierung vor und transformiert in der Betrachtung die Komplexität in Kompliziertheit (Tarride 2013). Demnach lässt sich schliessen,

dass das Vorhaben der Messung von Komplexität in der Messung von Kompliziertheit mündet: „any system susceptible of being measured, predictable by some agreed model, should be considered as complicated, and therefore the measurements made of it should be referred to as measures of complication and not of complexity” (Tarride 2013, S. 183).

Komplexe adaptive Systeme interagieren in vielfältiger Form mit ihrer Umwelt (Ulrich und Probst 2001). Es bestehen zwei Möglichkeiten, um das Gleichgewicht zwischen zwei Systemen herzustellen. Neben der Erhöhung (amplification) der Eigenvarietät (V_o) besteht die Möglichkeit, eine Dämpfung (attenuation) der externen Varietät (der Umwelt, V_u) vorzunehmen (Beer 1985). Abbildung 6 zeigt die Kombination von Erhöhung und Dämpfung, was Beer (Beer 1979) mit dem Begriff „Variety Engineering“ beschreibt. Die Erhöhung zielt auf eine Vergrößerung der Freiheitsgrade eines Systems ab, während die Dämpfung auf die Entdeckung und das Design von Begrenzungen der Umwelt abzielt (Schwaninger 2009a).

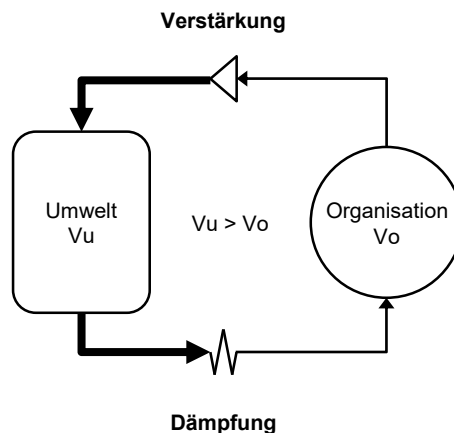


Abbildung 6: Strategie der Komplexitätsverstärkung und -dämpfung, in Anlehnung an (Schwaninger 2009a; Espejo und Watt 1988; Schwaninger 2009b; Beer 1985)

Es lassen sich als Mittel zur Erhöhung und Dämpfung von Komplexität je zwei grundlegende Strategien in einem System unterscheiden. Eine Option stellt die Reduktion oder Erhöhung der Anzahl der Elemente von interagierenden Systemen dar. Die Alternative besteht in der Änderung der Menge potentieller Verhaltensweisen der Komponenten des Systems. (Schwaninger 2009a)

2.1.2 Organisation

Für den Begriff Organisation existiert eine Vielzahl unterschiedlicher Verwendungsweisen und Definitionen. In der vorliegenden Untersuchung wird zwischen dem instrumentalen, dem institutionalen und dem funktionalen Organisationsbegriff unterschieden, da diese drei Sichtweisen das Denken über organisatorische Zusammenhänge prägen (Gomez 1990; Gomez und Zimmermann 1999):



Abbildung 7: Sichtweisen organisatorischer Zusammenhänge (Gomez und Zimmermann 1999, S. 16)

1. *Der instrumentale Organisationsbegriff* dominiert insbesondere im deutschsprachigen Raum. Diese Sichtweise schreibt der Organisation die Aufgabe der effizienten Führung von Unternehmen zu. Dabei wird die Organisation als künstliches System mit einer Gesamtheit an formalisierten Regelungen betrachtet. Die Perspektive ist oftmals in der betriebswirtschaftlichen Strukturlehre wiederzufinden. Die Organisationsgestaltung stellt die Suche nach einem idealen Mix an Regeln dar, welche die Organisation die Funktion als Führungsinstrument im technisch-konstruktivistischen Sinne erfüllen lassen.
2. *Der institutionale Organisationsbegriff* ist allgemeiner ausgerichtet als die instrumentale Sichtweise. Eine Organisation wird als zielgerichtetes soziales Gebilde verstanden und rückt die Erschaffung sozialer Wirklichkeiten in den Fokus. Organisationen lassen sich hier als kollektive Denk- und Handlungssysteme auffassen. Diese Sichtweise findet sich insbesondere im angloamerikanischen Raum wieder, wesentliche Beiträge stammen zudem aus der Soziologie.
3. *Der funktionale Organisationsbegriff* entstammt der Systemtheorie und Kybernetik. Die funktionale Sichtweise sieht Organisationen als Ordnungsmuster zur Komplexitätsbewältigung, welche sich durch eine Prozess- und Gestaltungsorientierung auszeichnen.

Gomez und Zimmermann definieren den funktionalen Organisationsbegriff folgendermassen:

„*Organisation* wird verstanden als *Ordnungsmuster zur Bewältigung von Komplexität*. Ausgehend von der Feststellung, dass Unternehmen intern wie in Bezug auf ihre Umwelt in hohem Masse vernetzt sind und mit der herkömmlichen linearen Denkweise nicht im Detail erfasst und gestaltet werden können, wird nach Gesetzmässigkeiten und Ordnungsmustern gesucht, die das Erkennen von Lenkungszusammenhängen und damit die organisatorische Gestaltung ermöglichen.“ (Gomez und Zimmermann 1999, S. 18–19)

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung steht das funktionale Organisationsverständnis im Vordergrund. Im Rahmen der Praxisbeispiele wird der Organisationsbegriff gelegentlich im instrumentalen Sinne verwendet, dies wird dem Leser im Kontext jedoch ersichtlich gemacht.

2.1.3 Monolithische vs. polyzentrische Organisationen

Weist eine Organisation monolithische Strukturen auf, werden Entscheidungen auf einer möglichst hohen Ebene zentral getroffen, was zu einer starken Fokussierung auf das Topmanagement führt. Diese Strukturen finden sich oftmals in kleinen und personenorientierten Organisationen. Monolithische Strukturen stossen im Rahmen von Wachstum häufig an ihre Grenzen, da die Konzentration der Entscheidungsmacht zu einer Überlastung des Topmanagements führt. (Gomez und Zimmermann 1999)

Die polyzentrische Organisation ist durch die Verlagerung der Entscheidungskompetenz auf die niedrigstmögliche Ebene gekennzeichnet. Insbesondere bei zunehmender Komplexität verspricht man sich dadurch eine grössere Flexibilität sowie einen Zeitgewinn. Eine individuelle Ausgestaltung der „Fronteinheiten“ kann schneller auf den Markt reagieren, da nicht auf zentrale Entscheidungen gewartet werden muss. Mittels dezentraler, polyzentrischer Strukturen werden dezentrale Entscheidungen gefördert. Polyzentrische Strukturen erfordern höchstmögliche Sachkompetenz sowie Befugnisse auf niedrigen Ebenen. (Gomez und Zimmermann 1999)

2.1.4 Hierarchisch-autoritäre vs. heterarchisch-partizipative Organisationen

Schwaninger unterscheidet Organisationen anhand von zwei Idealtypen, dem hierarchisch-autoritären Typus (HAT) und dem heterarchisch-partizipativen Typus (HTP), wobei die Typen jeweils strukturelle und kulturelle Aspekte umfassen. Hierarchische Strukturen sind durch von einem Zentrum ausgehende monologische Befehle gekennzeichnet. Heterarchische Strukturen wiederum können viele Zentren haben, die aufgrund stark ausgeprägter Partizipation und Ermächtigung

(„Empowerment“) verschiedener Organisationseinheiten Führungsfunktionen in bestimmten Aspekten für die Gesamtorganisation einnehmen können. HAT beinhalten extrinsische Kontrolle und wenig Autonomie, während HPT auf allen Ebenen Autonomie, Selbstbestimmung, Selbstlenkung und Selbstkontrolle aufweisen. (Schwaninger 2016)

2.1.5 Systemisches Management

Das Forschungsvorhaben nimmt eine systemorientierte Perspektive auf Umwelt, Organisation und Management ein. Systemorientierte Forschungsstränge, welche einer konstruktivistischen Epistemologie folgen, nennt man systemisch (Rüegg-Stürm und Grand 2015; Grand et al. 2015).

Systemisches Management umfasst die Planung struktureller Anpassungen, um das Überleben des gesamten Systems zu gewährleisten. Dabei müssen neue Interpretationen und Geschäftsszenarien formuliert werden, um eine adäquate Positionierung in der relevanten Umwelt einnehmen zu können sowie (falls notwendig) um Organisationsstrukturen neu zu definieren. Dieses adaptive und proaktive Verhalten sollte auf konzeptionellen Säulen der Systemtheorie basieren, um eine nachhaltige und dauerhafte Leistung der Organisation zu ermöglichen. (Mele et al. 2010)

2.1.6 Kybernetik

Die Erforschung komplexer Systeme beruft sich in vielen Fällen auf die Erkenntnisse der Kybernetik, welche auf die Wissenschaft der Lenkung und Kommunikation im Lebewesen und in der Maschine (Wiener 1952) zurückgeht, mittlerweile als Begriff jedoch für die „Wissenschaft der Regelung bzw. Lenkung von Systemen“ steht und somit mit der Systemtheorie eng verknüpft ist (Stüttgen 1999). Kybernetik steht seit der Einführung des Begriffs für die Integration interdisziplinärer Erkenntnisse, welche eine Schnittmenge aus Mathematik, Physik, Wirtschaftswissenschaften, Soziologie, Psychologie und der Biologie darstellt (Maurer 2017). Die interdisziplinäre Integration wurde durch ein hohes Level an Abstraktion ermöglicht, das sich für alle Disziplinen als nützlich erweist. Die

Kybernetik bietet eine Vielzahl von Konzepten sowie eine spezielle Sprache, um komplexe Systeme zu beschreiben und zu gestalten (Ashby 1958; Beer 1966). Die Ansätze der Kybernetik haben sich insbesondere als geeignet für den Umgang mit komplexen sozialen Systemen gezeigt; Stafford Beer bezeichnet sie gar als die Wissenschaft der effektiven Organisation (Beer 1985, 1994).

2.1.7 Komplexitäts- und Variantenmanagement

Komplexitätsmanagement

Organisationen, welche sich mit dem „Fit“ zwischen interner und externer Komplexität und somit der Optimierung von Komplexität befassen, betreiben *Variety Engineering* (Beer 1979). In diesem Kontext wird unter dem Begriff *Management* in erster Linie die *Komplexitätsbewältigung* verstanden (Bleicher et al. 1990), welche zur Wortverbindung *Komplexitätsmanagement* führt (Schuh 2005). Dabei umfasst dies die Vermeidung von Komplexität sowie die wirtschaftliche Beherrschung von Komplexität, was mittels Strukturgestaltung geschehen kann:

„*Komplexitätsmanagement* umfasst die *Gestaltung, Steuerung und Entwicklung der Vielfalt des Leistungsspektrums* (Produkte, Prozesse und Ressourcen) im Unternehmen. Durch die Verstärkung und Dämpfung der Komplexität wird die Fähigkeit angestrebt, die Vielfalt in allen Wertschöpfungsstufen so zu beherrschen, dass ein maximaler Beitrag zum Kundennutzen bei gleichzeitig hoher Wirtschaftlichkeit des Leistungserstellers erzielt werden kann.“ (Schuh 2005, S. 36)

Variantenmanagement

Das Management von Produktvielfalt, welche häufig durch Diversifikation hervorgerufen wird, ist Bestandteil des Variantenmanagements. Dabei stehen Produkte und Produktsegmente im Zentrum der Betrachtung. Die Bereitstellung von Produkten für bestimmte Zielgruppen sowie die Optimierung der Marktabdeckung mittels Produkt- und Programmgestaltung sowie -strukturierung sind die Hauptaufgabe des Variantenmanagements. Im Gegensatz dazu liegt die Aufgabe des

Komplexitätsmanagements in der Bewältigung der Komplexität des Gesamtsystems. (Schuh 2005)

Schuh definiert Variantenmanagement dementsprechend wie folgt:

„Variantenmanagement umfasst die *Entwicklung, Gestaltung und Strukturierung von Produkten und Dienstleistungen bzw. Produktsortimenten* im Unternehmen. Dadurch wird angestrebt, die vom Produkt ausgehende Komplexität (Anzahl Teile, Komponenten, Varianten usw.) wie auch die auf das Produkt einwirkende Komplexität (Marktdiversifikation, Produktionsabläufe usw.) mittels geeigneter Instrumente zu bewältigen.“ (Schuh 2005, S. 37)

2.1.8 Produktarchitektur

Unter einer Produktarchitektur versteht man ein Regelsystem, welches die Funktionen eines Produktes den physischen Komponenten zuordnet. Nach Ulrich (1995) definiert sich eine Produktarchitektur mittels drei charakterisierender Merkmale: Die Anordnung der funktionalen Elemente, die Zuordnung funktionaler Elemente zu physischen Komponenten und die Definition von Schnittstellen. Göpfert (1998) gliedert die Produktarchitektur auf dieser Basis in eine Funktions- und Baustruktur sowie die Transformation der beiden Strukturen (Abbildung 8).

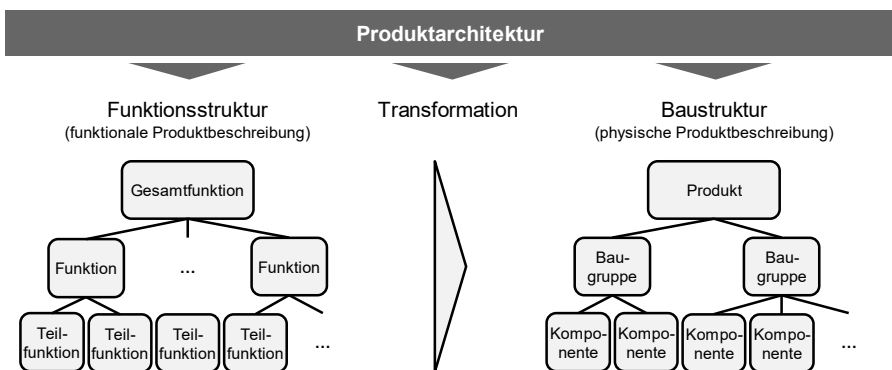


Abbildung 8: Bestandteile der Produktarchitektur (Göpfert 1998, S. 75)

Die Funktionsstruktur stellt hierbei eine hierarchische Dekomposition der Funktionen eines Produktes und die Baustruktur die physische Zusammensetzung des Produktes dar. Ziel dieser Dekomposition und der späteren Rekombination ist die Identifikation der zweckmässigsten Produktarchitektur, wobei im Rahmen des Gestaltungsprozesses häufig in iterativer Form nach Skalen- und Synergieeffekten gesucht wird (Göpfert 1998).

2.1.9 Kommunalität

Im Komplexitätsmanagement wird zur Komplexitätsreduktion oftmals eine möglichst hohe Kommunalität zur Erzielung von Skalen- und Verbundeffekten sowie Adaptionspotenzialen, angestrebt. Es lassen sich verschiedene Formen von Kommunalitäten unterscheiden: Produkt-, Technologie- und Designkommunalität, welche mit entsprechenden Plattformen realisiert werden. Zudem lassen sich Kommunalitäten nach dem Einsatzzeitpunkt anhand von Produktgenerationen einordnen. Werden Kommunalitäten innerhalb einer Produktgeneration erzielt, werden diese simultan genannt. Kommunalitäten über Produktgenerationen hinweg nennt man temporal. In einer weltweiten Betrachtung lassen sich Kommunalitäten in verschiedenen Ebenen betrachten. Die Verwendung von Varianten lässt sich ebenso auf verschiedenen Ebenen betrachten, hierzu lassen sich Intra- und Inter-Marken-Kommunalitäten unterscheiden. Weiterhin kann geografisch zwischen lokalen, internationalen, regionalen und globalen Kommunalitäten unterschieden werden. Um die Realisierung dieser Potenziale sicherzustellen, müssen Unternehmen Verbindlichkeit deklarieren, Verfügbarkeit sicherstellen und den Informationsaustausch organisieren. (Schoeller 2009)

2.2 Globale Wertschöpfungsarchitekturen

2.2.1 Wertschöpfung in Unternehmen

Als primäres Ziel eines Unternehmens wird das Streben nach Gewinn bzw. Rendite verstanden, was nur möglich ist, wenn auf der Kundenseite ein Bedarf besteht, welcher mit einer Leistung (Output) bedient werden kann, bei dem der (wahrgenommene) Nutzen die zur Erbringung eingesetzten Ressourcen übersteigt (Bach et al. 2017). Die grundlegende Funktionsweise eines Unternehmens, Gewinne zu erwirtschaften, lässt sich durch ein Geschäftsmodell beschreiben, welches sich in die Dimensionen Nutzenversprechen, Ertragsmechanik und Wertschöpfungskette gliedern lässt (Gassmann et al. 2013). Die Grundlogik eines Geschäftsmodells und der damit verbundenen Fragestellungen sind nachfolgend in Abbildung 9 dargestellt.

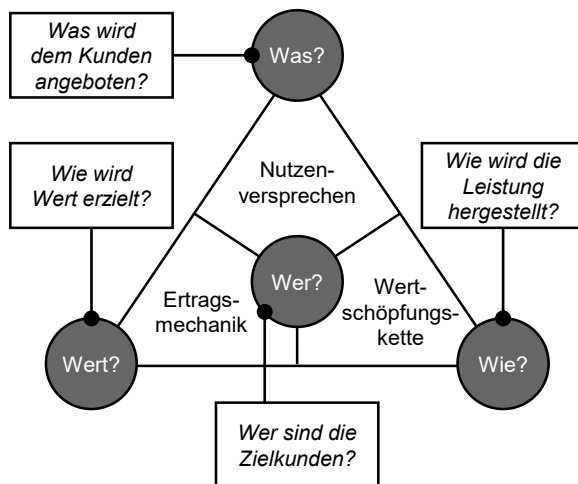


Abbildung 9: Grundlogik eines Geschäftsmodells, in Anlehnung an (Gassmann et al. 2013, S. 6; Csik 2014, S. 24)

Im folgenden Abschnitt soll insbesondere der Aspekt der Wertschöpfungskette intensiver beleuchtet werden. Unter Wertschöpfung versteht man das „Schaffen von Mehrwert durch Transformation (Produktion, Handel und/oder Dienstleistung)“.

Diese Wertschöpfung beschreibt die Eigenleistung eines betrachteten Wirtschaftssubjekts (Bach et al. 2017) und stellt ein zwingendes Ziel jeder unternehmerischen Tätigkeit dar (Gutenberg 1983).

Für die effektive und effiziente Erbringung von Leistungserstellungsprozessen wird die Gesamtwertschöpfung eines Unternehmens in einzelne Wertschöpfungsaktivitäten gegliedert (Porter 1980), was zu einer Arbeitsteilung im Unternehmen führt. So werden durch den Einkauf beispielsweise die notwendigen externen Leistungen und Ressourcen als Input für nachgelagerte Wertschöpfungsaktivitäten verfügbar gemacht. Der eigentliche Transformationsprozess von den Input- zu Outputgrößen findet im Anschluss in der Produktion statt. An dieser Stelle wird der externen Vorleistung ein Mehrwert hinzugefügt, welcher eine Wertsteigerung bei der Transformation zum Output darstellt. Porter unterscheidet zwischen direkten und indirekten Wertschöpfungsaktivitäten (Porter 1980). Direkte Wertschöpfungsaktivitäten werden auch als primäre oder operative Wertschöpfungsaktivitäten bezeichnet. Daneben stellen die indirekten Wertschöpfungsaktivitäten solche Aktivitäten dar, die primäre Wertschöpfungsaktivitäten unterstützen. Dabei ist ein Unternehmen als offenes sozio-technisches System mit Zielen, Anspruchsgruppen und Wertschöpfungsaktivitäten anzusehen (Ulrich und Probst 2001). Es bestehen während der Wertschöpfungsprozesse zahlreiche Schnittstellen mit der Umwelt, was sich beispielsweise in der Kooperation mit Zulieferern und Lieferanten oder der Integration von Vorleistungen in die Wertschöpfungsprozesse zeigt. Grundsätzlich gilt, dass alle Teilaktivitäten der Wertschöpfung sowohl intern als auch extern erbracht werden können, was zu einer unternehmerischen Entscheidung über die Grenzen des Unternehmens hinausführt. Für sämtliche Wertschöpfungsaktivitäten stehen die Optionen der Eigenerstellung, der Fremderstellung sowie der Kooperation zur Wahl (Bach et al. 2017). Dies führt folglich neben der internen auch zu einer externen Aufteilung der Wertschöpfung zwischen Unternehmen.

2.2.2 Wertschöpfung produzierender Unternehmen

In westlichen Ökonomien nimmt die industrielle Produktion traditionell einen hohen Anteil der erbrachten Wertschöpfung ein. Unter industrieller Produktion versteht man in dieser Betrachtung sämtliche Transformationsprozesse, in denen aus natürlichen Ressourcen höherwertige Produkte für die Nachfrage von Haushalten und Industriebetrieben hergestellt werden. Das System Produktion umfasst dabei die gesamte Leistungserstellung bis zum Lebensende von Produkten und alle beteiligten Partner im Umfeld (Westkämper und Löffler 2016). Die Produktionswirtschaft fokussiert in diesem Sinne die Produktion als Prozess einer Objekttransformation mit dem Ziel der Leistungserbringung, rein räumliche oder zeitliche Veränderungen eines Objektes wie Transport, Lagerung oder Sortierung stellen logistische Prozesse dar, die Produktion im engeren Sinne hingegen umfasst stets auch qualitative Veränderungen durch eine Nutzenerhöhung des Inputobjekts (Dyckhoff und Spengler 2010). Die Infrastruktur von Produktionssystemen wird beschrieben durch Subsysteme, wie z.B. Werke, Anlagen oder Arbeitsplätze (Friedli et al. 2013). Mittels Fokussierung auf eine Auswahl der Beziehungen von Subsystemen werden Teilsysteme wie Materialfluss- oder Informationssysteme (Dyckhoff und Spengler 2010) definiert. Somit erfolgen Transformationsprozesse in produzierenden Unternehmen in Subsystemen und auf unterschiedlichen Ebenen, welche selbst wiederum komplexe Strukturen aufweisen können und gemeinsam ein Produktionssystem aufspannen (Schuh und Schmidt 2014). Um eine nachhaltige Optimierung der industriellen Wertschöpfung zu erzielen, muss heutzutage eine ganzheitliche Perspektive eingenommen werden (Schuh und Riesener 2017; Schwenk-Willi 2001). Dabei sollten Potenziale in sämtlichen Phasen des Produktlebenszyklus erfasst und genutzt werden, um Verschwendung zu minimieren. Da partielle Optimierungen nicht mit einer Verbesserung des Gesamtsystems einhergehen müssen, sollte eine Perspektive unter Berücksichtigung der verketteten Subsysteme eingenommen werden. Tatsächliche Synergieeffekte zeigen sich also häufig erst im Verbund aller Beteiligten aus einer übergeordneten Perspektive heraus. Dabei bilden in produzierenden Unternehmen die Netzwerke in der Produktentstehung, der Fabrikaurüstung und dem Fabrikbetrieb das Bindeglied der Kooperation (Westkämper und Löffler 2016). So erzielen Innovationen nicht nur

lokal ihre erhoffte Wirkung, sondern beeinflussen unter Umständen ganze Prozessketten vorteilhaft. Westkämper und Löffler (2016) zeigen die Produktion als erweitertes System (Abbildung 10), welches sich über den ganzen Produktlebenszyklus und ein mögliches Netzwerk von Standorten hinweg erstreckt:

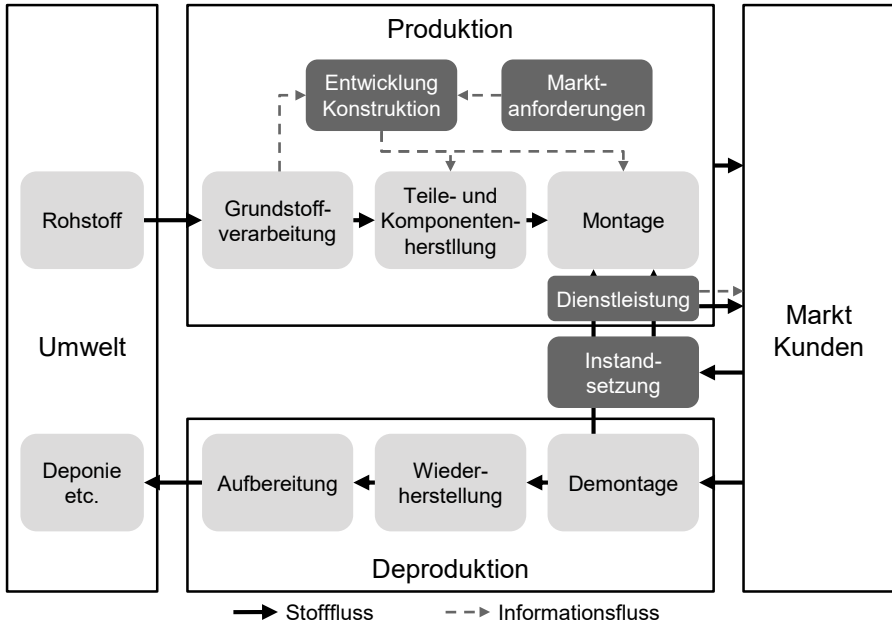


Abbildung 10: Das erweiterte System Produktion, in Anlehnung an (Westkämper und Löffler 2016, S. 57)

Das erweiterte Verständnis des Systems Produktion ermöglicht den Einbezug strategischer, konzeptioneller und struktureller Veränderungen in den Optionsraum der Systemoptimierung. Auswirkungen dynamischer Einflussfaktoren lassen sich so besser beherrschen und zur Effizienzsteigerung verwenden. Produzierende Unternehmen verfolgen in diesem Kontext mit Markt-, Entwicklungs- und Produktionszielen üblicherweise drei Zieldimensionen. Dementsprechend beinhaltet die Unternehmensstrategie drei Bereichsstrategien, welche sich an den Kernprozessen produzierender Unternehmen orientieren (Westkämper und Löffler 2016):

- Produktentwicklungsstrategie
- Produktionsstrategie
- Vertriebs- und Marketingstrategie

In diesem Kontext stellen die Bedienung von Kunden und deren Anforderungen an Produkte und Systeme sowie die Gewinnung von Marktsegmenten und -anteilen die Marktziele dar. Die Entwicklung zielt auf effiziente Entwicklungsprozesse, kurze Entwicklungszeiten sowie die Entwicklungsqualität ab. Der Output der Entwicklung ist als Input erfolgskritisch für die Produktion, welche wiederum primär die Zielsetzung einer hohen Produktivität in Prozessen und Abläufen sowie hoher Flexibilität und Qualität verfolgt.

In der jüngeren Vergangenheit wird vermehrt die globale Vernetzung von bislang als getrennt betrachteten Bereichen der Weltwirtschaft anerkannt, die grenz- und industrieübergreifend zu einer allgemeinen Zunahme der Komplexität der Umwelt führte (Amann et al. 2011). Aufgrund zunehmend dynamischer Kundenanforderungen sowie eines Wechsels von Massenproduktion zu kundenindividueller Fertigung setzen Unternehmen vermehrt auf modulare Produktplattformen, welche sich im Vergleich zu integralen Produktstrukturen durch geringere Produktionskosten und eine höhere Kundenzufriedenheit aufgrund der Abdeckung individueller Anforderungen auszeichnen sollen (Aljorephani und ElMaraghy 2016). Die Produktgestaltung hat sich dabei als zentraler Hebel herausgestellt, um die Kostenwirkung in nachgelagerten Bereichen nachhaltig zu beeinflussen. Die Entwicklung von modularisierten Produktarchitekturen sowie Produktplattformen haben sich in der Folge als geeignete Möglichkeiten erwiesen, Synergieeffekte zu ermöglichen. Ein ganzheitliches Design von Produktfamilien muss daher die Überführung von Kundenbedürfnissen in funktionale Anforderungen leisten (Produktdefinition) und die Übertragung von funktionalen Anforderungen in Designparameter vornehmen (Produktdesign), welche in Fertigungs- und Montageprozesse sowie Logistikprozessen münden (Prozess- und Supply Chain-Design) (Jiao et al. 2007). Abbildung 11 illustriert die zusammenhängenden Systeme aus einer ganzheitlichen Perspektive.

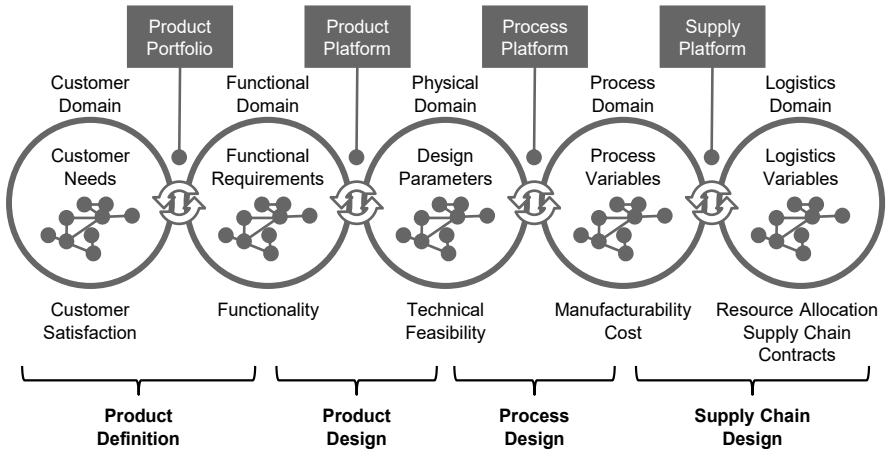


Abbildung 11: A holistic view of product family design and development, in Anlehnung an (Jiao et al. 2007, S. 7)

Für den nachhaltigen Erfolg am Markt genügt es nicht, die Betrachtung auf die eigene Organisation zu konzentrieren, sondern es bedarf einer gemeinsamen Optimierung mit Lieferanten und Kunden (Wilding 1998). Die Lieferantenauswahl gewinnt dann an Bedeutung, wenn diese in die Produktentwicklung eingebunden werden sollen. Bei der Auswahl sollten neben den Kompetenzen des Unternehmens auch kulturelle Aspekte Berücksichtigung finden. Sind geeignete Lieferanten gefunden und werden diese in den Prozess eingebunden, sind ein besseres Produktdesign sowie finanzielle Vorteile zu erwarten (Petersen et al. 2005).

Die funktionalen Subsysteme globaler Produktionsunternehmen und deren Supply Chains agieren im Spannungsfeld globaler und lokaler Integration sowie lokaler Reaktionsfähigkeit (Schlegelmilch 2016). Für verschiedene Subsysteme des Unternehmens ist daher zu entscheiden, ob globale Standardisierung und damit verbundene Skaleneffekte oder lokale Adaption angestrebt werden (Verbeke und Asmussen 2016). Das „Integration-National Response“-Modell dient dabei häufig zur grenzübergreifenden Orchestrierung von Ressourcen unter Berücksichtigung geografischer Transaktionskosten, des Managements externer Geschäftspartner

sowie der strategischen Ausrichtung des eigenen Netzwerks. Dabei kann der potenzielle Nutzen der Integration in drei Arten beschrieben werden (Rugman und Verbeke 1992): Skaleneffekte durch Bündelung spezifischer Aktivitäten an einem Standort, Wirtschaftlichkeitsausweitung (durch grenzüberschreitende Nutzung von Ressourcen, insbesondere Wissens- und Governance-Ressourcen wie ein zentrales Accounting und IKT-Ressourcen) und die Ausnutzung nationaler Unterschiede. Der Druck globaler Integration wird durch zunehmende, wechselseitige Abhängigkeiten zwischen den Ländern untereinander hervorgerufen. Dazu gehören unter anderem solche Skaleneffekte, die eine Standardisierung und Koordinierung der internationalen Aktivitäten des Unternehmens erfordern, um globale Kosteneffizienz zu erzielen. Der Druck auf die nationale Reaktionsfähigkeit wird dagegen durch die unterschiedlichen Präferenzen der einzelnen Länder, staatliche Regulierung, Kultur, Institutionen und andere externe Parameter bestimmt. Sie implizieren, dass die Anpassung der Aktivitäten des multinationalen Unternehmens an die jeweilige Landesumgebung Vorteile mit sich bringen kann, darunter beispielsweise eine höhere Nachfrage und die Möglichkeit, höhere Preise für die Produkte des multinationalen Unternehmens zu verlangen. Mithilfe des Integration-Responsiveness-Frameworks ist beispielsweise abzuleiten, wie multinationale Unternehmen reagieren sollten, wenn der Integrationsdruck hoch und der Reaktionsdruck niedrig ist. In diesem Fall sollten sie einen globalen Ansatz mit geografisch konzentrierten Wertschöpfungskettenaktivitäten, standardisierten Produkten und Prozessen verfolgen. So sollten globale Funktionen in der Zentrale verortet sein, was zu Skaleneffekten führt. Zum Beispiel wird das iPhone in allen Ländern im Wesentlichen mit der gleichen Spezifikation hergestellt und verkauft, wodurch Apple erhebliche Einsparungen bei Forschung und Entwicklung, Beschaffung und Produktion erzielen kann. (Verbeke und Asmussen 2016)

Diese vorangegangene Argumentation kann ausgehend von den Wertkettenfunktionen weiter heruntergebrochen werden auf einzelne Aufgaben, welche jeweils eine individuelle Integration-Responsiveness-Spannung aufweisen (Bartlett und Ghoshal 1987). So sind das Marketing, die Produktion oder die Forschung jeweils konkurrierenden Zielen ausgesetzt, was sich z.B. im Spannungsfeld der Koordinierung einer globalen Marke unter Berücksichtigung

kultureller Unterschiede zeigt (Takeuchi und Porter 1993). In diesem Zusammenhang lässt sich jedoch die Frage, wie sich die multinationalen Unternehmen einem Szenario nähern sollten, in dem die Branche gleichzeitig Druck auf hohe Integration und Reaktionsfähigkeit ausübt, nicht eindeutig beantworten. Zum Teil entsteht diese Mehrdeutigkeit, weil die Substanz globaler gegenüber multinationaler Strategien in gewissem Masse widersprüchlich ist und daher die transnationale Strategie nicht einfach eine Summe der beiden Normstrategien sein kann. Das oben genannte Spannungsfeld wird zum Teil über die Einführung der Region als „Zwischenstufe“ zwischen lokaler und globaler Strategie aufgelöst, welche sich in das Integration-Responsiveness-Framework integrieren lässt. Verbeke und Asmussen beobachten, dass beim Integrationsdruck, aber auch beim Reaktionsdruck, unabhängig von deren Quelle, zunehmend die regionale Ebene an Bedeutung gewinnt (Verbeke und Asmussen 2016). Sie beobachten beispielsweise regionale Standards, welche mit dem Ziel der Reduktion technischer Handelshemmnisse innerhalb von Regionen eingeführt werden (Brenton et al. 2001). Diese Förderung von regionalen Binnenmärkten über Waren, Dienstleistungen und Arbeitskräfte kann zur Folge haben, dass die Kundennachfrage innerhalb der Region homogener wird als darüber hinaus (Rugman und Verbeke 2005).

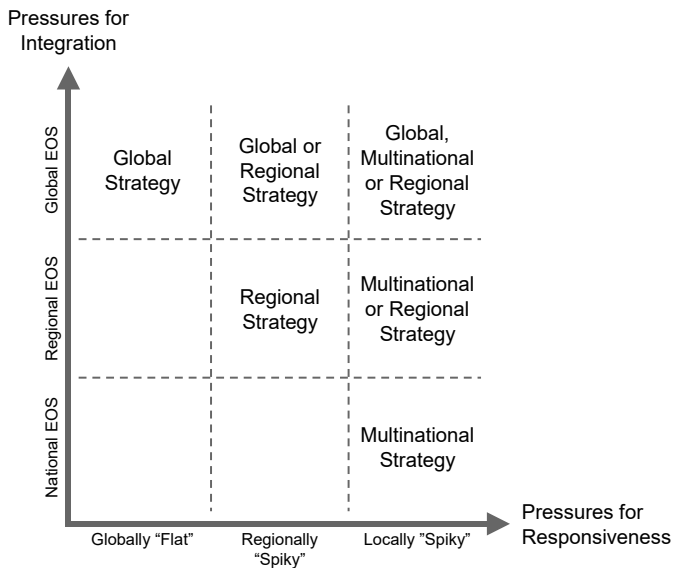


Abbildung 12: Extended Integration-Responsiveness Framework (Verbeke und Asmussen 2016, S. 1067)

Die Schaffung von regionalen Lieferketten kann dazu dienen, eine kritische Masse zu erzeugen, um die eigene Verhandlungsmacht zu stärken, während Transport- und Koordinierungskosten durch die Einsparung eines geografisch verstreuten Beschaffungsnetzes gering gehalten werden (Verbeke und Asmussen 2016). Die Schaffung einer transnationalen Organisation kann Unternehmen dazu dienen, die Komplexität, welche dem zunehmend internationalen Umfeld geschuldet ist, effektiver zu bewältigen (Bartlett und Ghoshal 1987).

2.2.3 Wertschöpfungsarchitekturen

Unternehmen müssen strategisch entscheiden, welche Aktivitäten von ihnen selbst und welche extern erbracht werden sollen. Entscheidungen über den Bezug von Leistungen vom Markt bzw. eigene oder kooperative Erbringung geben die Grenzen des Unternehmens und der eigenen Wertschöpfungsaktivität sowie deren

Schnittstellen vor. Dem Unternehmen stellen sich somit die Aufgaben der Gestaltung der unternehmensinternen Wertschöpfung sowie der Gestaltung von Schnittstellen zu anderen Unternehmen, wodurch eine Wertschöpfungsarchitektur definiert wird. Der Begriff der Wertschöpfungsarchitektur legt den Fokus auf die Schnittstellengestaltung sowie die verschiedenen Perspektiven darauf (Sanchez 2008; Heuskel 1999). Bach et al. (2017) definieren den Begriff als System aufeinander abgestimmter Wertschöpfungsaktivitäten zur Stiftung eines Kundennutzens:

„Die Wertschöpfungsarchitektur kennzeichnet die sachlogischen Beziehungen zwischen den zur Nutzenstiftung notwendigen Aktivitäten, d. h. zum einen die Dekomposition einer Gesamtwertschöpfung in Einzelaktivitäten und zum anderen die zur Wertschöpfung notwendige Abstimmung über Schnittstellen.“ (Bach et al. 2017, S. 101)

Wertschöpfungsarchitekturen finden sich sowohl innerhalb einer Branche (Branchenarchitektur), als auch in der unterschiedlichen Positionierung von Unternehmen innerhalb einer Branche (Wertschöpfungsarchitektur eines Unternehmens), was sich in der jeweiligen Schnittstellennutzung sowie in der Zusammenarbeit zeigt. Jedes Unternehmen ist Bestandteil einer oder mehrerer Branchen. Eine Branche ist die Gesamtheit aller Unternehmen, welche gemeinsam oder im Wettbewerb Leistungen erbringen, die aus Kundenperspektive substituierbar sind (Porter 1980). Die Aufteilung von Wertschöpfungsaktivitäten innerhalb einer Branche ist für Unternehmen von zentraler Bedeutung, denn die für die Leistungserstellung erforderlichen Aktivitäten und deren Architektur stellen einen Entscheidungsrahmen für die Gestaltung der Wertschöpfungsarchitekturen dar. Die Branchenarchitektur ist nicht als statisch anzusehen, sondern unterliegt einem permanenten Wandel, welcher beispielsweise durch neue Technologien, gesetzliche oder regulatorische Vorgaben beschleunigt werden kann. (Bach et al. 2017)

Obwohl vereinzelt Fälle bekannt sind, in denen Unternehmen durch die Entwicklung von integralen Produktarchitekturen und der entsprechenden

Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur Wettbewerbsvorteile erlangten (Fixson und Park 2008), ist der Trend zur branchenübergreifenden Modularisierung von Produktarchitekturen ungebrochen (Frandsen 2017). Bekannte und anschauliche Beispiele stammen aus der PC- und Automobilindustrie, in denen modulare Produktdesigns dominieren und die Standard-Branchenarchitektur geprägt haben (Baldwin und Clark 1997, 2000; Ro et al. 2007). Doran und Hill identifizieren dabei die Automobilindustrie als Vorreiter, welche sich bereits seit langer Zeit damit auseinandersetzt (Doran und Hill 2009). Die Automobilindustrie setzt bereits flächendeckend auf modulare Produktarchitekturen und wird deren Einsatz weiter ausweiten (Frost & Sullivan 2016). Dabei werden die Architekturen oftmals fahrzeug- und markenübergreifend eingesetzt, um Synergieeffekte zu erzielen und den Grad der Kommunalität zu erhöhen (Schoeller 2009).

Abbildung 13 zeigt einen Überblick der geplanten Nutzung von Fahrzeugarchitekturen, wobei ersichtlich wird, dass Unternehmen verschiedene Produktarchitekturen einsetzen und sich die Anzahl Modelle je Architektur stark unterscheiden (Frost & Sullivan 2016).

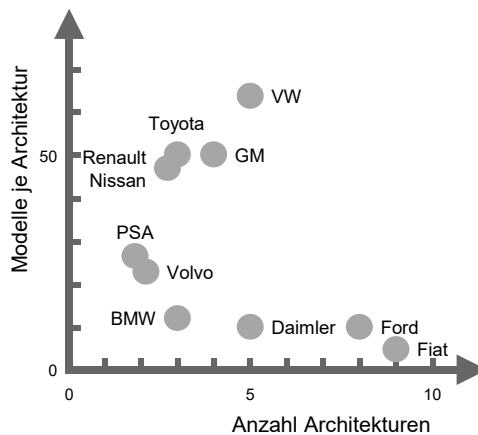


Abbildung 13: Produktarchitekturen in der Automobilindustrie 2022 (Frost & Sullivan 2016, S. 9)

Die Standard-Branchenarchitektur hat sich durch den flächendeckenden Einsatz modularer Produktarchitekturen in den letzten Jahrzehnten stark verändert (Doran et al. 2007). Die Koordination der Aktivitäten der Wertschöpfung erfolgt vermehrt über definierte Schnittstellen. Ein grosser Teil der Wertschöpfung der Branche wurde von den OEMs an die Zulieferer übertragen (Doran 2003), welche zunehmend für Komponenten des Endproduktes verantwortlich sind und die Wertschöpfung (und deren Komplexität) bis zur Übergabe an den OEM managen (Ro et al. 2007).

2.3 Modulare Systemarchitekturen

“Modularity is a method of designing a structure to reduce its complexity.”

(Frandsen 2017, S. 704)

Zahlreiche Unternehmen sehen sich aktuell mit einem zunehmend komplexen Umfeld konfrontiert, in dem Kunden die Anpassung angebotener Lösungen auf ihre individuellen Bedürfnisse und Vorlieben erwarten. Die Grenzen zwischen Produkten und Dienstleistungen verschwimmen und Geschäftsmodelle ändern sich zunehmend, wodurch die Architektur der Leistungssysteme entscheidend beeinflusst wird. In diesem veränderten Kontext findet das Konzept der Modularisierung innerhalb einzelner Organisationen, jedoch vermehrt auch organisationsübergreifend, praktische Anwendung (Frandsen 2017). Die Literatur hat sich in ähnlicher Weise weiterentwickelt, die Wissensbasis ist kontinuierlich gewachsen und hat vielfältige Ausprägungen und Anwendungen des Konzeptes der Modularität hervorgebracht. Modularität wurde in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen untersucht, hier wird in Anlehnung an Frandsen (2017) insbesondere die Managementperspektive betrachtet. Ein Modul ist dabei durch eine starke Abhängigkeit der Elemente des Moduls untereinander und eine starke Unabhängigkeit zwischen Modulen gekennzeichnet (Baldwin und Clark 2000). Die lose Kopplung von Komponenten entsteht durch die Definition einer Architektur, welche die Schnittstellen zwischen den Komponenten spezifiziert (Sanchez und Mahoney 1996). Der Grad der Modularität ergibt sich aus den gewählten Komponenten, den Schnittstellen, der Art der Kopplung und der Möglichkeit des Austauschs (Mikkola 2006). Insbesondere für produzierende Unternehmen ist die Modularisierung von hoher Relevanz. In diesem Kontext sind vor allem aktuelle Beiträge der modularen Fertigung (Doran und Hill 2009), des Supply Chain Managements (Gunasekaran und Ngai 2005; Reichhart und Holweg 2007), des Schnittstellendesigns (Parslov und Mortensen 2015), von Produktplattformen (Zhang 2015; Chen und Liu 2005), der Produktionsplanung (Framinan und Ruiz 2010), der integralen Betrachtung von Produktarchitektur und Supply Chain Design (Pashaei und Olhager 2015; Yassine und Wissmann 2007) sowie des Outsourcings von Forschung und Entwicklung (Hsuan und Mahnke 2011) hervorzuheben.

Modulare Produktarchitekturen bieten dabei vielfältige Designvorteile (Sanchez und Mahoney 1996; Baldwin und Clark 2000; Mikkola 2006) und ermöglichen Flexibilität durch die Möglichkeit einer schnellen Trennung und eines Wechsel von Modulen (Baldwin und Clark 2000). Die Fähigkeit der Konfiguration einzelner Module ermöglicht strategische Flexibilität, eine breite realisierbare Produktvarianz sowie eine höhere Anzahl von Produktneueinführungen in kurzer Zeit (Sanchez und Mahoney 1996). Weiterhin können durch die Wiederverwendung von Modulen Kommunalitäten geschaffen und somit Skaleneffekte realisiert werden (Baldwin und Clark 2000). Modulare Produktarchitekturen sind eng mit Strategien der Produktkonfiguration verbunden wie sie im Kontext der Mass Customization genutzt werden (Piller 2006; Piller und Waringer 1999) und ermöglichen eine Robustheit gegenüber Veränderungen der Umwelt (Pil und Holweg 2006). Abbildung 14 zeigt die Entwicklung der Literaturbeiträge der Modularisierung der letzten Jahre. Es ist insbesondere eine Zunahme der Publikationen zur Modularisierung von Organisationen sowie der Produktion zu erkennen.

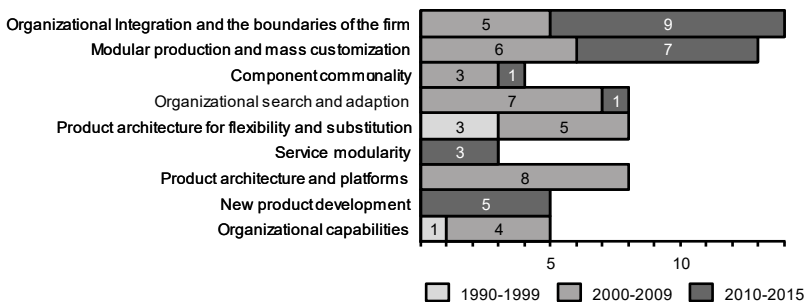


Abbildung 14: Entwicklung der Forschungsschwerpunkte der Modularisierung (Frandsen 2017, S. 717)

Zunächst befasste sich die Literatur in erster Linie mit den strategischen Vorteilen der Produktmodularität, sie hat sich im Laufe der Zeit jedoch zunehmend auch auf andere Aspekte der Modularität, einschliesslich Organisationen, Informationstechnologien, Produktion und Innovation konzentriert. Modularisierung wird derzeit intensiv auf der Ebene von Industrien, Supply Chain

Management, Plattformen, Produkten und Dienstleistungen erforscht. (Frandsen 2017)

2.3.1 Modulare Wertschöpfungs- und Produktarchitekturen

Während die von Porter eingeführte Wertkette primär auf die Aktivitäten innerhalb eines Unternehmens abzielt, stellt die Wertschöpfungsarchitektur die zur Wertschöpfung notwendigen Aktivitäten und Schnittstellen unabhängig von Unternehmensgrenzen in den Fokus. Für die innerhalb einer Branche benötigte Wertschöpfung lassen sich verschiedene Teilaktivitäten sowie Schnittstellen erfassen, welche in Summe die erbrachte Wertschöpfung darstellen. Häufig zeigen sich in Branchen spezialisierte Anbieter, die arbeitsteilig für die am Endkundenmarkt tätigen Unternehmen (OEM) Vor- und Zwischenleistungen erbringen. Die Wertschöpfungsaktivitäten und Schnittstellen, welche in Summe innerhalb einer Branche die Wertschöpfungsarchitektur darstellen, nennt man Branchenarchitektur. Innerhalb einer Branche können verschiedene Branchenarchitekturen Bestand haben, welche sich in der Regel durch unterschiedliche Produktdesigns auszeichnen. Die Wertschöpfungsarchitektur eines Unternehmens kann somit als Subsystem der Branchenarchitektur aufgefasst werden. Innerhalb von Branchen zeigen sich häufig sogenannte Branchen-Standardarchitekturen, welche eine übliche (besonders effiziente) Transformation des Inputs in Outputgrößen aufzeigt (Sanchez 2008). Innerhalb einer Branche zeigen sich typische Rollen, welche einzelne Unternehmen übernehmen, wie beispielsweise Komponenten-, Modul- oder Systemlieferanten, sowie die Rolle des OEMs als Produzent des Endproduktes (Skirde et al. 2016). Technologische Entwicklungen können dazu führen, dass sich Spezialisierungsvorteile und Wertschöpfungsarchitekturen von Unternehmen und Branchen wandeln. Ein Beispiel für eine aktuelle Veränderung einer Branchenarchitektur ist in der Automobilindustrie zu finden, die sich zunehmend auf die Produktion von Elektrofahrzeugen einstellt (Bach et al. 2017).

Der Kundennutzen ist eng mit den Eigenschaften des Produktes und dessen Funktionen verbunden. Je nach Design des Produktes und dessen Komponenten

werden unterschiedliche Fertigungsprozesse und verschiedene Formen der Arbeitsteilung ermöglicht. Die Produktarchitektur stellt somit den zentralen Ausgangspunkt für Überlegungen der Wertschöpfungsarchitektur dar. (Bach et al. 2017; Baldwin und Clark 2000) Die Zusammenhänge lassen sich an einem Beispiel gut illustrieren. Eine Uhr kann, bei gleicher Hauptfunktion, mittels verschiedener Produktarchitekturen realisiert werden. So kann eine Uhr als integrale oder modulare Produktarchitektur mit den Komponenten Zeiger, Uhrwerk, Ziffernblatt und Gehäuse ausgestaltet sein. Die skizzierte modulare Produktarchitektur stellt einen Branchenstandard dar, was jedoch alternative Gestaltungen wie eine Uhr mit einem 24-Stunden-Ziffernblatt nicht ausschliesst. Nonkonforme Produkt- und daraus resultierende Branchenarchitekturen können als Geschäftsidee hervorgebracht werden und den Kunden Nutzen stiften. (Bach et al. 2017)

Abbildung 15 illustriert den Zusammenhang von Produkt- und Branchenarchitekturen anhand dieses Beispiels:

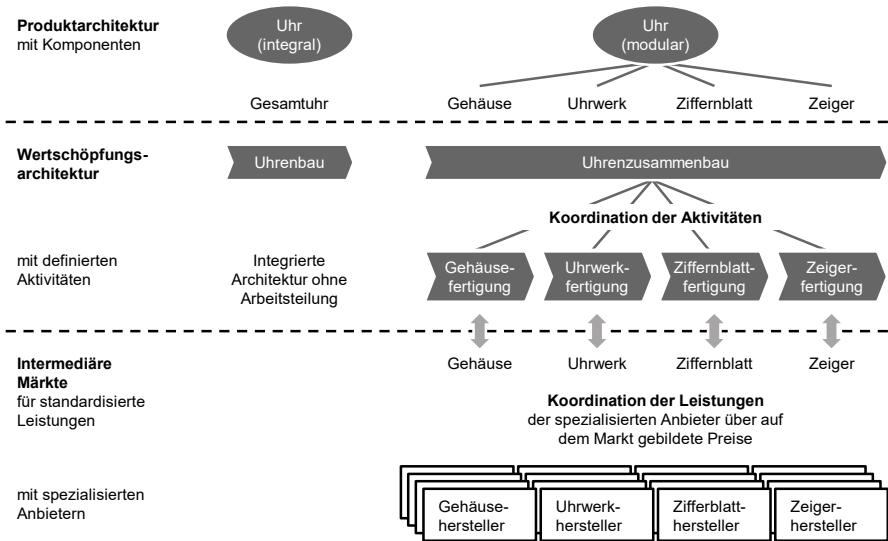


Abbildung 15: Produktarchitektur, Wertschöpfungsarchitektur und intermediäre Märkte (Bach et al. 2017, S. 109)

Das Vorhandensein einer Branchen-Standardarchitektur stellt die Voraussetzung der Spezialisierung und damit verbundener Effizienzgewinne durch die Fokussierung auf bestimmte Wertschöpfungsaktivitäten dar. Im obigen Beispiel sind solche Spezialisten die Gehäusehersteller, die Uhrwerkhersteller, die Ziffernblatthersteller sowie die Zeigerhersteller. Setzt sich an einem Markt eine Branchen-Standardarchitektur mit standardisierten Komponenten durch, fallen Koordinationsaufwände signifikant geringer aus. Eine Abstimmung in der Erbringung einzelner Wertschöpfungsaktivitäten ist in hochgradig effizient und es erfolgt eine Versorgung mit standardisierten Leistungen. Abnehmer einer Vorleistung müssen sich mit den Lieferanten lediglich über Menge und Zeit der zu erbringenden Leistung einigen. Bei hinreichend grosser Nachfrage werden die standardisierten Leistungen auch von alternativen Lieferanten angeboten und es

entstehen sogenannte intermediärer Märkte für diese handelbare Leistung. (Jacobides und Hitt 2005)

Die Gestaltung der Produktarchitektur hat bei produzierenden Unternehmen einen Einfluss auf die Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur (Fixson 2005; Fine 2000). Für modulare Produktarchitekturen wurde aufgezeigt, dass diese dezentrale Produktionsprozesse zunächst ermöglichen und häufig zu deren Dezentralisierung führen (Schilling 2000). Pashaei und Ohlhager (2017b) betonen den Einfluss der Wahl einer integralen bzw. einer modularen Produktarchitektur für die Gestaltung globaler Produktionsnetzwerke. So wird hervorgehoben, dass für integrale Produkte oftmals viele Schlüsseltechnologien intern bereitgehalten werden und die Produktion an wenigen, sehr leistungsfähigen Produktionsstandorten stattfindet. In den Montagewerken wird häufiger versucht, Skaleneffekte zu erzielen und die Distanzen von der Montage zum Zielmarkt und auch zu Lieferanten sind häufig grösser als dies bei modularen Produkten der Fall ist. Die Produktion modularer Produkte findet dagegen häufiger an vielen verteilten Produktionsstandorten statt, Montagewerke sind tendenziell eher auf Economies of Scope ausgelegt. Räumliche Nähe zu Lieferanten und Absatzmärkten spielt eine wichtigere Rolle. Bei modularen Produkten finden sich Schlüsseltechnologien häufiger bei Lieferanten als dies bei integralen Produktdesigns der Fall ist. (Pashaei und Ohlhager 2017b)

Gestaltung der Produktarchitektur	Gestaltung der globalen Produktion				
	1. Anzahl Schlüsseltechnologien in-house	2. Anzahl Produktionsstandorte	3. Fokus der Werke	4. Distanz Montage zum Markt	5. Anzahl Schlüssellieferanten
Integrale Produktarchitektur	viele	wenige	Scale	lang	wenige
Modulare Produktarchitektur	wenige	viele	Scope	kurz	viele

Abbildung 16: Auswirkungen der Produktarchitekturgestaltung auf die Gestaltung der globalen Produktion (Pashaei und Ohlhager 2017b, S. 364)

2.3.2 Modulare Produktarchitekturen und Organisationsdesign

Traditionelle Methoden der Produktentwicklung zielen unter Berücksichtigung von Budgetvorgaben darauf ab, ein möglichst hochwertiges Endprodukt zu erzeugen oder ein gewünschtes Produkt mit möglichst geringem Ressourceneinsatz zu erzeugen. Diese Zielsetzung läuft häufig auf integrale Produktdesigns hinaus und führt dazu, dass die Veränderung der Charakteristika einer Komponente die Veränderung anderer Komponenten bedingt. Der entscheidende Nachteil solcher Produktdesigns besteht darin, dass diese oftmals wenig entwicklungsfähig sind und bei Änderung der Anforderungen grosse Teile oder das ganze Produkt neu konzipiert werden müssen (Stüttgen 1999). In den letzten Jahrzehnten zeigt sich in unterschiedlichsten Branchen ein Wandel hin zu modularen Produktdesigns (Baldwin und Clark 1997; Frandsen 2017), wobei eine lose Kopplung von Komponenten durch eine Normierung von Schnittstellen erreicht wird (Sanchez und Mahoney 1996). Über die Einhaltung der definierten Schnittstellen wird die Kompatibilität der beteiligten Komponenten sichergestellt. Somit wird eine Unabhängigkeit der Komponente erzielt, welche unter Berücksichtigung der definierten Schnittstellenanforderungen weiterentwickelt werden kann, ohne die Gesamtarchitektur und andere Komponenten zu verändern. Die Modularisierung eines Produktes ermöglicht daher die Entkopplung der Entwicklung einzelner Komponenten und somit weitgehend unabhängige Prozesse sowie Organisationseinheiten innerhalb eines Unternehmens sowie darüber hinaus (Sanchez 1996). Die Wahl der Produktarchitektur wirkt sich auf die Organisation von Branchen, Unternehmen und dort insbesondere auf die Produktentwicklung und Produktion aus. Integrale Produktarchitekturen erfordern stark gekoppelte und eng aufeinander abgestimmte Entwicklungs- und Produktionsprozesse, um die beteiligten Personen und Ressourcen aufeinander abzustimmen. Aufgrund der Vielzahl von Beteiligten, wie es in der Automobil- oder PC-Industrie der Fall ist, führen solche monolithischen Strukturen aufgrund der hohen Komplexität zu einer Überforderung der Führungskräfte (Gomez und Zimmermann 1999). Dahingegen bietet eine modulare Produktarchitektur ein adäquates Mittel der Komplexitätsbewältigung, da standardisierte Schnittstellen einen systeminhärenten

Mechanismus der Koordinierung darstellen (Stüttgen 1999). Das heisst, die verantwortlichen Organisationseinheiten können bei Einhaltung der definierten Schnittstellen auf eine eng gekoppelte Organisationsstruktur verzichten und die Gestaltung der verantworteten Produktkomponenten weitgehend autonom durchführen. Die Modularisierung wirkt somit als Treiber für eine neue Organisationsgestaltung und bewirkt eine zunehmende Abkehr von hierarchischen Strukturen aus den Zeiten integraler Produktarchitekturen (Ro et al. 2007).

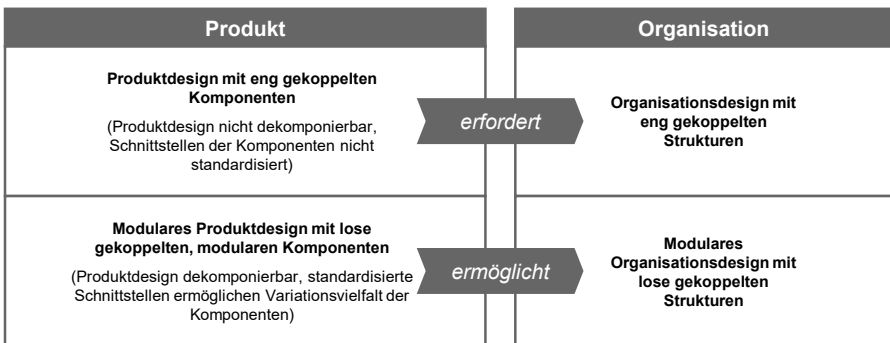


Abbildung 17: Restriktionen organisatorischer Gestaltung in Abhängigkeit des Produktdesigns (Stüttgen 1999, S. 184)

Die Nutzung von Mechanismen zur Koordination mittels definierter Schnittstellen wirkt somit aus Sicht des Managements komplexitätsreduzierend. Einzelne Subsysteme, die sich an den Standards orientieren, können autonom, verteilt und parallel arbeiten und im Anschluss konfiguriert werden (Stüttgen 1999). Dies hat zu einer kürzeren Entwicklungszeit zur Folge und ermöglicht zum anderen die Entwicklung einer grösseren Zahl von Produktvarianten. Weiterhin wird die Substitution einzelner Komponenten möglich, ohne das Grunddesign des Produktes zu verändern. Somit kann die Leistungsvielfalt eines Unternehmens erhöht werden, um dynamischen Anforderungen besser zu entsprechen.

2.3.3 Modulare Produktionsarchitekturen

Im Rahmen der Mass Customization (Piller 2006) gibt es industrieübergreifend das Bestreben, die Vorteile der Massenproduktion und hoher Produktvarianz miteinander zu vereinbaren (Ro et al. 2007; Piller und Waringer 1999). Dabei wird die Modularisierung von Produkten oftmals als Ausgangspunkt für die Realisierung effizienter Produktionsprozesse gesehen, da nicht nur das Produktdesign, sondern insbesondere Montageprozesse vereinfacht werden können (Pine 1993). Flexible Automatisierungs- und neue Verfahrenstechnologien erhöhen das Komplexitätsbewältigungspotenzial, wenn eine Entkopplung der Einzelprozesse vom Gesamtsystem erreicht wird (Piller 2006). Damit einhergehend ist Reorganisation der Fertigung als Mittel zur Komplexitätsreduktion in der Fertigung anhand von zwei grundlegenden Prinzipien möglich (Homburg und Weber 1996):

1. Die *vertikale Segmentierung* gliedert die Wertkette kundenindividueller Produkte in einen kundenneutralen und einen kundenspezifischen Teil. Der Schnittpunkt der beiden Teile stellt den Übergang vom standardisierten Vorprodukt zum spezifischen Kundenauftrag dar.
2. Eine *horizontale Subsystembildung* (auch Fertigungssegmentierung oder autonome Fertigungsinseln) zerlegt das Produktionssystem in nebeneinanderstehende Teilsysteme („Fabrik in der Fabrik“).

Beide Ansätze entsprechen einer Modularisierung der Fertigung auf Prozessebene. Piller sieht in der Fertigungssegmentierung die Vorteile einer dezentralen modularen Organisationseinheit in der Fertigung, da die Segmente eine selbstständige Abstimmung mit vor- und nachgelagerten Segmenten vornehmen und mittels dezentraler Bearbeitung selbststeuernde Regelkreise geschaffen werden, welche übergeordnete Steuerungsebenen entlasten. Diese genannten Vorteile lassen sich auch auf globaler Ebene finden, wenn im Kontext intraorganisationaler Produktionsnetzwerke die Aufgaben an verschiedene Standorte verteilt werden. (Piller 2006)

Durch die Modularisierung von Werkstrukturen kann eine Entflechtung und Vereinfachung von traditionellen Fabrikstrukturen erzielt werden, wobei oftmals zentral organisierte Einheiten in eigenständige, prozessorientierte Fertigungsmodule überführt werden (Klug 2018). Die Modularisierung der Produktion sollte die bestehenden Werkstrukturen und Logistikflüsse berücksichtigen, um durch konsequente Prozessorientierung einen optimierten Fluss der Wertschöpfung zu ermöglichen. Nachfolgende Abbildung 18 zeigt exemplarisch eine modulare Struktur von Montageprozessen in der Automobilindustrie anhand von Bandabschnitten.

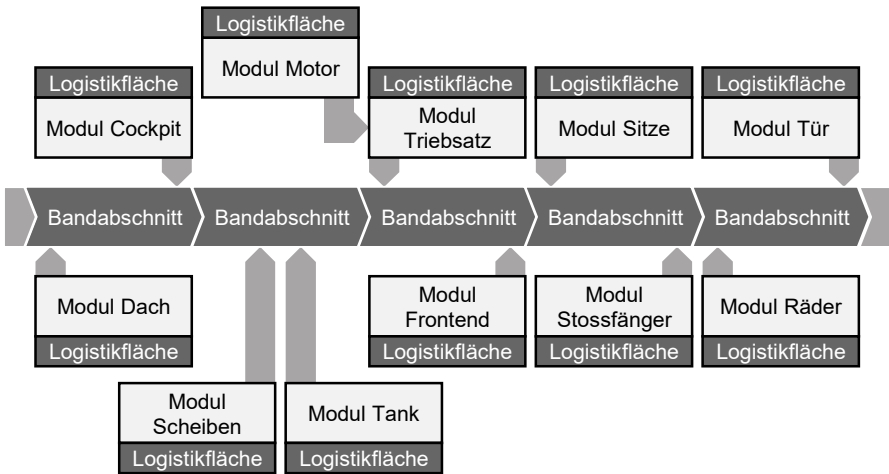


Abbildung 18: Modulare Strukturierung einer Fahrzeugmontage, in Anlehnung an (Klug 2018, S. 18)

Waltl und Wildemann (2014) folgen ebenfalls der Idee der Fertigungssegmentierung und stellen ein Modell zur Modularisierung der Produktion vor, womit sie sich an der Systemtheorie orientieren. Der vorgestellte Ansatz fusst explizit auf der vorherigen Gestaltung modularer Produktarchitekturen, welche eine Basisvoraussetzung für die Modularisierung der Produktion darstellt. Die Produktion wird in fünf hierarchische Ebenen (Marke, Werk, Bereich, Linie und Arbeitsplatz) gegliedert und ermöglicht so eine strukturelle Dekomposition der

Produktion. Ein Katalog aus unternehmensindividuell standardisierten Prozessmodulen bildet die Basis für die modulare Gestaltung einer Fabrik. Diese Module sind als unveränderliche Elemente der Produktion zu verstehen. Die Erhöhung der Wandlungsfähigkeit stellt eine zentrale Motivation des Ansatzes dar, womit eine schnelle und effiziente Anpassung von Prozessen, Ressourcen und Strukturen angestrebt wird.

Ein Beispiel für die praktische Anwendung dieses Modells findet sich im VW Konzern. Dort setzt man markenübergreifend auf Produktbaukästen, welche mit dem modularen Produktionsbaukasten ihr volles Potenzial in der Produktion entfalten sollen. Das Potenzial solcher Massnahmen soll an dieser Stelle mit einem konkreten Element des Produktionsbaukastens erläutert werden. Der Fahrwerkrahmen nimmt in der Produktion eine zentrale und kritische Rolle ein, da er als mitlaufende Vorrichtung für die Montage von Fahrwerk, Motor, Getriebe, Abgasanlage und Tanks dient. In der Vergangenheit fand eine fahrzeug- und standortspezifische Konstruktion statt, was zu einer hohen Vielfalt und Komplexität in der Produktion führte. Mit der konzernweiten Einführung der modularen Produktbaukästen wurde ein modularer Fahrwerkrahmen geschaffen, der konzernweit einsetzbar ist und die Standorte produktunabhängiger macht. Die Einführung universell einsetzbarer Betriebsmittel schafft eine hohe Flexibilität der Standorte und reduziert die Komplexität bei der Produktion einer hohen Produktvielfalt. Über die Standardisierung von Produkten, Prozessen und Betriebsmitteln hat der Konzern die Möglichkeit erlangt, auf einer Line unterschiedliche Fahrzeugtypen zu fertigen, die innerhalb eines Taktes ausgewechselt werden können. (Walzl und Wildemann 2014)

Der Grundgedanke des Zusammenspiels von modularen Produkt- und Produktionsarchitekturen wird in Abbildung 19 illustriert.

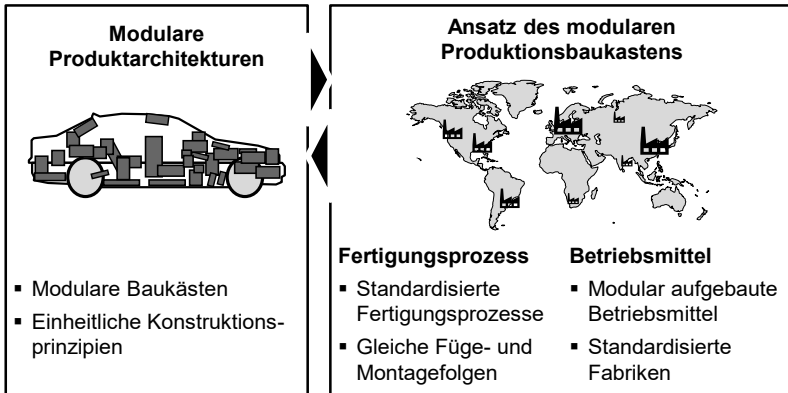


Abbildung 19: Grundgedanke der Produkt- und Produktionsbaukastenstrategie der Volkswagen AG (Waltl und Wildemann 2014, S. 203)

Eine der Herausforderungen für die Modularisierung der Produktion besteht in den unterschiedlichen Rollen und Anforderungen der Standorte. So unterscheiden sich die Werke beispielsweise hochgradig in ihrem Mechanisierungsgrad. Lokale Anforderungen an den Einkauf (local sourcing), die Notwendigkeit der Brown- und Greenfield-Integration oder die CKD-Fähigkeit für den asiatischen Markt und viele weitere Anforderungen bilden die Rahmenbedingungen für die globalen Standardisierungsbemühungen.

Die Prinzipien der Modularisierung der Produktion beschränken sich nicht auf unternehmensinterne Strukturen, sondern lassen sich auf Branchen übertragen. Aufgrund der Modularisierung der Produkte und einer hohen Unabhängigkeit der Aktivitäten sind beispielsweise OEM der Automobilindustrie in der Lage, Teile der Montage extern erbringen zu lassen und die Verantwortung an qualifizierte Zulieferer zu übertragen. Volkswagen integrierte diese Aktivitäten der Zulieferer zum Teil in die eigenen Montagewerke (Ro et al. 2007). Durch die Entkopplung der Produktionsprozesse wurden die vorherigen Zwänge einer sequenziellen Prozessfolge gelöst und die Rolle der OEMs als zentrale Manager der Montageorganisation wurde zunehmend unwichtiger, da die Produktarchitektur einen grossen Teil des Koordinationsaufwandes hinfällig machte (Doran et al. 2007).

2.4 Komplexitätsbewältigung als Kern der Managementaufgabe

2.4.1 Ursachen von Komplexität

Ein Unternehmen steht als adaptives System in Verbindung mit einer komplexen Umwelt und ist aufgrund der Wechselwirkungen mit dieser nicht als isoliert zu betrachten (Ulrich und Probst 2001). Grundsätzlich geht man davon aus, dass Unternehmen, welche in einer komplexen Umwelt agieren, ebenfalls eine hohe Komplexität aufweisen. Die Komplexität eines Systems wird durch sogenannte Komplexitätstreiber hervorgerufen (Schuh 2005; Dehnen 2004). Die Ursache von Komplexität in Unternehmen ist in der Regel vielschichtig und auf eine Vielzahl von Komplexitätstreibern zurückzuführen, welche Abhängigkeiten untereinander aufweisen (Schuh 2005). Einhergehend mit der Betrachtung externer und interner Varietät wird zwischen internen (endogenen) und externen (exogenen) Komplexitätstreibern differenziert (Wildemann 2000; Kaiser 1995). Dabei ist zu beachten, dass externe Komplexität die interne Organisation und Prozesse stark beeinflusst (Marti 2007). So tritt interne Komplexität beispielsweise in einem Unternehmen auf, wenn es Kundenanforderungen in physische Produkte überführt, und beeinflusst damit die gesamte Wertschöpfungskette (Götzfried 2013). Insbesondere die Wechselwirkungen und Abhängigkeiten der Komplexitätstreiber untereinander stellen Unternehmen dabei vor zentrale Herausforderungen (Piller und Waringer 1999).

Externe Komplexitätstreiber

Externe Komplexitätstreiber sind Einflussfaktoren der Umwelt, welche die Komplexität eines Systems Unternehmen erhöhen. Die Heterogenität und Dynamik externer marktbezogener Treiber wird insbesondere durch Globalisierung und die Mikrosegmentierung der Märkte hervorgerufen (Wildemann 2000; Walzl und Wildemann 2014). Marktorientierte Funktionen des Unternehmens wie Vertrieb, Marketing oder das Produktmanagement nehmen nachfrageinduzierte Änderungen in der Regel frühzeitig wahr und überführen diese in Anforderungen an das aktuelle

und künftige Produktportfolio (Götzfried 2013). Dies beeinflusst in der Folge auch die Prozesse und Systeme des Unternehmens, welche nicht direkt mit dem Markt oder den Kunden konfrontiert sind und verursachen auch an diesen Stellen eine Zunahme der Komplexität (Schuh 2005; Bayer 2010; Budde 2016).

Externe Komplexitätstreiber zeigen somit eine teils zeitversetzte Wirkung im Unternehmen und zeichnen sich in der Anzahl Teilenummern oder den Produktlebensdauern ab. Externe Komplexitätstreiber sind dabei für das Unternehmen oftmals nicht zu beeinflussen, da diese häufig durch Entscheidungen externer Stakeholder geprägt werden (Götzfried 2013).

Interne Komplexitätstreiber

Für die Benennung interner Komplexitätstreiber muss zunächst zwischen den korrelierten und unkorrelierten Komplexitätstreibern unterschieden werden (Bliss 2000). Die korrelierten Komplexitätstreiber sind einerseits abhängig von externen Einflussgrößen, lassen andererseits jedoch eine Steuerung durch das Unternehmen zu. Beispiele für korrelierte Komplexitätstreiber sind die technologische Komplexität, die Kundenstruktur oder das Produktprogramm (Varandani 2014). Das Unternehmen hat entscheidenden Einfluss auf die Ausprägung dieser Treiber, jedoch werden diese beispielsweise durch die Heterogenität der Kundengruppen oder das Verhalten der Wettbewerber signifikant beeinflusst. Weiterhin geht die Komplexität in den Produktionsprozessen zu einem bedeutenden Teil aus dem Anteil intern produzierter Produktvarianten, Module und Komponenten hervor (Größler et al. 2006). Diese unkorrelierten Komplexitätstreiber werden von externen Treibern nicht beeinflusst.

In einer umfassenden Literaturanalyse haben Vogel und Lasch Komplexitätstreiber in der deutsch- und englischsprachigen Literatur im Zeitraum 2001 bis 2015 identifiziert und anhand von Clustern die Häufigkeit der Nennung herausgearbeitet (Vogel und Lasch 2016). In der Analyse nehmen die Treiber mit Bezug zur Produkt- und Produktportfoliokomplexität sowie die Komplexität der Organisation eine

dominierende Position in den Untersuchungen ein. Abbildung 20 illustriert die Verteilung der betrachteten Komplexitätstreiber.

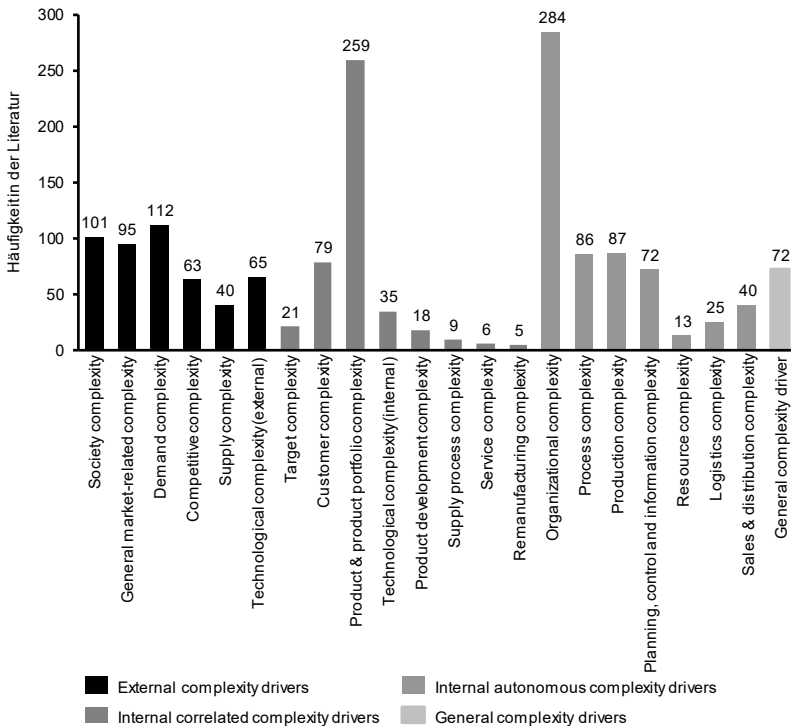


Abbildung 20: Komplexitätstreiber in der Literatur (Vogel und Lasch 2016, S. 30)

Die Komplexität im System Unternehmen wird durch eine Vielzahl von Komplexitätstreibern und deren Wechselwirkungen hervorgerufen. Es existieren diverse Klassifizierungen und Listen von Komplexitätstreibern, welche sich nahezu beliebig erweitern lässt (Schoeneberg 2014a). Die nachfolgende Übersicht interner und externer Komplexitätstreiber stellt eine häufig verwendete Klassifizierung der Treiber dar und repräsentiert typische Komplexitätstreiber produzierender Unternehmen.

Tabelle 1: Exogene und Endogene Komplexitätstreiber, in Anlehnung an (Varandani 2014, S. 83; Kirchhof 2003, S. 41; Schoeneberg 2014a, S. 17)

Komplexitätstreiber	
Exogen	Endogen
Gesellschaft <ul style="list-style-type: none"> • Wertewandel • Umweltbewusstsein • Wirtschaftliche und ökologische Faktoren • Rechtliche Faktoren • Politische Rahmenbedingungen • Kultur 	Kundenstruktur <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl Kunden und Kundengruppen • Grad der Kundenintegration • Heterogenität der Kunden
Nachfrage <ul style="list-style-type: none"> • Individualisierung • Vielfalt der Kundenanforderungen • Marktdynamik 	Produktprogramm <ul style="list-style-type: none"> • Aufbau der Produkte • Produkt- und Variantenanzahl • Häufigkeit von Neueinführungen bzw. Änderungen
Wettbewerb <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl und Stärke der Wettbewerber • Wandel der Märkte • Wettbewerbsdynamik • Globalisierung 	Zielsystem <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl und Unterschiedlichkeit parallel verfolgter Ziele • Dynamik der Ziele • Fristigkeit der Zielerreichung
Technologie <ul style="list-style-type: none"> • Technologischer Wandel • Verkürzung der Produktlebenszyklen • Verfügbarkeit innovativer Technologien 	Prozess <ul style="list-style-type: none"> • Schnittstellenanzahl und -design • Vernetzungsgrad der Prozesse • Standardisierungsgrad • Vielfalt und Dynamik der Waren-, Finanz- und Informationsflüsse
Beschaffung <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der Lieferanten • Vielfalt der Beschaffungsobjekte • Bedarfsschwankungen • Unsicherheit der Liefertermine bzw. -qualität 	Organisation <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl Hierarchieebenen • Zentralisierungsgrad • Anzahl Organisationseinheiten
	Struktur <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der Distributionsstufen • Anzahl der Lager, Maschinen, Mitarbeiter etc. • Fertigungstiefe, -breite und -intensität • Kommunikationssysteme

2.4.2 Auswirkungen von (Produkt-)Komplexität

Ausgehend von der Überlegung, mit einer gesteigerten Produktvielfalt den Umsatz zu steigern, nahm die Produktkomplexität in den letzten Jahren branchenübergreifend zu (Schuh et al. 2017). Dabei zeigt sich jedoch, dass die Produktvielfalt keinen linearen Effekt auf den Absatz eines Unternehmens aufweist und stets im Kontext betrachtet werden muss (Wan et al. 2012; Wan und Dresner 2015). Grundsätzlich können die Auswirkungen von Produktkomplexität in Aufwand und Nutzen untergliedert werden (Bayer 2010). Obwohl Komplexität in produzierenden Unternehmen oftmals als negativ wahrgenommen wird, erweist sich

dies häufig als notwendig für den Fortbestand des Unternehmens (Ashby 1974). So kann ein ausdifferenziertes Produktsortiment für Kunden nützlich sein, um die Kundenbedürfnisse passgenau zu bedienen. Entscheidend für die Wirtschaftlichkeit ist dabei die Wahl der Markt- und Kundensegmente, die das Unternehmen mit seinem Leistungssystem adressiert (Neubaur 2003). In dem Zusammenhang unterscheiden sich diese Segmente in den Anforderungen, welche sich unter anderem in Funktions- und Designanforderungen an das Produkt äussern (Göpfert 1998). Oftmals besteht die Motivation, dem Kunden eine breite Auswahl zu offerieren, darin Erlöse zu steigern sowie die Kundenbasis zu sichern und zu erweitern (Rathnow 1993, 2010; ElMaraghy und ElMaraghy 2014). Neben den Vorteilen, die sich aus der Produktvielfalt ergeben, besteht eine Aufwandsseite im Zusammenhang mit der Komplexität, welche in einer Reihe von Veröffentlichungen untersucht wurde. Auf der Nutzenseite führen bei vielen Kunden beispielsweise viele Features in einem Produkt oftmals zu einer Kaufentscheidung, jedoch nicht zu einer höheren Zufriedenheit während der Nutzung und in der Lebenszyklusbetrachtung (Thompson et al. 2005).

Schuh und Riesener (2017) stellen ein Muster des Verhaltens von Unternehmen im Umgang mit Produktkomplexität fest. Identifiziert ein Unternehmen sinkende oder stagnierende Absätze in seinen Absatzmärkten, erfolgt der Versuch, in neue Segmente vorzudringen, um Kapazitäten auszulasten. Die neuen Marktsegmente weisen oftmals divergierende Kundenanforderungen auf, dennoch versprechen sich viele Unternehmen überdurchschnittliche Deckungsbeiträge und positive Effekte auf den Gewinn. Die Erwartung dieses Effektes basiert auf der Annahme, dass höhere Preise erzielt werden können, welche die zusätzlichen induzierten Kosten übersteigen. Erwartete Skaleneffekte werden in diesem Kontext oftmals über- und die Vielfaltwirkungen (sog. Diseconomies of Scale) unterschätzt. Die daraus resultierenden Kostensteigerungen werden mittels (über das Produktportfolio verteilte) Preissteigerungen weitergegeben und rufen einen Wettbewerbsnachteil hervor. Häufig werden Entscheidungen der Gestaltung des Produktprogramms in dieser Form getätigt. Ausgehend von einem schlanken Produktprogramm mit einem hohen Anteil an Standardprodukten werden weitere Varianten eingeführt, was zu einer kontinuierlichen Verbreiterung des Produktprogramms und einer Änderung

der Häufigkeitsverteilung führt. Wie in Abbildung 21 illustriert, nimmt durch die Diversifizierung die Häufigkeit der Exotenprodukte zu und die Häufigkeit der Standardprodukte ab. (Schuh 2005; Schuh und Riesener 2017)

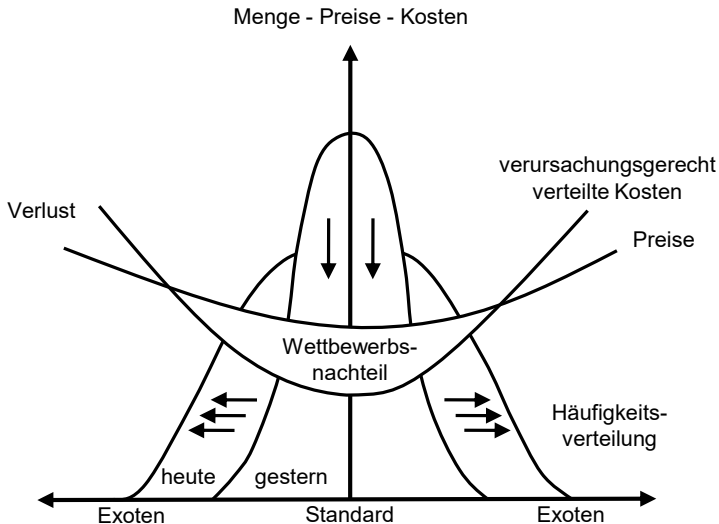


Abbildung 21: Wettbewerbsnachteil durch die Quersubventionierung von Exoten (Schuh 2005, S. 20)

Das zentrale Problem der oben skizzierten Entwicklung stellt die fehlende Kostentransparenz infolge zunehmender Produktkomplexität dar, die im Leistungserstellungsprozess anfallen. Exoten werden aufgrund fehlender Kostentransparenz unterhalb tatsächlich induzierter Kosten angeboten, was zu einer (unbewussten) Quersubventionierung dieser Produkte führt. Resultat dieser Quersubventionierung ist ein Wettbewerbsnachteil gegenüber Konkurrenten mit einem variantenärmeren bzw. fokussierteren Leistungssystem. (Schuh 2005)

2.4.3 Komplexitätskosten

Die Auswirkung der Zunahme von Produktvarianten auf Umsatz und Kosten wurde bereits in verschiedenen Disziplinen und von mehreren Autoren diskutiert

(ElMaraghy et al. 2013). Während es wünschenswert ist, das Bedürfnis nach Vielfalt zu befriedigen, darf dieses Ziel nicht um jeden Preis verfolgt werden. Solche Abwägungen sind nicht als statische Optimierungsprobleme zu betrachten, da durch gezielten Methodeneinsatz wie modulare Produkt- und Prozessdesigns sowohl die Komplexität als auch die Kosten beeinflusst werden können. Daher ist es wichtig, zwischen den Auswirkungen von Vielfalt und Komplexität auf die Endkosten zu unterscheiden (Roy et al. 2011). Die Komplexität, die sich aus der Vielfalt ergibt, hängt jedoch mit der Komplexität des Produktes aufgrund der Vielzahl von Varianten und der daraus resultierenden Komplexität in den indirekten und direkten Bereichen des Unternehmens wie des Fertigungsprozesses zusammen, die effektiv alle diese Varianten produzieren und die Transformation im Sinne der Wertschöpfung des Unternehmens erbringen. Unter Komplexitätskosten wird folglich ein komplexitätsinduzierter Ressourcenverzehr verstanden (Bohne 1998). Komplexitätskosten lassen sich in einmalige und laufende Kosten sowie komplexitätsbedingte Opportunitätskosten untergliedern (Homburg 2017) und resultieren primär aus der Komplexität von Produkten und Prozessen. Komplexitätskosten treten in fast allen Funktionsbereichen produzierender Unternehmen auf (Zerres 2014). Komplexitätskosten betreffen nahezu das ganze Unternehmen, wobei die Kostenverursachung und die Kostenwirkung oftmals zeitlich und funktional auseinanderfallen (Homburg 2017). Beispielsweise wurde auf Seite der Produktentstehung gezeigt, dass mittels frühzeitiger Berücksichtigung und Ausrichtung der gesamten Supply Chain und mittels Einbindung von Partnern bereits während des Produktdesigns signifikante Kostenvorteile in nachgelagerten funktionalen Bereichen zu erzielen sind (Du et al. 2013). Komplexitätskosten sind in traditionellen Kostenrechnungssystemen selten quantifizierbar und können für Entscheidungen daher nur unzureichend berücksichtigt werden (Bayer 2010).

Um eine Optimierung unter Berücksichtigung von Komplexitätskosten vorzunehmen, ist der Kundennutzen, der durch ein Produkt bzw. das Produktprogramm geschaffen wird, stets in Verbindung mit induzierten Kosten zu betrachten. Komplexitätskostenrelevante Massnahmen, wie beispielsweise eine Produktdifferenzierung und Kostensenkungen, beeinflussen das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Produktkomplexität. Ab einer bestimmten Vielfalt übersteigen die

Komplexitätskosten die Nutzenwirkung, weshalb sich ein Vielfalts optimum ableiten lässt. (Schuh 2005)

Abbildung 22 zeigt einen typischen Verlauf der variantenabhängigen Kosten- und Nutzenkurven auf.

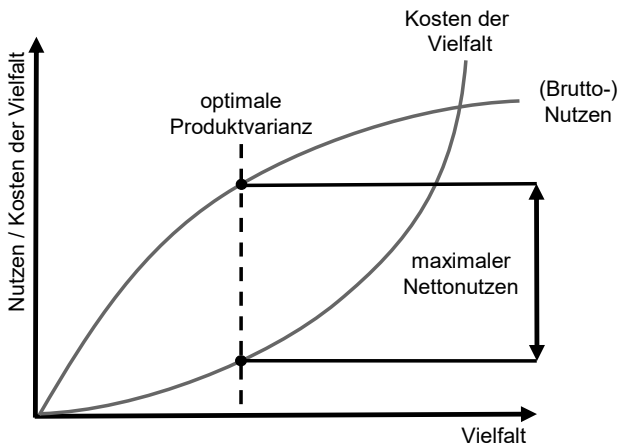


Abbildung 22: Kosten-/Nutzen-Wirkung der Variantenvielfalt (Schuh 2005, S. 26; Rathnow 1993, S. 167)

Für die Vermarktung von Produkten ist es von hoher Bedeutung, dem Kunden den Nutzen der Vielfalt entsprechend zu vermitteln, um die Zahlungsbereitschaft auf Basis des Nutzens zu bewirken. Produkte, welche Leistungsmerkmale beinhalten, die nicht den Kundenbedürfnissen entsprechen, tragen nicht zum Kundennutzen bei. Eine Steigerung des Kundennutzens erfolgt lediglich, wenn Produktvarianten die Kundenbedürfnisse gezielt bedienen und nicht, wenn mit mehreren Varianten dieselben Bedürfnisse adressiert werden. Die Kommunikation mit dem Kunden und die Überführung der Kundenbedürfnisse in die Produktkonfiguration nimmt daher insbesondere im Vertrieb von kundenindividuellen Produkten eine zentrale Bedeutung ein, um Variantenvielfalt ohne zusätzlichen Kundennutzen vorzubeugen und eine effiziente Leistungserbringung zu ermöglichen (Schuh et al. 2017). Für den Markterfolg einer grossen Produktvielfalt sollten daher insbesondere auch die

Marketing- und Produktionsstrategien aufeinander abgestimmt sein (Berry und Cooper 1999; Homburg 2017).

2.4.4 Herausforderungen der Globalisierung

Die Globalisierung ist, insbesondere seit den für viele Marktteilnehmer unerwarteten Ereignissen wie dem Brexit oder der Wahl von Donald Trump zum US-Präsidenten im Jahr 2016, von einem Ringen um Rahmenabkommen der internationalen Wirtschaftsbeziehungen und politischer Unsicherheit geprägt. Befürchtungen, dass die globale Vernetzung aufgrund eines zunehmenden ökonomischen Nationalismus zusammenbrechen würde, haben sich ebenso als unzutreffend erwiesen wie die Proklamation einer homogenen Weltwirtschaft, wie sie in den letzten Jahren diskutiert wurde (Ghemawat und Altman 2019). Stattdessen hat die globale Vernetzung im Jahr 2017 ein neues Allzeithoch erreicht (Altman et al. 2019). In den letzten Jahrzehnten gab es starke interne und externe Anreize für Manager, die verantworteten Wertschöpfungsaktivitäten zu integrieren und zentral zu koordinieren, anstatt diese lokal zu managen (Schlegelmilch 2016). Immer leistungsfähigere Transport- und Kommunikationsnetze haben die Bedeutung geografischer und zeitlicher Distanzen zwar zunehmend verringert, dennoch blieben kulturelle, administrative und wirtschaftliche Distanzen erhalten und beeinflussen massgeblich die Ausprägung der globalen Aktivitäten multinationaler Unternehmen (Ghemawat 2001, 2003). Trotz der starken Dynamik der Globalisierung ist es somit von Bedeutung zu erkennen, dass die Marktintegration absolut gesehen limitiert ist. Die Auslandsaktivitäten multinationaler Unternehmen auf der ganzen Welt erwirtschafteten 2017 nur etwa 9 % der globalen Wertschöpfung. Die exportierten Waren und Dienstleistungen machten 29 % des weltweiten BIP aus, wobei diese Zahl auf etwa 20 % sinkt, wenn die grenzübergreifende Produktion betrachtet wird, bei der mehr als eine Landesgrenze überschritten wurde (Altman et al. 2019). Dennoch lässt sich festhalten, dass westliche Industrienationen über Jahrzehnte ein globales Wirtschafts- und Handelssystem aufgebaut haben, das auf industrieller Wertschöpfung beruht und damit Wohlstand geschaffen haben (Westkämper und Löffler 2016). Mit der zunehmenden Vernetzung von Volkswirtschaften und dem grenzüberschreitenden Transfer von Produkten, Arbeit, Informationen, Technologie

und Kapital streben Unternehmen seit Jahrzehnten zunehmend auf den Weltmarkt, um dort Gewinne zu erzielen (Ethier 1986). Produktion und Konsum haben sich dabei in den letzten Jahren zunehmend von den Industrienationen hin zu anderen Regionen der Welt verlagert (Altman et al. 2019).

Typischerweise nehmen produzierende Unternehmen dabei eine Globalisierung der Ressourcen, Fähigkeiten und der betrieblichen Prozesse vor. Die Strategie der Unternehmen sieht eine Anpassung der Ressourcen auf ein globales Umfeld vor. Ressourcen werden zunehmend in Netzwerken eingesetzt, lokale Standortvorteile gezielt genutzt und ausgebaut. Fähigkeiten der Organisation werden im globalen Kontext betrachtet, wodurch Möglichkeiten und Restriktionen neu zu bewerten sind. Dies umfasst für produzierende Unternehmen insbesondere die Betrachtung von Kosten, Flexibilität, Qualität und Geschwindigkeit. Um die Ressourcen und Fähigkeiten des Unternehmens effizient zu nutzen sowie Synergien zu heben, werden Prozesse wie Supply Chain Management, Technologiemanagement, Revenue Management und Risk Control globalisiert. (Gong 2013) Produzierende Unternehmen agieren dabei in einem Umfeld, das durch wirtschaftliche, rechtliche, ökologische, sozio-kulturelle und politische Rahmenbedingungen gekennzeichnet ist (Dyckhoff und Spengler 2010). Die Weltwirtschaft gewinnt im Zuge der Globalisierung zunehmend an Komplexität und wird zu einem immer grösseren, stärker vernetzten, heterogeneren und dynamischen System (Arpe 2012). Daher unterliegen auch die Anforderungen an nachhaltige Strategien aufgrund der rasant zunehmenden Komplexität der Weltwirtschaft einem grundlegenden Wandel (Schuh und Riesener 2017; Schoeneberg 2014a). Viele der konzeptionellen Grundlagen der wirtschaftspolitischen Entscheidungsfindung müssen grundlegend überdacht werden: vom Wachstumsparadigma über standardisierte Wirtschaftsmodelle bis hin zu lokalen und kurzfristigen Anreizsystemen und bestehenden Entscheidungsarchitekturen (Arpe 2012). Für Führungskräfte stellt sich dabei die Frage, wie ein Unternehmen in Zeiten solcher Turbulenzen gestaltet werden sollte und welches Verhalten zu wählen ist. In der aktuellen Debatte wird derzeit der Einfluss der IT auf die industrielle Wertschöpfung und strukturelle Veränderung der Produktion häufig betont (Westkämper und Löffler 2016). Die Auswirkungen digitaler Technologien auf die globale Wertschöpfung sind bislang jedoch ungewiss

(Dollar et al. 2019): Sie könnten einerseits eine Verkürzung von Lieferketten bewirken, indem sie die Rückverlagerung der Produktion im verarbeitenden Gewerbe fördern und so die Zahl der Beschäftigten ausserhalb der westlichen Industrienationen verringern. Andererseits könnten die Möglichkeiten für Entwicklungsländer, sich an der globalen Wertschöpfung zu beteiligen, gestärkt werden, da die Koordinationsaufwände reduziert und die Transaktionskosten zwischen Käufern und Lieferanten verringert werden. Veränderungen im Handel, Automatisierung und digitale Technologien werden zu tiefgreifenden Veränderungen führen und die Bedeutung von Regionen und Standorten in der globalen Wertschöpfung verändern.

Neben der Digitalisierung lassen sich weitere Veränderungstreiber für produzierende Unternehmen identifizieren. Wichtige Treiber sind nach wie vor die Märkte mit variierenden Nachfragen und Aufträgen. Im Zuge der Internationalisierung verzeichnen Unternehmen derzeit eine zunehmende Unvorhersehbarkeit der Auftragslage und sind mit kurzfristiger Volatilität konfrontiert (Westkämper und Löffler 2016). Oftmals werden Kundenwünsche individueller, worauf Unternehmen mit Customizing, kundenindividuellen und personalisierten Produkten reagieren (Pine 1993; Piller 2006; ElMaraghy et al. 2013). Die zunehmende Variantenvielfalt der Unternehmen resultiert in einer extremen Änderungsdynamik der Produktprogramme in Form von kundeninduzierten Neukonstruktionen (Bayer 2010). Eine Mikrosegmentierung der Märkte resultiert in kürzeren Innovations- und Produktlebenszyklen sowie einer zunehmenden Produktkomplexität. Diese Effekte wirken sich auf den Produktentstehungsprozess, die Produkt- und Produktionstechnologien aus und erfordern eine Anpassung der Wertschöpfungsarchitekturen als Gesamtsystem (Schuh und Riesener 2017). Dadurch sind im Rahmen der Globalisierung zumeist Investitionen in anforderungsgerechte Ressourcen, neue Technologien sowie die Neuausrichtung von Prozessen notwendig (Westkämper und Löffler 2016). Innerbetriebliche Veränderung ist in produzierenden Unternehmen als Reaktion auf interne und externe Treiber somit an der Tagesordnung. Westkämper und Löffler (2016) zeigen die veränderten Rahmenbedingungen globaler

Produktionsunternehmen in Form von externen und internen Wandlungstreibern auf (Abbildung 23).

Wandlungstreiber	
extern	intern
Wirtschaftlich <ul style="list-style-type: none"> • Märkte • Kunden • Wettbewerber • Kapitalmarkt • Währungsparitäten • Arbeitsmarkt 	Produkte <ul style="list-style-type: none"> • Produkttechnologien • Modellpolitik (Art, Menge) • Varianten
Technisch <ul style="list-style-type: none"> • Technologien • I&K-Infrastruktur 	Fähigkeiten <ul style="list-style-type: none"> • Technologien • F&E • Personalqualifikation • Unternehmenskultur • Management
Politisch-Rechtlich <ul style="list-style-type: none"> • Tarifverträge • Gesetze • Vorschriften • Richtlinien • Normen 	Ressourcen <ul style="list-style-type: none"> • Technologische Einrichtungen • Mitarbeiter • Kapazitäten • Kapital • Standort(e) • Infrastruktur
	Organisation <ul style="list-style-type: none"> • Aufbauorganisation • Ablauforganisation

Abbildung 23: Wandlungstreiber des Systems Produktion, in Anlehnung an (Westkämper und Löffler 2016, S. 57)

Die Autoren erkennen aus der Kombination der Veränderungstreiber in Märkten, Produkten und Technologien neue Herausforderungen, denen produzierende Unternehmen bei Zunahme der Produkt- und Produktionskomplexität begegnen müssen. Diese werden insbesondere in Schwankungen der Auslastungen und dynamischen Auftragszusammensetzungen in der Produktion gesehen. Reduzierte Anlaufzeiten für neue Produkte, geringe Stückzahlen in der Produktion bei Zunahme der Produktvarianten gehen mit steigenden Anforderungen an die Produktqualität einher. Zusätzlich dazu lässt der wachsende Anspruch an die Logistik mit minimierten Beständen und Durchlaufzeiten sowie ein hoher Kostendruck den Anpassungsdruck auf Wertschöpfungsarchitekturen erkennen.

Während in den letzten hundert Jahren der Fokus der industriellen Optimierung auf dem technischen Fortschritt und der Effizienzsteigerung von Einzelprozessen zur

Schaffung von Wettbewerbsvorteilen lag, verschiebt sich der Fokus heute auf die Wertschöpfung im Gesamtsystem sowie dessen Fähigkeit zur Veränderung und Anpassung (Westkämper und Löffler 2016). Die Fähigkeit der Adaption des Gesamtsystems an veränderte Produktprogramme oder an externe Treiber der Veränderung gewinnt zunehmend an Bedeutung (Hoffmann 2017). Derzeit lassen produzierende Unternehmen als Reaktion auf diese Herausforderungen insbesondere eine Globalisierung von Produkten und Produktionstechnologien, globale Prozess-Standards im Falle von OEMs sowie eine zunehmende Nutzung lokaler Standortfaktoren im globalen Wettbewerb erkennen (Westkämper und Löffler 2016; Walzl und Wildemann 2014). Viele der entwickelten Strategien in Theorie und Praxis setzen auf Modularisierung, um der steigenden Komplexität zu begegnen (Frandsen 2017). Technisch ist an dieser Stelle die Rekonfigurationsfähigkeit von Produktionssystemen hervorzuheben, womit beispielsweise eine schnelle und aufwandsarme Veränderung technischer Funktionen oder Prozessabläufe ermöglicht wird (Neuhausen 2002). Modulare Produkt- und Produktionssysteme mit standardisierten Schnittstellen ermöglichen diese Wandlungsfähigkeit, die auch standortübergreifend zu verstehen ist und die Produkatallokation umfasst (Wildemann 2016). Eine strukturelle Wandlungsfähigkeit des Gesamtsystems ermöglicht die Nutzung der Potenziale einer vernetzten Wertschöpfung für optimierten Kapazitätseinsatz bei Schwankungen und Verschiebungen der Absätze (Westkämper und Löffler 2016). Für die Realisierung der gesteckten Ziele kommt es bei den Konzepten insbesondere auf die Gestaltung der Organisation an; viele der Ansätze basieren auf den Prinzipien der Dezentralisierung und Selbstorganisation (Ashmos et al. 2000). Eine übergeordnete Lenkung ist hierbei zu nutzen, um konträre Effekte einer Optimierung in vor- und nachgelagerten Prozessen zu vermeiden (Schuh und Riesener 2017). Beispielsweise könnten durch isolierte Betrachtung der Einsatz einer Maschine mit hohen Funktionalität erfolgen, was wiederum hohe indirekte Kosten in der Planung oder den Betriebsmitteln bewirkt (Westkämper und Löffler 2016). Durch eine Betrachtung aus übergeordneter Perspektive können solche konträren Effekte einer lokalen Optimierung unterbunden werden. Die Reaktion der Globalisierungsstrategie eines Unternehmen auf externe Veränderungen in der Umwelt lässt sich beispielsweise anhand des Frameworks „AAA triangle“

(Akronym für Aggregation, Arbitrage und Adaption) untersuchen und gestalten (Ghemawat 2007). In diesem Kontext muss analysiert werden, ob ein Unternehmen das Gleichgewicht zwischen den Strategien der Aggregation (Nutzung skalierbarer Vermögenswerte zwischen den Ländern), der Arbitrage (Ausnutzung von Unterschieden, z.B. bei den Arbeitskosten) und der Adaption (Ausrichtung an Unterschieden) neugestalten muss. Die Anpassung kann die geografische Reichweite von Aggregation und Arbitrage erweitern, geht aber mit Kosten in Form von verlorenen Skaleneffekten oder vermindertem Zugang zu ausländischen Inputs einher. Wenn die Hindernisse für die Globalisierung zunehmen, ist die Förderung der Anpassung durch Lokalisierung eine logische Reaktion. Wenn so viel lokalisiert werden muss, dass kein wesentlicher Vorteil mehr gegenüber lokalen Wettbewerbern bleibt, sollte die Möglichkeit des Rückzugs aus einigen Märkten geprüft werden. Wenn ein Unternehmen seine Wettbewerbsstrategie oder seine geografische Präsenz ändert, müssen damit oft Anpassungen an seiner Organisationsarchitektur einhergehen (Ghemawat und Altman 2019). Die aktuellen Trends implizieren dabei, dass Unternehmen in ihrer Globalisierungsstrategie weiterhin die Märkte priorisieren sollten, indem sie ihre Chancen in bestimmten Ländern mit den kulturellen, administrativen/politischen, geografischen und wirtschaftlichen Entfernungen zwischen ihnen abwägen (Ghemawat und Altman 2019). Eine neuere Entwicklung ist dabei, dass sich die administrativen/politischen Distanzen derzeit schneller verändern als früher (Altman et al. 2019). Unternehmen können ihre Geschäftstätigkeit nicht bei jeder Verschiebung in einem volatilen geopolitischen Umfeld neu konfigurieren, aber jetzt kann es an der Zeit sein, in schnellere Lieferketten zu investieren und die Notfallplanung zu überprüfen.

2.5 Strategien des Komplexitätsmanagements

Die Komplexität spiegelt sich in den internen Strukturen wider, was sich unter anderem in den Prozessen bemerkbar macht. In der nachfolgenden Abbildung wird dieser Zusammenhang anhand verschiedener Arten von Komplexität illustriert. (Größler et al. 2006)

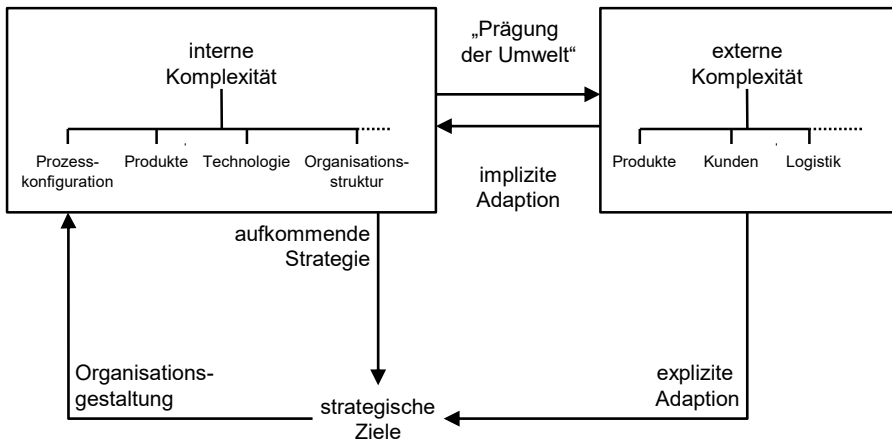


Abbildung 24: Zusammenhang zwischen interner und externer Komplexität, in Anlehnung an (Größler et al. 2006, S. 257)

Nach Größler und Kollegen gibt es dabei drei Möglichkeiten der Adaption der externen Komplexität durch das Unternehmen (Größler et al. 2006):

1. *Explizite Adaption*: Wird eine externe Zunahme von Komplexität erkannt, werden die internen Vorgaben angepasst, um die Komplexität des Systems Unternehmen auf das gewünschte Mass zu erhöhen.
2. *Implizite Adaption*: Nimmt die externe Komplexität zu, reagiert das Unternehmen eigenständig und ohne Eingreifen des Managements, indem autonom auf Basis vorhandener Flexibilität eine Anpassung vorgenommen wird.

3. *Explizite und implizite Adaption*: Diese Kombination von expliziter und impliziert Adaption greift auf vorhandene Flexibilität zurück und initiiert spontane Adaptionsprozesse, führt jedoch nicht zur vollständigen Adaption der Komplexität. In diesen Fällen muss das Management neue Zielvorgaben setzen, welche über die bisherigen Restriktionen hinausreichen (z.B. die Einführung einer neuen Produktlinie für die Erweiterung der Produktvielfalt).

2.5.1 Umgang mit externer Komplexität

Der prägende Einfluss der Umwelt des Unternehmens auf die Ausgestaltung des Komplexitätsmanagements wird in der Literatur allgemein anerkannt und spiegelt sich in verschiedenen Theorien komplexer Systeme wider. Aus der Perspektive der komplexen adaptiven Systeme wird häufig von einer passiven Rolle der Organisation im Umgang mit externer Komplexität ausgegangen, was den Handlungsspielraum einschränkt und die realen Gegebenheiten unzureichend abbildet (Child und Rodrigues 2011). Dabei bietet sich Unternehmen die Möglichkeit, unterschiedlichen Arten von Komplexität intern auf verschiedenen Wegen zu begegnen und somit die relevante Umwelt zu definieren (Espejo und Reyes 2011). Ashmos et al. beschreiben zwei grundlegende Möglichkeiten eines Unternehmens, auf externe Komplexität zu reagieren (Ashmos et al. 2000):

- a) *Komplexitätsbewältigung (oder Absorption von Komplexität)*: Organisationen erkennen an, dass sie komplexe adaptive Systeme sind und entsprechend organisiert werden sollten. Die Organisation verfolgt bei dieser Anschauung mit mehreren und widersprüchlichen Zielen eine Vielzahl von strategischen Prioritäten, weist eine erhöhte Konnektivität zwischen den Menschen sowie strukturelle Vielfalt auf, um den Fluss von Informationen in der Organisation zu maximieren. Solche Systeme nutzen Verbindungen innerhalb der Organisation, um Informationen über die relevante Umwelt und über das System selbst zusammenzutragen. Verbindungen, welche zur Interpretation externer Effekte beitragen, verbessern auch die Fähigkeit des Systems zur Selbstorganisation.

Selbstorganisation bezeichnet dabei die Fähigkeit der Neukonfiguration von Verbindungen und Aktivitäten.

- b) *Komplexitätsreduktion*: Im Gegensatz zur Bewältigung bzw. Absorption von Komplexität steht die Komplexitätsreduktion, wobei interne Strukturen vereinfacht werden, um Ordnung in einer scheinbar ungeordneten Welt zu schaffen. Organisationen wählen in diesem Fall interne Gestaltungsformen, die in einem eher „mechanischen“ Verständnis der Welt und Organisation mit einem höheren Fokus auf Kontrolle, Vorhersagbarkeit und dem Streben nach Gleichgewicht auch im Zusammenhang mit Komplexität, Chaos und Veränderung begründet sind. Diese Organisationen folgen einer Logik der Entwicklung von einfacheren, simplifizierenden Ansätzen, um eine Komplexitätsreduktion zu bewirken.

Während frühere Forschungsergebnisse (Ashmos et al. 2000; Boisot und Child 1999) lediglich zwei mögliche Reaktionen auf externe Komplexität beschreiben, zeigen neuere Forschungsergebnisse differenziertere Gestaltungsmöglichkeiten in der Praxis auf, welche sich in „Mischformen“ in verschiedenen Bereichen widerspiegeln (Aitken et al. 2016). Es stellt sich daher die Frage, welche Komplexität wertschöpfenden und welche Komplexität wertvernichtenden Charakter aufweist. Unternehmen sollten sich daher bewusst dafür entscheiden, Komplexität in den jeweiligen Systemen zu reduzieren oder zu absorbieren, was auch in einer Mischform geschehen kann (Aitken et al. 2016).

2.5.2 Management interner Komplexität

Der Umgang mit Komplexität im Unternehmen erfordert eine integrierte Betrachtung und konsistente Massnahmen (Schwenk-Willi 2001). Die Umsetzung eines durchgängigen Komplexitätsmanagements erfordert den Einsatz verschiedener Strategien (Wildemann 2016). Es werden die drei Basisstrategien Komplexitätsreduzierung, -beherrschung und -vermeidung genannt, welche eine Balance zwischen den vom Kunden wahrgenommenen Leistungen und den dafür

verwendeten Ressourcen ermöglicht (Wildemann 2008). Im Folgenden seien die drei Basisstrategien nach Wildemann kurz vorgestellt:

a) *Komplexitätsreduzierung*

Das Ziel der Komplexitätsreduzierung besteht darin, bereits existierende Komplexität im Unternehmen zu reduzieren. Typischerweise wird dabei die Kunden- und Programmbreite analysiert, wodurch häufig unattraktive Exotenvarianten aufgedeckt und Massnahmen zur Optimierung abgeleitet werden. In der Folge wird eine Reduktion im Rahmen des Variantenentwicklungsprozesses angestrebt, was unter anderem zu einer Reduktion von Halbzeug- und Rohstoffvielfalt führen soll.

b) *Komplexitätsbeherrschung*

Die Strategie der Komplexitätsbeherrschung setzt auf die effiziente Handhabung von nicht vermeidbarer Komplexität. Die Organisation wird dahingehend gestaltet, dass Prozesse komplexitätsoptimiert ablaufen und notwendige Varianten effizient gehandhabt werden können.

c) *Komplexitätsvermeidung*

Mittels der Komplexitätsvermeidung soll die Entstehung von Komplexität präventiv abgewendet werden. Das zentrale Ziel dieser Strategie besteht darin, im Produktplanungs- und Entwicklungsprozess der Neuentstehung von Komplexität wirksam entgegenzuwirken. Unternehmen, die dieser Strategie folgen, zielen darauf ab, im Rahmen des Vorfeldmarketings einen Informationsvorsprung zu erlangen, mit gezieltem Methodeneinsatz gewünschte Varianten in der erforderlichen Qualität hervorzubringen sowie eine schnelle, parallele Variantenentwicklung einzusetzen.

In Theorie und Praxis münden die Basisstrategien in einer Vielzahl von Methoden, welche sich in der Regel auf eines der Betrachtungsobjekte Produkt, Produktportfolio, Prozesse und Organisation fokussieren. Die Einzelansätze des Komplexitätsmanagements stammen dabei häufig aus den Ingenieurwissenschaften;

viele der Ansätze weisen eine starke Produktfokussierung auf. Dabei stehen insbesondere Kommunalitäten sowie die Baukastengestaltung im Mittelpunkt (Schoeller 2009). Die Herausforderung zeigt sich in der Praxis häufig weniger in der Umsetzung einzelner Methoden als im koordinierten Einsatz der Methoden und der integrierten Bearbeitung über funktionale Bereiche hinweg.

Tabelle 2 zeigt die Zuordnung gängiger Methoden und deren Beitrag zu den jeweiligen Basisstrategien.

Tabelle 2: Einzelansätze des Komplexitätsmanagements, in Anlehnung an (Vogel und Lasch 2015, S. 123)

Fokus	Ansatz	Reduktion	Beherrschung	Vermeidung
Produkt	Modularisierung	+++	++	+
	Standardisierung	+++	+	++
	Gleichteileverwendung	+++	+	++
	Plattformkonzept	+++	++	+
	Differenzialbauweise	+++	++	+
	Integrale Konstruktion	+++	++	+
Produkt-portfolio	Packaging	+++	++	
	Reduktion der Produktbreite	+++		++
	Reduktion der Kundenbasis	+++		
Prozesse	Verzögerungskonzept	+++	++	+
	Prozessstandardisierung	+++		++
	Prozessmodularisierung	+++	++	+
Organisation	Hierarchieabbau	+++		
	Empowerment	+++		

2.6 Organisationsarchitekturen und Komplexitätsbewältigung

2.6.1 Ashby's Law of Requisite Variety

Mit dem Gesetz der erforderlichen Varietät (engl. Law of requisite variety) etablierte Ross Ashby eines der grundlegenden Gesetze der Kybernetik (Ashby 1958; Ashby 1974). Die Komplexität eines Systems kann über die Anzahl möglicher Zustände (seine Varietät, engl. variety), welche es einnehmen kann, charakterisiert werden. Die Varietät kann dabei als eine Messgrösse für Komplexität gesehen werden (Schwaninger 2009a; Beer 1985). Ashbys Gesetz der erforderlichen Varietät besagt, dass ein lenkendes System nur dann stabil ist, wenn es eine gleich grosse oder grössere Varietät als ein zu lenkendes System aufweist (Ashby 1958; Ashby 1974). Übertragen auf Organisationen bedeutet dies, dass die möglichen Reaktionen einer Organisation mindestens gleich der relevanten Zustände der Umwelt sein müssen, um lebensfähig zu bleiben und durch das Management gelenkt werden zu können. Zudem muss das Management mindestens die Varietät aufweisen, welche aus der Organisation heraus entsteht (Espejo und Reyes 2011). Espejo und Reyes fassen das Gesetz mit den Worten „only complexity destroys (or absorbs) complexity“ (Espejo und Reyes 2011) zusammen, wobei der ursprünglich von Ashby verwendete Begriff „variety“ durch „complexity“ abgelöst wird.

2.6.2 Identität und Umwelt von Systemen

Um die Komplexität eines Systems und seiner Umgebung sowie deren Zusammenspiel zu analysieren, muss zunächst bestimmt werden, wo die Systemgrenzen liegen. Im Zusammenhang mit der Sichtweise von Unternehmen als Systeme schlägt Pérez Ríos (2010) vor, zu diesem Zweck Identität und Aufgaben einer Organisation zu betrachten. Ein Teil der Antwort auf die Frage danach, was Identität und Aufgabe einer Organisation sind, besteht darin, festzulegen, was diese *nicht* sind (Schwaninger 2009b). In der Praxis sind in vielen Organisationen Aktivitäten weltweit verteilt und die Antwort auf die Frage, wo die Grenze zu ziehen ist, fällt nicht immer leicht. Beer schlägt aus diesem Grund vor, die Tätigkeit eines Systems zu betrachten, was sich jedoch in der Praxis als schwierig erweist, da

verschiedene Betrachter unterschiedliche Beobachtungen von Systemen vornehmen (Pérez Ríos 2010). Sind die Grenzen der Organisation, deren Identität und Aufgabe geklärt, kann die relevante Umwelt des Systems bestimmt werden, in welche das System eingebettet ist. In diesem Kontext ist es wichtig, jeweils die *aktuelle* und die *zukünftige* Umwelt zu betrachten. Es kann beispielsweise sein, dass in der Umwelt Veränderungen technologischer, rechtlicher, ökonomischer, wettbewerblicher oder anderer Art ablaufen. Um die Umwelt eines Systems zu verstehen und zu charakterisieren, sollten insbesondere folgende Aspekte betrachtet werden (Pérez Ríos 2010):

- Identifikation der relevanten Bereiche der Umwelt
- Unterscheidung von Informationen der aktuellen und der zukünftigen Umwelt für jeden Bereich
- Identifikation von Informationsquellen
- Definition von „Sensoren“, welche diese Informationen kontinuierlich erfassen
- Bestimmung von Kommunikationskanälen für Informationen und Festlegung, wo und wie diese in der Organisation verarbeitet werden

2.6.3 Komplexitätsbewältigung durch Organisation

Ausgehend vom Gesetz der erforderlichen Varietät stellt sich die Frage, wie Organisationen ihre Lebensfähigkeit beibehalten können, da die Varietät der Umwelt zumeist um einiges grösser ist als die einer Organisation und die wiederum, die des Managements übersteigt. Dennoch gelingt es Organisationen, ihre Lebensfähigkeit zu erhalten. Dies wird ermöglicht, indem die (Basis-)Strategien der Komplexitätsbewältigung verfolgt werden. In der Betrachtung gilt es zu berücksichtigen, dass lediglich ein bestimmter Teil der Varietät der Umwelt für eine Organisation von Relevanz ist und die Organisation nur auf diesen Anteil reagieren muss. Weiterhin sind nicht alle Teile der Organisation mit der kompletten relevanten Varietät konfrontiert, sondern beschränken sich auf einen gewissen Anteil, den sie

für die Organisation bewältigen. Die Fähigkeit des Systems, mit anderen Systemen zusammenzuarbeiten und indirekt auf die relevante Umwelt zu reagieren, ermöglicht es, mit einer deutlich grösseren Varietät umzugehen, als dies dem System alleine möglich wäre. (Espejo und Reyes 2011)

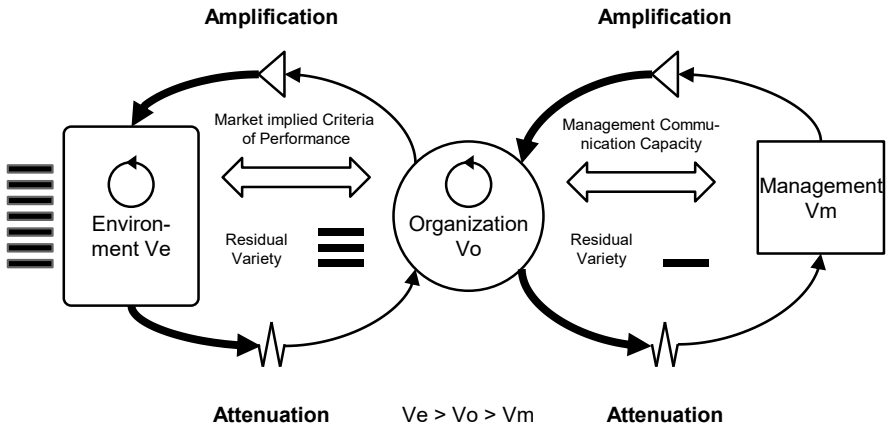


Abbildung 25: Komplexitätsmanagement in Organisationen, in Anlehnung an (Espejo und Reyes 2011, S. 69)

Als Beispiel aus der Praxis kann das Vertriebsnetzwerk eines Automobilherstellers herangezogen werden, welches für den Produzenten den Verkauf an einzelne Kunden übernimmt, diesem lediglich die Aufträge weiterreicht und für den Produzenten bereits einen grossen Anteil der Varietät absorbiert. Die Organisation kann nur auf einen relativ kleinen Teil der Umweltzustände reagieren, nutzt jedoch Agenten, um auf den Rest der relevanten Umweltzustände reagieren zu können. Dabei wird ein grosser Teil der externen Varietät durch Systeme absorbiert, welche nur einen verbleibenden Teil der Varietät (residual variety) der Organisation bzw. dem Management überlässt. Dies bedeutet, dass das Management, um eine Situation zu lenken, nicht die gesamte Varietät der relevanten Umwelt abbilden muss, sondern lediglich in der Lage sein muss, den verbleibenden Anteil zu bewältigen. In anderen Worten absorbieren die Systeme durch Selbstorganisation und Selbstregulierung bereits einen Teil der Komplexität der Umwelt für das Management, dem die

Aufgabe bleibt, die verbleibende Komplexität durch Verstärkung (Amplification) und Dämpfung (Attenuation) zu bewältigen. (Espejo und Reyes 2011) Für die verbleibende Varietät, die durch diese Prozesse nicht absorbiert wurde, werden Paare von komplexitätsverstärkenden und -dämpfenden Mechanismen entworfen. Dieser Zusammenhang wird in Abbildung 26 anhand eines Beispiels der Automobilindustrie illustriert.

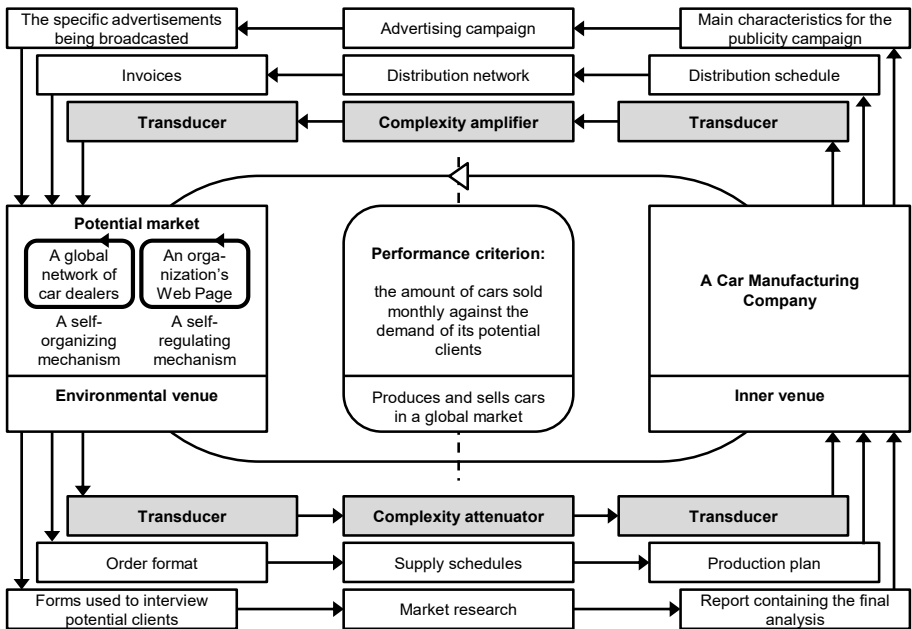


Abbildung 26: Variety Engineering (Espejo und Reyes 2011, S. 70)

Die Abbildung ist eine Variation von Beer's „homeostatic loop“ (Beer 1985; Espejo und Reyes 2011) und bildet die Basis seiner Idee des „variety engineering“. Dabei stehen auf der Seite mit hoher Varietät die Selbstorganisation sowie die Selbstregulation im Mittelpunkt des variety engineering. Somit wird die relevante Varietät für Organisation und Management reduziert. Für die verbleibende Varietät müssen Verstärker, Dämpfer und Überträger (engl. transducer,

Informationsübermittler zwischen zwei Systemen) (Beer 1985) für die Varietät erarbeitet werden. (Espejo und Reyes 2011)

2.6.4 Modell lebensfähiger Systeme

In diesem Abschnitt soll das Modell lebensfähiger Systeme (Viable Systems Model, kurz: VSM) vorgestellt werden. Das VSM ist ein systemisches Modell, das die Beobachtung und Beschreibung von Organisationen als menschliche Kommunikationssysteme ermöglicht (Espejo und Reyes 2011). Ursprünglich wurde das VSM von Stafford Beer entwickelt (Beer 1979, 1981, 1985), wobei seine Arbeit auf den Grundlagen der Kybernetik von Wiener (Wiener 1948) und Ashby (Ashby 1958; Ashby 1974) aufsetzt. Das VSM ermöglicht die Diagnose von Strukturen einer Organisation, dient jedoch ebenfalls als Plattform zur Organisationsgestaltung (Espejo und Reyes 2011).

Als lebensfähige Systeme werden diejenigen Organisationen bezeichnet, welche eine separate Existenz in einer bestimmten Umgebung aufrechterhalten können. Beispiele für lebensfähige Systeme sind eine Kirche oder eine Schule innerhalb eines Dorfes oder auch eine Landesgesellschaft, welche einem Mutterkonzern zugehörig ist. Lebensfähige Systeme können in ihrer Lebensfähigkeit von einer unterstützenden Umwelt abhängig sein (Beer 1985). Diese Systeme zeichnen sich durch eine eigene Wissensschaffung und Problemlösungskapazität aus. Um überlebensfähig zu sein, müssen Systeme nicht nur auf bekannte Ereignisse, wie etwa eine Kundenbestellung, reagieren können. Darüber hinaus ist die Fähigkeit des Umgangs mit unerwarteten und unwahrscheinlichen Ereignissen notwendig (Taleb 2011). Der Umgang mit unerwarteten und unwahrscheinlichen Ereignissen ist ein zentrales Merkmal lebensfähiger Systeme, denn dieser gibt ihnen die Fähigkeit der Anpassung an eine veränderte Umwelt. Obwohl das Auftreten unwahrscheinlicher Umweltzustände das System aus dem Gleichgewicht bringen kann, zeigen die Charakteristika des lebensfähigen Systems die Reduktion der Anfälligkeit gegenüber dem Unerwarteten, wodurch die Anpassungsfähigkeit des Systems zum Ausdruck gebracht wird. (Espejo und Reyes 2011)

Das VSM basiert auf Prinzipien, welche aus dem Studium biologischer Systeme heraus abgeleitet wurden. Lebende (lebensfähige) Systeme, von der elementaren Zelle bis zum Menschen, agieren selbstorganisierend und selbstregulierend. Übertragen auf den Kontext allgemeiner Systeme bedeutet dies, dass jedes Subsystem seine Autonomie gegenüber seiner Umwelt behält und zur Bildung grösserer, autonomer, lebensfähiger Systeme beiträgt. Alle autonomen Subsysteme verstärken die Komplexität der höheren Systemebene und teilen seine Struktur- und Managementanforderungen, um seine Lebensfähigkeit zu erhalten. Die rekursive Struktur biologischer Systeme mit der Fähigkeit einer enormen Komplexitätssteigerung zeigt eine funktionale Differenzierung unter Bewahrung einer gemeinsamen invarianten Struktur. Das VSM dient dabei als Mittel für die Beobachtung von Strukturen, welche in der Praxis häufig die Kommunikation von Menschen einschränken. Ein mangelndes Bewusstsein für den Kontext kann in unbeabsichtigten Konsequenzen und Leistungsproblemen resultieren. Zur Beurteilung dieser Risiken und zur Gestaltung bietet das VSM ein geeignetes Framework. Bei der Anwendung des VSMs stehen die Ermöglichung von Konnektivität und die Strukturierung des betrachteten Systems im Mittelpunkt, um eine nachhaltige Entwicklung von Beziehungen innerhalb und ausserhalb der Systemgrenzen zu ermöglichen und letztendlich die Leistung des Systems zu steigern. (Espejo und Reyes 2011)

Nach Beer ist eine Organisation nur dann lebensfähig, wenn sie ein bestimmtes Managementsystem aufweist, dessen Komponenten nachfolgend spezifiziert sind. Der Aufbau des VSM wird in der Literatur häufig diskutiert (Henderson 1989; Beer 1985, 1981, 1979; Espejo und Reyes 2011; Espejo und Watt 1988; Schwaninger 2009b), die nachfolgenden Ausführungen beziehen sich insbesondere auf die Werke von Beer, Espejo und Schwaninger. Die Bezeichnungen der einzelnen Systeme und deren Zusammenwirken sind in Abbildung 27 nachzuverfolgen.

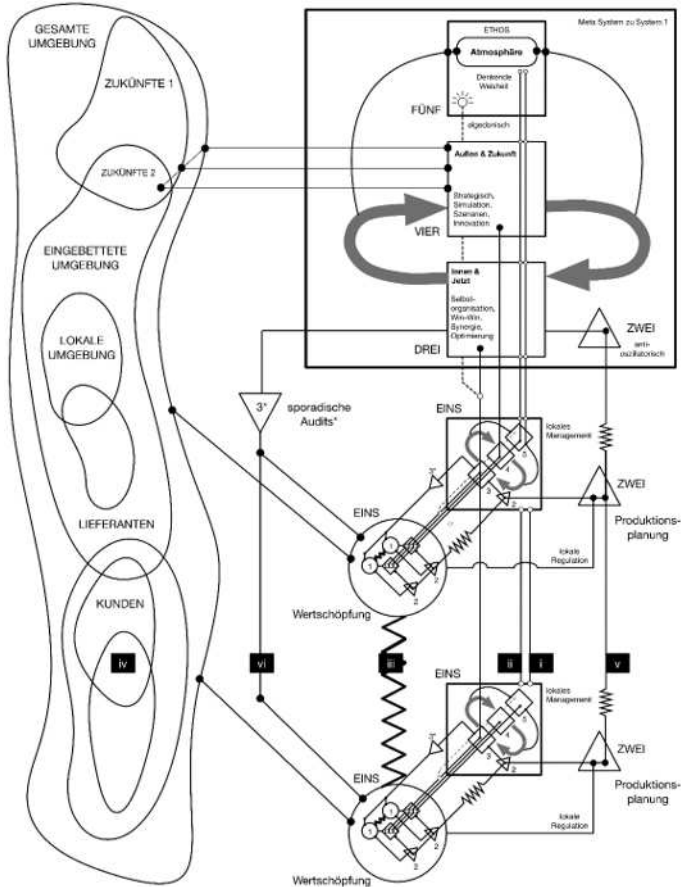


Abbildung 27: Viable Systems Model, in Anlehnung an (Beer 1985, S. 136)

Darstellung erstellt durch Mark Lambertz, lizenziert unter Wikimedia Commons [CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>)]

System 1: Das Management, d.h. die regulatorische Kapazität der Basiseinheiten (z.B. Divisionen oder Geschäftseinheiten eines Unternehmens). Die Basiseinheiten mit ihren regulatorischen Kapazitäten werden als „primäre Einheiten“ bezeichnet. Diese weitgehend autonomen und adaptiven Einheiten stehen für die operative Erbringung und Optimierung des täglichen Geschäfts im „Hier und Jetzt“.

System 2: Die Koordinationsfunktion, welche „Schwingungen“ dämpft und die Selbstregulierung verstärkt. Beispiele dafür sind Informationssysteme, die operative Planung, Zeitpläne und Programme, Teams, interne Services- und Supporteinheiten, Verhaltensstandards, die Wissensbasis sowie ein grosser Teil der Kommunikation.

System 3: Das operative Management der Organisation. Es ist verantwortlich für die Ressourcenzuteilung und fördert den Zusammenhalt und sichert ein globales Leistungsoptimum, das oft von den lokalen Optima in den Primäreinheiten abweicht: die „Geschäftsleitung“ mit Kernfunktionen wie Personal und Finanzen.

Beziehung der Systeme 1-3 (vertikaler Kanal): Dieser Kanal beinhaltet die Verhandlung von Zielen und Ressourcen: Rechenschaftspflicht, „management by objective“, Budgetkontrolle, „management by exception“, Intervention (diese erfolgt lediglich, wenn der Zusammenhalt der gesamten Organisation gefährdet ist).

Beziehung der Systeme 1-2-3: Hier erfolgt die Dämpfung der Komplexität, sowie die Filterung der Informationsflüsse der Basiseinheiten zur Entlastung des Systems 3. Es erfolgt eine kommunikative Dämpfung der Vielfalt und Unterhalt der organisatorischen Kohäsion.

System 3:* Der Audit-Kanal, in welchem die durch die Kanäle übertragenen Informationen (1-3: vertikaler Befehls- und Ausrichtungskanal für Ressourcen und Verantwortung und 1-2-3: Seitenkanäle für die Koordination) durch die Funktion der Überwachung und (sporadischen) Validierung ergänzt werden. Die durch diese Kanäle wandernden Informationen werden auf ihre Qualität und Zuverlässigkeit hin geprüft und durch direkten Zugang auf die Basiseinheiten vervollständigt. Beispiele dafür sind die Überwachung und die Auditierung, „Management mittels Rundgang“, soziale und kulturelle Aktivitäten sowie die informelle Kommunikation.

System 4: Dieses System ist zuständig für die langfristige Orientierung in Richtung Zukunft und Umwelt (ökologisch, sozial, ökonomisch-technologisch) sowie Modellierung und Diagnose der Organisation im Zusammenspiel mit ihrer relevanten Umgebung. Hier erfolgt die strategische Erforschung potenzieller Tätigkeitsfelder, Beispiele dafür sind die Unternehmensentwicklung, das strategische Management, die Forschung und Entwicklung, die Entwicklung neuer Fähigkeiten sowie die Generierung neuen Wissens.

Beziehung der Systeme 3-4: An dieser Stelle verbinden sich die kurz- und langfristigen, die internen und externen Perspektiven sowie die Strategieentwicklung. Die Systeme 3 und 4 bilden ein Homöostat, d.h. einen Körper von gegenseitiger Adaption, der einen stabilen Zustand anstrebt.

System 5: Schafft ein Gleichgewicht zwischen Gegenwarts- und Zukunftsorientierung, in einem nahezu zeitlosen (sehr langfristigen) Horizont und zwischen interner und externer Orientierung. System 5 definiert die Identität der Organisation und ihre Funktion im grösseren Referenzsystem. Beispiele umfassen die Werte, Normen und Prinzipien, welche das System ausmachen, d.h. das Ethos der Organisation.

Beziehung der Systeme (3-4)-5: Hier erfolgt die Moderation der Wechselwirkungen der Systeme 3 und 4, die Lösung oder Auflösung von Konflikten zwischen den verschiedenen Logiken dieser Systeme.

Das Managementsystem, welches hier skizziert wird, ist ein Zusammenwirken von Homöostaten von wechselseitig adaptierenden Systemen (z. B. 1-3, 3-4 usw.) auf der Suche nach Stabilität. Diese Stabilität wird durch ein Gleichgewicht der Sorten der einzelnen Systeme erreicht. Zum Beispiel tritt ein Ungleichgewicht auf, wenn ein System mit geringer Vielfalt, („schwaches“) System 4, mit einem vielfältigen („starken“) System zusammenwirkt. Ein funktionierender Homöostat wird dieses Ungleichgewicht korrigieren, eine Tendenz zeigen und die Zustände ins Gleichgewicht bringen. Ist dies nicht der Fall, wird eine logisch übergeordnete Instanz (System 5) intervenieren.

2.6.5 Rekursive Systeme: Complexity unfolding

Sind der Zweck und die relevante Umwelt eines Systems bestimmt, muss dieses gemäss Ashby's Law befähigt werden, die gleiche Varietät wie die relevante Umwelt bereitzustellen (Ashby 1958). In Organisationen „entfaltet“ sich die externe Komplexität über Systemebenen hinweg, das heisst, Subsysteme werden lediglich mit einem Ausschnitt der Komplexität konfrontiert, der die übergeordnete Systemebene begegnet (Pérez Ríos 2010). Für die Fähigkeit der Komplexitätsbewältigung von Systemen ist es daher von zentraler Bedeutung, die Systemgrenzen, deren Zweck und die jeweils relevante Umwelt zu definieren (Espejo und Reyes 2011). Die so entstehenden Subsysteme sollen jedes für sich lebensfähige Systeme darstellen und die Fähigkeit zur Selbstorganisation aufweisen (Pérez Ríos 2010). Der Zusammenhang zwischen System und Subsystemen sowie der jeweils relevanten Umwelt ist in Abbildung 28 dargestellt.

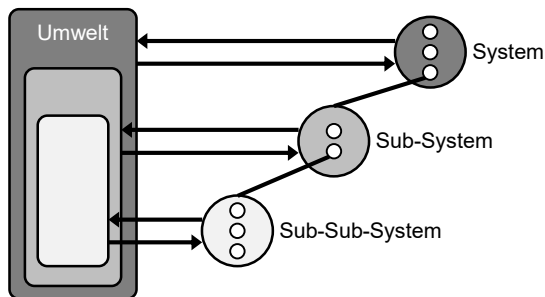


Abbildung 28: Rekursive Systeme und ihre relevante Umwelt, in Anlehnung an (Espejo und Reyes 2011, S. 96)

Ein Grossteil der Komplexität wird bereits auf lokaler Ebene innerhalb der Subsysteme bewältigt, weshalb lediglich eine geringe Restkomplexität über die Grenze des Subsystems hinaus bewältigt werden muss. Rekursive Strukturen stellen somit eine leistungsfähige Strategie der Komplexitätsbewältigung dar. Die Entfaltung der Komplexität in Subsystemen kann anhand verschiedener Kriterien, welche beispielsweise geografischer, wirtschaftlicher oder politischer Natur sein können, erfolgen (Pérez Ríos 2010). Die Bewältigung von Komplexität durch ein

Kollektiv ist in der Praxis häufig das Ergebnis lokaler Selbstorganisation und nicht das Ergebnis eines gezielten Designprozesses. Dies erfolgt über die Zusammenführung adaptiver Komponenten unter Berücksichtigung und Sicherstellung der jeweiligen Autonomie. Für Organisationen (im Sinne von produzierenden sozialen Systemen) impliziert dies die Zusammenführung kleiner lokaler Teams in einem gemeinsamen übergeordneten System. Je besser diese Zusammenführung und Ausrichtung gelingt, desto effektiver ist die Organisation eines Unternehmens (Espejo und Reyes 2011). Rekursive Systeme sind oftmals nicht eindeutig zu benennen, sondern es lassen sich verschiedene Systemketten bilden. Subsysteme können Bestandteil verschiedener übergeordneter Systeme sein und beinhalten selbst verschiedene Subsysteme. Aus der Betrachtung heraus ergibt sich die Dimension der Rekursion, welche für die Betrachtung eines Systems eingenommen wird (Beer 1985).

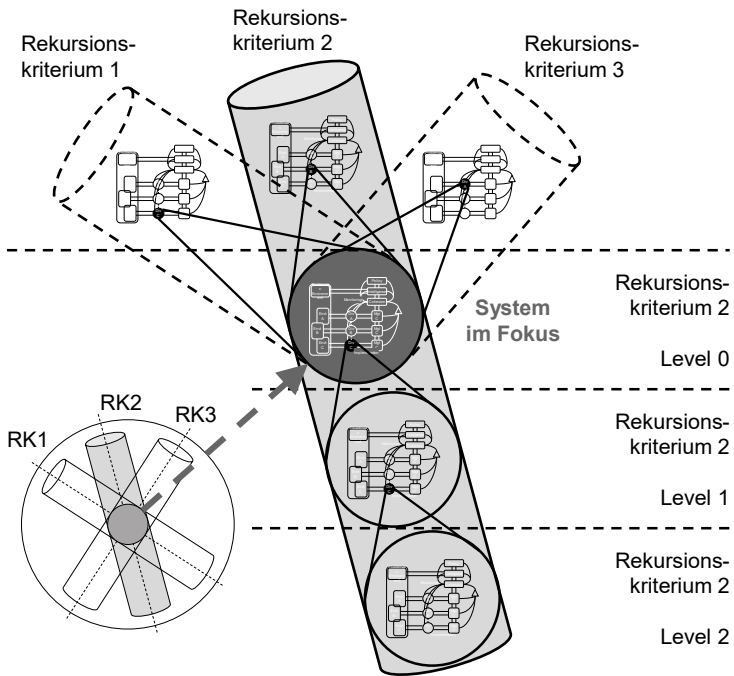


Abbildung 29: Das System im Fokus und Perspektiven der Rekursion, in Anlehnung an (Pérez Ríos 2010, S. 1538)

Abbildung 29 zeigt den oben skizzierten Zusammenhang zwischen Systemen und Rekursionskriterien. Ein System im Fokus kann dabei in der Kreuzung von Rekursionskriterien liegen. Die gewählten Rekursionskriterien können sich auf verschiedenen Ebenen voneinander unterscheiden, dies entspricht einem Wechsel der „Dimension“ (des Rekursionskriteriums). (Pérez Ríos 2010).

2.6.6 Bionik und Kellys Prinzipien der Gestaltung und Entwicklung adaptiver komplexer Systeme

Wie auch bei der Entwicklung des VSMs, lassen sich zahlreiche Beobachtungen der Regeln der Natur auf menschlich geschaffene Systeme übertragen. Die Bionik als interdisziplinäre Wissenschaft bringt Prinzipien der Natur systematisch in die Problemlösung anderer Disziplinen ein (Nachtigall 2002, 2010). Zahlreiche Beispiele zeigen die erfolgreiche Anwendung dieser Prinzipien in der Praxis, wobei neben technischen Lösungsprinzipien wie dem Lotus- oder dem Haischuppeneffekt auch zahlreiche Beispiele der Organisation von Systemen erfolgreich in der Praxis genutzt werden (Blüchel und Malik 2006; Nachtigall und Wissner 2013). In der Wirtschaft zeigen sich viele Analogien zur Natur. So weisen konkurrierende Unternehmen oftmals ähnliche Verhaltensweisen wie Lebewesen untereinander auf, wobei sich die Erkenntnisse der Evolution, der natürlichen Selektion und der Entstehung von Arten (Darwin 1859) auf Unternehmen übertragen lassen (Henderson 1983). Basierend auf diesen Erkenntnissen werden Unternehmen gewisse Verhaltensweisen empfohlen, welche unternehmerischen Erfolg ermöglichen und die Lebensfähigkeit sicherstellen sollen (Henderson 1989; Otto und Speck 2011). Bruce Henderson stellt dabei die Erkenntnisse der Biologie für Unternehmen in den Vordergrund (1989):

„Biologists are better guides to business than economists.“

(Henderson 1989, S. 143)

Insbesondere für die Informationsverarbeitung und -bewertung sowie den Umgang mit Komplexität und Emergenz zeigt die Natur oftmals Lösungen auf, welche die Leistungsfähigkeit der Prozesse in Unternehmen deutlich übersteigen (Kesel 2011). Im Buch „Out of Control: The New Biology of Machines, Social Systems, and the Economic World“ (Kelly 1994) stellt Kevin Kelly neun Organisationsprinzipien zur Gestaltung und Entwicklung komplexer Systeme vor. Die Herleitung der Prinzipien basiert insbesondere auf der Beobachtung natürlicher Systeme sowie der Erfahrung der Gestaltung komplexer Systeme. Dabei werden Erkenntnisse verschiedener Wissenschaftsdisziplinen, die sich mit komplexen Systemen auseinandersetzen, wie

etwa der Biologie und der Informatik, analysiert und abstrahiert. Die Integration dieser interdisziplinären komplexitätswissenschaftlichen Erkenntnisse kann somit die Komplexitätsbewältigung in durch den Menschen gestalteten Systemen unterstützen, indem folgende neun Regeln Berücksichtigung finden. Kellys Ausführungen wurden sowohl in der Managementforschung, als auch in der Unternehmensforschung aufgegriffen, obwohl diese zunächst nicht primär für die Unternehmenspraxis konzipiert waren (Stüttgen 1999). Im folgenden Abschnitt werden die Gestaltungsprinzipien jeweils kurz erläutert.

1. Distribute being („dezentralisiere das System“)

Laut Kelly bestehen komplexe Systeme aus der Vernetzung verteilter kleinerer Einheiten, welche selbst wiederum aus verteilten kleineren Einheiten bestehen können. Diese Struktur findet Kelly beispielsweise in Bienenstöcken, der Wirtschaftswelt oder Supercomputern. Durch das Zusammenspiel der verteilten Einheiten entsteht mehr als deren Summe; es entsteht „something from nothing“ (Kelly 1994, S. 469). Die Emergenz eines verteilten Systems bildet die Basis für dessen Leben, Intelligenz und Evolution.

2. Control from the bottom up („Lenke von unten herauf“)

Aufgrund der Verteilung und Verknüpfung der Elemente des Systems in einem Netzwerk erfolgen Handlungen und Entwicklungen zeitgleich und an verschiedenen Orten. Aufgrund der Parallelität der Ereignisse finden Probleme dezentral und verteilt statt. Dadurch entziehen sich viele Probleme einer zentralen Kontrollenheit. Möglichst viele Entscheidungen müssen daher dezentral durch die tiefste Systemebene (verteilte Intelligenz) getroffen werden, um Probleme möglichst parallel und lokal zu lösen. Sind Systeme einem permanenten Wandel unterworfen, erscheint eine Lenkung von unten herauf hierarchischen Führungseinheiten überlegen.

3. Cultivate increasing returns („Kultiviere zunehmende Grenzerträge“)

Das Prinzip der positiven Rückkopplung wird als Mittel zur Verstärkung eingesetzt, um Wachstum zu erzeugen. Dabei basiert das Wachstum auf Keimzellen, welches durch die Vermehrung eines Subsystems erfolgt. In komplexen adaptiven Systemen macht sich positives Feedback in Form von Lerneffekten und Skalenerträgen bemerkbar. Kelly formuliert den Effekt der positiven Verstärkung: „success breeds success“ (Kelly 1994, S. 469).

4. Grow by chunking („Wachse über funktionierende Einheiten“)

Ein komplexes System kann laut Kelly nur dann entstehen, wenn diesem ein einfaches System zugrunde liegt, welches sich später zu einem komplexen System entwickelt. Der Versuch, ein komplexes System zu gestalten, ist zum Scheitern verurteilt, wenn die Gestaltung direkt auf das komplexe System abzielt. Selbst wenn alle Bestandteile eines komplexen Systems zur Verfügung stehen, müssen sich die Subsysteme zunächst für sich selbst in ihrer Umwelt stabilisieren. Ein komplexes System entsteht durch die Verbindung einfacher Module, welche unabhängig voneinander agieren können.

5. Maximize the fringes („Fördere Randgruppen/Diversität“)

Diversität der Elemente und Funktionen eines Systems bilden die Basis für die Anpassungsfähigkeit eines Systems. Während ein homogenes System zur Anpassung an die Umwelt stets eine grosse Revolution benötigt, kann sich ein heterogenes System mittels vieler kleiner Revolutionen evolutionär entwickeln. Dabei wird eine permanente, jedoch niemals kritische Anpassung durchlaufen. Diversität stellt eine Quelle der Innovation dar, welche sich insbesondere an den Systemgrenzen, in isolierten Bereichen und in Momenten des Chaos entwickelt. Die Anpassungsfähigkeit des heterogenen Systems ist eine Grundlage der Stabilität, da die Wahrscheinlichkeit einer existenzbedrohenden Revolution im Vergleich zu homogenen Systemen sehr gering ausfällt.

6. Honor your errors („Behandle Fehler freundlich“)

Die Abweichung von konventionellen Methoden ist eines der Fundamente der Evolution. Der Entwicklung von neuen Mustern geht ein Prozess von Fehlerketten voraus, welche eine wichtige Rolle in der Schöpfung einnehmen. Auch die genialsten Einfälle sind in letzter Konsequenz das Produkt von Versuch und Irrtum. Fehler, ob absichtlich herbeigeführt oder dem Zufall geschuldet, dienen der Entwicklung des Systems.

7. Pursue no optima; have multiple goals („Balanciere multiple Ziele“)

Im Gegensatz zu simplen Maschinen verfolgen komplexe Systeme multiple Ziele, welchen ein System zeitgleich genügen muss. Es stellt sich daher die Herausforderung, unterschiedlichsten Anforderungen nachzukommen, was dem Streben nach Optimierung der jeweiligen Ziele entgegensteht. Anstatt die Ziele optimal zu erfüllen, streben komplexe Systeme danach, diese „gut genug“ zu erfüllen und somit überlebensfähig zu bleiben. Die Lebensfähigkeit wird durch die Erfüllung widersprüchlicher Ziele erreicht, weshalb komplexe Systeme oftmals verwobene, vielschichtige Formen annehmen, welche die minimale Erfüllung der multiplen Ziele und somit das Überleben ermöglichen. Die gleichberechtigte Verfolgung widersprüchlicher Ziele muss anerkannt werden, um die zukünftige Lebensfähigkeit des Systems nicht zu gefährden.

8. Seek persistend disequilibrium („Suche stabiles Ungleichgewicht“)

Ein System im Stillstand ist nicht überlebensfähig, weshalb sich komplexe Systeme stets entwickeln. Eine ausbleibende Anpassung an die Umwelt, wie auch eine Revolution, sind potenziell existenzbedrohend. Das Ungleichgewicht stellt somit sowohl die Grundlage der Lebensfähigkeit als auch eine Bedrohung dieser dar. Ein Zustand des permanenten, stabilen Ungleichgewichts ist daher anzustreben, um einen konstanten Wandel zu ermöglichen. Kelly vergleicht diesen Balanceakt mit dem Wandel am Rande der Existenz: „a continuous state of surfing forever on the edge between never stopping but never falling“ (Kelly 1994, S. 470).

9. Change changes itself („Wandle den Wandel“)

Wandel lässt sich strukturieren. Grosse komplexe Systeme koordinieren den Wandel. Sind extrem grosse Systeme aus komplizierten Systemen aufgebaut, beginnen sich diese zu beeinflussen und die Organisation der anderen Systeme zu ändern. Es entsteht ein Wandel höherer Ordnung. Werden Systeme von unten gelenkt, wandeln sich die Regeln mit der Zeit. In einer evolutionären Entwicklung entwickeln sich die Regeln eines Systems von selbst. Die Steuerung der langfristigen Systementwicklung erfordert die Fähigkeit, den Wandel zu koordinieren und zu strukturieren.

Stüttgen untersucht in seiner Dissertation Strategien der Komplexitätsbewältigung im Unternehmenskontext anhand von Kellys Gestaltungsprinzipien (Stüttgen 1999). Die Gestaltungsregeln fasst er dabei anhand von vier Oberbegriffen zusammen, wobei er die Prinzipien „Verteile die Intelligenz“, „Lenke von unten herauf“, „Wachse über funktionierende Einheiten“ der Systemstruktur zuordnet. Die Prinzipien „Fördere Randgruppen (Diversität)“ und „Behandle Fehler freundlich“ ordnet er der Evolution und Anpassung des Systems in einer komplexen Umwelt zu, welche unter dem Begriff Triebkräfte der Systemevolution subsumiert werden. Mit den drei Prinzipien „Suche stabiles Ungleichgewicht“, „Kultiviere zunehmende Grenzerträge“ und „Wandle den Wandel“ wird der Begriff Systemwandel im Ungleichgewicht begründet, welche den Wandelprozess komplexer Systeme betreffen. Das Prinzip „Balanciere multiple Ziele“ hingegen wird als geschlossener Themenkomplex betrachtet und als Leitlinie des Systemverhaltens verstanden, welche eine Klammer für den Zusammenhalt der anderen Prinzipien bildet. Abbildung 30 bringt diese vier Oberbegriffe in einem Ordnungsrahmen in den Zusammenhang:

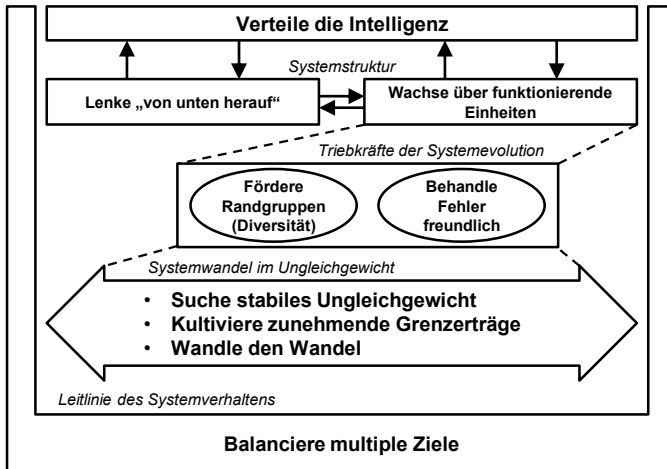


Abbildung 30: Ordnungsrahmen der Komplexitätsbewältigungsstrategien in Unternehmen (Stüttgen 1999, S. 66)

Kellys Prinzipien der Gestaltung und Entwicklung komplexer adaptiver Systeme lassen sich somit strukturiert auf Unternehmen übertragen und können deren Fähigkeit zur Komplexitätsbewältigung unterstützen. Der Einsatz der Gestaltungsprinzipien hängt von der Strategie des Unternehmens und dem Kontext ab. Dabei stellt die Wertschöpfungsarchitektur eines Unternehmens eine entscheidende Größe dar, welche die relevante Umwelt und damit die externe Komplexität des Systems prägen.

2.7 Kritische Würdigung bestehender Ansätze

2.7.1 Anforderungen an ein integriertes Komplexitätsmanagement

Punktuelle Massnahmen haben sich für die Komplexitätsbewältigung in Unternehmen als ungeeignet gezeigt. Komplexität zu beherrschen wird daher vermehrt als ganzheitliche Managementaufgabe aufgefasst (Schwenk-Willi 2001; Malik 2015; Schuh und Riesener 2017). Zur Abgrenzung des Forschungsvorhabens von Ansätzen der Literatur sind insbesondere die Ansätze eines ganzheitlichen (integrierten) Komplexitätsmanagements produzierender Unternehmen zu berücksichtigen. Unter ganzheitlichen Ansätzen des Komplexitätsmanagements werden im Gegensatz zu den geschilderten Einzelansätzen die vor- und nachgelagerten Prozessschritte integriert. Die Betrachtung bezieht sich dabei insbesondere auch auf die Abhängigkeiten und Wechselwirkungen von Einflussgrößen und Massnahmen. Eine ganzheitliche und systemorientierte Perspektive erhebt zudem den Anspruch, verschiedene (Komplexitäts-)Strategien zu ermöglichen. Die Intention eines ganzheitlichen Komplexitätsmanagements besteht dabei nicht darin, punktuelle Einzelmassnahmen umzusetzen, sondern zielt darauf ab, ein abgestimmtes Gesamtkonzept zu entwickeln und implementieren (Lasch und Gießmann 2009).

In zahlreichen Arbeiten wurden die Kosten- und Nutzenpotenziale von Komplexität in produzierenden Unternehmen untersucht und Systeme zum Erreichen eines optimalen Grades an (Produkt-)Komplexität vorgestellt. Im Zentrum vieler Arbeiten zur Komplexitätsoptimierung steht dabei die Ermittlung von Komplexitätskosten auf Basis einer variantenorientierten Prozesskostenrechnung (Rathnow 1993, 2010; Schuh 2005; Bayer 2010). Grundsätzlich zielen die vorgestellten Methoden dabei auf die Umsetzung der Strategien der Komplexitätsreduktion, -beherrschung und -vermeidung (Wildemann 2000) ab, wobei jedoch zumeist die Komplexitätsreduktion auf Basis reduktionistischer Einzelansätze im Mittelpunkt steht (Brosch 2014).

Im Komplexitätsmanagement lassen sich zwei Paradigmen erkennen, das „mechanische“ und das „systemisch-evolutionäre“ Paradigma, aus denen sich verschiedene Ansätze des Komplexitätsmanagements entwickelt haben (Kirchhof 2003). Um der Forderung nach einem ganzheitlichen Ansatz gerecht zu werden, muss die Integration beider Paradigmen gelingen, wodurch Komplexität durch die Architekturgestaltung eine „mechanische“ Ordnung erfährt. Zudem sind die Ansätze der Organisationsgestaltung und Selbstorganisation insbesondere im globalen Kontext von grosser Bedeutung, um die Kohärenz des Gesamtsystems sicherzustellen und die Potenziale verschiedener Subsysteme zur dezentralen Komplexitätsbewältigung gezielt einzusetzen. Eine Integration der beiden beschriebenen Paradigmen sollte fokussiert werden, um dem Anspruch eines ganzheitlichen Komplexitätsmanagements zu genügen. Ein integriertes Komplexitätsmanagement sollte die Identität der Organisation und die relevante Umwelt berücksichtigen. Erst nach Kenntnis bestehender Abhängigkeiten von anderen Systemen und der Freiheitsgrade der eigenen Gestaltung kann eine wirksame Strategie entwickelt werden. Die Erarbeitung einer zweckmässigen Organisation sollte sich an der externen Komplexität orientieren, um Autonomie der Subsysteme zu ermöglichen. Die Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur mit Produkt- und Produktionsarchitekturen stehen bei produzierenden Unternehmen oftmals im Fokus der Betrachtung. In diesem Zusammenhang müssen strukturelle Anforderungen an die jeweiligen Architekturen und Abhängigkeiten berücksichtigt werden, was beispielsweise unter Einsatz modularer Gestaltungsprinzipien oder durch Einschränkung der potenziellen Systemzustände mittels Regeln erfolgen kann. Über den gesamten Lebenszyklus der genutzten Architekturen hinweg ist ein kontinuierlicher Abgleich der erforderlichen und der vorgehaltenen Varietät notwendig. Dies sollte in den jeweiligen Ansätzen berücksichtigt werden und kann etwa über Analysen von Komplexitätskosten erfolgen oder in definierten Prozessen der Variantenentstehung und Ausphasung etabliert sein. Die Herausforderung besteht nach und während der Architekturgestaltung darin, die notwendige Transparenz und Verantwortung an den richtigen Stellen zu schaffen, um effektive Lenkungsmechanismen zu etablieren.

In den nachfolgenden Übersichten werden bestehende Ansätze eingeordnet und anhand der vorgestellten Kriterien bewertet und im Anschluss ausgewählte Publikationen detaillierter betrachtet.

Tabelle 3: Vorstellung ausgewählter Ansätze des Komplexitätsmanagements

Erläuterung des Fokus: A Allgemein in produzierenden Unternehmen PE Produktentwicklung EK Einkauf P Produktion L Logistik SC Interne Supply Chain D Distribution	Fokus des Ansatzes	Elemente des Ansatzes							Fokus			
		Komplexitätsanalyse	Komplexitätsbewertung	Entwicklung Komplexitätsstrategie	Entwicklung von Instrumenten des KM	Komplexitätsplanung	Implementierung des Komplexitätsmanagements	Komplexitätscontrolling	Produktkomplexität	Prozesskomplexität	Produktportfoliokomplexität	
Erläuterung der Bewertungskriterien: ++ erfüllt + teilweise erfüllt - nicht erfüllt												
Grossmann (1992)	A	x			x		x		-	-	-	-
Höge (1995)	A	x	x						-	++	-	-
Fricker (1996)	A	x	x						-	-	-	-
Bohne (1998)	A	x	x	x				x	-	-	-	-
Puhl (1999)	A	x				x		x	-	+	-	-
Bliss (2000)	A			x					++	-	-	-
Westphal (2000)	L			x					-	-	-	-
Schwenk-Willi (2001)	A			x	x	x	x		+	+	+	+
Kim and Wilemon (2003)	PE		x	x			x		-	-	-	-
Kirchhof (2003)	A	x				x			-	-	-	-
Dehnen (2004)	PE			x					++	++	++	++
Hanenkamp (2004)	P			x		x	x	x	+	+	-	-
Perona and Miragliotta (2004)	P,L	x		x					-	-	-	-
Anderson et al. (2006)	A	x	x	x					-	-	-	-
Marti (2007)	A		x	x					++	-	-	-
Meyer (2007)	D	x		x				x	-	-	-	-
Denk and Pfreissl (2009)	A	x		x					-	-	-	-
Schöller (2009)	A			x		x	x		++	+	+	+
Isik (2011)	SC	x	x	x				x	-	-	-	-
Lammers (2012)	D	x	x		x				-	-	-	-
Götzfried (2013)	A	x	x	x			x	x	++	+	+	+
Brosch (2014)	A	x	x		x			x	+	+	+	+
Budde (2016)	A	x	x			x		x	+	+	+	+
Hoffmann (2017)	PE				x	x			++		++	
Maurer (2017)	PE	x	x	x	x		x		+	+	+	+
Schuh and Riesener (2017)	A	x	x	x	x	x	x	x	++	+	+	+

Tabelle 4: Bewertung ausgewählter Ansätze des Komplexitätsmanagements

Erläuterung der Bewertungskriterien: ++ erfüllt + teilweise erfüllt - nicht erfüllt	Bewertungskriterien												
	Berücksichtigung der Identität des Systems	Wiederkehrender Zyklus	Modulare Struktur	Anwendbarkeit	Transparenz	Identifikation des Komplexitätsproblems	Methoden des KM	Anwendung von Kennzahlen	Identifikation von Komplexitätsstreibern	Zusammenhang von Komplexitätsstreibern	Bewertung von Komplexitätsstreibern	Bewertung des Komplexitätslevels	Organisationsgestaltung
Grossmann (1992)	+	-	-	++	+	++	++	+	-	-	-	-	++
Höge (1995)	+	-	++	+	+	+	-	-	-	-	-	+	++
Fricker (1996)	+	-	-	+	++	++	++	-	+	-	-	-	++
Bohne (1998)	-	+	-	+	++	+	++	-	-	-	-	-	-
Puhl (1999)	-	++	++	++	++	+	++	+	+	+	+	++	+
Bliss (2000)	+	++	-	++	+	-	++	-	-	-	-	+	+
Westphal (2000)	+	-	-	-	-	-	++	-	-	-	-	-	++
Schwenk-Willi (2001)	++	+	++	+	-	+	++	-	+	+	+	+	+
Kim and Wilemon (2003)	-	+	-	+	++	+	-	+	+	-	+	-	-
Kirchhof (2003)	+	+	+	-	++	-	+	-	++	++	+	-	+
Dehnen (2004)	-	-	+	+	-	-	+	-	-	-	-	+	-
Hanenkamp (2004)	-	+	+	-	++	-	+	-	++	++	+	-	-
Perona and Miragliotta (2004)	-	-	-	+	++	-	-	-	-	-	-	-	-
Anderson et al. (2006)	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Marti (2007)	-	-	-	++	++	-	+	-	-	-	-	+	-
Meyer (2007)	+	++	++	++	++	-	++	+	++	++	+	-	-
Denk and Pfeissl (2009)	-	-	+	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-
Schöller (2009)	+	+	+	++	+	+	++	-	+	+	+	+	+
Isik (2011)	-	-	-	+	++	+	-	-	+	+	-	-	-
Lammers (2012)	+	-	-	+	++	+	++	-	++	++	++	-	-
Götzfried (2013)	+	+	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	-
Brosch (2014)	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+	++	+	-
Budde (2016)	-	-	-	+	++	+	-	++	+	+	++	++	-
Hoffmann (2017)	-	+	-	++	+	-	+	+	+	-	-	-	+
Maurer (2017)	++	-	-	-	+	++	+	+	+	-	-	-	-
Schuh und Riesener (2017)	+	++	-	++	+	+	+	+	+	-	+	+	+

2.7.2 Beiträge des integrierten Komplexitätsmanagements

Im Folgenden werden ausgewählte Beiträge des Komplexitätsmanagements kurz vorgestellt. Auf Ausprägungen, welche den obigen Tabellen zu entnehmen sind, wird an dieser Stelle nicht explizit eingegangen, sondern eine ergänzende Charakterisierung der Ansätze vorgenommen.

Organisatorische Segmentierung: Ein Instrument zur Komplexitätshandhabung (Höge 1995)

Höge stellt ein „Instrument zur Komplexitätshandhabung“ vor, welches die organisatorische Segmentierung zur Erhöhung der Anpassungsfähigkeit eines Unternehmens zum Ziel hat. Der Ansatz dient Praktikern zur Unternehmenssegmentierung, die aufbauend auf einer Komplexitätsdiagnose eine Implementierung von Segmenten verfolgt. Im Rahmen der Arbeit wird dazu zunächst eine Konzeptionalisierung und Operationalisierung von Komplexität vorgenommen. Durch Segmentierung wird auf eine schnittstellenarme, weniger fragmenthafte Arbeitsteilung abgezielt. Komplexität wird explizit in den beiden Dimensionen als „Last“ und als „Leistung“ betrachtet, ein wertstiftender Charakter von Komplexität wird anerkannt. Damit hebt sich der Ansatz von der weit verbreiteten „Problematierung“ von Komplexität in der Praxis ab.

Eine Methodik zur Modellierung, Analyse und Gestaltung komplexer Produktionsstrukturen (Fricker 1996)

Fricker setzt den Schwerpunkt seiner Arbeit auf das Management komplexer Produktionsstrukturen mittels quantitativer Abbildungen der Komplexitätssituation. In diesem Kontext stellt er eine Methodik zur Modellierung, Analyse und Gestaltung vor. Die zentrale Zielsetzung besteht in der Beherrschung von Objektvielfalt mittels Modellierung von Unternehmensstrukturen und der quantitativen Analyse von Komplexitäts- und Ordnungsmassen, wobei insbesondere die Varietät, die Entropie und die „effektive Komplexität“ im Mittelpunkt stehen. Basierend auf den Diagnosen werden Gestaltungsmaßnahmen abgeleitet, welche die Komplexität im Unternehmen optimieren sollen. In einer exemplarischen Anwendung der Methodik

werden spezifische Komplexitätsprofile aufgezeigt und systematisch Handlungsempfehlungen abgeleitet.

Komplexitätsmanagement: Ein Konzept zur ganzheitlichen Erfassung, Planung und Regelung der Komplexität in Unternehmensprozessen (Puhl 1999)

Puhl nimmt eine integrierte Perspektive des Komplexitätsmanagements in produzierenden Unternehmen ein und definiert Komplexitätsregelkreise anhand der Hauptaktivitäten Komplexitätsplanung, -erfassung und -regelung. Dabei steht das Bestreben nach einem optimalen Grad an Komplexität im Unternehmen im Mittelpunkt, welcher situativ durch eine Komplexitätserhöhung bzw. -reduzierung erzielt werden soll.

Puhl stellt ein Komplexitätsreferenzmodell vor und erarbeitet Komplexitätsregelkreise, welche ein funktionsübergreifendes Management von Komplexität im Unternehmen ermöglichen sollen. Dabei werden Detaillierung und Aggregation verschiedener Prozesse anhand einer Prozesshierarchie ermöglicht. Im Ansatz von Puhl wird sowohl die Gestaltung von Systemen sowie die Definition von Systemgrenzen innerhalb eines Unternehmens als auch die Betrachtung globaler Organisationen nur unzureichend integriert. Aspekte der Dezentralisierung werden nicht berücksichtigt, sondern das System „Unternehmen“ als homogen betrachtet.

Management von Komplexität: Ein integrierter, systemtheoretischer Ansatz zur Komplexitätsreduktion (Bliss 2000)

Bliss stellt eine integrierte Methodik vor, die zur Überführung der produkt-, prozess- und organisationsbezogenen Einzelansätze dienen soll und deren Interdependenzen berücksichtigt. Dies erfolgt anhand einer Implementierungsabfolge für ein integriertes Komplexitätsmanagement, die aus systemtheoretischer Sicht hergeleitet und in ein vierstufiges Phasenmodell übertragen wird.

Die Orientierung des Ansatzes anhand der vierphasigen Abfolge stellt zwar die Integration verschiedener Perspektiven sicher und ermöglicht eine übergreifende Bearbeitung, jedoch wird die kontinuierliche Bearbeitung in einem internationalen

Kontext nicht berücksichtigt. Ebenfalls werden Systemgrenzen und die Gestaltung von Regelkreisen nicht hinreichend integriert.

Integriertes Komplexitätsmanagement: Anleitungen und Methodiken für die produzierende Industrie auf Basis einer typologischen Untersuchung (Schwenk-Willi 2001)

Basierend auf einem Konsortialbenchmarking (Schweikert 2000) wird eine Typologisierung von Unternehmen anhand der Successful-Practice Unternehmen entlang der beiden Ausprägungen „Variantenkonfigurierer“ und „Variantenoptimierer“ vorgenommen. Ziel der Arbeit ist es, die Wirkung der Varietät eines dynamischen Umfeldes auf das Varietätsniveau von Unternehmen zu dämpfen. Zu diesem Zweck werden Instrumente vorgestellt, die zur Optimierung des Komplexitätsniveaus des Unternehmens beitragen sollen. Zum integrierten Management von Komplexität wird eine Integration in das St.Galler Management-Konzept als Managementmodell und als Bezugsrahmen vorgenommen und Methoden sowie Instrumente für die jeweiligen Unternehmenstypen werden beschrieben. (Schwenk-Willi 2001) Es wird eine sehr technische Perspektive mit starkem Fokus auf das Variantenmanagement eingenommen, welche es dem Unternehmen ermöglicht, Produktvarianten effizient abzubilden und die interne Komplexität zu optimieren. Organisatorische Aspekte werden in der Arbeit nur bedingt behandelt und beziehen sich primär auf die funktionsübergreifende Zusammenarbeit.

Komplexitätsmanagement in der Produktionslogistik: Ein Ansatz zur flussorientierten Gestaltung und Lenkung heterogener Produktionssysteme (Westphal 2001)

Westphal entwickelt einen Gestaltungsrahmen zur Umsetzung des Flussprinzips in heterogene Produktionsstrukturen. Dabei werden Einflussfaktoren auf die Komplexität der Produktionsprozesse analysiert und ein Konzept zur Gestaltung von Organisationsstrukturen der Materialfluss- und Lenkungssysteme sowie Koordinationsprinzipien zur Handhabung der Komplexität in Produktionsprozessen

vorgestellt. Des Weiteren wird ein diskretes Simulationsinstrument zur Abbildung von Produktionssystemen entwickelt.

Westphal folgt einem systemisch-kybernetischen Ansatz und bezieht sich primär auf die Komplexitätsbewältigung in Produktionsprozessen, Materialflüssen und der Produktionslogistik mit dem Ziel der Effizienzerhöhung. Die Betrachtung umfasst zwar die umfassende Vernetzung innerhalb des Unternehmens und berücksichtigt die Supply Chain, vernachlässigt jedoch die standortübergreifende Dimension produzierender Unternehmen. Ebenfalls wird die Gestaltung von Regelkreisen und die Verantwortung des Komplexitätsmanagements nur am Rande diskutiert.

Methodik zur Gestaltung modularer Produktionssysteme für Unternehmen der Serienproduktion (Neuhausen 2002)

Neuhausen stellt eine Methodik zur Modularisierung von Produktionssystemen vor. Zielsetzung ist die Reduktion von Wechselwirkungen der Elemente der Produktion sowie eine Isolierung von veränderlichen Kundenanforderungen bzw. von Produkten auf Elemente der Produktion. Zu diesem Zweck werden zunächst Modelle zur Abbildung der Wechselwirkungen zwischen Produkt und Produktion entwickelt. Auf Basis der Analysen werden dem Praktiker generische Massnahmen vorgestellt, welche die Planung der Produkt- und Produktionsentwicklung unterstützen sollen.

Ganzheitliches Komplexitätsmanagement: Grundlagen und Methodik des Umgangs mit Komplexität im Unternehmen (Kirchhof 2003)

Kirchhof stellt eine Methodik des ganzheitlichen Komplexitätsmanagements vor, welche die Entwicklung, Gestaltung und Lenkung von Komplexität in Unternehmen zum Ziel hat. Dabei werden zunächst allgemeine Muster, Modelle und Prinzipien untersucht, welche die Grundlage für die Erarbeitung der Methodik darstellen. Es wird zwischen funktionaler und struktureller Komplexität unterschieden, welcher Unternehmen mit einem mechanischen bzw. einem systemisch-evolutionären Paradigma begegnen. Die beiden Paradigmen spiegeln sich in den verschiedenen Ansätzen der Komplexitätsbewältigung wider. Neben den Ansätzen, welche auf der

Organisationsgestaltung, vernetzten und dynamischen Strukturen sowie der Selbstorganisation basieren, finden sich Ansätze, welche die strukturelle Komplexität fokussieren und häufig reduktionistische Komplexitätsstrategien aufweisen. Für Kirchoff steht die Integration der Ansätze der strukturellen und der funktionalen Komplexität im Vordergrund und bildet den Kern der Arbeit. Auf dieser Grundlage werden ein Lenkungsmodell, Konfigurationsmodelle sowie ein Planungskonzept vorgestellt. Die Arbeit bedient sich der Beiträge der Kybernetik und nutzt das Viable Systems Model von Beer sowie das Modell der Rückkopplungsnetzwerke von Stacey. Die Arbeit charakterisiert sich als Grundlagenforschung und hat keinen konkreten Anwendungsbezug.

Entwicklung des Geschäftsprozesses Komplexitätsmanagement in der kundenindividuellen Serienfertigung (Hanenkamp 2004)

Hanenkamp entwickelt einen durchgängigen Geschäftsprozess zur Vernetzung der Einzelansätze des Komplexitätsmanagements. Vorgestellt wird eine Vorgehensweise, die kontinuierlich die Auswahl und Anwendung von Methoden und Verfahren im Unternehmen unterstützen soll. Der Geschäftsprozess besteht aus den Teilbereichen Planung, Entscheidung, Implementierung und Controlling, welche durch ein informationstechnisches Konzept ergänzt werden.

Der Ansatz von Hanenkamp basiert primär auf einer Vernetzung bestehender Einzelansätze, welche über einen repetitiv zu durchlaufenden Prozess und Teilmodelle des Unternehmens miteinander verbunden werden. Die Systemgestaltung und die Betrachtung globaler Unternehmen findet nicht statt, die Betrachtung des intraorganisationalen Produktions- und Entwicklungsnetzwerks kommt hier ebenfalls nicht vor.

Integration des Komplexitätsmanagements in den strategischen Führungsprozess der Logistik (Meyer 2007)

Meyer stellt eine Methode zur Integration der Anforderungen des Komplexitätsmanagements in den Führungsprozess der Logistik vor, welche basierend auf der Balanced Scorecard modular entwickelt wurde. Zentraler

Bestandteil der Methode ist ein Komplexitätswirkmodell, das eine Hilfestellung zur Definition strategischer Ziele des Komplexitätsmanagements und deren Operationalisierung bietet. (Meyer 2007)

Meyer stellt die Logistik in den Mittelpunkt der Betrachtung, weshalb die Forderung nach einer Ganzheitlichkeit des Komplexitätsmanagements nur bedingt erfüllt wird.

Internationales Komplexitätsmanagement am Beispiel der Automobilindustrie (Schoeller 2009)

Schoeller stellt einen Erklärungsansatz dar, welcher zur Komplexitätsreduzierung international agierender Automobilhersteller eingesetzt werden kann. Der Fokus der Arbeit liegt dabei auf der Realisierung von Kommunalitäten und deren Potenzialen, dazu werden Suchfelder für Kommunalitätsformen, -arten und -ebenen aufgezeigt. Für Umsetzung und Implementierung von Kommunalitäten wird ein Bezugsrahmen entwickelt, welcher verschiedene Unternehmensdimensionen abbildet und die Basis für den Entwurf eines Gestaltungsmodells darstellt. Die Arbeit fokussiert die Automobilindustrie und liefert Ansätze, um die Kommunalität global zu erhöhen, eine Übertragbarkeit auf andere Industrien ist dabei nur bedingt gegeben.

Managing Complexity Induced by Product Variety in Manufacturing Companies: Complexity Evaluation and Integration in Decision-Making (Götzfried 2013)

Götzfried strukturiert eine ganzheitliche Initiative des Komplexitätsmanagements in zwei abhängigen Kategorien: Befähigende Faktoren und Aufgabenfelder. Zudem zeigt er auf, dass der Implementierungserfolg des Komplexitätsmanagements von der Management-Priorität, der organisatorischen Verankerung und der funktionsübergreifenden Einbindung abhängt. Die Teilansätze des Komplexitätsmanagements werden durch diese Voraussetzungen befähigt. Überdies zeigt Götzfried Lenkungsansätze und Transparenz schaffende Werkzeuge auf, welche die Entscheidungsfindung im Unternehmen unterstützen sollen und plädiert für ein ganzheitliches, proaktives Komplexitätsmanagement im Sinne der Komplexitätsbeherrschung. Die Erkenntnisse münden in einem konzeptionellen Modell.

Der Ansatz von Götzfried stellt die komplexitätsorientierte Entscheidungsfindung in den Mittelpunkt und vernachlässigt an dieser Stelle die Strukturen innerhalb des Unternehmens. Zwar werden Zuständigkeiten für das Komplexitätsmanagement diskutiert, die Gestaltung von Regelkreisen und die Integration in globale Unternehmen wird allerdings nicht diskutiert.

Eine Methode zur Reduzierung der produktvarianteninduzierten Komplexität (Brosch 2014)

In der Arbeit wird eine Methode zur Reduzierung der produktvarianteninduzierten Komplexität vorgestellt. Dabei steht zunächst die Identifikation von Handlungsfeldern durch die Erhöhung von Transparenz über die Erfassung von Komplexitätstreibern im Vordergrund, im darauf aufbauenden zweiten Methodenblock werden Methoden zur Unterstützung der Produktentstehung sowie der Optimierung bestehender Produktfamilien und des Auftragsabwicklungsprozesses vorgestellt. Die Arbeit konzentriert sich dabei primär auf die Strategie der Komplexitätsreduktion. Organisatorische Aspekte im Rahmen globaler Wertschöpfung und die Lenkung globaler Wertschöpfung werden nicht betrachtet.

Integriertes Komplexitätsmanagement in produzierenden Unternehmen: Ein Modell zur Bewertung von Komplexität (Budde 2016)

Budde stellt ein integrales, funktionsübergreifendes, nicht-monetäres Bewertungssystem für Komplexität vor. Dabei wird das Ziel verfolgt, Unternehmen durch die Schaffung von Transparenz die Nutzung positiver Effekte von Komplexität zu ermöglichen und negative Effekte kontrollier- bzw. reduzierbar zu machen. Dabei befasst sich der Beitrag mit der Optimierung von Produkt- und Prozesskomplexität in produzierenden Unternehmen. Das Bewertungssystem soll dazu eingesetzt werden, ein ganzheitliches Komplexitätsmanagement zur Beherrschung von Komplexität in produzierenden Unternehmen zu ermöglichen, und ist somit als Vorstufe eines ganzheitlichen Komplexitätsmanagements zu betrachten.

Methodik zur Steuerung modularer Produktbaukästen (Hoffmann 2017)

Die Dissertation ist im Kontext des VW-Konzerns entstanden und stellt eine Methodik zur Steuerung von Baukastenprojekten vor. Die Baukastenentwicklung wird mit Prozesselementen und Rollen in den Projekten versehen und die jeweilige Verantwortlichkeit für die Steuerung dargelegt. Die Arbeit integriert die praktischen Erfahrungen der verschiedenen Marken und Baukastenprojekte, sieht jedoch explizit die Generalisierbarkeit und Übertragbarkeit auf andere Branchen vor, was sich unter anderem in der Validierung anhand eines Bootsmotors zeigt. Die Arbeit ist stark produktfokussiert und nimmt in Teilen eine starke Entwicklungsperspektive ein. Die Arbeit kann einen Beitrag für das Komplexitätsmanagement eines Unternehmens darstellen, beleuchtet jedoch nur einen Teil der relevanten Aspekte eines integrierten Komplexitätsmanagements.

Complexity Management in Engineering Design – A Primer (Maurer 2017)

Maurer gibt in seiner Habilitationsschrift eine breite Einführung in Begrifflichkeiten im Themenfeld Komplexität, den Einfluss von Komplexität in den Ingenieurwissenschaften und die Entwicklung des Komplexitätsmanagements. Verschiedene Ansätze des Komplexitätsmanagements aus unterschiedlichen Domänen werden vorgestellt und charakterisiert. Die Arbeit mündet in einem Complexity Management Framework, welches Unternehmen dabei unterstützen soll, in sechs Schritten eine Methode des Komplexitätsmanagements für ein definiertes System zu etablieren. Die Arbeit stützt sich auf eine sehr breite theoretische Basis und integriert bestehende Ansätze der Literatur in vielfältiger Weise. Ein differenzierter Umgang mit Komplexität und ein umfassendes Systemverständnis zeichnen die Arbeit aus. Die Strukturierung der Einzelansätze des Komplexitätsmanagements stellt ein zentrales Ergebnis der Arbeit dar, welche zum Teil jedoch auf einer sehr abstrakten Ebene diskutiert werden.

2.7.3 Implikationen für das Forschungsvorhaben

Die Ansätze des Komplexitätsmanagements produzierender Unternehmen haben in den letzten Jahren eine Vielzahl von Einzelansätzen des Komplexitätsmanagements hervorgebracht. Dabei wurde oftmals die Erzeugung von Kommunalitäten in den Vordergrund gestellt, welche eine Reduktion der Komplexität durch Gleichteilverwendung und die Harmonisierung von Prozessen über Ansätze der Produktarchitekturgestaltung und Modularisierung erzielen sollte (Wildemann 2000; Schuh 2005; Schoeneberg 2014b; Lindemann et al. 2006). Aufgrund der vielfältigen und weitreichenden Komplexitätsfolgen eines Eingreifens sind punktuelle Ansätze jedoch als unwirksam einzuschätzen (Lasch und Gießmann 2009, S. 202). In der Vergangenheit dominierten zudem die ingenieurwissenschaftlichen Ansätze die Diskussion, was zu einer Überakzentuierung der technischen Lösungen und einer unzureichenden Berücksichtigung der ganzheitlichen Betrachtung führte (Schoeller 2009).

Die Produktion hat in den letzten Jahrzehnten eine zunehmende Globalisierung erfahren, eine Vielzahl produzierender Unternehmen setzt auf interne oder externe Produktionskapazitäten, die weltweit verteilt agieren und zur Deckung der Nachfrage zu komplexen Netzwerken verwoben sind (Friedli et al. 2013). Es stellt sich dabei vermehrt die Frage, welche Zusammenhänge zwischen der Komplexität breiter Produktportfolios und anderen Unternehmensbereichen bestehen, weshalb diese integriert betrachtet werden sollten (Closs et al. 2008). Insbesondere die integrierte Betrachtung von Produktions- und F&E-Netzwerken muss in Forschung und Praxis verstärkt stattfinden (Cheng et al. 2015), wobei die Netzwerkperspektive in der Erforschung komplexer Systeme bislang derzeit noch am Anfang steht (Eisenhardt und Piezunka 2011). Eine entscheidende Rolle spielt in der Netzwerkperspektive insbesondere die Definition des Systems im Fokus und dessen Einbindung in die relevante Umwelt (Espejo und Reyes 2011), wobei Unternehmen insbesondere in der Analyse als adaptive Systeme oftmals eine reaktive Rolle zugeschrieben wird, welche den Gestaltungsmöglichkeiten des Managements nicht gerecht wird (Child und Rodrigues 2011).

Insbesondere ergeben sich folgende Implikationen für das Forschungsvorhaben:

1. Eine isolierte Betrachtung der Einzelansätze der Komplexitätsbewältigung in produzierenden Unternehmen erscheint wenig zweckmässig, weshalb eine ganzheitliche, kybernetisch-systemische Perspektive eingenommen wird.
2. Die Literatur hat in der Vergangenheit eine Überakzentuierung der technischen Konzepte der Komplexitätsbewältigung erfahren, deren Zusammenspiel sowie die Systemgestaltung und Lenkung sollen daher im Mittelpunkt stehen.
3. Globale Organisationen werden in der Literatur des Komplexitätsmanagements produzierender Unternehmen bislang nicht hinreichend beleuchtet. Es muss die fehlende Netzwerkperspektive des Komplexitätsmanagements durch die Gestaltung geeigneter Subsysteme hergestellt werden.

3 Forschungskonzeption

3.1 Wissenschaftstheoretische Positionierung

Das vorliegende Forschungsvorhaben basiert auf dem Verständnis der Betriebswirtschaft im Sinne einer angewandten Sozialwissenschaft (Hill und Ulrich 1979). In diesem Zusammenhang wird die Betriebswirtschaftslehre als Führungs- und Managementlehre aufgefasst, die sich mit den Problemen der Gestaltung, Lenkung und Entwicklung produktiver sozialer Systeme befasst (Ulrich 1984). Die Komplexität des sozialen Systems Unternehmung wird anerkannt und der Standpunkt der totalen Beherrschbarkeit aufgegeben. Die Betriebswirtschaft verfolgt das Ziel, die Management-Praxis zu wissenschaftlich fundiertem Handeln zu befähigen. Ausgangspunkt für einen Forschungsprozess sind demnach problembezogene, wissenschaftliche Erkenntnisse, die das Formulieren wissenschaftlicher Forschungsfragen erlauben.

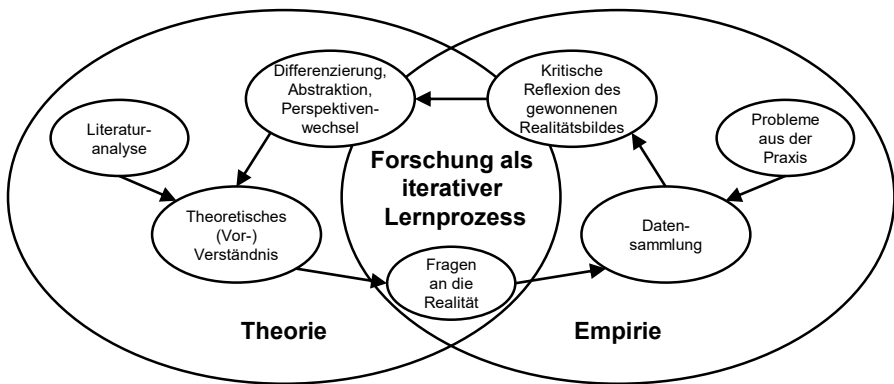


Abbildung 31: Forschung als iterativer Lernprozess, in Anlehnung an (Tomczak 1992, S. 84; Kubicek 1977, S. 14)

Entsprechend Abbildung 31 liegt dem Forschungsprozess ein iterativer Lernprozess zugrunde. Durch das Zusammenwirken von Theorie und Empirie entsteht in dieser Forschungsmethodik eine Synthese aus systematischer Gewinnung von Erfahrungswissen und deren Umsetzung in theoretische Aussagen (Kubicek 1977; Tomczak 1992).

3.2 Forschungsfrage

Nach Ashby und Beer besteht das Kernproblem eines jeden Organismus darin, die für das Überleben seines Systems relevante Komplexität zu bewältigen (Ashby 1958; Beer 1966, 1975). Dies bedeutet, Mittel und Wege zu finden, welche die eigene Komplexität in Einklang mit der Komplexität seiner Umwelt bringen (Malik 2015; Ulrich und Probst 2001). Dabei wird das Überleben nur als möglich angesehen, wenn das Problem des Komplexitätsausgleichs zwischen dem Organismus und Umwelt gelöst werden kann (Beer 1985). Diese grundlegenden Aussagen gelten insbesondere für produzierende Unternehmen (Schuh 2005; Schuh und Riesener 2017), welche durch eine Mikrosegmentierung der Märkte sowie durch die Globalisierung der Produktion (Friedli et al. 2013) einer starken Komplexitätszunahme ausgesetzt sind und entsprechend Subsysteme (Wildemann 2016) schaffen, um die Komplexität im Unternehmen zu bewältigen. Dabei ist das Unternehmen ständig gezwungen, sich mit den Einflüssen der Umwelt auseinanderzusetzen, um seine Struktur, Funktionsweise und Identität aufrechterhalten zu können (Espejo und Reyes 2011; Schwaninger 2016, 2009b). Es stellt sich neben der Frage nach der Positionierung zur Umwelt auch die Frage der Interaktion der Subsysteme, welche über die Gesamtheit der Funktionen und Aktivitäten zur internen Systemstabilisierung führen, was durch Massnahmen zur Erhaltung des Teilgleichgewichts geschieht (Malik 2008). Dabei kann über die Gestaltung von Subsystemen eine wirksame systeminterne Komplexitätsabsorption erreicht werden, welche der Lenkungseinheit eine Beschränkung auf die Bewältigung der residualen (nicht durch die Subsysteme absorbierten) Komplexität ermöglicht (Friedli 2006). Die Lenkungskapazität eines Systems und die Fähigkeit zur Kontrolle von Komplexität sind abhängig von den grundlegenden Strukturen, welche die Komplexitätsbeherrschung entweder erleichtern, erschweren oder gar

unmöglich machen können (Ulrich und Probst 2001). Die Systemstruktur stellt dabei ein zentrales Element der Komplexitätsbeherrschung dar, da diese die Grundvoraussetzung der Lenkbarkeit darstellt (Beer 1966, 1985).

Die vorausgehenden theoretischen Überlegungen sowie die praktische Relevanz führt zur Entwicklung der Forschungsfrage, welche sich gemäss nachfolgender Darstellung in eine Haupt- und drei Unterforschungsfragen untergliedern lässt:

Wie kann Komplexität in globalen Produktionsunternehmen effektiv und effizient bewältigt werden?	
I.	Wie können Systeme gestaltet werden, um eine effiziente Komplexitätsbeherrschung zu ermöglichen?
II.	Wie kann die Lenkung der Subsysteme zur Komplexitätsbewältigung erfolgen?
III.	Wie kann das Zusammenspiel von Subsystemen die Komplexitätsbewältigung des Gesamtsystems unterstützen?

Abbildung 32: Forschungsfrage

Gemäss der St.Galler Tradition steht in der vorliegenden Dissertation die ganzheitliche Betrachtung des Systems Unternehmen im Zentrum der Forschung (Ulrich und Probst 2001; Malik 2008; Friedli 2006). Die Analyseeinheit für die qualitative Fallstudienforschung ist die Komplexitätsbewältigung des Systems „globales Produktionsunternehmen“. Ein zentraler Aspekt des Forschungsvorhabens besteht daher darin, Einzelansätze in einem ganzheitlichen System zu erfassen und die notwendigen Strukturen der (Sub-)Systeme sowie deren Interaktion in produzierenden Unternehmen zu untersuchen. Die Hauptforschungsfrage „*Wie kann Komplexität in globalen Produktionsunternehmen effektiv und effizient bewältigt werden?*“ gliedert sich zu diesem Zweck in drei Unterforschungsfragen.

Die erste Unterforschungsfrage „*Wie können Systeme gestaltet werden, um eine effiziente Komplexitätsbeherrschung zu ermöglichen?*“ umfasst die Systemgestaltung produzierender Unternehmen. Die Komplexitätsbewältigung erfolgt im Gesamtsystem durch die Bewältigung eines Anteils der Komplexität in Subsystemen. Die Gestaltung von Produkt- und Produktionsarchitekturen, welche in

Produktions- und Entwicklungsnetzwerken abgebildet werden, lassen vielfältige Formen der Strukturierung zu, welche sich in ihrer Fähigkeit der Komplexitätsbewältigung unterscheiden. In diesem Kontext nehmen die Identität des Systems, das Zusammenspiel mit der relevanten Umwelt, die Festlegung von Systemgrenzen sowie die Gestaltung der Schnittstellen eine entscheidende Rolle ein. In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, wie sich die Gestaltung solcher Systeme auf die Komplexitätsbewältigung auswirkt.

Die zweite Unterforschungsfrage „*Wie kann die Lenkung der Subsysteme zur Komplexitätsbewältigung erfolgen?*“ umfasst die Lenkung der Subsysteme mittels Steuerung und Regelung. Das Lenkungsverhalten resultiert aus der Systemstrukturierung und den etablierten Subsystemen. Globale Produktionsunternehmen weisen Subsysteme auf, die in ihrer Strukturierung und der Form der Vernetzung stark unterschiedlich ausgeprägt sein können. Der Grad der Dezentralisierung der Subsysteme, deren interne Komplexität sowie der Anteil residueller Komplexität für höhere Systemebenen stellen entsprechend unterschiedliche Anforderungen an das Management. Die Arbeit untersucht Methoden und Instrumente des globalen Komplexitätsmanagements zur (zentralen) Steuerung der Ausrichtung des Systems durch die Definition von Soll-Zuständen sowie durch Regelung zur Korrektur bei Abweichungen von angestrebten Zuständen.

Die dritte Unterforschungsfrage „*Wie kann das Zusammenspiel von Subsystemen die Komplexitätsbewältigung des Gesamtsystems unterstützen?*“ umfasst die Schnittstellen an Systemgrenzen sowie durchgängige Prozesse. Eine ganzheitliche Optimierung der globalen Wertschöpfungsarchitekturen erfordert die integrierte Betrachtung der involvierten Systeme. Das Zusammenwirken der Subsysteme im Kontext globaler Transformationsprozesse sowie die Möglichkeit der gezielten Schaffung von Synergien werden untersucht. Die Komplexitätsbewältigung unter Berücksichtigung vor- und nachgelagerter Transformationen inner- und ausserhalb der Systemgrenzen ist in der globalen Wertschöpfung von zentralem Interesse. In der Untersuchung finden Identität und Typus des Systems sowie spezifische Restriktionen ebenfalls Berücksichtigung.

3.3 Forschungskonzept

Das Forschungskonzept umfasst das grundlegende Vorgehen sowie die eingesetzten Methoden zur Beantwortung der Forschungsfragen. Die vorliegende Arbeit gliedert sich in die qualitative Forschung ein, welche den Entdeckungszusammenhang im Vergleich zur quantitativen Forschung in den Mittelpunkt stellt, der wiederum insbesondere in einem frühen Stadium des wissenschaftlichen Lebenszyklus des Themengebiets anzustreben ist (Tomczak 1992).

3.3.1 Angewandte Fallstudienforschung

Im Kontext der vorliegenden Dissertation ist die angewandte Fallstudienforschung ein zentraler Bestandteil. Ausgewählte Grundlagen der Fallstudienforschung werden daher im folgenden Kapitel kurz erörtert. In der Literatur wird grundsätzlich zwischen zwei Typen von Fallstudien unterschieden, nämlich der Einzelfallstudie und der vergleichenden Fallstudie, bei welcher verschiedene Fälle im Vergleich zueinander betrachtet werden (Yin 2014). Der zentrale Vorteil einer vergleichenden Fallstudie gegenüber der Einzelfallstudie besteht darin, dass sich Erkenntnisse durch Ähnlichkeiten und Unterschiede kritisch beleuchten lassen, was deren Glaubwürdigkeit erhöht (Eisenhardt 1989; Yin 2014; Borchardt und Göthlich 2007). Im Rahmen der Dissertation kommen vergleichende Fallstudien zum Einsatz, welche sich insbesondere zur Erfassung umfassender und somit besserer Abbildungen der sozialen Wirklichkeit eignen (Borchardt und Göthlich 2007). Die Zielsetzung und Anwendung fallstudienbasierter Forschung fassen Borchardt und Göthlich folgendermassen zusammen:

„Während mit quantitativen Analysen v.a. das Ziel verfolgt wird, aus bestehenden Theorien abgeleitete Hypothesen zu testen und damit bestehendes Wissen zu spezifizieren, eignet sich der hier dargestellte Forschungsansatz der Fallstudie besonders dann, wenn es darum geht, komplexe, bisher wenig erforschte Phänomene in einem breiten Zugang und vor dem Hintergrund ihrer Kontextbezogenheit zu betrachten.“ (Borchardt und Göthlich 2007, S. 46)

Die untersuchten Fälle müssen für vergleichende Fallstudien in einem gemeinsamen Kontext mit dem Forschungsziel stehen, um bewusst verschiedene Fallecharakteristika einzubinden (Eisenhardt 1989). Die Auswahl der Fälle kann dabei so gestaltet sein, dass die erlangten Erkenntnisse bestätigt werden können oder jedoch so gewählt werden, dass theoretisch vorhersehbar abweichende Resultate erzielt werden (Yin 2014). Eisenhardt empfiehlt eine Richtgrösse von vier bis zehn Fällen, um die Komplexität der Auswertung im Rahmen zu halten (Eisenhardt 1989).

Grundsätzlich kann die Datenerhebung im Rahmen von Fallstudienarbeiten in die Befragung, die Beobachtung und die Inhaltsanalyse unterteilt werden, welche auch gemeinsam zur Anwendung kommen können (Borchardt und Göthlich 2007). Zusammenfassend ergibt sich der in Abbildung 33 aufgezeigte Ablauf zur Erstellung der Fallstudien.

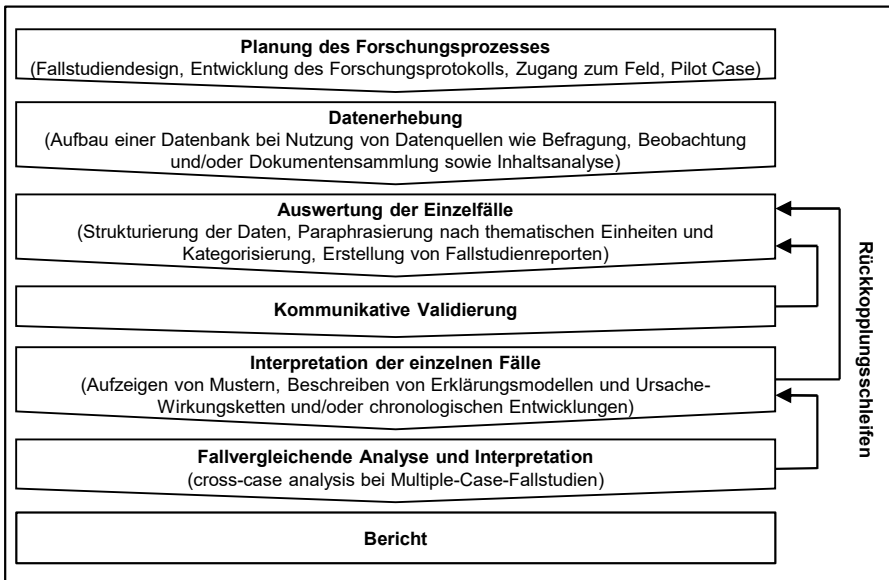


Abbildung 33: Überblick über den Entstehungsprozess einer Fallstudie (Borchardt und Göthlich 2007, S. 44)

3.3.2 Forschungsprozess

Der oben dargelegte Prozess der Entstehung einer Fallstudie bildet die Grundlage für das Vorgehen im empirischen Teil der vorliegenden Dissertation. Im folgenden Abschnitt werden die vier Phasen des Forschungsprozesses dargelegt, der auch vor- und nachgelagerte Bestandteile der Fallstudienerstellung umfasst.

Phase 1 - Sondierung des Themenfeldes und Vorbereitung der empirischen Untersuchung: Zu Beginn der Bearbeitung stand die theoretische und praktische Analyse des Themas, die Sicherstellung theoretischer und praktischer Relevanz sowie die Herausarbeitung von Forschungsfragen im Fokus. In zahlreichen vorbereitenden Gesprächen mit Experten aus der Praxis, der eigenen Projekterfahrung sowie vertiefenden Recherchen wurde zunächst der praktische Erkenntnisbedarf identifiziert und strukturiert. Parallel dazu wurden in einer umfassenden Literaturanalyse bestehende Publikationen gesichtet, bewertet und Forschungslücken herausgearbeitet. Nach der vorbereitenden Sondierung des Themenfeldes wurden die vorläufigen Erkenntnisse gemeinsam in einer Fokusgruppe mit Experten Wissenschaft und Praxis analysiert, diskutiert sowie weitere Fragestellungen der Praxis aufgenommen. Die Fokusgruppe wurde durch Forscher der Universität St.Gallen sowie der RWTH Aachen inhaltlich vorbereitet und moderiert. Die gewonnenen Erkenntnisse und die zu untersuchenden Zusammenhänge wurden in einen heuristischen Bezugsrahmen sowie in einen Fragebogen (siehe Anhang) überführt, welcher die Grundlage für die folgende Industriestudie bildete. Die Untersuchung zielt auf ganzheitliche Ansätze des Komplexitätsmanagements ab und betrachtet produzierende Unternehmen und deren Umgang mit Komplexität als Gesamtsystem, welches sich gemäss dem heuristischen Bezugsrahmen in Subsysteme untergliedert. Im Fragebogen wurden dafür neben Unternehmens- und Marktdaten auch strukturelle Informationen sowie Daten zu Strategien und Methoden des Managements von Marktkomplexität, Produktkomplexität sowie Supply Chain Komplexität und Produktionskomplexität berücksichtigt.

Phase 2 – Datenerhebung mittels Fragebogen, Telefoninterviews und Unternehmensbesuchen: In der zweiten Phase erfolgte die Datenerhebung der empirischen Untersuchung. Mit dem Fragebogen wurden 135 produzierenden Unternehmen zu ihrem Komplexitätsmanagement befragt und somit in standardisierter Form strukturierte Daten erhoben. Die gewonnenen Daten dienen einer Erstbeurteilung der Komplexitätsbewältigung des Unternehmens. Zur Bewertung der Rücksendungen wurden gemeinsam Kriterien festgelegt, anhand welcher das Komplexitätsmanagement beurteilt werden sollte. Zu diesem Zweck wurde für das Management von Markt-, Produkt- und Produktionskomplexität sowie den Unternehmenserfolg jeweils Indikatoren gebildet, die sich aus einzelnen Daten wie den Angaben zur Portfoliogestaltung, Kommunalitätsgraden oder der Produktprofitabilität zusammensetzten. Die ausgefüllten Fragebögen wurden dazu hinsichtlich eines möglichen Erkenntnisgewinns einer vertiefenden Analyse unterzogen und es wurde eine Vorauswahl für weiterführende Telefoninterviews vorgenommen. Dabei wurde zunächst ein inhaltlicher Fit zur Zielsetzung der Untersuchung geprüft. Daher fand eine Vorbewertung der Rückmeldungen bezüglich der Ganzheitlichkeit der Ansätze statt. Des Weiteren wurde Wert auf die Heterogenität der betrachteten Unternehmen gelegt, um eine Generalisierbarkeit der späteren Erkenntnisse zu ermöglichen. Dafür wurden verschiedene Branchen, Unternehmensgrößen, Strategien des Komplexitätsmanagements sowie besonders innovative Ansätze in die Stichprobe der Telefoninterviews aufgenommen.

Die Interviews erfolgten telefonisch zwischen Ansprechpartner(n) des Unternehmens sowie jeweils zwei Vertretern der Universitäten. In Rahmen der Vorbereitung des jeweiligen Telefonats wurde die Zielsetzung des Gesprächs benannt und sichergestellt, dass Personen mit langer Erfahrung und Verantwortung sowie einer ganzheitlichen Perspektive auf das Unternehmen teilnehmen und die Betrachtungsbereiche von den Teilnehmern angemessen abgedeckt werden konnten. In einigen Fällen wurden dazu mehrere Ansprechpartner aus dem Unternehmen hinzugezogen. Die Telefonate wurden anhand eines semi-strukturierten Interviewleitfadens (siehe Anlage) sowie den Rückmeldungen im Fragebogen geführt und ausführlich dokumentiert. In den Interviews wurde zunächst das Forschungsvorhaben, die Projektbeteiligten sowie die Projektorganisation

vorgestellt, bevor eine vertiefende Untersuchung stattfand. Das folgende Gespräch wurde inhaltlich in gleicher Strukturierung wie der Fragebogen geführt, wobei eine Detaillierung der Rückmeldungen sowie diverse Rückfragen das Bild ergänzten. Eine Zielsetzung der Interviews bestand darin die Komplexitätsbewältigung des Unternehmens im Kontext zu verstehen. Hierzu wurde auf Besonderheiten der Branche, des relevanten Umfeldes sowie die interne und externe Komplexität spezifisch eingegangen. Die im Kontext eingesetzten Strategien und Methoden, die internen und externen Schnittstellen, die Organisationsformen, die Gestaltung von Architekturen und die Systemlenkung wurden jeweils ausführlich erläutert. Die gewonnenen Informationen der Telefoninterviews wurden in Mini Cases aufbereitet und die Erkenntnisse in anonymisierter Form der Fokusgruppe vorgestellt und im Zuge dessen diskutiert. Vor dem Hintergrund eines vertiefenden Erkenntnisgewinns durch einen Besuch vor Ort wurden fünf Unternehmen ausgewählt, die durch die Fokusgruppe besucht werden sollten. Die Auswahl von fünf Unternehmen wurde bereits zu Projektbeginn vereinbart und entspricht der üblichen Projektgestaltung von Konsortialbenchmarkings (Schweikert 2000). Oftmals wird in der Forschung eine Anzahl von vier bis zehn Fallstudien empfohlen (Eisenhardt 1989), da somit einerseits die notwendige Basis für eine vergleichende Betrachtung gegeben ist und andererseits die Handhabung in einem Projekt mit limitierten Ressourcen sichergestellt wird. Bei der Auswahl wurde unter anderem auf eine hohe Reife der Ansätze, Innovationsgehalt und Erfolg im Komplexitätsmanagement sowie weiterhin auf die Heterogenität der Stichprobe geachtet.

Im Rahmen der Unternehmensbesuche wurde das Komplexitätsmanagement der ausgewählten Unternehmen im Detail vorgestellt und diskutiert. Bei der Durchführung wurde in jedem Fall darauf geachtet die verschiedenen, notwendigen Perspektiven abzubilden, daher wurden stets Vertreter und Einblicke aus einer Entwicklungs-, Produktions- und Marktsicht sowie Mitglieder der Geschäftsführung/Vorstand in die gantztägigen Besuche eingebunden. So wurde sichergestellt, dass eine ganzheitliche Betrachtung der Ansätze und der Lenkung der Systeme möglich wurde und zeitgleich der notwendige Detaillierungsgrad für die Gestaltung von Systemen und Prozessen abgedeckt war. Im Rahmen der Diskussion fand stets eine Betrachtung im Kontext statt. Verfolgte Zielsetzungen,

Herausforderungen, Komplexitätstreiber und die Übertragbarkeit von Strategien und Methoden waren fester Bestandteil der Besuche. Durch die Besuche vor Ort konnten vertiefende Einblicke gewonnen und die untersuchten Fragestellungen detailliert erörtert werden. Die gemeinsame Diskussion sowie die ausführliche Dokumentation der Besuche erweiterten die Datenbasis der untersuchten Fälle nochmals.

Phase 3 - Auswertung der Einzelfälle und Cross-Case Analyse: Im Anschluss an die Unternehmensbesuche wurden die betrachteten Fälle mit allen gesammelten Daten, der Dokumentation und der Diskussionen einzeln sowie im Vergleich detailliert analysiert. Die Berichte wurden mit den untersuchten Unternehmen auf inhaltliche Richtigkeit überprüft und die jeweiligen Charakteristika herausgearbeitet. An dieser Stelle entfaltet die heterogene Auswahl von Unternehmen seine gewünschte Wirkung. Die Integration polarer Merkmale in der Betrachtung ermöglicht die vergleichende Betrachtung sowie eine Überprüfung der Generalisierbarkeit (Eisenhardt 1989). Es wurden Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Fallstudien untersucht, wobei stets eine mögliche Generalisierbarkeit der Erkenntnisse geprüft wurde. Dies mündete zum einen in allgemeinen Erkenntnissen, zum anderen aber auch zu Erkenntnissen über Kontextabhängigkeiten und Restriktionen des Komplexitätsmanagements, die Bedeutung der relevanten Umwelt und spezifischer Komplexitätstreiber. In einer gemeinsamen Abschlusskonferenz wurden die Erkenntnisse aggregiert vorgestellt und die Ergebnisse in der Fokusgruppe diskutiert. An der Fokusgruppe nahmen neben dem Konsortium und dem Forschungsteam, wie bereits zuvor bei den Unternehmensbesuchen, auch die fünf untersuchten Unternehmen teil. Die enge Verzahnung der Experten aus Forschung und Praxis ermöglichte einen intensiven Austausch und stellte den permanenten Abgleich sowie die praktische Relevanz der Untersuchung sicher.

Phase 4 – Literaturabgleich und Entwicklung der Methode: Die vierte Phase des Forschungsprozesses widmet sich einem erneuten Abgleich der gewonnenen Erkenntnisse mit der Literatur, der Ausarbeitung der Methode sowie der Dokumentation der Forschungsergebnisse. In den vorherigen Schritten wurde eine Sicherung der Erkenntnisse durch den permanenten Abgleich und die Diskussion im Rahmen der Fokusgruppe und Experten aus Wissenschaft und Praxis vorgenommen.

Nach der Datenerhebung, der Analyse und der Interpretation der Fallstudien wurde nochmals ein Literaturabgleich vorgenommen, um die Erkenntnisse abzusichern und mögliche Widersprüche zu identifizieren. Die Erkenntnisse der Literaturanalyse und der empirischen Untersuchung wurden zusammengeführt und eine Methode für die Komplexitätsbewältigung globaler Produktionsunternehmen entwickelt.

Der wissenschaftliche Forschungsprozess muss sich anhand einer Reihe unterschiedlicher Gütekriterien messen lassen. Um die Güte sicherzustellen, wurden in der vorliegenden Arbeit unterschiedliche Kriterien berücksichtigt. Im Folgenden werden Gütekriterien aufgeführt und deren Berücksichtigung im Rahmen der Arbeit dargestellt. Für die qualitative Forschung werden insbesondere die Kriterien Konstruktvalidität, interne und externe Validität, Reliabilität und Objektivität genannt (Yin 2014; Lamnek 2008). Für die Absicherung der Konstruktvalidität werden mit der Methodentriangulation, dem Rückgriff auf relevante Literatur zur a priori Spezifikation von Konstrukten sowie der kommunikativen Validierung drei grundlegende Taktiken vorgeschlagen (Borchardt und Göthlich 2007). Im Rahmen der Arbeit wurde die Konstruktvalidität durch die Einbindung verschiedener Forscher, die kritische Reflexion der Ergebnisse in der Fokusgruppe und den Rückgriff auf relevante Literatur abgesichert. Weiterhin wurde eine kommunikative Validierung der Reporte durchgeführt, indem die Ergebnisse für die fehlerfreie Wiedergabe den Probanden zur Prüfung zurückgespielt wurden, was gleichzeitig die Relevanz der Ergebnisse und den Authentizitätsgrad der Reporte erhöhen soll (Borchardt und Göthlich 2007). Interne Validität gibt die Gültigkeit der aufgestellten Kausalzusammenhänge an (Yin 2014). Um interne Validität zu erzielen, wurden vergleichende Fallbeispiele genutzt und die Interpretation der vergleichenden Betrachtung in die Analyse integriert. Dies wurde durch eine argumentative Validierung unterstützt. Dazu wurde der Interpretationsprozess nachvollziehbar dargelegt. Die externe Validität mittels Repräsentationsschluss ist in der qualitativen Forschung aufgrund geringer Stichproben zumeist nicht möglich (Borchardt und Göthlich 2007). Um eine Generalisierbarkeit der Ergebnisse dennoch zu ermöglichen, wurden ausserdem Fälle mit polaren Merkmalen in die Untersuchung integriert (Eisenhardt 1989). Das Gütekriterium Reliabilität beschreibt die Sicherstellung, dass ein späterer Forscher bei gleicher Vorgehensweise die gleichen

Ergebnisse erzielt (Borchardt und Göthlich 2007). Inwiefern die qualitative Forschung diesem Anspruch genügen soll, ist in der Methodenliteratur jedoch umstritten (Lamnek 2008). Grundlegende Voraussetzung für Reliabilität stellt dazu eine saubere Dokumentation des Vorgehens und der Ergebnisse dar (Yin 2014). In der Fallstudienforschung muss man davon ausgehen, dass eine Wiederholung der Untersuchung unter identischen Rahmenbedingungen in der Realität nicht möglich ist, da sich der Kontext kontinuierlich weiterentwickelt (Borchardt und Göthlich 2007). Das Kriterium der Objektivität kann durch Standardisierung der Datenerhebung und -auswertung erfüllt werden. Auch diesem Kriterium kann die Fallstudienforschung aufgrund veränderlicher Rahmenbedingungen nur in Teilen gerecht werden. Die Subjektivität eines jeden Forschers ist an dieser Stelle anzuerkennen, welche jedoch durch eine intersubjektive Überprüfung durch die Einbindung mehrerer Personen abgemildert werden kann (Borchardt und Göthlich 2007).

3.4 Heuristischer Bezugsrahmen

Nach Kubicek hängt die Qualität des Forschungsprozesses insbesondere vom Forschungsdesign sowie dem heuristischen Potenzial des Bezugsrahmens ab (Kubicek 1977). Der Forscher soll dabei durch den Bezugsrahmen in der Systematisierung des Untersuchungsfeldes unterstützt werden, indem das komplexe Forschungsproblem durch die Zerlegung in Teilprobleme handhabbar gemacht wird (Wolf 2011). Ein heuristischer Bezugsrahmen kann dabei als provisorisches Erklärungsmodell verstanden werden, das zur Steuerung des weiteren Forschungsprozesses dient und somit als Orientierungshilfe für die Lösung praktischer Probleme fungieren kann. Dabei illustriert der heuristische Bezugsrahmen die wesentlichen Elemente und Zusammenhänge, genügt jedoch noch nicht den strengen Anforderungen eines Hypothesensystems. Die formale Darstellung des heuristischen Bezugsrahmens kann durch ein Diagramm aus Kästchen und Pfeilen erfolgen (Kubicek 1977).

Das Komplexitätsmanagement in produzierenden Unternehmen fusst insbesondere auf dem Management der Markt-, Produkt- und Produktionskomplexität, welche im

Nachfolgenden im Kontext globaler Produktionsunternehmen als Elemente eines ganzheitlichen Systems verstanden werden sollen. Die Abgrenzung eines Systems hängt stark vom vorliegenden Untersuchungsfall ab (Ulrich und Probst 2001; Malik 2008), in diesem Fall sollen insbesondere die Einzelansätze des Komplexitätsmanagements in einem System integriert werden sowie deren Hierarchisierung und die Verbindung mit der Umwelt untersucht werden. Betrachtet wird im Rahmen der Arbeit insbesondere das Zusammenspiel der hierarchisch gegliederten Subsysteme der globalen und regionalen Markt-, Produkt- und Produktionskomplexität im System Unternehmen, welches sich wiederum in seine Umwelt einbettet. Der heuristische Bezugsrahmen dieses Forschungsvorhabens ist in Abbildung 34 dargestellt.

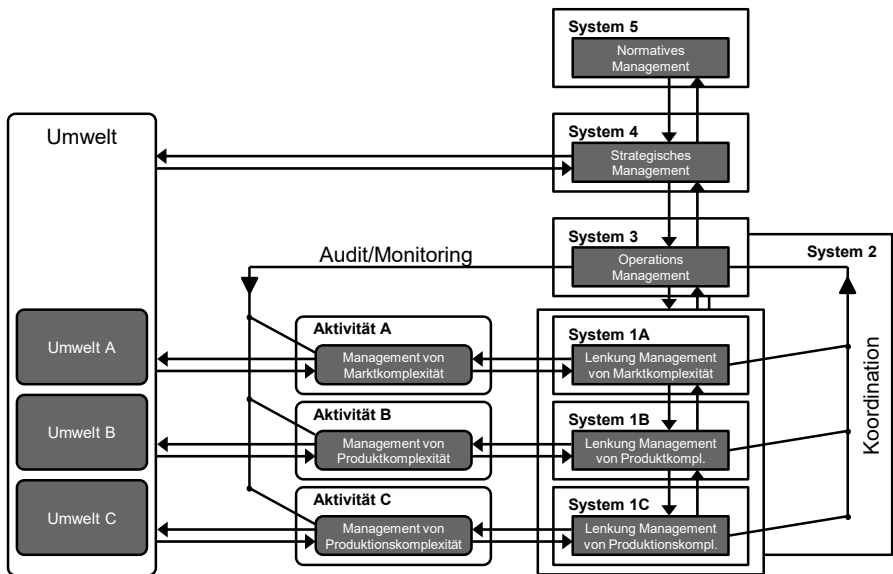


Abbildung 34: Bezugsrahmen des globalen Komplexitätsmanagements

Der heuristische Bezugsrahmen orientiert sich am Modell lebensfähiger Systeme (Beer 1985). Das Modell ist ein homomorphes Modell, welches die Betrachtung von Systemen unter anderem unter dem Aspekt der Lenkung ermöglicht. Dabei wird

mittels normativer Formulierungen ein Bezugsrahmen geschaffen (Gomez und Zimmermann 1999):

- für die Analyse der Effizienz sozialer und natürlicher Systeme
- für die Diagnose möglichen „Fehlverhaltens“ dieser Systeme
- für die Gestaltung optimaler Organisationsstrukturen (insb. für sozio-technische Systeme wie Unternehmen)

Der vorliegende Bezugsrahmen (Abbildung 34) dient einer ganzheitlichen Betrachtung der Komplexitätsbewältigung produzierender Unternehmen und berücksichtigt insbesondere auch die Umwelt, wobei ebenso die Up- und Downstream Supply Chain des Unternehmens Berücksichtigung finden soll (Aitken et al. 2016).

Der Bezugsrahmen ermöglicht die integrative Abbildung verschiedener Rekursionen sowie Perspektiven auf die Organisation: In produzierenden Unternehmen finden sich typischerweise (zumindest) eine Markt-, Entwicklungs- und Produktionsperspektive im Komplexitätsmanagement. Dabei sollen insbesondere die unterschiedlichen Formen der Lenkung und die grundlegend verschiedenen Strategien im Umgang mit Komplexität von (Sub-)Systemen Berücksichtigung finden (Child und Rodrigues 2011; Ashmos et al. 2000).

4 Empirische Untersuchung

Im Folgenden soll dem Leser ein Überblick und eine Einführung in den empirischen Teil der Arbeit gegeben werden. Die vorliegende Dissertation stützt sich unter anderem auf die Erkenntnisse, welche im Rahmen eines Konsortialbenchmarkings gewonnen wurden. Gemäss der Methodik des Konsortialbenchmarkings wurden zunächst in einer Fokusgruppe, bestehend aus Experten der beteiligten Unternehmen und den Vertretern der Forschungsinstitute, die inhaltlichen Schwerpunkte eines Fragebogens festgelegt (Schweikert 2000). In der Folge wurde ein Fragebogen (siehe Anhang) ausgearbeitet, welcher den aktuellen Stand der Forschung und die Bedürfnisse der Praxis gleichermaßen berücksichtigt. Ausgewählte Erkenntnisse und Textpassagen wurden im Rahmen des Projektes mit dem Konsortium geteilt und in Form einer Abschlussbroschüre (Schuh et al. 2017) für die Studienteilnehmer aufbereitet.

4.1 Einführung in die Fallstudien

Die Auswahl der Fallstudien erfolgte anhand eines mehrstufigen Prozesses. Dabei führten die Rückmeldungen mittels der Fragebögen zu ersten Einblicken in die eingesetzten Methoden und Strategien der Komplexitätsbewältigung der teilnehmenden Unternehmen. Aus den 135 ausgefüllten Fragebögen wurden vor dem Hintergrund eines möglichen Erkenntnisgewinnes 15 Interviewpartner ausgewählt, um den Einblick zu vertiefen und die verfolgten Strategien besser zu verstehen. Auf Basis der Rückmeldungen und semi-strukturierten Telefoninterviews (60 bis 120 Minuten) wurden anonymisierte Fallstudien erstellt, um das Komplexitätsmanagement der Unternehmen auf der Grundlage der im Fragebogen und in den Interviews enthaltenen Informationen zusammenzufassen. Gemeinsam mit den Konsortialpartnern wurden diese Fallstudien in einer zweiten Fokusgruppe diskutiert. Vor dem Hintergrund eines möglichst hohen Lernpotenzials wurden in einem eintägigen Workshop fünf Unternehmen als Successful Practice ausgewählt, welche gemeinsam vor Ort besucht wurden. Die fünf ausgewählten Unternehmen wiesen sowohl im Fragebogen als auch im Interview eine hohe Reife, Innovation und Erfolg im Komplexitätsmanagement auf. Für die Unternehmensbesuche wurde

bewusst eine heterogene Auswahl von Unternehmen getroffen, um polare Merkmale zu berücksichtigen, was für die spätere Generalisierbarkeit der Erkenntnisse von Bedeutung ist (Eisenhardt 1989). Die Analyseeinheit für die qualitative Fallstudienforschung ist das System Unternehmen. Die Fallstudienuntersuchung dieser Forschung basiert auf den Daten, die im Fragebogen, in den halbstrukturierten Interviews und den Vor-Ort-Workshops bei den Fallstudienunternehmen zusammengetragen wurden. Die Nutzung qualitativer und quantitativer Daten aus verschiedenen Quellen kann zu einer hohen Qualität der Konstrukte und Hypothesen beitragen (Eisenhardt 1989; Borchardt und Götlich 2007). Verschiedene Stakeholder aus unterschiedlichen Funktionen und Hierarchieebenen waren an der Datenerhebung bei den Unternehmen beteiligt. Da das vorliegende Forschungsvorhaben darauf abzielt, ein generisches Konzept für die produzierenden Unternehmen zu erarbeiten, weisen die ausgewählten Unternehmen in Teilbereichen Ähnlichkeiten aber auch Unterschiede in ihren Merkmalen sowie im Besonderen in ihrem Komplexitätsmanagements auf. Die Unternehmensnamen wurden im Rahmen der Arbeit verfremdet.

Tabelle 5 zeigt eine Übersicht der Fallstudiengesellschaften anhand einer Auswahl charakterisierender Merkmale.

Tabelle 5: Fallstudienübersicht

	Fallstudie A	Fallstudie B	Fallstudie C	Fallstudie D	Fallstudie E
Position in der WS-Architektur	OEM	OEM	System-lieferant	System-lieferant	Komponenten-lieferant
Umsatz [EUR]	>5 Mrd.	1-5 Mrd.	<100 Mio.	1-5 Mrd.	100-500 Mio.
Anzahl Mitarbeiter	>10'000	>10'000	250-1'000	>10'000	1'000-10'000
Standorte	ca. 20	ca. 5	ca. 5	ca. 30	ca. 10
Produkttyp	Maschinen (ca. 1'000 Teile)	Anlagen (ca. 10'000 Teile)	Baugruppen (ca. 100 Teile)	Baugruppen (ca. 100 Teile)	Komponenten (1-10 Teile)
Produktion	Gross-serienfertigung	Einzel- und Kleinserienfertigung	Mittelserienfertigung	Gross-serienfertigung	Gross-serienfertigung
Setzung externer Standards	Definition flächendeckend möglich	Definition teilweise möglich	Einflussnahme kaum möglich	Einflussnahme kaum möglich	beratende Einflussnahme

Der heuristische Bezugsrahmen des Forschungsvorhabens diente im Verlauf der Studie in vielfältiger Weise der Strukturierung, so spiegeln sich verschiedene Aspekte im Fragebogen, in der Struktur der Interviews sowie den Fallstudien wider und dienen somit auch der Strukturierung der Diskussionen.

Das Management von Komplexität sollte, wie bereits gezeigt, mittels integrierter Ansätze erfolgen. Die zahlreichen Wechselwirkungen zwischen (Sub-)Systemen sowie die Wirkung interner und externer Komplexitätstreiber erfordern die Betrachtung des Unternehmens als Ganzes. Produzierende Unternehmen agieren in einem zunehmend komplexen Umfeld. Technologien und Märkte befinden sich in dynamischem Wandel und bedingen eine zunehmend hohe Adaptionfähigkeit von Organisationen (Schuh et al. 2017). Die Gestaltung von Produkt- und Produktionsarchitekturen gewinnt in einer globalisierten Welt bereits seit

Jahrzehnten zunehmend an Bedeutung. Sanchez (1996) stellt fest, dass aufgrund des veränderten Umfeldes der strategische Fokus eines Unternehmens zunehmend auf das Design und die Umstrukturierung gelegt werden sollte. Bei einer solchen Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur eines Unternehmens ist die Definition von Systemgrenzen für die Betrachtung eine elementare Voraussetzung (Bach et al. 2017). Um die externe Komplexität eines Unternehmens und die Anforderungen an dessen Komplexitätsbewältigung zu analysieren, muss zunächst die Identität des Unternehmens sowie das Verhältnis zur relevanten Umwelt definiert werden (Pérez Ríos 2010). Dies beinhaltet die Systemgrenzen, die aktuelle und künftige relevante Umwelt, die Definition von Informationsbedarfen sowie der entsprechenden „Sensorik“ des Unternehmens. Die vertiefende Analyse umfasst den Zweck der Organisation sowie die Wirkmechanismen zur Verstärkung und Dämpfung von Komplexität zwischen Systemen und der Umwelt. In diesem Kontext spielt die Betrachtung von Systemen und Subsystemen eine entscheidende Rolle, das „Entfalten“ von Komplexität innerhalb eines Systems erfolgt durch die Schaffung lebensfähiger Systeme innerhalb eines Systems (Espejo und Reyes 2011). Das Herunterbrechen der Komplexität auf kleinere Einheiten definiert dabei die relevante Umwelt für diese Subsysteme und ermöglicht eine dezentrale Komplexitätsbewältigung. Diese Rekursion weist auf verschiedenen Levels unterschiedliche Kriterien auf, welche beispielsweise nach geografischen, wirtschaftlichen oder politischen Gesichtspunkten erfolgen können (Pérez Ríos 2010). Ein System im Fokus kann dabei im Schnittpunkt verschiedener Rekursionspfade stehen, welche sich in einem System kreuzen. Für die Analyse eines Systems und dessen Fähigkeit zur Komplexitätsbewältigung ist es von zentraler Bedeutung, die Identität, die Systemgrenzen sowie die Aufgabe des Systems zu verstehen. Für die nachfolgenden Fallstudien müssen diese Aspekte demnach zunächst diskutiert werden, da die Betrachtung der Strategie des Komplexitätsmanagements nur in einem spezifischen Kontext des Systems im Fokus zielführend ist (Malik 2015).

In der Untersuchung werden fünf Fallstudien herangezogen, welche im Folgenden kurz skizziert werden.

Fallstudie A (Automobil AG) befasst sich mit einem OEM der Automobilindustrie. Wie die meisten Unternehmen der Branche hat das Unternehmen die Variantenvielfalt, welche dem Kunden offeriert wird, stark erweitert. Bereits seit einigen Jahren sind die Fahrzeugarchitekturen modular aufgebaut. In den letzten Jahren wird vermehrt darauf abgezielt, die Potenziale der modularen Produktarchitekturen auch in der Produktion zu nutzen, weshalb ein globaler Produktionsbaukasten etabliert wurde. Das Unternehmen setzt auf eine eigene Abteilung, welche sich mit den Fragen des Komplexitätsmanagements auseinandersetzt.

Fallstudie B (Anlagenbau AG) behandelt ein Unternehmen aus dem Anlagenbau, welches seine Aktivitäten im Komplexitätsmanagement aus einer wirtschaftlichen Notsituation heraus verstärkt hat. In einem stark rückläufigen Markt zeigte sich die Notwendigkeit, Kosten zu senken, um mit dauerhaft sinkenden Absatzzahlen Profitabilität zu erreichen. Das Unternehmen zeichnet sich durch einen starken Fokus auf die Komplexitätskostenrechnung aus und hat wie die Automobil AG eine eigene Abteilung Komplexitätsmanagement etabliert.

Fallstudie C (Elektromotoren AG) befasst sich mit einem Hersteller von Elektromotoren, welcher in einer Vielzahl von Märkten aktiv ist und aufgrund der vielfältigen Kundenanforderungen mit einer hohen externen Komplexität konfrontiert wird. Für die effiziente Handhabung dieser Produktvielfalt setzt das Unternehmen auf Baukastenstrukturen, welche ihre Vorteile insbesondere in der Entwicklung und Produktion entfalten. Das Unternehmen verzichtet auf eine zentrale Abteilung Komplexitätsmanagement und setzt auf eine dezentrale Bearbeitung. Man hat umfassend definierte Prozesse und Strukturen etabliert und die Mitarbeiter flächendeckend im Umgang mit Komplexität geschult.

Fallstudie D (Automotive Tier-1 AG) zeigt Ansätze des Komplexitätsmanagements eines Automobilzulieferers, welcher als Tier-1 direkt die OEMs der Automobilindustrie beliefert. Das Unternehmen ist stark mit den globalen Standardisierungs- und Baukastenanforderungen der OEMs konfrontiert. Das Unternehmen setzt gezielt auf möglichst autonome Organisationseinheiten, welche

innerhalb definierter Leitplanken lokal sehr frei agieren. Die Fragestellungen des Komplexitätsmanagements sind verteilt in den Organisationseinheiten fest verankert.

Fallstudie E (Automotive Tier-2 AG) untersucht ein weiteres Unternehmen der Automobilzulieferindustrie, welches primär als Tier-2 agiert. Hier steht die Gestaltung der globalen Prozessorganisation im Vordergrund. In den letzten Jahren wurde gezielt Flexibilität in den Produkt- und Produktionsarchitekturen aufgebaut, um den dynamischen Anforderungen der Kunden gerecht zu werden und die Standardisierung voranzutreiben. Für das Komplexitätsmanagement setzt man auf temporäre Projektteams, welche definierte Fragestellungen behandeln und Lösungen permanent in der Organisation verankern.

Die hier aufgeführten Fallstudien folgen einem standardisierten Aufbau. Nachdem zunächst das Unternehmen und dessen Umfeld vorgestellt werden, erfolgt jeweils eine Betrachtung aus der Markt-, Produkt- und Produktionsperspektive auf das Unternehmen. Im Anschluss an die Fallstudien werden die Ansätze im Vergleich analysiert (Cross-Case-Analysis) und ein Abgleich der wesentlichen Erkenntnisse mit der Literatur vorgenommen.

4.2 Fallstudie A: Automobil AG

Bei der Automobil AG handelt es sich um einen global agierenden OEM. Wie in der Branche üblich, ist man in der Rolle des OEM als Produktarchitekt tätig und bezieht einen grossen Teil der Wertschöpfung über die Zulieferer. Über die Produktarchitektur werden dabei Schnittstellen und Bauräume definiert, welche den Zulieferern als Rahmenbedingungen für deren Produktentwicklung vorgegeben werden. Das Unternehmen hat eine starke Position seinen Zulieferern gegenüber und ist in der Lage, diese gezielt zu beeinflussen und dort Standards durchzusetzen.

Das betrachtete Unternehmen befasst sich bereits seit über 20 Jahren mit dem Umgang mit Komplexität. Das Themenfeld Produktarchitekturgestaltung und Produktbaukästen hat man in diesem Zeitraum als einer der Vorreiter industrieübergreifend, aber auch innerhalb der eigenen Industrie geprägt. Das Komplexitätsmanagement hat einen hohen Stellenwert im Unternehmen und ist auf allen Ebenen präsent. Auf einen Beschluss des Vorstands hin wurde eine zentrale Organisationseinheit, welche sich gezielt mit dem Komplexitätsmanagement befasst, dauerhaft etabliert. Das Komplexitätsmanagement hat die Zielsetzung, mittels einer integralen und systemischen Betrachtung komplexer Systeme eine Gestaltung verwobener Handlungsstränge vorzunehmen. So sollen substantiell und nachhaltig Produkt- und Prozessstrukturen geschaffen werden, welche möglichst schlank und flexibel im Unternehmen eingesetzt werden können. Diese Ziele werden jeweils in konkrete Zielgrössen wie Teilezahlen, Absatzzahlen je Variante, Kosten etc. heruntergebrochen. Optimierungsobjekte des Komplexitätsmanagements stellen primär die Produktsubstanz, Prozessarchitekturen, IT-Systeme sowie verschiedene Tools und Methoden dar. Alle Aufgaben, Kompetenzen und Verantwortlichkeiten des Komplexitätsmanagements sind an einer definierten Organisationsstruktur orientiert. Dabei weist das Topmanagement eine hohe Identifikation mit dem Thema auf und wird im Bedarfsfall über definierte Eskalationsstufen in Entscheidungen einbezogen. Die zentrale Organisationseinheit Komplexitätsmanagement umfasst 11 FTE. Zudem sind im Unternehmen verteilt weitere 30 FTE als Ansprechpartner und Themenverantwortliche primär mit dem Komplexitätsmanagement befasst. Die Abteilung Komplexitätsmanagement weist eine hohe Dynamik auf und beschreibt

die eigene Mentalität mit der eines Start-ups. Das Komplexitätsmanagement nimmt die Funktion eines internen Beraters in Fragen der Prozessgestaltung, des Roll-outs oder des Datenmanagements ein. Zudem unterstützt die Abteilung operative Tätigkeiten in anderen Unternehmensbereichen. Im Unternehmen trägt man dazu bei, dass eine systemorientierte Perspektive auf Komplexität eingenommen wird und man sorgt dafür, dass verschiedene Handlungsstränge zusammengeführt werden. Somit soll sichergestellt werden, dass eine ganzheitliche Sichtweise auf Komplexität vorhanden ist. Konkurrierende Ziele innerhalb des Unternehmens werden durch das Team sichtbar gemacht. Die Orientierung der Aktivitäten ist stark an Analysen und Prognosen gekoppelt, um eine Optimierung der Komplexität der vernetzten Unternehmensprozesse über unterschiedliche Szenarien hinweg zu erzielen.





















4.2.1 Komplexitätstreiber des Unternehmens

Die Automobil AG befasst sich systematisch mit der Analyse ihrer Umwelt. Man betrachtet sowohl die aktuellen als auch künftigen Komplexitätstreiber sowie deren Auswirkungen innerhalb des Unternehmens mit hoher Aufmerksamkeit. Die Erarbeitung dieser Auswirkungen erfolgt dabei über eine Analyse von Einflussfaktoren, welchen das Unternehmen von aussen ausgesetzt ist, wie z.B. den Megatrends „Autonome Systeme“, „Connected World“ oder „Urbanisierung“. Darüber hinaus werden die Auswirkungen auf bestimmte Bereiche im Unternehmen sowohl einzeln als auch aus einer ganzheitlichen Perspektive heraus betrachtet, um ungewollte Komplexität bzw. das unbewusste Entstehen von Komplexität gezielt zu vermeiden.

Komplexität wird in dem Unternehmen durch eine Vielzahl von Komplexitätstreibern hervorgerufen. Als global agierendes Unternehmen ist man mit einer Vielzahl von lokalen Wettbewerbssituation konfrontiert. Dies liegt zum einen in unterschiedlichen Kundenanforderungen begründet, ist jedoch zudem durch unterschiedliche politische und regulatorische Vorgaben geprägt. Der Wettbewerb der Branche zeichnet sich derzeit durch eine starke Modelloffensive vieler Hersteller aus, zudem steht man vor der Herausforderung, neue Mobilitätskonzepte sowie Fahrzeugtechnologien wie Elektromobilität oder autonomes Fahren in den

kommenden Produktgenerationen abzudecken. Tabelle 6 zeigt eine detaillierte Erfassung der Komplexitätstreiber des Unternehmens.

Tabelle 6: Komplexitätstreiber des Unternehmens (Fallstudie A)

Interne Treiber	Externe Treiber
Produktvielfalt 	Rechtliche Faktoren 
Dynamik der (Produkt-) Programmänderungen 	Politische Rahmenbedingungen 
Aufbau der Produktstruktur 	Anzahl der Kunden und Kundengruppen 
Dynamik der Produkttechnologien 	Vielfalt der Kundenanforderungen 
Vernetzungsgrad der Unternehmensprozesse 	Volatilität der Kundennachfrage 
Anzahl der Wertschöpfungsstufen 	Wettbewerbsdynamik 
Dynamik der Produktionstechnologien 	Anzahl Lieferanten 
Anzahl der Distributionsstufen 	Unsicherheit der Liefertermine 
Organisationsstruktur 	Unsicherheit der Lieferqualität 
Unternehmenskultur 	Legende: Sehr geringe Ausprägung:  Sehr hohe Ausprägung: 

4.2.2 Management von Marktkomplexität

Das Unternehmen offeriert seinen Kunden eine Vielzahl möglicher Fahrzeuge, welche innerhalb begrenzter Konfigurationsräume kundenindividuell zusammengestellt werden können. Dabei werden länder- bzw. regionenspezifisch unterschiedliche Konfigurationsräume zugelassen, um die Variantenvielfalt innerhalb bestimmter Märkte bedarfsgerecht zu öffnen. Aufgrund unterschiedlicher Kundenwünsche und länderspezifischer regulatorischer Vorgaben werden regionen- und länderspezifisch Produktportfolios erzeugt. Die Anforderungen werden systematisch erfasst, analysiert und in der Planung berücksichtigt. Das Produktprogramm und der Umsatz sind auf Basis der Baukasten- und Modulstrategie in den letzten Jahren stark gewachsen. Durch die Modularisierung der Produkte können auch Nischenmärkte kosteneffizient bedient werden und dort gefragte Varianten profitabel angeboten werden. Man verfolgt für die Optimierung

der marktbezogenen Vielfalt keine explizit definierte Variantenanzahl. Die Vielfalt wird vielmehr mittels datengestützter Analysen mittels eigener Softwarelösungen auf die Wirtschaftlichkeit hin optimiert. Für jede Variante werden Business Cases gerechnet und Preisbausteine für die Variantenkonfiguration berechnet.

4.2.3 Management von Produktkomplexität

Im Unternehmen setzt man, wie in der Branche üblich, auf definierte Baukastenstrukturen, welche modellübergreifend entwickelt wurden und eine möglichst hohe Kommunalität ermöglichen sollen. Das Management der Baukästen und Module ist im Unternehmen klar definiert und fest verankert. Für die Entwicklung von Modulen wird ein Funktionskatalog eingesetzt, der die Anforderungen in Architekturprinzipien überführt und die Entwicklung eines Baukastens festlegt. Anforderungen der Märkte werden, wie oben beschrieben, lokal ermittelt und global zusammengetragen, um Technikräume für die Entwicklung künftiger Baureihen zu definieren. Die Anforderungen der Zukunft werden mittels systematischer Analysen und Prognosen ermittelt, so wird beispielsweise die Integration (bzw. Kompatibilität) neuer Technologien in künftige Produktgenerationen möglichst frühzeitig in die Baukastenentwicklung gegeben, da eine nachträgliche Integration von nicht im Baukasten vorgesehenen Technologien oftmals besonders hohen Aufwand bedeutet. Bei einer Baukastenlebensdauer von durchschnittlich 12-15 Jahren stellt die Dynamik der Produkttechnologien eine zentrale Herausforderung des Unternehmens dar. Die Produktbaukästen des Unternehmens geben Angebotskonzepte und Konfigurationsräume vor, welche den Märkten offeriert werden.

Die Produktkomplexität wird stark datengetrieben optimiert, was mittels selbstentwickelter Software-Tools erfolgt. Dabei werden unter anderem Low-Runner identifiziert und die Variantenkonfigurationen durch Kunden werden systematisch nachgehalten. Die Klassifikation von Varianten und Modulen erfolgt anhand von direkten und indirekten Komplexitätskosten, welche datengestützt und verursachungsgerecht umgelegt werden. Dabei basiert die Komplexitätskostenrechnung auf den Gemeinkostenstrukturen der betrachteten

Bereiche und die Kostenstrukturen werden dezentral durch verantwortliche Mitarbeiter analysiert und in die Systeme eingepflegt. In den Systemen werden zentrale Kennzahlen ermittelt, dabei stehen insbesondere die Einbauraten von Varianten im Fokus der Betrachtung. Die ermittelten Daten werden in die Preisbausteine einbezogen und dienen somit der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Varianten und Modulen. Variantenbezogene Komplexitätsindizes werden genutzt, um Entwicklungen nachzuverfolgen.

4.2.4 Management von Supply Chain und Produktionskomplexität

Im Produktionsnetzwerk des Unternehmens wird ein modularer Produktionsbaukasten eingesetzt, welcher die Nutzung der Potenziale der modularen Produktarchitekturen ermöglicht. Zu diesem Zweck wurden Produktionsarchitekturen in den weltweiten Produktionsstätten in den letzten Jahren auf verschiedenen Ebenen modularisiert und standardisiert. So ist eine Dekomposition der Produktionsarchitektur bis auf die Ebene des Arbeitsplatzes vorgenommen worden. Diese Standardisierung umfasst neben den eingesetzten Ressourcen und Prozessen auch Organisationselemente, welche in den Fabriken weltweit einheitlich vorzufinden sind. Die konsequente Modularisierung der Produktarchitekturen und der modellübergreifende Einsatz standardisierter Module ermöglicht eine hochgradig flexible Nutzung der Fabriken. Die Fabriken werden somit in die Lage versetzt, unterschiedliche Modelle mit geringen Anpassungen zu produzieren. Das Unternehmen erreicht durch die Nutzung dieser Flexibilität eine optimale Auslastung von Produktionskapazitäten. Innerhalb des Konzerns ermöglicht die modulare Produktionsarchitektur die Entwicklung von Best Practices, welche lokal optimiert und global genutzt werden. Die Verantwortung und Entwicklung des Produktionsbaukastens liegt primär in der Zentrale des Unternehmens, an den Standorten wird dieser entsprechend den lokalen Bedürfnissen angepasst.

4.2.5 Zusammenfassung und Charakterisierung des Ansatzes

Die vorliegende Fallstudie zeigt einen sehr umfassenden Ansatz des Komplexitätsmanagements auf, welcher alle Geschäftsbereiche des Unternehmens einbindet. Auf einen Beschluss des Vorstands hin wurde eine zentrale Organisationseinheit etabliert, welche sich mit dem Komplexitätsmanagement im Unternehmen befasst. Das Team ist mit Experten aus verschiedenen Bereichen des Unternehmens zusammengestellt und ist global hochgradig vernetzt. Das Komplexitätsmanagement wird dabei stark von der Zentrale aus geprägt und unterstützt Entscheidungen im Unternehmen auf Basis quantitativer Auswertungen. Mit der Modularisierung der Produkt- und Produktionsarchitekturen hat man die Basis geschaffen, um die Strategie der modellübergreifenden Gleichteileverwendung umzusetzen. Durch Kommunalitäten in den Produkten sollen Skaleneffekte realisiert und Entwicklungsaufwände minimiert werden. Entsprechend dieser Strategie haben Verbrauraten einen zentralen Platz in den Auswertungen des Komplexitätsmanagements gefunden. Das Komplexitätsmanagement unterstützt die Entwicklung bereits frühzeitig im Ablauf von Fahrzeugprojekten und stellt gezielt Methoden, Tools und Systeme zur Verfügung, um eine bedarfsgerechte Komplexitätsoptimierung sicherzustellen. Komplexitäts- und Variantentreiber sowie Kundenbedürfnisse und Kaufverhalten werden systematisch untersucht. Die Bedienung von Markt- und Kundenbedürfnissen mittels möglichst schlanker interner Architekturen steht dabei im Fokus zahlreicher Optimierungen und Simulationen. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse werden Regeln für die Konfiguration geschaffen, welche die optimale Abdeckung von Kundenbedürfnissen kostenoptimal mit einer minimalen Teileanzahl ermöglichen sollen.

4.3 Fallstudie B: Anlagenbau AG

Die vorliegende Fallstudie handelt von einem Unternehmen aus dem Anlagenbau. Das betrachtete Unternehmen ist über eine lange Zeit hinweg kontinuierlich gewachsen und konnte sich als Markt- und Technologieführer etablieren. Anfang der 2000er Jahre musste man jedoch einen Einbruch der Absatz- und Umsatzzahlen erkennen, welcher über die nächsten Jahre hinweg in der gesamten Branche in ähnlicher Form vorzufinden war. Man hat nach eingehender Analyse einen Wandel der Kundenbedürfnisse und des Einsatzes der Anlagen im Feld verzeichnet und ist zu der Erkenntnis gekommen, dass sich der Markt auf einem deutlich niedrigeren Niveau stabilisieren wird. Diese Erkenntnis hat dazu geführt, dass im Unternehmen ein Umdenken stattfand und das Kostenbewusstsein einen deutlich höheren Stellenwert einnahm. Die vorhandenen Strukturen im Unternehmen waren entsprechend der Historie auf ein kontinuierliches Wachstum und deutlich höhere Stückzahlen ausgerichtet als diese für die Zukunft zu erwarten waren. Die Unternehmensführung hat in der Situation festgestellt, dass die Organisation den aktuellen Anforderungen nicht gerecht wird und eine drastische Kostensenkung die Voraussetzung für die Existenzsicherung und Profitabilität darstellt. Die Reduktion von Komplexität im Unternehmen wurde dabei als ein zentraler Hebel für Einsparungen identifiziert. Die nachhaltige Komplexitätsreduktion wurde von der Unternehmensführung als Zielvorgabe festgelegt und ein zentrales Team mit dieser Aufgabe beauftragt. Basierend auf Expertenbefragungen und vertiefenden Analysen wurde ein funktionsübergreifendes Variantenkostenmodell etabliert, welches dem Team zur Einschätzung der Komplexitätskostenwirkung von (Einzel-) Entscheidungen dient. In der Folge war es möglich, Potenziale systematisch zu identifizieren und Business Cases unter Einbezug der Komplexitätswirkung zu rechnen. Das angewandte Vorgehen von der Expertenbefragung bis hin zur integrierten Analyse zeigt nachfolgende Abbildung 35.

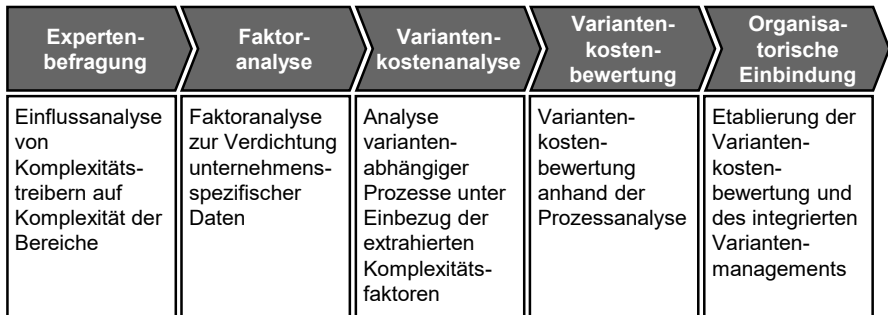


Abbildung 35: Einführung der Komplexitätskostenrechnung der Anlagenbau AG

Das Komplexitätsmanagement des Unternehmens startete in der Folge verschiedene Projekte zur Variantenbereinigung, um Komplexitätskosten nachhaltig zu reduzieren. Dabei setzte man auf die Reduktion der Anzahl Sachnummern, was auch heute noch eine der zentralen Zielsetzungen des Unternehmens darstellt. Die Komplexitätskosten und die Anzahl Sachnummern werden seit vielen Jahren systematisch erfasst und analysiert. Eine integrierte Komplexitätskostenrechnung über die Wertschöpfungskette hinweg dient der Variantenbewertung. Bereits zu Beginn wurde deutlich, dass die erhofften Effekte eintreffen, zudem liessen sich zunehmend weitere Potenziale erkennen. Etwa seit dem Jahr 2010 entstand durch intensive Kommunikation und Veranschaulichung der Effekte ein flächendeckendes Bewusstsein für Komplexitätskosten im Unternehmen. Die hohe Akzeptanz lässt sich zudem auf die konsequente und frühzeitige Einbindung des Topmanagements begründen, wodurch den Aktivitäten klar Priorität zugeschrieben wurde. Die Zusammenarbeit mit sämtlichen funktionalen Bereichen bereits in der Erfassung der Komplexitätskosten stellte zudem sicher, dass die unterschiedlichen Perspektiven abgebildet waren. Die Anstrengungen im Komplexitätsmanagement wurden über die Zeit weiter intensiviert und ein Team mit 6 FTE bereitgestellt, welches die initiale Phase der Komplexitätsreduktion gemeinsam durchführte und in die kontinuierliche Bearbeitung durch 3 FTE überführte.

Regelmässig wird ein sogenannter Komplexitätsbericht verfasst, welcher die aktuellen Entwicklungen, ausgewählte Kennzahlen und die Zielvorgaben des

Unternehmens beinhaltet. Das Dokument dient dem Topmanagement zur Steuerung der Aktivitäten und geht über definierte Zielvorgaben in die Geschäftsjahresplanung ein. Die Zielsetzung des Komplexitätsmanagements konzentriert sich auf die Reduktion von Produktkomplexität. Breite Produktprogramme wurden in der Vergangenheit bereits reduziert, die Wiederverwendung bestehender Komponenten und die Steigerung der Kommunalität in der Neuproduktentwicklung stellen wichtige Errungenschaften dar. In der Produktion wird insbesondere auf eine Reduktion der Herstellungskosten und der Prozessvielfalt abgezielt. Zu diesem Zweck wurde eine Vielzahl von Projekten in den verschiedenen Bereichen durchgeführt. Die Einsparungen konnten in den jeweiligen Bereichen stets ergebniswirksam nachgewiesen werden.

4.3.1 Komplexitätstreiber der Anlagenbau AG

Das Unternehmen agiert in einem Markt mit relativ stabilen Kundenbedürfnissen, welche gezielt bewirtschaftet werden. Die Bedürfnisse der Kunden in industrialisierten Ländern zeigen sich mit einem Zeitversatz von einigen Jahren üblicherweise in allen anderen Regionen der Welt. Die angebotenen Anlagen stellen grosse technische Systeme dar, welche höchste Anforderungen an Genauigkeit erfüllen müssen. Die Komponenten weisen einen hohen Grad der Vernetzung auf und die Anlagen sind nur in einigen Teilbereichen modularisiert. Dies führt dazu, dass Änderungen am System Anpassungen an einer Vielzahl von Konstruktionen, Prozessen und Werkzeugen erfordern. Die Komplexität wird somit häufig eher aus der Technik als vom Markt her im Unternehmen hervorgerufen. Die nachfolgende Tabelle 7 zeigt die Komplexitätstreiber der Anlagenbau AG im Detail.

Tabelle 7: Komplexitätstreiber des Unternehmens (Fallstudie B)

Interne Treiber	Externe Treiber
Produktvielfalt 	Rechtliche Faktoren 
Dynamik der (Produkt-) Programmänderungen 	Politische Rahmenbedingungen 
Aufbau der Produktstruktur 	Anzahl der Kunden und Kundengruppen 
Dynamik der Produkttechnologien 	Vielfalt der Kundenanforderungen 
Vernetzungsgrad der Unternehmensprozesse 	Volatilität der Kundennachfrage 
Anzahl der Wertschöpfungsstufen 	Wettbewerbsdynamik 
Dynamik der Produktionstechnologien 	Anzahl Lieferanten 
Anzahl der Distributionsstufen 	Unsicherheit der Liefertermine 
Organisationsstruktur 	Unsicherheit der Lieferqualität 
Unternehmenskultur 	Legende: Sehr geringe Ausprägung:  Sehr hohe Ausprägung: 

4.3.2 Management von Marktkomplexität

Das Unternehmen vertreibt seine Produkte global. Als einer der Marktführer greift man für den Vertrieb auf ca. 150 weltweite Vertretungen auf allen Kontinenten zurück. Die oben skizzierten homogenen Anforderungen ermöglichen es der Anlagenbau AG unterschiedliche Kunden weltweit zu einem sehr hohen Anteil mit globalen Produkten zu versorgen. Im Vertrieb werden Übersichten von Standard- und Sondervarianten eingesetzt, um Preis- und Lieferzeitbestimmungen zu ermitteln. Obwohl eine hohe Kostentransparenz besteht und man in der Lage ist, Sondervarianten zu benennen, gelingt es nur selten, die Produkte mit komplexitätskostenbasierten Preisen zu verkaufen.

Mittels systematischer Variantenbereinigung auf Basis von Komplexitätskosten und Absatzzahlen konnte die Anzahl verkaufsfähiger Produktvarianten in den letzten drei Jahren deutlich reduziert werden. In einem allgemein rückläufigen Markt konnte der Umsatz je Variante auf stabilem Niveau gehalten werden. Das Unternehmen setzt auf einen definierten Auslaufprozess, der sowohl das Portfolio der angebotenen

Produkte als auch das Portfolio der bereitgestellten Ersatzteile abdeckt. Varianten werden basierend auf einer Kosten/Nutzen-Abwägung abgekündigt und ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht mehr angeboten. Die Einführung neuer Produkte in das Portfolio folgt einem Variantenentstehungsprozess, welcher eine Abschätzung der Kosten über den gesamten Lebenszyklus zugrunde legt und entsprechende Business Cases vorsieht.

Der Service nimmt einen grossen Anteil am Gesamtumsatz des Unternehmens ein, wobei das Unternehmen insbesondere über eine nahezu vollständige Übersicht der Konfigurationen beim Kunden und der verbauten Komponenten verfügt. Ein grosser Teil der Anlagen im Feld ist darüber hinaus mit dem Unternehmen vernetzt, was einen bedarfsgerechten Service sowie die Optimierung der Prozesse des Kunden erlaubt. Aufgrund der langen Lebensdauer der Maschinen stellt das Ersatzteilgeschäft eine wichtige Rolle dar. Auch hier verfügt das Unternehmen über eine hohe Transparenz durch komplexitätskostenbasierte Wirtschaftlichkeitsanalysen.

4.3.3 Management von Produktkomplexität

Die Entwicklung der Produkte des Unternehmens erfolgt an zwei Standorten, von denen der Stammsitz den grösseren Teil der Funktionen abdeckt. Von dort wird das Produktdesign zentral für die weltweiten Märkte vorgegeben, die Technologie- und Produktroadmaps werden ebenfalls vom Stammsitz aus vorgegeben. Die Anlagen sind in ihrer Konstruktion hochgradig komplex und funktional stark vernetzt. Die verwendeten Produktarchitekturen befinden sich bereits seit einigen Jahrzehnten im Einsatz. Neue Anlagen basieren stets auf den Vorgängern und stellen eher Modifikationen denn Neuentwicklungen dar. Die Entscheidung, die bestehenden Produktarchitekturen beizubehalten, wurde bewusst getroffen, obwohl man in vielen Bereichen Verbesserungspotenziale erkannt hat und in vielen Bereichen mit einem neuen Anlagenkonzept grossen Nutzen erzielen würde. Auf der Basis von Analysen der Komplexitätskosten wird diese Entscheidung regelmässig überprüft, aufgrund der relativ geringen Stückzahlen konnte die Investition in eine neue Produktarchitektur bislang nicht befürwortet werden. Das Unternehmen ist sich

bewusst, dass mit einer suboptimalen Produktarchitektur gearbeitet wird, weshalb man die hohen Anpassungsaufwände in allen Bereichen kontinuierlich überwacht. Derzeit wird die Optimierung der Produktkomplexität primär durch eine Reduktion der Anzahl Sachnummern in bestehenden und neuen Produkten erzielt. Eine Modularisierung der Produktarchitektur wird im Falle einer Neuentwicklung als sinnvoll betrachtet. Eine komplette Überarbeitung der bestehenden Produktarchitekturen erweist sich jedoch als zu aufwändig, weshalb nur Umfänge modularisiert werden, die aufgrund anderer Einflüsse, wie der Implementierung einer neuen Technologie, neu entwickelt werden müssen. Durch die wenigen Projekte der Produktmodularisierung wurden Erfolge in der Erhöhung der Wiederverwendungsraten und der Standardisierung von Baugruppen erzielt. Die Entwicklung neuer Maschinen erfolgt mit Wiederverwendung bestehender Komponenten und Baugruppen, womit Aufwände in der Entwicklung und der nachgelagerten Wertschöpfung gering gehalten werden können.

Die Organisation der Entwicklung wurde in den letzten Jahren von einer maschinen- in eine baugruppenorientierte Struktur überführt. Diese Umstrukturierung entfaltet in vielen Fällen positive Auswirkungen auf die Variantenvielfalt in der Konstruktion, da mögliche Synergien besser erfasst werden können und durch vereinheitlichte Konstruktionsprinzipien die nachgelagerten Bereiche, insbesondere die Montage, stark profitieren. In der Konstruktion wird eine Software eingesetzt, welche automatisiert neue Bauteile und Komponenten auf ihre Kostenverursachung hin prüft und diese einer Produzierbarkeitsanalyse unterzieht. Zu dem Zweck der Kostenberechnung nutzt man vereinfachte Parameter wie die Abmasse, das verwendete Material, Gewicht und benötigte Fertigungstechnologien.

4.3.4 Management von Supply Chain und Produktionskomplexität

In den letzten Jahren hat das Unternehmen bewusst Komplexität in der Produktion reduziert, um Personal und Fläche einzusparen. In der Produktion spielt die Betrachtung von Komplexitätskosten eine zentrale Rolle. Prozesse werden konsequent analysiert und den komplexitätstreibenden Produkten zugerechnet. Die

Analysen werden gezielt eingesetzt, um Szenarien bewerten zu können und Verbesserungen in den Abläufen und eingesetzten Ressourcen vornehmen zu können. Beispielsweise wurden Untersuchungen von Komplexitätskosten herbeigezogen, um die Prozesse für die Bewirtschaftung von Ersatzteilen zu erarbeiten, welche sich jeweils am prozessualen Aufwand sowie den erwarteten Stückzahlen der nächsten Jahre orientieren.

In der Produktion setzt man zunehmend auf modulare Architekturen, welche zur Senkung der Prozessvielfalt und einem konsequenten Ausbau von Standards führten. In einem grossen Projekt wurde die Montage im Hauptwerk konsequent modularisiert. In der letzten Zeit konnten so zahlreiche Prozessfolgen und Werkzeuge standardisiert werden. Bislang getrennt produzierte Produkte wurden in ihrer Montage prozessual angeglichen und einheitliche Montagebereiche und Bänder etabliert. Die bislang produktspezifisch eingesetzten Mitarbeiter wurden durch die modularen Montageprozesse in die Lage versetzt, vier bis fünf Produktarten statt bislang zumeist nur eine Produktart zu montieren. Abbildung 36 zeigt den Übergang von produktspezifischen Prozessen in der Montage hin zu einheitlich genutzten Standards, welche dem Unternehmen eine gesteigerte Flexibilität bei deutlich geringerer Ressourcenbindung erlauben.

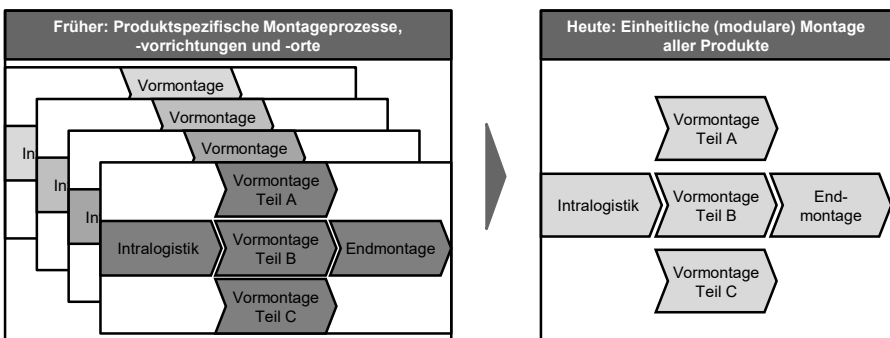


Abbildung 36: Produktübergreifende Vereinheitlichung der Montage

Durch standardisierte Ressourcen und Abläufe trägt insbesondere die Montage der Neuausrichtung auf geringere Stückzahlen Rechnung, was zu einem reduzierten Flächen- und Personaleinsatz geführt hat.

Viele der Massnahmen in der Produktion gehen dabei auf die Neuausrichtung der Entwicklungsorganisation zurück, welche mögliche Synergien besser erkennen lässt und eine Standardisierung über verschiedene Baureihen hinweg ermöglichen soll. Zudem ist die Produktion in die Gestaltung und Genehmigung von neuen Bauteilen gezielt eingebunden, wodurch ein weiterer Ausbau der baureihenübergreifenden Nutzung von Baugruppen erreicht werden soll.

4.3.5 Zusammenfassung und Charakterisierung des Ansatzes

Das Unternehmen hat die Aktivitäten im Komplexitätsmanagement aus einer wirtschaftlichen Krise heraus initiiert. Aufgrund eines drastischen und nachhaltigen Auftragseinbruchs war die Zielsetzung eine flächendeckende Kostensenkung über das ganze Unternehmen hinweg. Ein zentraler Hebel für die Kosteneinsparung wurde in der Reduktion von Komplexität gefunden, welche über einen Ansatz der ressourcenorientierten Komplexitätskostenrechnung verfolgt wurde. Die Komplexitätskostenrechnung, welche sämtliche Bereiche des Unternehmens mittels komplexitätsinduzierten Prozess- und Variantenkosten und damit einhergehend Einsparpotenzialen versehen hat, dient als Informationsquelle zur Identifikation und Quantifizierung von Verbesserungsmaßnahmen. Seit der Anfangszeit wurde der Fokus auf die Komplexitätskostenrechnung sowie die Quantifizierung von Teilenummern beibehalten, welche sich über die Jahre in einer zentralen Abteilung Komplexitätsmanagement etabliert hat. Die Komplexitätskostenrechnung findet Einsatz in der Jahresplanung und den Budgets im Unternehmen. Der Ansatz des Unternehmens ist als sehr stark von der Zentrale geprägt zu betrachten, welcher auf dem Grundsatz der zentralen Weisung basiert. Der Unternehmensführung werden in regelmässigen Abständen Statusberichte über die Fortschritte und Aktivitäten des Komplexitätsmanagements vorgelegt, welche eine integrierte Darstellung mittels quantitativer Analysen beinhalten. Das Unternehmen folgt primär der Strategie der Komplexitätsreduktion über die Reduktion von Prozess- und Variantenvielfalt.

4.4 Fallstudie C: Elektromotoren AG

Fallstudie C befasst sich mit einem Unternehmen, welches Elektromotoren in einer Vielzahl von Nischenmärkten anbietet. Das Unternehmen verfolgt eine Differenzierungsstrategie und konzentriert sich mit seinen Aktivitäten im Komplexitätsmanagement auf die effiziente Abbildung der vom Markt geforderten Produktvielfalt. Die verschiedenen Aspekte des Komplexitätsmanagements werden verteilt über verschiedene Bereiche hinweg wahrgenommen und stellen eine Querschnittsaufgabe dar. Mittels einheitlicher Zielvorgaben wird sichergestellt, dass die Bereiche und Standorte des Unternehmens im Sinne des Gesamtoptimums agieren. Zur Sensibilisierung und zum Wissensaufbau der Mitarbeiter im Umgang mit Komplexität wurde eine umfangreiche interne Schulungsreihe angeboten. Das Unternehmen setzt eine Vielzahl an Methoden des Komplexitätsmanagements ein und verankert Know-how gezielt mittels Kompetenzzentren.

4.4.1 Komplexitätstreiber des Unternehmens

Die adressierten Märkte des Unternehmens gliedern sich in eine Vielzahl von Branchen und Anwendungen, welche sich hinsichtlich der Anforderungen an das Produkt stark unterscheiden. Im Wettbewerb hat man sich als Spezialanbieter, welcher technisch anspruchsvolle Nischen bedient, etabliert. Mit einem Teil des Produktportfolios agiert man in stark regulierten Umfeldern, was unterschiedliche Anforderungen zwischen den jeweiligen Anwendungen und lokalen Regularien Unterschiede bedingt und stark variantentreibend wirkt.

Tabelle 8 zeigt die Komplexitätstreiber des Unternehmens im Detail.

Tabelle 8: Komplexitätstreiber des Unternehmens (Fallstudie C)

Interne Treiber	Externe Treiber
Produktvielfalt 	Rechtliche Faktoren 
Dynamik der (Produkt-) Programmänderungen 	Politische Rahmenbedingungen 
Aufbau der Produktstruktur 	Anzahl der Kunden und Kundengruppen 
Dynamik der Produkttechnologien 	Vielfalt der Kundenanforderungen 
Vernetzungsgrad der Unternehmensprozesse 	Volatilität der Kundennachfrage 
Anzahl der Wertschöpfungsstufen 	Wettbewerbsdynamik 
Dynamik der Produktionstechnologien 	Anzahl Lieferanten 
Anzahl der Distributionsstufen 	Unsicherheit der Liefertermine 
Organisationsstruktur 	Unsicherheit der Lieferqualität 
Unternehmenskultur 	Legende: Sehr geringe Ausprägung:  Sehr hohe Ausprägung: 

4.4.2 Management von Marktkomplexität

Mit dem Produktportfolio werden unterschiedliche Branchen und Anwendungen adressiert, die vielfältige Anforderungen an die Produkte stellen. Diese hohe kundenseitig geforderte Produktvielfalt wird zudem durch lokale rechtliche Anforderungen vorangetrieben. Die Herausforderung besteht daher insbesondere darin, die Produktvielfalt effizient bereitzustellen, wodurch hohe Anforderungen an die Produkt- und Produktionsarchitekturen marktseitig induziert werden. Die Kalkulation der kundenspezifischen Leistungsumfänge stellt eine zentrale Aufgabe des Vertriebs dar. Für die Preisfindung werden Zuschlagskalkulationen verwendet, die sich an den prozessualen Aufwänden und den Losgrößen orientieren. Um die Profitabilität einzelner Aufträge und Anfragen beurteilen zu können, ist eine integrierte Betrachtung der Wertschöpfung notwendig, um Nutzen und Aufwand in ein wertstiftendes Verhältnis zu bringen.

Für den Umgang mit Kundenanfragen wurde ein vierstufiges Raster entwickelt, welches sich anhand der Komplexität gliedert. In der niedrigsten Stufe 1 sind keine

produktseitigen Anpassungen notwendig und können allein über den Vertrieb angeboten werden. Kundenanfragen der Stufe 2 beinhalten kleine Anpassungen am Produkt. Über den Umgang mit den Kundenanfragen befindet in einem täglichen Routinemeeting ein interdisziplinäres Team. Die Freigabe für die Produkthanpassungen darf das Team bis zu einem klar definierten Anpassungsaufwand selbst vornehmen. Anfragen, welche diesen Betrag überschreiten, aber noch mittels Anpassung eines bestehenden Produktes bearbeitet werden können, fallen in den Prozess der Kundenanfragen der Stufe 3. In diesem Fall werden die Anpassungsaufwände für die Modifikation detaillierter ausgearbeitet und die Entscheidung durch die Bereichsleitung getroffen. Bei einem positiven Entscheid wird ein Projekt initiiert, wofür der Projektleiter die Prozess- und Ergebnisverantwortung trägt. Kundenanfragen, welche die Entwicklung eines neuen Produktes erfordern, werden in einem Gremium zur Entscheidung über Entwicklungsprojekte behandelt. Abbildung 37 illustriert zusammenfassend die Klassifizierung von Kundenanfragen.

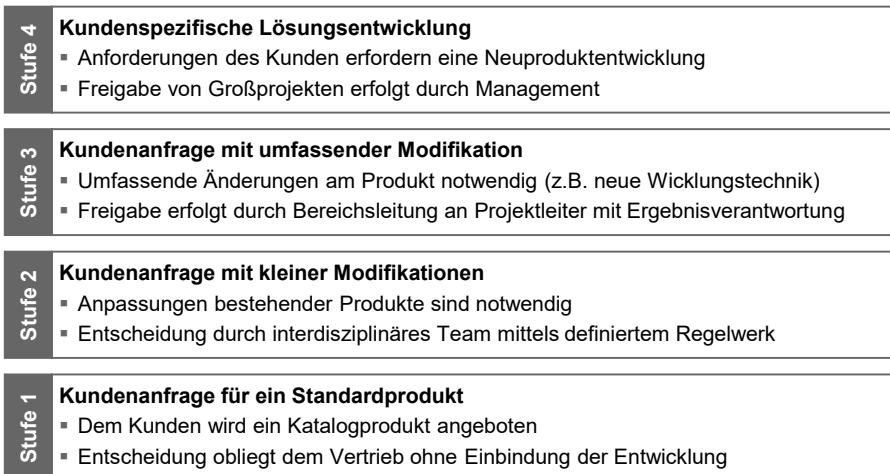


Abbildung 37: Komplexitätsbasierte Klassifizierung von Kundenanfragen

4.4.3 Management von Produktkomplexität

Bereits seit 40 Jahren verfügt das Unternehmen über modulare Produktbaukästen. Die Plattformprodukte waren bereits in der Vergangenheit die Basis, um die zahlreichen Produktvarianten mit geringem Aufwand realisieren zu können. Es besteht eine spezifische Abteilung, welche sich mit der Modifikation der Baukastenprodukte auseinandersetzt und die Wettbewerbsfähigkeit der kundenindividuellen Produkte sicherstellen soll.

Die Baukastenstrukturen werden kontinuierlich weiterentwickelt und gepflegt. In einem Produktbereich hat das Unternehmen somit beispielsweise die interne Variantenzahl halbieren können, ohne die kundenseitig offerierte Vielfalt einzuschränken. Dabei werden neben konstruktiven Aspekten insbesondere die Prozessfolgen in der Fertigung und Montage berücksichtigt, um die Variantenentstehung möglichst spät vorzunehmen. Variantentreiber werden in den Konstruktionen ermittelt und die entsprechenden Merkmale entsprechend so in den Modulen verankert, dass diese möglichst erst in der Endmontage in die Produkte eingehen. In der letzten Zeit setzt man vermehrt auf die softwarebasierte Variantenentstehung. Dabei werden Maximallösungen entwickelt, die physisch gleich sind, sich jedoch durch Softwarepakete unterscheiden. Dies ermöglicht vermehrt Skaleneffekte im Einkauf und der Produktion.

4.4.4 Management von Supply Chain und Produktionskomplexität

Das Produktionsnetzwerk des Unternehmens ist stark auf die europäischen Standorte fokussiert. Innerhalb des Netzwerks wurden Rollen der Werke definiert, wobei Produktallokationsentscheidungen zumeist mit der Produktkomplexität einhergehen. Die Standorte unterscheiden sich unter anderem in ihrem Automatisierungsgrad und der Qualifikation der Montage besonders anspruchsvoller Produkte.

Die Produktionsarchitektur des Unternehmens ist bereits seit vielen Jahren modular ausgestaltet, was zur Qualitätssicherung und Prozessoptimierung initiiert wurde. Die

Produktion folgt einem Raster, in welchem eingesetzte Betriebsmittel und verwendete Fertigungstechnologien standardisiert wurden. Prozess-, Aufbau- und Montagereihenfolgen sind entsprechend entwickelten Produktarchitekturen über alle Standorte hinweg einheitlich. Die Entwicklung der jeweiligen Module wird durch Technologieexperten verantwortet, die jeweils einzelne Prozessschritte optimieren und Standards im Netzwerk implementieren. Die Gestaltung des Produktionsbaukastens ist in hohem Masse von der Architektur der Produkte und den Schnittstellen abhängig, was insbesondere Montageabfolgen in vielen Fällen determiniert.

Das Unternehmen konnte in den letzten Jahren durch eine zielgerichtete Gestaltung des Produktdesigns die Entstehung kundenindividueller Konfigurationen verzögern und so die Kommunalität steigern. Der Variantenentstehungspunkt konnte dabei für einige Produkte in den Montageabläufen nach hinten verlagert werden. Die Warenwirtschaft des Unternehmens konnte von dieser Massnahme ebenfalls profitieren, da man vermehrt in der Lage ist, kundenneutrale Baugruppen bereitzuhalten.

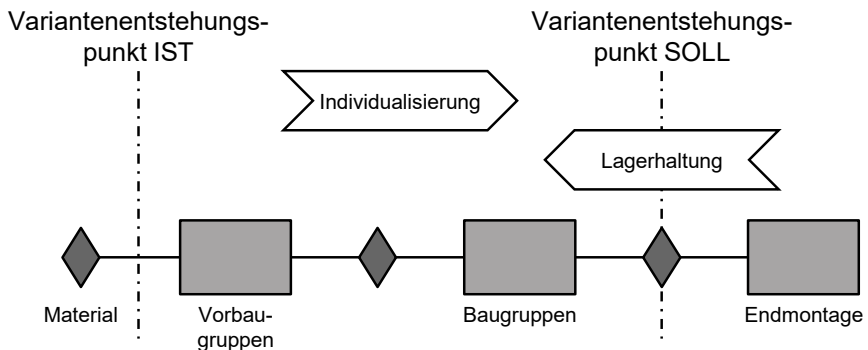


Abbildung 38: Verlagerung des Order Penetration Points (OPP) und der Lagerhaltung

Der Anteil der Produkte, in dem Varianten durch unterschiedliche Software realisiert werden, wird konsequent in einer Maximalvariante produziert. Somit konnten durch

die radikale Standardisierung die Anzahl Lieferanten reduziert und Skaleneffekte genutzt werden. Dies lässt eine hohe Planbarkeit der Produktion zu und hat die Durchlaufzeit um etwa ein Drittel sinken lassen sowie eine Verdopplung der Fertigungslose ermöglicht.

4.4.5 Zusammenfassung und Charakterisierung des Ansatzes

Die Elektromotoren AG ist in einem Markt aktiv, welcher starke Individualisierungsanforderungen an die Produkte stellt. Das Unternehmen akzeptiert diese externe Komplexität und hat aus dem Topmanagement heraus das Komplexitätsmanagement als Fokusthema etabliert. Die Produkt- und Produktionsarchitekturen sind so ausgerichtet, dass diese möglichst effizient bewältigt werden können. Die am Markt angebotene Produktvielfalt wird mittels modularer Produktarchitekturen abgebildet. In der Produktion wurde die Individualisierung gezielt verzögert, um von Kommunalitäten in den Prozessen und der Lagerhaltung zu profitieren.

Das Unternehmen ist stark vom Hauptsitz geprägt und zeichnet sich durch klar definierte Entscheidungswege aus. Innerhalb der Zentrale wird das Komplexitätsmanagement als Querschnittsaufgabe wahrgenommen. In den letzten Jahren erfolgte eine flächendeckende Schulung der Mitarbeiter, was zu einer hohen Sensibilisierung für die Auswirkungen von Komplexität und einer breiten Verteilung von Methodenwissen geführt hat.

4.5 Fallstudie D: Automotive Tier-1 AG

Fallstudie D befasst sich mit einem Zulieferer der Automobilindustrie, welcher als Tier-1 primär die OEMs bedient. Das Produktportfolio umfasst eine Vielzahl designrelevanter Produkte, welche durch den Endkunden als differenzierend wahrgenommen werden. Man befasst sich seit etwa 15 Jahren systematisch mit dem Komplexitätsmanagement und hat dies als Bestandteil der Strategie etabliert. Die Fähigkeit der effizienten Komplexitätsbeherrschung wurde systematisch aufgebaut und wird den Kunden im Vertrieb aktiv kommuniziert. Das Komplexitätsmanagement ist nicht als zentrale Funktion etabliert, sondern wird dezentral in der Tensororganisation verantwortet, welche sich in Geschäftsfelder, Regionen und Funktionen gliedert. Die Organisationsform lässt bewusst Zielkonflikte zu, fördert dabei jedoch Entscheidungen auf möglichst niedriger Ebene. Man hat die Systeme und deren Zusammenspiel bewusst gestaltet und hat Regelwerke etabliert, welche das Zusammenwirken globaler und lokaler Verantwortung regeln. Den Standorten werden Leitplanken gesetzt, welche gewisse Freiheitsgrade ermöglichen und die Möglichkeit schaffen, an bestimmten Stellen kurze Regelkreise zu etablieren.


4.5.1 Komplexitätstreiber Automotive Tier-1 AG

Das Produktspektrum des Unternehmens umfasst primär designrelevante Teile, welche den OEMs zur Differenzierung ihrer Produkte dienen. Dies hat zur Folge, dass die Anforderungen der Kunden bezüglich des Erscheinungsbildes sehr klar spezifiziert und durch den Lieferanten kaum anpassbar sind. Die Produktoffensive zahlreicher OEMs in der Automobilindustrie und die immer kürzeren Lebenszyklen der Produkte und Technologien bedingen steigende Entwicklungsaufwände. Das Produktportfolio ist an den Anforderungen einzelner Kunden ausgerichtet, welche jeweils mit einem individuellen Leistungsumfang versorgt werden.

Neben der Entwicklung ist die Produktion ebenfalls mit einer hohen Komplexität konfrontiert. In den letzten Jahren haben die Plattformstrategien der OEMs die Verwendung von Gleichteilen im globalen Produktionsnetzwerk stark ausgeweitet.

In der Produktion ist eine globale Synchronisation der Produktlaunches zu beobachten, was u.a. aufgrund rechtlicher und steuerlicher Anforderungen eine synchrone Belieferung und zeitgleiche Produktionsstarts in den Werken der Zulieferer bedingt.

Tabelle 9: Komplexitätstreiber des Unternehmens (Fallstudie D)

Interne Treiber	Externe Treiber
Produktvielfalt 	Rechtliche Faktoren 
Dynamik der (Produkt-) Programmänderungen 	Politische Rahmenbedingungen 
Aufbau der Produktstruktur 	Anzahl der Kunden und Kundengruppen 
Dynamik der Produkttechnologien 	Vielfalt der Kundenanforderungen 
Vernetzungsgrad der Unternehmensprozesse 	Volatilität der Kundennachfrage 
Anzahl der Wertschöpfungsstufen 	Wettbewerbsdynamik 
Dynamik der Produktionstechnologien 	Anzahl Lieferanten 
Anzahl der Distributionsstufen 	Unsicherheit der Liefertermine 
Organisationsstruktur 	Unsicherheit der Lieferqualität 
Unternehmenskultur 	Legende: Sehr geringe Ausprägung:  Sehr hohe Ausprägung: 

4.5.2 Management von Marktkomplexität

Die Anforderungen der Kundenbasis müssen durch das Unternehmen stets vollständig umgesetzt werden. Das Anforderungsmanagement ist somit äusserst erfolgskritisch, um die Bedürfnisse der Kunden zu befriedigen. Anforderungen werden systematisch in IT-Tools aufgenommen und gepflegt, deren Änderungen werden konsequent nachgehalten und zur Verrechnung resultierender Aufwände dokumentiert. Das Unternehmen verfolgt die tatsächlich verursachten Kosten und gleicht diese kontinuierlich mit den Planzahlen ab, um die Kostenkalkulation anzupassen und Kostentreiber zu identifizieren. Zusätzliche und angepasste Varianten werden entsprechend den induzierten Kosten nachträglich bepreist und dem Kunden in nachvollziehbarer Form in Rechnung gestellt. Zwischen der Beauftragung und Auslieferung kommt es häufig vor, dass die benötigten

Variantenzahl stark zunimmt, was teilweise zu einer Verdopplung der bereitzustellenden Vielfalt führt. Sowohl die Produktabnahme als auch die Freigabe finden gemeinsam mit dem Kunden statt. Die Produktbaukästen der Kunden haben sich in der Industrie als ein wesentlicher Treiber der wachsenden Anforderungen herausgestellt. Die weltweite Standardisierung und Synchronisierung der Produktionsprozesse unter Verwendung standardisierter Produktkomponenten der OEMs stellt die Lieferanten vor die Herausforderung, an unterschiedlichen Standorten auf der Welt zeitgleich Produkte bereitzustellen und verhindert das bisher sukzessive Ausrollen neuer Produktgenerationen. Zu diesem Zweck erarbeitet das Unternehmen sogenannte Kundenstrategien, welche vorgeben, zu welchem Zeitpunkt welcher Kunde welches Produkt in welcher Vielfalt beziehen kann. Diese Strategien werden mit dem Kunden verhandelt und müssen nachfolgend durch die globale Produktionsarchitektur abgebildet werden.

4.5.3 Management von Produktkomplexität

Wie oben bereits beschrieben, muss das Unternehmen ein sehr breites Produktportfolio offerieren, um am Markt zu bestehen. Dabei wird speziell darauf geachtet, dass die Produkte eine gemeinsame Synergiebasis aufweisen. Dies erfolgt mittels definierter Produktstrukturen, welche kundenneutrale und kundenspezifische Komponenten unterscheiden. Mittels standardisierter Schnittstellen lassen sich kundenspezifische Anteile eines Produktes mit auftrags- und kundenneutralen Teilen verknüpfen. Etwa 80% der Funktionsumfänge der Produkte können kundenneutral in identischer Form bereitgestellt werden. Insbesondere designrelevante Komponenten der Produkte werden jedoch vollständig durch die Kunden vorgegeben. Lokale und kundenspezifische Anpassungen der Produkte erfolgen vollständig im Rahmen von definierten Baukastenstrukturen, die Verantwortung für das Baukastenmanagement ist als zentrale Funktion etabliert.

In der Produktentwicklung wird auf eine durchgehende Unterstützung und Dokumentation durch IT-Systeme gesetzt. Die IT-Systemlandschaft ist weltweit standardisiert und wird an allen Standorten identisch eingesetzt. Es werden zentrale Datenbanken genutzt, um eine durchgehend eindeutige Versionierung zu erzielen.

Die entwickelten Versionen und Teilenummern sind für sämtliche Bauteile zu jedem Zeitpunkt eindeutig nachverfolgbar im PDM-System dokumentiert. Mittels verbindlicher CAD-Vorgaben und sogenannten Design Books werden die Entwicklung und Qualitätsvorgaben gesteuert und die weltweite Einhaltung von definierten Standards bei globaler Zusammenarbeit und Funktionsübernahme wird sichergestellt.

4.5.4 Management von Supply Chain und Produktionskomplexität

Im globalen Produktionsnetzwerk des Unternehmens setzt man auf modulare Produktionsarchitekturen in Form eines Produktionsbaukastens. Dieser orientiert sich an der Produktstruktur, bestehend aus den kundenneutralen und den kundenspezifischen Komponenten. Die Zielsetzung besteht darin, die einheitlichen Aspekte möglichst standardisiert abzudecken und die kundenspezifischen Aspekte in ihrer Bearbeitung lokal zu halten. Diese Unterscheidung findet sich beispielsweise in der Trennung der Vorfertigung und der Endmontage. Insbesondere die Fertigungstechnologien und Betriebsmittel sind weltweit hochgradig standardisiert, was sowohl für die übergreifenden kundenneutralen als auch für die kundenspezifischen Anteile gilt. Kundenindividuelle Werkzeuge können somit zur Produktion für einen speziellen Kunden weltweit an unterschiedlichen Standorten eingesetzt werden. Montageprozesse sind standardisiert und werden an einheitlichen Linien durchgeführt, welche sich zwischen Standorten einzig durch verschiedene Ausbaustufen unterscheiden, die sich nach dem zu produzierenden Volumen richten. Mit diesem Raster schafft man es, die Werke in die Lage zu versetzen, benötigte Montagelinien rasch aufzubauen, ohne die Prozesse und Ressourcen eines Standortes in grossem Umfang anpassen zu müssen. Dies schafft der Organisation Flexibilität in der Produktion und ermöglicht eine Glättung der Auslastung der Werke. Produktionskapazitäten befinden sich in der Verantwortung der Standorte, wobei zentral auf mögliche Kannibalisierung der Werke gegenüber dem Kunden geachtet wird.

Die Standardisierung wird ebenfalls für die Zulieferer angestrebt. Es besteht ein zentrales Commodity Management, welches die Zulassung von Lieferanten für Produkte und Standorte vornimmt. Basierend auf dieser Auswahl können die jeweiligen Standorte eigenständig ein Lieferantennetzwerk aufbauen.

4.5.5 Zusammenfassung und Charakterisierung des Ansatzes

Die vorliegende Fallstudie handelt von einem Unternehmen, welches als Tier-1 Zulieferer für einen Grossteil der global tätigen OEMs der Automobilindustrie aktiv ist. Der überwiegende Anteil der angebotenen Baugruppen ist designrelevant und wird von dem Endkunden direkt wahrgenommen. Seitens der OEMs werden sowohl an das Produktdesign als auch an die Prozesse der Zulieferer dieser Komponenten sehr konkrete Anforderungen gestellt, welche einzuhalten sind. Diese Anforderungen der global agierenden und sehr mächtigen Kunden tragen eine hohe Komplexität in das Unternehmen. Eine Komplexitätsreduktion erscheint an vielen Stellen nicht realisierbar, ohne signifikant Umsatz zu verlieren. Den Kunden werden die komplexitätsinduzierten Aufwände für das Unternehmen systematisch aufgezeigt und entsprechend vergütet. Die Bewältigung kundeninduzierter Komplexität ist ein zentraler Bestandteil des Geschäftsmodells des Unternehmens. Zur effizienten Bewältigung dieser Komplexität wurden an vielen Stellen kurze Regelkreise etabliert, um Komplexität möglichst innerhalb einer kleinen Bilanzhülle zu halten und lokale Effekte auf möglichst wenige (Sub-)Systeme ausstrahlen zu lassen. Zu diesem Zweck setzt man vermehrt auf dezentrale Entscheidungen und Verrichtungen und setzt bewusst auf redundante Funktionen an verschiedenen Orten, welche sich innerhalb eines bestimmten Kontextes und global definierter Leitplanken lokal optimieren sollen. Das Unternehmen folgt somit einer Strategie der effizienten Komplexitätsbewältigung und ist in der Lage, diese Leistungsfähigkeit als Differenzierungskriterium gegenüber dem Wettbewerb einzusetzen. Man lässt Komplexität somit in vielen Bereichen bewusst zu und setzt diese als Mittel zur Kundenbindung ein.

4.6 Fallstudie E: Automotive Tier-2 AG

Die Fallstudie handelt von einem Unternehmen aus der Automobilindustrie, welches relativ kleine Komponenten in sehr hoher Stückzahl produziert. Das Unternehmen ist als Tier-2 aktiv, was bedeutet, dass es nicht direkt die OEMs, sondern deren Zulieferer beliefert. Das Unternehmen befasst sich aufgrund horizontaler und vertikaler Erweiterungen und eines damit einhergehenden starken Wachstums und zunehmender Komplexität seit einigen Jahren strukturiert mit den Methoden des Komplexitätsmanagements.







Das Unternehmen geht die Bewältigung von Komplexität über die Gestaltung global vernetzter Unternehmensstrukturen an, welche in der Lage sind, dynamisch die Produkt- und Prozessanforderungen der Kunden abzubilden und Wissen strukturiert über Standorte hinweg auszutauschen. Diese Struktur soll dazu befähigen, identische Produkte weltweit verteilt unter verschiedenen Produktionsbedingungen herzustellen. Mit dem Komplexitätsmanagement zielt das Unternehmen auf eine Flexibilisierung der Produkte und der Produktion ab. Dabei möchte man den Standorten eine lokale Optimierung innerhalb einer definierten Prozessarchitektur ermöglichen und eine Reduktion der Prozessvielfalt erzielen. Diese zunächst widersprüchlich erscheinenden Zielsetzungen werden über temporäre Projektteams erreicht, welche innerhalb definierter Grenzen lokale Optimierungen vornehmen dürfen, diese jedoch im Produktionsnetzwerk teilen müssen, um diese zu globalen Standards zu erheben. Diese Aktivitäten werden durch die Unternehmensführung beauftragt und dieser wird direkt berichtet.

4.6.1 Komplexitätstreiber der Automotive Tier-2

Das Unternehmen produziert Komponenten für Fahrzeuge, welche für den Endkunden nicht sichtbar sind und keine starke Differenzierung des Endproduktes bewirken. Die Kunden des Unternehmens liefern sehr konkrete Anforderungen an Bauräume und Schnittstellen der gelieferten Komponenten innerhalb der eigenen Produktbaukästen und lassen wenige Abweichungen von den Standards zu. Den zentralen Treiber der Produktkomplexität sieht man in den vielfältigen

Kundenanforderungen, welche sich zwischen den einzelnen Kunden unterscheiden und jeweils strikt einzuhalten sind. Die daraus resultierende Produktvielfalt gilt es entsprechend in der Produktion abzubilden, was die Prozessvielfalt im Unternehmen treibt. Politische und rechtliche Anforderungen stehen für das Unternehmen nicht im Mittelpunkt, da diese primär über die OEMs als Systemarchitekten in die Anforderungen überführt werden. Tabelle 10 zeigt die Komplexitätstreiber des Unternehmens im Detail.

Tabelle 10: Komplexitätstreiber des Unternehmens (Fallstudie E)

Interne Treiber		Externe Treiber	
Produktvielfalt		Rechtliche Faktoren	
Dynamik der (Produkt-) Programmänderungen		Politische Rahmenbedingungen	
Aufbau der Produktstruktur		Anzahl der Kunden und Kundengruppen	
Dynamik der Produkttechnologien		Vielfalt der Kundenanforderungen	
Vernetzungsgrad der Unternehmensprozesse		Volatilität der Kundennachfrage	
Anzahl der Wertschöpfungsstufen		Wettbewerbsdynamik	
Dynamik der Produktionstechnologien		Anzahl Lieferanten	
Anzahl der Distributionsstufen		Unsicherheit der Liefertermine	
Organisationsstruktur		Unsicherheit der Lieferqualität	
Unternehmenskultur		Legende: Sehr geringe Ausprägung:  Sehr hohe Ausprägung: 	

4.6.2 Management von Marktkomplexität

Die Produkte des Unternehmens finden global in der Automobilindustrie Anwendung. Die Kunden sind typischerweise Zulieferer der OEMs, welche unter hohem Kostendruck agieren. Eine Differenzierung über Leistungsmerkmale des Produktes ist kaum möglich, denn durch die Kunden wird häufig bewusst die Substituierbarkeit der eingesetzten Komponenten angestrebt. Die Kunden haben zumeist sehr konkrete Anforderungen an das zu liefernde Produkt, was den Gestaltungs- und Verhandlungsspielraum limitiert. Die Organisation hat ein

Vertriebsnetzwerk aufgebaut, welches global an allen Standorten vertreten ist. Von der Zentrale aus werden die Kundenakquise und Projektdefinitionen verantwortet, welche zur operativen Betreuung an die Regionen übergehen.

Die Baukastenstrategien der OEMs haben auf die Produktvielfalt eine positive Wirkung, da das Unternehmen bereits zu einem früheren Zeitpunkt den Variantenumfang und die Anforderungen eines Produktes erfährt. Die Variantenplanung kann daher schon im Angebotsprozess anfallende Komplexitätskosten über den Lebenszyklus hinweg berechnen und diese Informationen für die Erstellung von Business Cases nutzen. Diese Planungen müssen den Kunden offengelegt und die entstehenden Kosten der gesamten Supply Chain benannt werden. Ausgenommen davon sind die Kosten der Fertigungsprozesse und die Kosten für Anlagentechnologien. Eine Offenlegung von Material- und Logistikkosten sowie unterschiedliche Szenarien für Verzollungen werden von den Kunden im Angebotsprozess explizit erwartet. Diese sogenannten Cost Breakdowns dienen der gemeinsamen Optimierung mit dem Kunden. Sofern die Zusammenarbeit einmal zustande gekommen ist, herrscht häufig eine enge und langfristige Bindung des Kunden, was sich auch in einer zunehmend vertrauensvollen Zusammenarbeit und Vernetzung von Prozessen widerspiegelt.

4.6.3 Management von Produktkomplexität

Das Unternehmen vertreibt nahezu ausschliesslich kundenspezifische Produkte. Üblicherweise bringen die Kunden eine Produktidee ein und lassen das Unternehmen bestimmte Entwicklungsleistungen wie die mechanische Auslegung, die Gestaltung der Verbindungen oder das Elektronikdesign erbringen. Man strebt dabei zunehmend eine Rolle als Entwicklungspartner an und fordert vom Kunden innerhalb klar definierter Grenzen Freiraum bei der Produktgestaltung ein. Man setzt für die Hauptprodukte auf modulare Produktarchitekturen. Auf der Baugruppenebene wird das Design mit starkem Fokus auf günstige Produzierbarkeit und Funktionserfüllung standardisiert erarbeitet. Für eine kundenindividuelle Anpassung muss primär die Schnittstelle für den Kunden angepasst werden, ein grosser Teil des Produktes kann übernommen werden. Mit diesem Vorgehen stellt

man sicher, dass ein hoher Anteil der Module baureihenübergreifend eingesetzt werden kann.

Das Unternehmen strebt eine möglichst frühe Einbindung in die Baukasten- und Produktentwicklungsprozesse der Kunden an, um eine Abstimmung der Baukästen und Variantenplanung vorzunehmen. In der Zusammenarbeit werden klare Regeln für Produktdesigns angestrebt, welche mittels Designstandards und Regeln in den CAD-Systemen kommuniziert werden. Klar ausgearbeitete Baukastenstrukturen auf Kundenseite sind an dieser Stelle vorteilhaft für die Entwickler, da Varianzen frühzeitig erkannt werden können und die Grenzen einer Produktfamilie ersichtlich sind. Dies hilft der eigenen Entwicklung bei der Auslegung der Produkte und ermöglicht gemeinsame Optimierungen. Zudem wird durch die enge Zusammenarbeit die Kundenbindung gestärkt, da aufeinander abgestimmte Produkte einen initialen Aufwand bedeuten. Ein Lieferantenwechsel des Kunden ist daher innerhalb einer Produktgeneration mit relativ hohen einmaligen Kosten verbunden.

4.6.4 Management von Supply Chain und Produktionskomplexität

In der Automobilindustrie zeigt sich in den letzten Jahren eine zunehmende Standardisierung von Komponenten, welche global einheitlich und zeitgleich zur Montage vorliegen sollen. Diese Anforderung stellt die Produktion der Zulieferer vor zahlreiche Herausforderungen, da die Produktionsstätten häufig auf Basis lokaler Gegebenheiten lokal optimiert wurden. Dies zeigt sich beispielsweise in unterschiedlichen Automatisierungsgraden sowie der Nutzung lokaler Lieferanten. Die Produktion des hier betrachteten Unternehmens muss verschiedenen Anforderungen genügen, bei denen die Forderung der Kunden nach global einheitlicher Produktqualität und Standardisierung sowie die lokale Optimierung ein Spannungsfeld bilden. Um dieses Spannungsfeld aufzulösen, hat sich das Unternehmen entschieden, die Produktion konsequent zu modularisieren. Dies zeigt sich im globalen Prozessmodell, welches die Architektur der Fertigung in allen Produktionsstätten widerspiegelt. Verfahrenstechnische Module können flexibel

miteinander verkettet werden und sich beispielsweise im Automatisierungsgrad einzelner Prozessschritte unterscheiden. Die Schnittstellen zwischen den Modulen sowie die Anforderungen an diese sind stark standardisiert, um eine möglichst aufwandsarme Rekonfiguration zu ermöglichen. Die nachfolgende Abbildung 39 zeigt ein Beispiel einer Produktionslinie und die Möglichkeiten der Konfiguration von Produktionsprozessen, welche durch Aktivierung und Deaktivierung bzw. den Austausch von Produktionsmodulen mit geringem Rüstaufwand für die Produktion verschiedener Produktvarianten eingesetzt werden können.

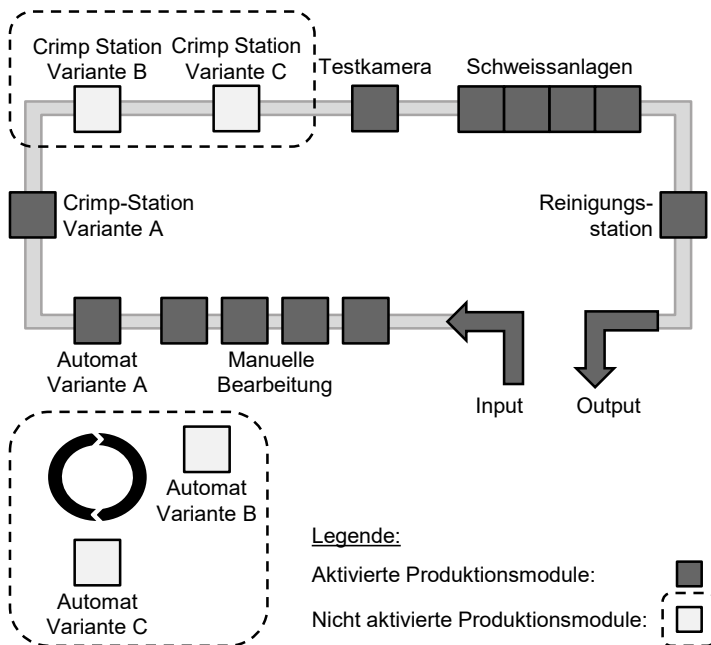


Abbildung 39: Konfiguration von Prozessmodulen

Die Prozessmodule ermöglichen dem Unternehmen beispielsweise, den Output einer Produktionslinie durch den Wechsel eines Prozessmoduls gezielt zu beeinflussen. Die Verkettung von Prozessmodulen, verwendeten Maschinen und der Automatisierungsgrad werden somit anhand lokaler Gegebenheiten optimiert zusammengestellt. Viele Prozesse, wie etwa Qualitätstests, sind global

standardisiert, um eine entsprechende global einheitliche Qualität der Produkte sicherzustellen. Damit erreicht die Produktion eine schnelle Konfigurierbarkeit sowie eine sehr gute Kostenabschätzung der Prozessketten unter Berücksichtigung der eingesetzten Sondermaschinen, Spritz- und Stanzwerkzeuge. Die Optimierung einzelner Module innerhalb des Prozessmodells erfolgt global koordiniert und hat das standortübergreifende Lernen sowie den Austausch stark gefördert. Standardisierte Prozessmodule werden in einer Prozessbibliothek gepflegt, welche eine semi-automatische Konstruktion von Prozessketten anhand von Anforderungen der herzustellenden Produkte zulässt. In ähnlicher Form wie sich das Unternehmen in die Entwicklungsprozesse der Kunden einbringt, werden aktuell die eigenen Zulieferer mit den Prozessen der Fertigung verzahnt. Prozesse sollen unternehmensübergreifend vernetzt werden, wobei eine gemeinsame Prozessarchitektur mit klar definierten Regeln entsteht.

Man sieht derzeit ein grosses Potenzial in der Reduktion der Produktionskomplexität mittels Digitalisierung und Industrie 4.0. Erfolgreiche Pilotprojekte wurden bereits in der Instandhaltung der Maschinen durchgeführt. Weiterhin sieht man in der werksübergreifenden Steuerung von Produktionsprozessen Möglichkeiten zur Optimierung.

4.6.5 Zusammenfassung und Charakterisierung des Ansatzes

In der Fallstudie wurden die Ansätze des Komplexitätsmanagements eines Tier-2 Zulieferers der Automobilindustrie aufgezeigt. Die Produkte des Unternehmens sind verdeckte Fahrzeugkomponenten, welche durch den Endkunden in der Regel nicht wahrgenommen werden und den OEMs nicht als Differenzierungsmerkmal dienen. Die Vorgaben der Kunden an das Produktdesign beziehen sich stark auf die Kompatibilität in den Fahrzeugarchitekturen und kennzeichnen sich primär durch die Benennung von Funktionsumfängen, Bauräumen und Schnittstellen. Das Unternehmen nutzt die Möglichkeit, den Kunden mittels Optimierungsansätzen und Designanpassungen zu beraten und im Sinne der Komplexitätsreduktion zu beeinflussen. Über den Kundenstamm und die Dynamik der individuellen Anforderungen wird das Unternehmen mit einer hohen externen Komplexität

konfrontiert, welche mittels einer modularen Produktionsarchitektur effizient bedient werden soll. Durch gezieltes Produktdesign und die definierten Anforderungen aus den Baukästen der OEMs heraus kann das Unternehmen verstärkt Synergien erzielen und verschiedene Produkte auf den Maschinen produzieren. Die Produktionsprozesse im Unternehmen richten sich nach einem globalen Produktionsbaukasten, welcher sich modular an lokale Gegebenheiten wie Automatisierungsmöglichkeiten und Produktionsvolumina anpassen lässt.

4.7 Cross-Case Analyse

Die Zielsetzung der Auswahl der Fallstudien bestand darin, ein hohes Lernpotenzial sicherzustellen, indem möglichst unterschiedliche Unternehmen und Ansätze des Komplexitätsmanagements abgebildet werden. Die beschriebenen Unternehmen wurden allesamt gemeinsam mit einer Fokusgruppe bestehend aus Experten der Wissenschaft und Praxis besucht. Im Rahmen der Besuche wurden die jeweiligen Ansätze vorgestellt, verglichen und diskutiert. Ein Teilziel der Unternehmensbesuche bestand darin, den Austausch über Strategien und eingesetzte Methoden zu fördern sowie deren Übertragbarkeit zu untersuchen.

Zunächst sollen an dieser Stelle allgemeine Erkenntnisse erläutert werden, welche sich aus der Diskussion der Ansätze herauskristallisiert haben. Es zeigte sich schnell, dass die Rahmenbedingungen der Unternehmen die Gestaltungsmöglichkeiten des Komplexitätsmanagements stark prägen. Die Diskussionen zeigten, dass ausgehend von dem Geschäftsmodell eines Unternehmens und der Position in der Branche spezifische Möglichkeiten, aber auch Restriktionen, für die Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur hervorgehen. Es wurde ersichtlich, dass die Identität und der Zweck eines Unternehmens direkte Auswirkungen auf die Anforderungen an die Systemgestaltung mit sich bringen. Eine stark ausgeprägte Möglichkeit der Beeinflussung der Umwelt ging an dieser Stelle mit der Rolle des Systemarchitekten einher, welcher die Aktivitäten und Umfänge der Wertschöpfung, das Produktdesign und die Schnittstellen der zuliefernden Unternehmen massgeblich gestalten kann. Die Rolle eines Systemarchitekten wird in den Fallstudien durch die OEMs (Fallstudien A und B) ausgefüllt, welcher den Zugang zu Endkunden hat und daher

deren Anforderungen in das Leistungsangebot überführt. Zulieferer in Branchen mit modularer Branchenarchitektur bringen mit ihrem Leistungsangebot einen Teil der Wertschöpfung in Form von Komponenten, Baugruppen oder Teilsystemen ein.

Der Spielraum der Systemgestaltung variiert innerhalb einer Wertschöpfungsarchitektur auch in der Möglichkeit der Beeinflussung der Varietät. Der Systemarchitekt kann durch die Gestaltung der Produktarchitektur das Merkmalspektrum und die Vielzahl möglicher Ausprägungen eines Produktes gezielt festlegen und somit die Komplexität in vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsstufen beeinflussen. Es besteht somit die Möglichkeit, sowohl marktseitige Komplexität als auch die interne Komplexität zu steuern. In diesem Kontext wird häufig durch OEMs Komplexität an die Zulieferer ausgelagert, welche diese nur sehr eingeschränkt beeinflussen können. Diese grundlegend unterschiedlichen Umweltsituationen geben bereits einen Teil der Möglichkeiten der Strategien der Komplexitätsbewältigung vor. Während im Rahmen der betrachteten Fallstudien die Systemarchitekten die Strategie der Komplexitätsreduktion gewählt haben, ist die Bewältigung von Komplexität elementarer Bestandteil des Leistungsversprechens der Zulieferer und Teil des Geschäftsmodells. Die externe Komplexität wird weitgehend akzeptiert und Strategien zur effizienten Komplexitätsbewältigung entwickelt.

4.7.1 Gemeinsamkeiten der Ansätze

Trotz der bereits oben aufgezeigten Unterschiede in der grundlegenden Herangehensweise und der relevanten Umwelt weisen die Fallstudien auch Überdeckungen auf. So basieren beispielsweise alle Fallstudien auf einem integrierten Vorgehen zur Komplexitätsbewältigung, was eines der zuvor definierten Auswahlkriterien darstellte. Dies umfasst die gemeinsame Betrachtung der drei Perspektiven Markt-, Produkt- und Produktionskomplexität auf das System im Fokus. Die Ermittlung von Komplexitätstreibern und deren Auswirkungen im Unternehmen wurde einheitlich als eine der wichtigsten Aufgaben des Komplexitätsmanagements benannt. Die Erhebung von aktuellen und zukünftigen Umweltzuständen bildet die Basis für die Gestaltung der Systemarchitekturen, um

Entwicklungen bestmöglich zu antizipieren und eine möglichst effiziente Komplexitätsbewältigung zu ermöglichen. Es wurde in diesem Kontext betont, dass zentrale Komponenten des globalen Komplexitätsmanagements benötigt werden, um eine integrierte strategische Ausrichtung des Unternehmens sicherzustellen. Alle dargelegten Ansätze sind dadurch gekennzeichnet, dass ein starker Rückhalt durch das Topmanagement vorhanden ist und dieser deutlich sichtbar in der Organisation kommuniziert wird. Ein konsequent funktionsübergreifend orientierter Ansatz der Systemanalyse und -gestaltung war in allen Fällen vorzufinden. Zum Teil erfolgte dies mittels zentraler Weisung, in anderen Fällen durch gezielte Schulung der Mitarbeiter und die Vernetzung funktionaler Bereiche zur Sicherstellung der Synergienutzung im Netzwerk. Für die Erreichung der gemeinsamen Ziele wurden Zielsysteme erarbeitet, die den Bereichen und Mitarbeitern in quantitativer und/oder qualitativer Form die Ziele aus Perspektive des Gesamtunternehmens benannt wurden. Die Kommunikation und Sensibilisierung der Ziele hat in allen Unternehmen eine zentrale Rolle eingenommen. Die Benennung von Potenzialen wurde mittels verschiedener Medien vorgenommen, so wurden beispielsweise die Veranschaulichung von Variantenkosten mittels einer Variantenkostenmatrix, die Benennung von Standardisierungspotenzialen oder Imagefilme zum Komplexitätsmanagement als Mittel genutzt, um die Mitarbeiter aller Bereiche zur Komplexitätsoptimierung im Sinne des Gesamtunternehmens anzuhalten.

4.7.2 Unterschiede der Ansätze

Das Komplexitätsmanagement unterscheidet sich in den Fallstudien bereits auf den ersten Blick darin, ob eine zentrale Organisationseinheit für das Komplexitätsmanagement geschaffen oder ein dezentralisierter Ansatz gewählt wurde. In den untersuchten Fallstudien wurden zentrale Organisationseinheiten bei den Fallstudien A und B etabliert, bei den Fallstudienunternehmen C, D und E wurden diese Aufgaben dezentral erbracht. Die OEMs haben eine zentrale Stelle unterhalb des Vorstands im Unternehmen geschaffen, welche die Aktivitäten des Komplexitätsmanagements steuert und koordiniert. Die quantitative Analyse der Entwicklungen im Unternehmen nimmt bei diesen Ansätzen einen wichtigen Teil

ein, was sich in Berichtsstrukturen, Komplexitäts-Reports und umfassenden Softwarelösungen zeigt.

Tabelle 11: Komplexitätsmanagement der Fallstudien im Vergleich

	Fallstudie A	Fallstudie B	Fallstudie C	Fallstudie D	Fallstudie E
dominierende Komplexitätsstrategie	Komplexitätsreduktion	Komplexitätsreduktion	Komplexitätsbewältigung	Komplexitätsbewältigung	Komplexitätsbewältigung
Produktarchitektur	modular	integral	modular	teilweise modular	teilweise modular
Produktionsarchitektur	modular	teilweise modular	teilweise modular	modular	modular
Organisation des KM	zentrale Abteilung	zentrale Abteilung	dezentrale Bearbeitung	dezentrale Bearbeitung	dezentrale Bearbeitung
Typus der Organisation	hierarchisch-autoritär	hierarchisch-autoritär	heterarchisch-partizipativ	heterarchisch-partizipativ	heterarchisch-partizipativ
dominanter Steuerungsmechanismus	Verbauraten und Teilezahlen	Komplexitätskosten	projekt-spezifische Kalkulation	dezentrale P&L-Verantwortung	Prozesskosten

Es zeigten sich in der Analyse der Fallstudien zwei Muster, welche im Folgenden als polare Ausprägungen aufgezeigt werden sollen. Die betrachteten OEMs agieren als Systemarchitekten und können das angebotene Leistungsspektrum und die am Markt offerierte Produktvielfalt relativ frei gestalten. Über Zulieferer werden jeweils definierte Teile des Produktes beigesteuert, welche durch den OEM spezifizierte Anforderungen erfüllen, so werden beispielsweise Funktionen, Schnittstellen, Bauräume, Material oder Gewicht von Komponenten definiert. Die Zulieferer hingegen haben sehr klar definierte Leitplanken, an denen sich das Produkt orientieren muss, um kompatibel mit der Systemarchitektur zu sein, damit sie in der Lage sind, Aufträge der OEMs zu erhalten. Im Vergleich mit den Zulieferern sind OEMs somit in der Lage, die relevante Umwelt aktiv im eigenen Sinne zu beeinflussen und Komplexität an Zulieferer weiterzureichen. Die Zulieferer

hingegen müssen den definierten Anforderungen der OEMs entsprechen, um Umsätze zu erzielen. Das Leistungsversprechen der Unternehmen als Bestandteil der Geschäftsmodelle hängt somit zu einem grossen Teil an der Position in der Wertschöpfungskette. Die OEMs als Systemarchitekten verfolgen die Strategie der Komplexitätsreduktion, während bei den Zulieferern die effiziente Komplexitätsbewältigung die Strategie dominiert. Bei den Zulieferern erfolgt die Modularisierung und Standardisierung der Produkte primär ausserhalb des für den Kunden sichtbaren Bereichs. Systemarchitekten hingegen müssen die Produktarchitektur den Zulieferern zumindest in Teilen offenlegen, um Kompatibilität von Schnittstellen, Funktionen und Bauraum sicherzustellen. In diesem Kontext müssen die Steuerungsmechanismen und Formen der Komplexitätsmessung unterschiedlichen Anforderungen genügen. Die Zulieferer haben Strukturen für die effiziente Bewirtschaftung von Komplexität geschaffen und können entstehende Aufwände den Kunden verrechnen. Die Systemarchitekten haben ein starkes Bewusstsein für prozessuale Aufwände der Zulieferer ausgebildet, welche durch Komplexität verursacht werden.

Während bei den OEMs auf eine zentrale Steuerung der Aktivitäten und Kosten gesetzt wird, erfolgt bei den Zulieferern eine dezentrale Adaption an externe Komplexität, wobei die verursachten Kosten genau nachgehalten und verrechnet werden. Zum Teil wird bei den Zulieferern der Begriff einer Zentrale nicht mehr verwendet. Zwar gibt es globale Funktionen im Unternehmen, diese sitzen jedoch verteilt an verschiedenen Standorten und koordinieren jeweils die Aktivitäten für einen Teilbereich und erarbeiten global guidelines, welche weltweit als Standards in Form von Leitplanken zu verstehen sind. Es erfolgt dort keine zentrale Lenkung, aber die Sicherstellung der Nutzung von Synergien durch die Definition von Strukturen und Leitplanken, innerhalb derer lokale Optimierungen stattfinden, wird eingefordert.

Abbildung 40 zeigt die beschriebenen Ausprägungen für Komponentenlieferanten und OEMs anhand bipolarer Skalen.

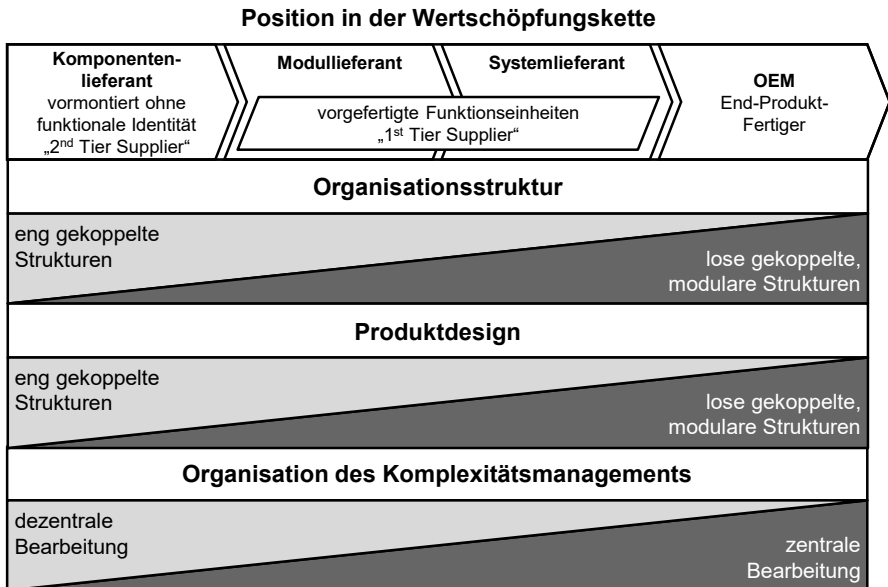


Abbildung 40: Polare Ausprägungen von Wertschöpfungsarchitekturen

Die obige Darstellung nimmt eine Einordnung mittels Extremausprägungen vor, welche in der Realität in dieser Reinform nicht auftreten. Die untersuchten Fallstudien und die Diskussionen innerhalb der Fokusgruppe bestätigen diese Muster, welche zur Veranschaulichung und Diskussion leicht überzeichnet dargelegt werden. Unternehmen, welche sich auf der linken Seite der Skala einsortieren lassen, würde man tendenziell eine Strategie der Komplexitätsbewältigung zuschreiben. Dabei wird die Komplexität der Umwelt als gegeben betrachtet, da diese als Notwendigkeit zur Kunden- und Umsatzsicherung gesehen wird. Die Bewältigung von Komplexität erfolgt dezentral durch viele Beteiligte. Grundlegende Regeln und Standards werden definiert, Abweichungen und Anpassungen des Regelwerks aus lokaler Ebene werden innerhalb bestimmter Leitplanken akzeptiert. Subsysteme weisen Selbstorganisation auf und können autonom auf Störungen reagieren. Die eingesetzte Infrastruktur der Komplexitätsbewältigung kann von einfach bis hochkomplex verschiedene Ausprägungen einnehmen.

Unternehmen, welche sich auf der rechten Seite der Skala einsortieren lassen, verfolgen zumeist eine Strategie der Komplexitätsreduktion. Aus der Zentrale heraus wird Komplexität durch wenige Experten reduziert. Im Unternehmen herrschen strikte Regeln und Vorgaben, welche globale Gültigkeit aufweisen und keine Abweichungen von Standards vorsehen. Zur Durchsetzung der Standards und der umfassenden Analysen wird häufig eine sehr komplexe und teure Infrastruktur eingesetzt.

4.8 Literaturabgleich der Fallstudienresultate

Im Folgenden sollen die Fallstudienresultate mit der Literatur abgeglichen werden. Dies geschieht, um die Validität der Resultate zu hinterfragen, widersprüchliche Erkenntnisse aufzudecken und den Umfang der Generalisierbarkeit erlangter Erkenntnisse abzuschätzen (Eisenhardt 1989).

Die Fallstudien haben den Einfluss der Identität von Organisationen und der Geschäftsmodelle von Unternehmen auf die erforderliche Varietät aufgezeigt. In der Literatur wird dies über externe Komplexitätstreiber abgebildet, welche häufig nicht auf unternehmensindividueller Ebene erfasst werden und beispielsweise den Einfluss der Branchenwertschöpfungsarchitektur vernachlässigen. Die Möglichkeit der Beeinflussung der relevanten Umwelt wird in der Literatur selten im Kontext der Komplexitätsbewältigung betrachtet (Child und Rodrigues 2011). Diese Beeinflussungsmöglichkeit der Umwelt gibt Unternehmen Freiheitsgrade vor, welche für die Strategie der Komplexitätsbewältigung einen entscheidenden Einfluss haben. Dies zeigt sich beispielsweise darin, ob ein Unternehmen in der Lage ist, für externe Partner Standards vorzugeben, wie es beispielsweise bei der Gestaltung von Produktbaukästen der OEMs der Fall ist.

Auf Kontrolle und Vorhersagbarkeit ausgelegte Herangehensweisen dienen der Komplexitätsreduktion in der Organisation (Boisot und Child 1999; Ashmos et al. 2000). Diese Ansätze verfolgen oftmals reduktionistische Ziele anhand weniger Zielgrößen wie der Reduktion von Produkt- und Prozessvarianten. Komplexität wird als zu vermeiden betrachtet, die Kosten- und Aufwandswirkung steht hier

zumeist im Vordergrund der Betrachtung. In der Literatur wird die Komplexitätsabsorption als weitere mögliche Reaktion einer Organisation auf externe Komplexität benannt, wobei die externe Komplexität als gegeben hingenommen wird. Die Reaktion der Komplexitätsabsorption beinhaltet multiple und teilweise konkurrierende Ziele der Organisation, informelle und dezentrale, flexible Strukturen sowie eine Vielzahl an Interaktionen und Verbindungen in der Entscheidungsfindung (Ashmos et al. 2000). Diese Reaktion entspricht der Strategie der Zulieferer in den untersuchten Fallstudien.

Die Fallstudienresultate haben die Bedeutung der Modularisierung zur Komplexitätsbewältigung in der Praxis nochmals verdeutlicht. Die zunehmende Bedeutung der Modularisierung wurde auch in einer umfassenden Literaturübersicht für die Gestaltung von Produkten, Prozessen, Organisationen, Supply Chains und ganzer Industrien bestätigt (Frandsen 2017). Diese Entwicklung zeigt sich in den Fallstudien in der Verwendung modularer Produkt- und Produktionsbaukästen sowie den damit einhergehenden Organisationsstrukturen. Der enge Zusammenhang von Produkt- und Produktionsarchitekturen wird in der Literatur aus verschiedenen Perspektiven betrachtet und die Abhängigkeit der Architekturtypen bestätigt (Pashaei und Olhager 2017b, 2017a, 2015). Die Verwendung von modularen Produktarchitekturen wird als Voraussetzung für die dezentrale Bearbeitung betrachtet und gilt als begünstigender Faktor für Outsourcing (Baldwin und Clark 2000) sowie das Entstehen intermediärer Märkte (Bach et al. 2017). Insbesondere in der Automobilindustrie hat sich dieser Trend in den letzten Jahren bestätigt (Klug 2018). Die Rolle der Zulieferer in den Fallstudien stimmt mit den Beschreibungen der Rolle von Zulieferern in modularisierten Märkten überein, wie sie in der Literatur beschrieben werden (Baldwin und Clark 2000). Die Zulieferer grenzen sich von dem traditionellen Verständnis eines Zulieferers ab, indem die Komplexitätsbewältigung für den Systemarchitekten in erheblichem Umfang (Doran et al. 2007), wie nachfolgend beschrieben, übernommen wird.

„The modular logic necessitates a new type of supplier - a supplier that can ‘manage the complexity’ associated with intricate products and can also manage those upstream suppliers that contribute to the various elements that constitute a module.“ (Doran et al. 2007, S. 10)

Die Verlagerung der Komplexität auf die Zulieferer hat zur Folge, dass diese die Komplexität in der eigenen Wertschöpfung und Supply Chain managen müssen, wodurch die Komplexität über die gesamte Supply Chain hinweg jedoch nicht sinken muss (Pero et al. 2010).

Die Schaffung von modularen Architekturen für Produkte und Prozesse geht mit neuen Anforderungen und somit mit Anpassungen der Organisation einher (Göpfert 1998; Sommer 2016). Modularisierung schafft die Möglichkeit der Aufgabenteilung in teil-autonomen Subsystemen (Baldwin und Clark 2000; Stüttgen 1999). Oftmals wird ein Rückgang hierarchischer Strukturen zudem durch die Globalisierung und die Zunahme der Informations- und Wissensökonomie argumentiert. In einem solchen Kontext sollten hierarchische Strukturen reduziert werden, um Freiraum für selbstorganisierende Prozesse zu schaffen, welche die organisatorischen Strukturen ständig an die Umwelt anpassen und die Organisation lernfähig und innovativ gestalten (Accard 2015).

Die Fallstudien zeigen auf, dass sich globale Organisationen der Aufgabe stellen müssen, die Komplexität dezentraler, teil-autonomer Primäraktivitäten „unter Kontrolle“ zu halten. Dezentrale Subsysteme sind reaktionsfähiger in der jeweils relevanten Umwelt und können auf externe Komplexität besser reagieren als dies bei integralen Systemarchitekturen der Fall wäre. Autonomie innerhalb eines Gesamtsystems beinhaltet die Gefahr, dass dezentral Entscheidungen getroffen werden und Entwicklungen eintreten, welche den Zielen des Gesamtsystems widersprechen und Inkonsistenzen auftreten lassen (Espejo und Reyes 2011). Um dennoch Konsistenz über die Gesamtorganisation sicherzustellen, erfolgt in den Fallstudien eine gezielte Vernetzung der dezentralen Organisationseinheiten, welche zu gemeinsamen Entscheidungen und der Etablierung von Standards beitragen. Dies wurde beispielsweise in der dezentralen Verantwortung in Fallstudie E aufgezeigt.

Die Sicherstellung der Konsistenz wird zudem durch zentrale Weisung und die Bereitstellung von Standards geschaffen, welche durch globale Regelwerke definiert werden. Die Herausforderung besteht also darin, die hohe Varietät der Subsysteme mit der geringeren Kapazität zur Komplexitätsbewältigung der Unternehmensführung zusammenzubringen. Eine Aufgabe in der Systemgestaltung besteht daher darin, die Fähigkeit der Komplexitätsbewältigung des Gesamtsystems der relevanten Umwelt entsprechend auszurichten, und zwar unter Berücksichtigung einer beschränkten Lenkungs Kapazität des Topmanagements. Dies kann dadurch erfolgen, dass Komplexität lokal absorbiert wird und das Topmanagement nur eine Restkomplexität bewältigen muss. Für die Systemgestaltung führen Espejo und Reyes (2011) drei Grundsätze an, um die Kohäsion eines Gesamtsystems sicherzustellen:

- I. Vereinbarung operativer Programme zur Minimierung direkter Weisung
- II. Verwendung sporadischer Überwachung - mit Diskretion.
- III. Maximierung der Koordination zwischen den Primäraktivitäten

Diese aufgezeigten Prinzipien der Organisationsgestaltung gelten insbesondere für die Unternehmen, welche auf eine effiziente Komplexitätsbewältigung abzielen. Das Zusammenspiel der Primäraktivitäten und die Minimierung der Eingriffe durch das Topmanagement werden gezielt gestaltet. So werden beispielsweise in Fallstudie D die Überlappungen von Organisationseinheiten und Interessenkonflikte in einer Tensororganisation geschaffen und Entscheidungsprozesse etabliert, welche nur in Ausnahmefällen ein Eingreifen des Topmanagements erfordern. Die Restkomplexität, mit denen die Zentrale konfrontiert ist, wird somit reduziert. Um den Informationen des Topmanagements den Kontext zu geben, ist es notwendig, in unregelmässigen Abständen die Primäraktivitäten über die Systemgrenzen hinweg zu verstehen und somit eine Öffnung für das zentrale Management vorzusehen.

Kirchhof unterscheidet im Komplexitätsmanagement zwei Paradigmen, das mechanische und das systemisch-evolutionäre Paradigma, aus denen sich verschiedene Ansätze des Komplexitätsmanagements entwickelt haben (Kirchhof 2003). Das mechanische Paradigma fokussiert das Management struktureller Komplexität, welche meist monodisziplinäre und reduktionistische Strategien für

den Umgang mit Komplexität erkennen lassen. Das systemisch-evolutionäre Paradigma zeigt sich in Beiträgen zur Organisationsgestaltung unter Berücksichtigung der Vernetzung und Dynamik von Systemen und Selbstorganisation. Beide Ansätze finden sich in den Fallstudien in unterschiedlicher Intensität wieder. Wie bereits gezeigt, setzen die OEMs stärker auf komplexitätsreduzierende Strategien, welche dem mechanischen Paradigma gleichen. Die Strategien der Zulieferer sind eher den systemisch-evolutionären Ansätzen zuzuordnen. Es handelt sich dabei um Schwerpunkte der Bearbeitung, alle Unternehmen haben Ansätze beider Paradigmen in ihren Strategien vereinigt. So hat sich über die Fallstudien hinweg gezeigt, dass die Unternehmen auf eine Vielzahl unterschiedlicher Ansätze zurückgreifen, um Komplexität zu bewältigen. Die Ganzheitlichkeit der gewählten Strategien wurde in allen Unternehmen betont, wobei die Konsistenz und das Zusammenwirken der gewählten Einzelansätze durch unterschiedliche Lösungen sichergestellt werden muss.

4.9 Implikationen für die Methodenentwicklung

Im Rahmen der Fallstudien wurden die aus der Literatur herausgearbeiteten Hypothesen zum Management von Komplexität in weiten Teilen bestätigt. Es zeigte sich jedoch, dass die Berücksichtigung der relevanten Umwelt und der Identität des Unternehmens einen wichtigen Aspekt darstellen, welcher insbesondere in den technisch geprägten Beiträgen häufig keine Berücksichtigung findet. Insbesondere die Rolle eines Unternehmens in der Branchenwertschöpfungsarchitektur sollte für die Komplexitätsbewältigung analysiert werden, da sich bspw. die Komplexitätsbewältigung eines Systemarchitekten als grundsätzlich unterschiedlich zu der eines Komponentenlieferanten herausgestellt hat. Die Positionierung in der Branchenwertschöpfungsarchitektur ging in den Fallstudien mit unterschiedlichen Freiheitsgraden, Anforderungsentstehung und Beeinflussungsmöglichkeiten externer Komplexität einher. Die Identität, Strategie und Umwelt des Systems im Fokus muss in einer Methode des globalen Komplexitätsmanagements entsprechend Berücksichtigung finden. Die unreflektierte Anwendung von Methoden erscheint ohne Kenntnis dieser Gegebenheiten wenig zielführend. Diese Aspekte sind für die Gestaltung neuer Systemarchitekturen ebenso wie für die Analyse bestehender

Architekturen in gleicher Form von Bedeutung. Für bestehende Architekturen stellt sich dabei die Frage, ob die Form der Komplexitätsbewältigung (noch) den notwendigen Fit aufweist. Für neue Organisationsarchitekturen ist dieser durch die Gestaltung sicherzustellen. Dabei sind die Transformationsprozesse des Unternehmens in geeigneter Form zu gestalten und für die Ausarbeitung der Systemarchitekturen zu berücksichtigen. Für eine zweckmässige Strukturierung der Komplexitätsbewältigung ist eine Analyse der Komplexitätswirkung auf die Transformationsprozesse notwendig. Die Modellierung der Transformationsprozesse unter Berücksichtigung interner und externer Kunden- und Lieferantenverhältnisse ermöglicht die Setzung von Systemgrenzen und die Gestaltung von Schnittstellen dieser Systemgrenzen. Ungünstig gestaltete Systeme können sich auf die Effizienz der Komplexitätsbewältigung stark negativ auswirken. Synergiepotenziale müssen an dieser Stelle bereits erfasst werden, was basierend auf der Strukturierung der Komplexitätsbewältigung eine spätere Detaillierung der Systemarchitekturen ermöglicht. Die Wechselwirkungen der Systeme sind dabei stets zu beachten, so wurde beispielsweise gezeigt wie in Praxis und Theorie Entwicklungs- und Produktionssysteme häufig der Produktarchitektur folgen.

In der empirischen Analyse hat sich das Komplexitätsmanagement als interdisziplinäre Aufgabe gezeigt. In der Praxis hat sich an dieser Stelle die Integration technischer und kybernetischer Ansätze als zielführend erwiesen, um Potenziale des Komplexitätsmanagements systematisch zu heben. Es zeigte sich, dass ein ganzheitlicher Ansatz zur Sicherstellung der globalen Optimierung notwendig ist, eine dezentrale Optimierung über lokale Ansätze kann zudem im Rahmen definierter Regeln erfolgen. Dabei müssen Vorzugszustände der Systeme wie Programm-, Produkt- und Produktionsarchitektur definiert sein und das Lenkungsverhalten im Zusammenwirken der Subsysteme entsprechend der Strategie des Gesamtsystems erfolgen. Die Entwicklungen der relevanten Umwelt sollte beobachtet werden, um entsprechende Rückschlüsse auf das eigene System und dessen Entwicklung zu ziehen. Dafür ist ein Sensorium zur Beobachtung von Veränderungen und Abweichungen hilfreich. Steuerungs- und Regelungsmechanismen können auf Basis kybernetischer Grundsätze erfolgen, welche jedoch zunächst im jeweiligen Kontext zu interpretieren sind.

5 Eine Methode des globalen Komplexitätsmanagements

Kapitel 5 dient der Zusammenführung der Erkenntnisse des aktuellen Stands der Forschung mit den gewonnenen Erkenntnissen der empirischen Untersuchung zu einer Methode des globalen Komplexitätsmanagements. Im Sinne der Forschung als iterativem Lernprozess dienen Problemstellungen der Praxis als Ausgangspunkt für die Untersuchung. Auf Basis der kritischen Reflexion des gewonnenen Realitätsbildes wurde mittels Differenzierung, Abstraktion und Perspektivenwechseln sowie der Literaturanalyse das theoretische Vorverständnis geschärft. In Folge wurden die Fragen an die Realität definiert und mittels Empirie beantwortet. Nachfolgend werden die Erkenntnisse in eine Methode zur integrierten Komplexitätsbewältigung globaler Wertschöpfungsarchitekturen überführt und somit der iterative Zirkel zwischen Theorie und Praxis geschlossen.

5.1 Einführung in die Methode

Unternehmen lassen sich als komplexe Systeme nicht „nach Rezept“ managen, sondern es bedarf vielmehr einer umfassenden Analyse, um das Funktionieren des Systems im Fokus zu verstehen (Malik 2015). Das Management komplexer Systeme erfordert daher die Auseinandersetzung mit einer Vielzahl von Fragestellungen, welche sich in den meisten Fällen nicht pauschal beantworten lassen, sondern eine Betrachtung im jeweiligen Kontext erfordern (Ulrich und Probst 2001). In der folgenden Methode wird dargelegt, in welcher Form eine solche Auseinandersetzung mit komplexen Systemen und ein Management von Komplexität in einem spezifischen Kontext erfolgen können. Die Arbeit ist auf die Anwendung in global agierenden, produzierenden Unternehmen ausgerichtet, insbesondere die Bedürfnisse der Produzenten komplexer Stückgüter finden hier Berücksichtigung. Die vorgestellte Methode orientiert sich an der Methode Viplan (Espejo et al. 1999; Espejo und Reyes 2011), welche sich basierend auf dem Modell lebensfähiger Systeme (Beer 1985, 1979, 1981) für die Analyse und Gestaltung von Organisationen etabliert hat. Die Zielsetzung der Methode besteht in der effizienten Komplexitätsbewältigung des Systems im Fokus. Dabei erfolgt zunächst eine

gezielte Berücksichtigung der Ressourcen, Beziehungen und Ordnungen innerhalb der Organisation. Die Methode stellt die Autonomie und die Kohäsion von Subsystemen sowie die Ausrichtung und Adaption der gesamten Organisation sicher. Gemäss dem VSM muss die Zielsetzung des Managements darin bestehen, Personen und Ressourcen sowie Kommunikationskanäle für ein effektives Zusammenwirken bereitzustellen. Prozesse und Strukturen müssen dabei an der Strategie des Unternehmens ausgerichtet sein. Das Zusammenspiel globaler und lokaler Perspektiven sowie der Subsysteme ist von besonderer Bedeutung, um lokale Verbesserungen zum Nachteil der globalen Organisation zu vermeiden.

Die in dieser Arbeit entwickelte Methode ist in fünf Schritte gegliedert. Nachfolgende Tabelle 12 liefert eine kurze Übersicht über die Schritte, den Fokus der Betrachtung und die jeweiligen Ergebnisse. Inhalt und Zielsetzung der einzelnen Schritte werden in den folgenden Unterkapiteln näher erläutert.

Tabelle 12: Die fünf Schritte der Methode

Schritt	Vorgehen	Ergebnis
Schritt 1: Analyse und Gestaltung der Identität	Analyse des Unternehmens: <ul style="list-style-type: none"> • Unternehmensdaten und -typus • Transformationsprozesse und Schnittstellen auf oberster Ebene • Positionierung in der Branchenwertschöpfung • Geschäftsmodell(e) Analyse der Umwelt: <ul style="list-style-type: none"> • Stakeholder des Unternehmens • Aktuelle und künftige Marktsituation • Externe Restriktionen 	<ul style="list-style-type: none"> • Identität der Organisation • Charakterisierung des Unternehmens • Charakterisierung der relevanten Umwelt
Schritt 2: Modellierung der Primäraktivitäten	<ul style="list-style-type: none"> • Analyse interner und externer Komplexität und Komplexitätstreiber • Wertschöpfungsarchitekturen • Schnittstellen 	<ul style="list-style-type: none"> • Modellierung grundlegender Wertschöpfungsprozesse und Prozessvarianten • Festlegung von Gestaltungsprinzipien
Schritt 3: Strukturierung der Komplexitätsbewältigung	<ul style="list-style-type: none"> • Herunterbrechen und Strukturieren der Komplexität in entkoppelte Wertschöpfungsarchitekturen 	<ul style="list-style-type: none"> • Komplexitätsoptimierte Strukturierung der globalen Wertschöpfung
Schritt 4: Modellierung der Wertschöpfungsarchitektur	<ul style="list-style-type: none"> • Global Footprint Design • Standortfähigkeiten und Infrastruktur der Wertschöpfung 	<ul style="list-style-type: none"> • Verortung der Aktivitäten des Unternehmens im globalen Wertschöpfungsnetzwerk
Schritt 5: Lenkung des Systems	<ul style="list-style-type: none"> • Definition von Vorzugszuständen • Regelkreise des Systems • Komplexitätskosten und -controlling 	<ul style="list-style-type: none"> • Steuerung und Regelung der Wertschöpfung des Unternehmens

Die Methode kann in zwei Modi eingesetzt werden: In Modus 1 wird eine existierende Organisation mit dem Ziel der Diagnose untersucht. Dies hat zum einen die Analyse der bestehenden Systemgestaltung zum Ziel, zum anderen dient eine sorgfältige Dokumentation der Kommunikation und schafft Verständnis für die Ausrichtung des Systems im Fokus. In Modus 2 wird die Methode als Designinstrument eingesetzt, um eine neue Organisation zu etablieren oder eine bestehende Organisation in einer fundamentalen Neuausrichtung ihrer Identität zu gestalten. In der Praxis folgt oftmals der Einsatz der Methode als Designinstrument, welche auf einer Analyse im Modus 1 basiert.

5.2 Schritt 1: Analyse und Gestaltung der Identität

Der erste Schritt der Methode besteht darin, ein Identity Statement zu erarbeiten. Der Einsatz eines Identity Statements ermöglicht die Einordnung der Organisation in der relevanten Umwelt. Ein Identity Statement gibt wieder, was die Organisation für die Beteiligten bedeutet und legt die Geschäftsbereiche offen, in denen die Organisation in Zukunft aktiv sein wird und welche ausgeschlossen werden. Diese Bereiche geben den Anteil der externen Komplexität vor, welche die Organisation bewältigen muss. Im Mittelpunkt steht dabei stets die reale Organisation und keine idealisierte Vorstellung der Akteure, wodurch eine klare Abgrenzung von oftmals eher theoretisch formulierten Vision Statements erfolgt. Das Identity Statement umfasst neben den Unternehmensdaten unter anderem die Bestimmung von Geschäftsmodellen im Unternehmen. Für eine erste Charakterisierung des betrachteten Unternehmens oder des Geschäftsbereichs kann beispielsweise der erste Abschnitt des Fragebogens der Studie globales Komplexitätsmanagement hinzugezogen werden (siehe ANHANG). Das Identity Statement fasst zusammen, welche Transformationen in einer Organisation ablaufen, wer welche Aufgaben übernimmt, für wen Aktivitäten durchgeführt werden und in wessen Auftrag und mit wessen Einbindung etwas getan wird. Betrachtet werden dabei neben der Transformation auf oberster Ebene die involvierten Kunden, Lieferanten, Eigner und Akteure in der Wertschöpfungskette. Relevante (potenziell) intervenierende Akteure, die Prozesse und die Rahmenbedingungen prägen, sollten ebenfalls betrachtet werden. Dabei könnte es sich beispielsweise um politische Akteure,

externe Meinungsführer oder Regulatoren sein. Die Erarbeitung eines Identity Statements lässt sich somit anhand von sechs Analyseobjekten strukturieren, wie sie Abbildung 41 aufgeführt sind.

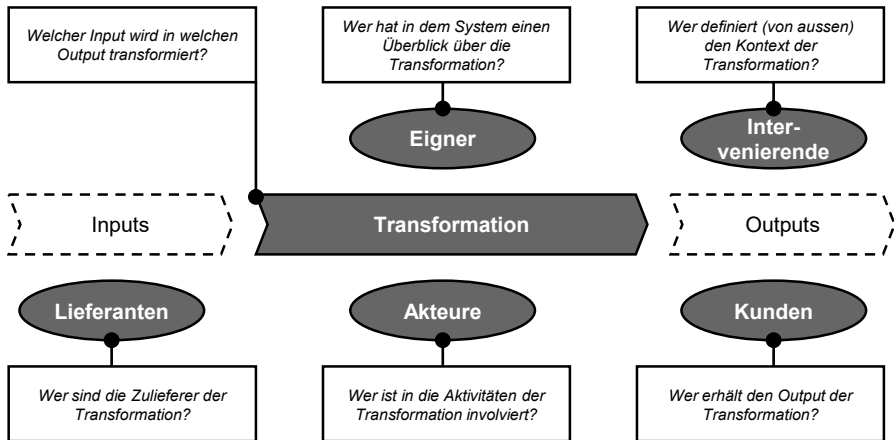


Abbildung 41: Identity Statement, in Anlehnung an (Espejo und Reyes 2011, S. 124)

Es ist bedeutsam für die Erarbeitung, verschiedene Quellen und Perspektiven einzubinden, um eine repräsentative Abbildung zu erzeugen. Es werden sowohl die Transformation als auch die Teilnehmer ganzheitlich erfasst, was die Basis für die weitere Analyse und Gestaltung der Organisation darstellt. Mittels eines Identity Statements können die relevante Umwelt des Unternehmens sowie dessen primäre Transformationen abgeleitet und dokumentiert werden. Ein sorgfältig erarbeitetes Identity Statement umfasst auch die Betrachtung der Beziehung zu relevanten Zulieferern und Kunden, welche an Schnittstellen die Systemgrenze der Organisation prägen. Die Interessen interner und externer Beteiligter sind zu verstehen, um mögliche Formen der kooperativen Komplexitätsbewältigung oder mögliche Widerstände gegen die eigenen Optimierungen zu erkennen. An diesen Stellen spielt die erforderliche Varietät (also die Anzahl möglicher Systemzustände in einer Zeiteinheit) eine wichtige Rolle. Die Ordnung in Form von Regeln und Standards an den Schnittstellen und Routinen der Kooperation stellen den Übergang

zur relevanten Umwelt eines Unternehmens dar. Die Gestaltung dieser Schnittstellen ist in vielen Fällen das Resultat von Verhandlungen zwischen Beteiligten handeln. Diese Beeinflussung der erforderlichen Varietät und somit der Komplexität eines Systems bedingt die Freiheitsgrade für die Gestaltung und Lenkung desselben. Die Möglichkeit, die Umwelt mittels Ordnung entsprechend den eigenen Vorzugszuständen zu beeinflussen bzw. die Notwendigkeit, die Vorzugszustände anderer Systeme zu akzeptieren, zeigt sich in der Praxis in der Verhandlungsmacht von Unternehmen. Das Zusammenspiel des Systems mit der relevanten Umwelt ist daher massgeblich für die Strategie der Komplexitätsbewältigung eines Systems. Die Zusammenarbeit mit Lieferanten und Kunden zur gemeinsamen Komplexitätsoptimierung ist insbesondere in der produzierenden Industrie von hoher Relevanz. Die frühzeitige Kooperation in der Produktentwicklung bietet dabei die Möglichkeit, Leistungsumfänge gemeinsam zu definieren und beispielsweise über die Definition von Konfigurationsräumen die Komplexität in der Produktentwicklung zu reduzieren und Produktionssysteme dementsprechend auszulegen. In nachfolgender Tabelle 13 werden einige Beispielfragen für die Erarbeitung eines Identity Statements dargelegt. Die relevanten Fragen unterscheiden sich jedoch im spezifischen Kontext und sollten daher individuell angepasst und erweitert werden.

Tabelle 13: Exemplarische Fragen für die Erarbeitung eines Identity Statements

Analyseobjekt	Übergeordnete Fragestellung	Exemplarische Fragen
Transformation	Welcher Input wird in welchen Output transformiert?	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Produkte werden erzeugt/sollen erzeugt werden? • Welche Wertschöpfung wird dazu intern, welche extern erbracht? • Welche Inputfaktoren und welche Infrastruktur werden für die Transformation benötigt? • Welche Neben-, Bei- und Abprodukte entstehen während der Transformation? • ...
Kunden	Wer erhält den Output der Transformation?	<ul style="list-style-type: none"> • Welche geographischen Märkte werden mit welchem Leistungsumfang beliefert? • Welche Kunden werden in welchen Branchen beliefert? • Wie setzen sich Absatz- und Umsatzvolumen zusammen? • Gibt es relevante Einzelkunden und welche Interessen folgen diese? • Welche sozialen/kulturellen/politischen Unterschiede sind in den Märkten zu berücksichtigen? • ...
Lieferanten	Wer sind die Zulieferer der Transformation?	<ul style="list-style-type: none"> • Welche verschiedenen Arten von Zulieferern gibt es und welche Interessen verfolgen diese? • Wie gestaltet sich die Zusammenarbeit und wie sollte sie gestaltet sein? • Gibt es (globale) Standards für Prozesse und Schnittstellen? • Welche Verhandlungs- und Marktmacht hat welcher Marktteilnehmer? • ...
Eigner	Wer hat in dem System einen Überblick über die Transformation?	<ul style="list-style-type: none"> • Wer ist in der Lage die Transformation als Ganzes zu überblicken? • Wer kann den Gesamtprozess gestalten und auf Beteiligte einwirken? • Welche spezifischen Interessen sind an welcher Stelle zu berücksichtigen? • ...
Akteure	Wer ist in die Aktivitäten der Transformation involviert?	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Akteure sind in die Prozesse involviert? • Wie verteilen sich die Aktivitäten weltweit? • Gibt es Gruppierungen der beteiligten Akteure? • Welche Interessen verfolgen Akteure und welchen Restriktionen sind sie unterworfen? • ...
Intervenierende	Wer definiert (von aussen) den Kontext der Transformation?	<ul style="list-style-type: none"> • Wer sind intervenierende Akteure der Industrie und im (lokalen) Umfeld? • Welche Regularien und Gesetze müssen an welcher Stelle eingehalten werden? • Welche offiziellen und inoffiziellen Standards existieren in der Industrie? • Auf welche der Rahmenbedingungen kann die Organisation Einfluss geltend machen? • ...

In der Literatur wird oftmals eine eher passive Perspektive des Unternehmens angenommen, wobei die Möglichkeit der Beeinflussung der Komplexität der

Umwelt vernachlässigt wird (Child und Rodrigues 2011). Für produzierende Unternehmen bestimmt sich die Verhandlungsmacht oftmals bereits daraus, an welcher Stelle der Value Chain (Skirde et al. 2016) sie sich befinden und welche Art von Leistungen bereitgestellt werden. Unternehmen, welche als Systemarchitekten agieren, haben oftmals deutlich ausgeprägtere Möglichkeiten, auf Zulieferer einzuwirken (Baldwin und Clark 2000) und diese für die eigene Komplexitätsoptimierung einzusetzen. Diese Zusammenhänge sollten sich Komplexitätsmanager bewusstmachen und Freiheitsgrade gezielt nutzen. An dieser Stelle sollte ebenfalls erfasst werden, ob sich in der Industrie dominante Architekturen oder intermediäre Märkte etabliert haben, die als Standards oder De-facto-Standards etabliert sind. Standards in Form von verbreiteten Produktarchitekturen oder definierten Schnittstellen stellen die Marktteilnehmer vor die Fragestellung, ob ein Standard adaptiert oder ein eigener Ansatz gewählt werden soll. Diese Entscheidungen bewirken Lock-in und Lock-out Effekte sowie den Aufwand für die Zusammenarbeit mit anderen Marktteilnehmern. Einige Unternehmen verfügen über eine solche Macht am Markt, dass Standards eigenständig etabliert und andere Marktteilnehmer bzw. ganze Branchen beeinflusst werden können. Für die Praxis bedeutet dies, neben der Abgrenzung zur relevanten Umwelt stets auch bewusst die Frage zu stellen, an welcher Stelle und in welcher Form diese im Sinne des Unternehmens beeinflussbar sind. Unternehmen müssen sich zudem bewusst sein, welchen Reifegrad eine Industrie aufweist und welche Formen von Produktarchitekturen in Zukunft voraussichtlich primär in der Industrie eingesetzt werden. Häufig setzen sich mit steigender Reife zunehmend modulare Architekturen durch und ermöglichen die Entstehung intermediärer Märkte (Bach et al. 2017).

Für Unternehmen, die in unterschiedlichen Märkten und Branchen agieren, ist überdies die Frage zu stellen, ob die Betrachtung eines Gesamtsystems oder einzelner, kleinerer Systeme, wie beispielsweise einzelner Geschäftsbereiche, zielführender ist. Sofern sich signifikante Unterschiede zwischen Systemen zeigen, werden Synergiepotenziale und Systemverhalten so stark voneinander abweichen, dass eine Separierung im Sinne der Komplexitätsbewältigung vorteilhaft ist. Diese

Betrachtung kann zunächst losgelöst von der gesellschaftsrechtlichen Strukturierung eines Unternehmens erfolgen.

Einleitend wurde bereits geschildert, dass die Methode in zwei Modi eingesetzt werden kann. Im Modus 1 (Diagnose einer existierenden Organisation) wird im ersten Schritt die derzeitige Situation des Systems im Fokus anhand der skizzierten Fragestellungen dokumentiert und hinterfragt. Hier ist insbesondere die Frage zu stellen, ob alternative Ausprägungen für das Unternehmen der derzeitigen Gestaltung überlegen sind. Für den Fall, dass vorteilhaftere Ausprägungen identifiziert werden, erfolgt ein Wechsel in Modus 2 (Initiierung des Gestaltungsprozesses), indem alternative Ausprägungen erarbeitet werden können. Wird nach eingehender Prüfung der Handlungsoptionen ein Veränderungsbedarf für eine existierende Organisation identifiziert, werden die nachfolgenden Schritte ebenfalls im Modus 2 (Gestaltung) durchlaufen. Für die Etablierung einer neuen Organisation erfolgt die Bearbeitung direkt mit dem Ziel der Gestaltung, da die Dokumentation eines Status Quo aufgrund der tiefgreifenden Veränderungen wenig zielführend erscheint. Die direkte Anwendung des Modus 2 erfolgt ebenfalls, wenn Systeme tiefgreifenden Veränderungen unterzogen werden, wie dies beispielsweise im Rahmen von Unternehmensintegrationen und -fusionen der Fall ist.

5.3 Schritt 2: Modellierung der Primäraktivitäten

Der zweite Schritt der Methode beinhaltet die Überführung des Identity Statements in Transformationsprozesse. Im Falle produzierender Unternehmen bedeutet dies konkret, die Wertschöpfung prozessual abzubilden. Dies umfasst die Aktivitäten, welche die im Identity Statement beschriebene Transformation wiedergeben. Die Modellierung erfolgt an dieser Stelle noch auf hoher und relativ abstrakter Ebene. Um eine nachhaltige Komplexitätsoptimierung zu erzielen, sollten bereits auf oberster Ebene Restriktionen erfasst werden, welche Freiheitsgrade bestimmen. Solche Restriktionen können beispielsweise regulatorischer Natur sein, technischer Natur sein oder durch Kundenvorgaben hervorgerufen werden. Die Zielsetzung besteht zunächst darin, die relevanten Aktivitäten abzubilden, die zur Transformation intern erbracht werden sollen. An dieser Stelle stehen die

Aktivitäten und Schnittstellen im System Unternehmen im Zentrum der Betrachtung, welche sich in eine Branchenwertschöpfungsarchitektur einfügen. Wertschöpfungsumfänge können dabei grundsätzlich innerhalb oder ausserhalb der Systemgrenzen erfolgen, wobei die Zerlegung der Wertschöpfung klar definierte Schnittstellen erfordert. Für die Bündelung von Aktivitäten bei einzelnen Akteuren existieren vorteilhafte und weniger erstrebenswerte Kombinationen, was sich u. a. aus Synergiepotenzialen und resultierenden Abhängigkeitsverhältnissen ergibt. Ein Beispiel einer solchen Arbeitsteilung in einer Branche illustriert Abbildung 42.

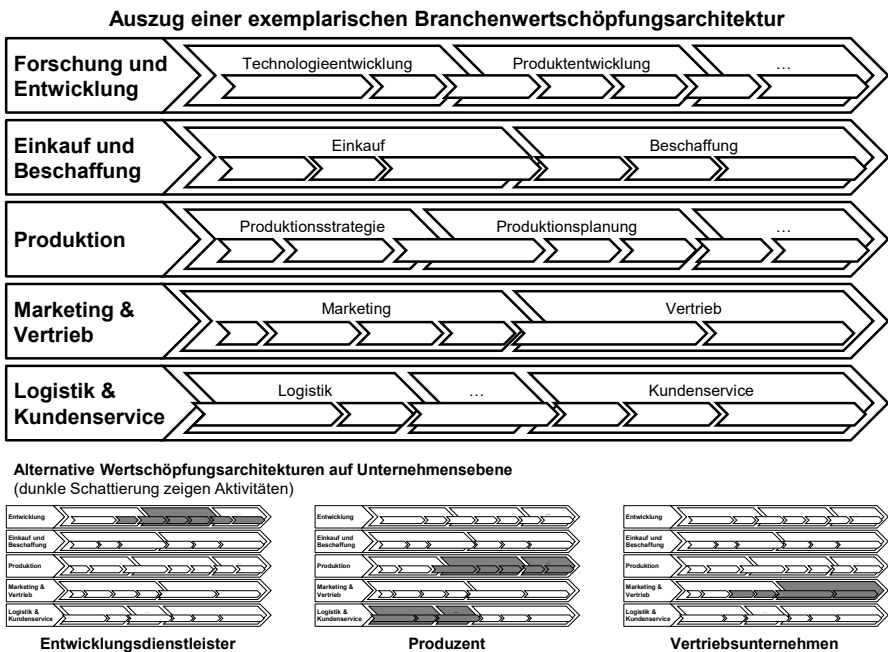


Abbildung 42: Wertschöpfungsarchitekturen in Unternehmen am Beispiel eines Industrieunternehmens, in Anlehnung an (Bach et al. 2017, S. 102)

Unternehmen können innerhalb einer Branche unterschiedliche Umfänge von Aktivitäten übernehmen und entsprechende Rollen einnehmen. Ein Auszug möglicher Aufteilungen von Aktivitäten sind obiger Abbildung dargestellt.

Grundsätzlich können auch einzelne Aktivitäten extern vergeben werden, die sich in die übergeordneten Prozesse eines Unternehmens einfügen. In reifen Industrien finden sich häufig Standardarchitekturen, welche etablierte Formen der Aufgabenteilung darstellen. Je nach Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur ergeben sich unterschiedliche Schnittstellen und Prozesse. In den meisten Fällen wird es auf Unternehmensebene anstatt eines einheitlichen Gesamtprozesses verschiedene Varianten geben, welche mit unterschiedlichen Akteuren, an unterschiedlichen Orten oder in variabler Abfolge durchlaufen werden. Mittels der Analyse von exogenen, korrelierten sowie internen Komplexitätstreibern (Schoeneberg 2014a; Lasch und Gießmann 2009) kann erarbeitet werden, wodurch solche Prozessvarianten hervorgerufen werden. Diese Treiber und die entstehenden Prozessvarianten äussern sich häufig in wiederkehrenden Mustern und lassen sich zumindest teilweise gruppieren. Exemplarisch sollen an dieser Stelle Auftragsabwicklungsprozesse genannt werden, die durch unterschiedliche Anforderungen und Startpunkte begründet sind und sich durch die Prozesse des Unternehmens ziehen. Hier kann beispielsweise der Grad an individuellen Anforderungen eines Kunden von der Auswahl eines Standardproduktes, über eine kundenindividuelle Produktion auf Basis konfigurierbarer Varianten bis hin zur kundenindividuellen Neukonstruktion unterschiedliche Ausprägungen annehmen. Für hochgradig individuelle Produkte kommen in einer solchen Betrachtung eher Formen der auftragsspezifischen Abwicklung infrage, während standardisierte, im Absatz planbare Produkte, basierend auf Prognosen hergestellt werden können. Die Diskussion und Festlegung dieser Fragestellung auf Prinzipienebene muss mit dem Typus der Organisation und der Rolle in der Branchenwertschöpfung einhergehen und in der Grundlogik konsistent sein. Ein Systemarchitekt wird aus dieser Überlegung heraus im Subsystem Entwicklung beispielsweise die Baukasten- und Modulentwicklung regelmässig als seine Primäraktivitäten identifizieren, die miteinander verkettet sind und eine sorgfältige Definition der Schnittstelle erfordern. Diesbezüglich wird die Schnittstelle zu Lieferanten die damit einhergehenden Informationsbedarfe (u. a. Schnittstellen, Geometrien, Protokolle) berücksichtigen. Die Lieferanten eines Systemarchitekten wiederum müssen anhand adäquat kommunizierter Spezifikationen die Sicherstellung der später notwendigen physischen Inputs in Form von Komponenten für die Montage gewährleisten. Die

Kommunikation von ausgearbeiteten technischen und prozessualen Standards an Lieferanten ist daher in einem solchen Kontext notwendig, um das Zusammenspiel der abgeleiteten Einzelaktivitäten zu koordinieren und aufwändige Iterationen zu vermeiden. Einem Komponentenlieferanten werden somit üblicherweise Restriktionen für die eigene Wertschöpfung wie Funktionsumfänge und Schnittstellen der Produkte von aussen vorgegeben. Dieser wird entsprechend keine umfassende Betrachtung der Gesamtarchitektur, sondern nur eines bestimmten Teils der Architektur vornehmen. Die Herausforderung besteht hier vielmehr darin, Synergien über verschiedene Kunden und deren Vorgaben hinweg zu heben. Die Nutzung kundenneutraler Umfänge in der Betrachtung von eingesetzten Technologien und Produktumfängen ist in der Produktarchitektur zu prüfen. Im Kontext kundenindividueller Anforderungen ist die Kostenverfolgung der induzierten Komplexität für einzelne Kunden bedeutsam, denn diese mündet je nach Geschäftsmodell in der Verrechnung der Anpassungsaufwände.

Auf der Seite der Outputs bzw. der Betrachtung der Absatzmärkte sollten sich die Aktivitäten an den Zielkunden orientieren. Der Marktauftritt muss danach ausgerichtet werden, welche Kundengruppen in welchem Markt angesprochen werden, hierzu müssen die relevanten Rahmenbedingungen berücksichtigt werden. Intermediäre Märkte ergeben beispielsweise eine andere Form der Kunden-Lieferanten-Interaktion, als dies bei hochgradig individuellen Leistungsumfängen der Fall ist. Stellen die Abnehmer des Unternehmens wenige global tätige Unternehmen dar, die nach globaler Harmonisierung der Produkte und Produktion streben, kann es zweckmässig sein, die Vertriebs- und Marketingaktivitäten nicht nach Regionen, sondern nach Kunden auszurichten und entsprechende Prozessvarianten vorzusehen. Aus den Kundenbedürfnissen heraus lassen sich oftmals auch Rückschlüsse für die Form der Auftragsabwicklung ableiten, was in der Grundlogik der Entwicklungsaktivitäten berücksichtigt werden muss. Eine enge Abstimmung der jeweiligen Anforderungen und Restriktionen für interne und externe Akteure sind dabei notwendig, um die Freiheitsgrade von Subsystemen zu bestimmen. Wurde beispielsweise auf der Prinzipienebene entschieden, dass in der Entwicklung keine kundenindividuellen Konstruktionen vorgesehen sind, resultieren daraus Restriktionen für das Leistungsportfolio im Vertrieb. Diese

Prinzipien aus der Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur müssen daher sorgfältig getroffen und diskutiert werden, was durch umfangreiche Verhandlungen zwischen Interessengruppen und umfassende Analysen begleitet wird. Die getroffenen Entscheidungen müssen dokumentiert und kommuniziert werden, da Abweichungen oftmals eine hohe, für den Verursacher häufig nicht absehbare Komplexität in vernetzten Systemen bewirken.

Die Modellierung der grundlegenden Wertschöpfungsprozesse und Prozessvarianten, die Festlegung von Gestaltungsprinzipien und die Modellierung der Systemvernetzung sind das Ergebnis des zweiten Schritts der Methode. Im Modus 1 erfolgt der Schritt mit dem primären Ziel der Dokumentation und Analyse, um den Status Quo zu hinterfragen. An dieser Stelle sei ebenfalls darauf verwiesen, dass eine Analyse der Primäraktivitäten im Modus 1 für weitgehend unverändert bestehende Systeme die Basis für die Anwendung im gestaltenden Modus 2 darstellen kann, sofern ein Veränderungs- und Gestaltungsbedarf erkannt wird. Die Modellierung der Aktivitäten der Transformation ermöglicht es, die Komplexität der Aktivitäten und die Vernetzung von Abläufen zu erkennen und diese in der nachfolgenden Strukturierung der Organisation zu berücksichtigen.

5.4 Schritt 3: Strukturierung der Komplexitätsbewältigung

Der dritte Schritt befasst sich mit der Strukturierung der Komplexitätsbewältigung des Systems im Fokus. Je nach Gestaltung der Organisation wird Komplexität in unterschiedlicher Weise im Unternehmen absorbiert und somit die Leistungsfähigkeit des Systems signifikant beeinflusst (Espejo et al. 1999; Malik 2008). Im Rahmen der Arbeit wird Organisation als Ordnungsmuster zur Bewältigung von Komplexität verstanden (Gomez und Zimmermann 1999). Dezentralen, autonomen Subsystemen wird eine erhöhte Fähigkeit der Komplexitätsbewältigung zugesprochen, wodurch die potenzielle Komplexität des Gesamtsystems erhöht wird. Autonomie und Selbstorganisation sind daher weit verbreitete Gestaltungsprinzipien für komplexe Systeme. Die Zielsetzung des dritten Schritts besteht somit darin, eine Strukturierung zu finden, die dem Unternehmen eine effiziente Komplexitätsbewältigung ermöglicht. Dies erfolgt in der Methode über eine Dekomposition und anschließende (Neu-)Gestaltung des Systems im Fokus anhand der Wertschöpfungsaktivitäten. Die Dekomposition der Wertschöpfung in autonome Subsysteme wird dazu von der zunächst eher abstrakten Betrachtung auf oberster Ebene bis zur operativen Leistungserbringung fortgeführt.

Auf Basis der Identität der Organisation wurden im vorhergehenden Schritt die Primäraktivitäten des Unternehmens auf oberster Ebene modelliert, womit die Umfänge der Transformationsprozesse zur internen Leistungserbringung sowie die Schnittstellen an den Systemgrenzen bereits definiert sind. Für die Strukturierung der Komplexitätsbewältigung müssen diese Transformationsprozesse bis auf die Ebene einzelner Aktivitäten heruntergebrochen werden. Einzelne Aktivitäten werden in diesem Kontext als hochgradig vernetzte Teilprozesse zur Komplexitätsbewältigung verstanden, die in Summe die Komplexitätsbewältigung des Systems Unternehmen ergeben. Basierend auf der Modellierung der Aktivitäten lassen sich unabhängige Blöcke von Komplexität („independent chunks of complexity“) herausarbeiten, welche für die Strategie und die Arbeitsweise einer Organisation entscheidend sind (Espejo und Reyes 2011). Diese Blöcke stellen Prämissen oder Hypothesen dar, in welcher Form die Organisation als Ganzes Komplexität managt und die Komplexität der Umwelt und interne Komplexität in

Verbindung stehen. Das Herunterbrechen der Aktivitäten entspricht einer kaskadierten Dekomposition des Gesamtsystems in kleinere Einheiten. Die Herausforderung besteht an dieser Stelle darin, die Komplexitätsbewältigung so zu strukturieren, dass möglichst unabhängige Blöcke von Aktivitäten entstehen und Komplexität lokal gehalten werden kann, Subsysteme also eine möglichst geringe residuale Komplexität aufweisen. Häufig lässt sich auf Basis der modellierten Primäraktivitäten bereits erkennen, ob Teile des Systems eine hohe Unabhängigkeit aufweisen, wie beispielsweise Aktivitäten in unterschiedlichen Branchen oder Regionen.

Aus einer technischen Perspektive stehen in der produzierenden Industrie die Entwicklung und Produktion in der Regel im Zentrum der Betrachtung, welche in ihren Abläufen durch Produkt- und Produktionsarchitekturen strukturiert werden. Die Gestaltung von Produktarchitekturen ist strategisch und von langfristiger Bedeutung, die deshalb mit hoher Sorgfalt erfolgen muss. Vor der eigentlichen Gestaltung ist jedoch zunächst zu prüfen, welche Produktarchitekturen am Markt eingesetzt werden, ob ein dominantes Design besteht und die Möglichkeit zu Kooperationen besteht (Sanchez und Hang 2017). Eine Produktarchitektur ist in engem Zusammenhang mit dem am Markt offerierten Leistungsportfolio zu sehen und sollte darauf ausgerichtet sein. In der Formulierung des Identity Statements wurde dazu bereits dokumentiert, in welchen Märkten und mit welchen Leistungen agiert werden sollte. Zudem muss festgelegt werden, in welcher Form Produktarchitekturen Teilmengen des Produktprogramms abdecken sollen. Durch diese Abgrenzung ergibt sich zunächst eine individuelle Wettbewerbsarena je Produktarchitektur, welche externe Anforderungen an die Architekturgestaltung vorgibt. Für die Gestaltung einer Produktarchitektur sollte auf Basis der ermittelten Anforderungen eine funktionale Produktbeschreibung erzeugt werden, welche im Rahmen der Produktarchitekturentwicklung in eine physische Produktstruktur überführt wird (Schuh 2015; Barg 2018). Dazu erfolgt so lange eine weitere Dekomposition in Teilfunktionen, bis physische Komponenten erreicht sind (Göpfert 1998). Entsprechend der Gestaltung der Produktstruktur ergeben sich Konsequenzen für die Prozesse der Produktentwicklung, denen jeweils verbindlich definierte Teilmengen der Entwicklung zugewiesen werden, welche sich anhand der

Produktstruktur ergeben. Eine Trennung der Entwicklungstätigkeit kann objektorientiert nach Plattform-, Modul- und Produktentwicklung erfolgen, wobei stets die Notwendigkeit der Koordination zur Schaffung von Kommunalitäten zu beachten ist. Dies umfasst die verschiedenen Arten von Kommunalitäten, welche nach bestimmten Kriterien erfolgen und beispielsweise technischer, zeitlicher und geografischer Natur sein können. Die Dokumentation der vorgesehenen Kommunalitäten kann in einer Kommunalitätsmatrix erfolgen.

Die Produkt- und Produktionsarchitektur hängen eng miteinander zusammen und sollten daher stets unter Berücksichtigung ihrer Vernetzung betrachtet werden. Für die Gestaltung von Produktionsarchitekturen finden sich in Literatur und Praxis verschiedene Ansätze (Luckert 2018; Neuhausen 2002; Rudolf 2013). In vielen Fällen bietet sich eine Modularisierung der Produktion an, um die Produktionskomplexität effizient zu bewältigen. Häufig ergibt sich die Gliederung von Produktionsbereichen anhand einer Segmentierung von Teilefamilien (Waltl und Wildemann 2014). Für die Gestaltung einer modularen Produktionsarchitektur für die globale Wertschöpfungsarchitektur sollte die Produktion dazu auf verschiedenen Ebenen modularisiert werden, was durch die Dekomposition von Fabrikarchitekturen analog zur Erarbeitung einer Produktarchitektur erfolgen kann. Die Anforderungen der Produktelemente an die Produktion geben dabei die Funktion eines Produktionselements in der Produktionsarchitektur vor (Waltl und Wildemann 2014).

Entsprechend der Produkt- und Produktionsarchitekturen ergeben sich Regeln für die Gestaltung von Aktivitäten im Unternehmen. An dieser Stelle sollten Schnittstellen im System vollständig definiert sein, um ein funktionierendes Gesamtsystem und die Kompatibilität der Strukturierung von sämtlichen betrachteten Aktivitäten zu ermöglichen. Durch die Festlegung von zulässigen In- und Outputs der Prozesse wird die Flexibilität innerhalb einer Prozessarchitektur über diese Schnittstellen vorgegeben. Innerhalb dieser Grenzen werden in Teilbereichen Standards für Vorgehen, Dokumentation und Ressourceneinsatz vorgegeben, sofern eine übergreifende Harmonisierung im Sinne des

Gesamtsystems anzustreben ist. Abbildung 43 illustriert hierzu den Zusammenhang von Produkt-, Produktions- und Prozessarchitekturen.

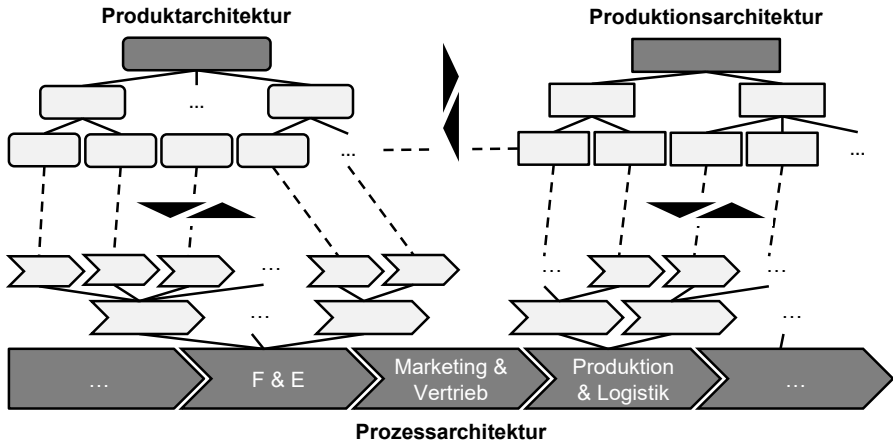


Abbildung 43: Zusammenhang von Produkt-, Produktions- und Prozessarchitekturen

Die Arbeit in globalen Architekturen erfordert eine hohe Disziplin in den Prozessen. Technisches Wissen und Standards zum benötigten Zeitpunkt bereitzustellen, ist für die Durchsetzung von globalen Kommunalitäten erfolgskritisch. Die notwendige Vielfalt und die Häufigkeit benötigter Änderungen der Subsysteme sollte herausgearbeitet werden, um eine Komplexitätsreduktion zu bewirken und Kommunalitäten zu erzielen. Diese Erwägungen sollten gemeinsam mit den relevanten Wissensträgern in der Organisation erfolgen, welche über Marktnähe und die notwendige Übersicht verfügen. Daraus kann der Geltungsbereich festgelegt werden, der sich nach individuellen Gegebenheiten der Organisation richtet. Diese können Regionen, Organisationseinheiten, Marken, Produkte usw. darstellen. Um die Realisierung dieser Potenziale sicherzustellen, müssen Unternehmen Verbindlichkeit deklarieren, Verfügbarkeit sicherstellen und den Informationsaustausch organisieren (Schoeller 2009). Für die Dokumentation und Kommunikation bietet sich der Einsatz etablierter Tools wie Roadmaps,

Kommunalitätsmatrizen, Modulsteckbriefe und das Schalenmodell an. Eine exemplarische Gestaltung des Schalenmodells wird in der folgenden Abbildung dargestellt (Abbildung 44).

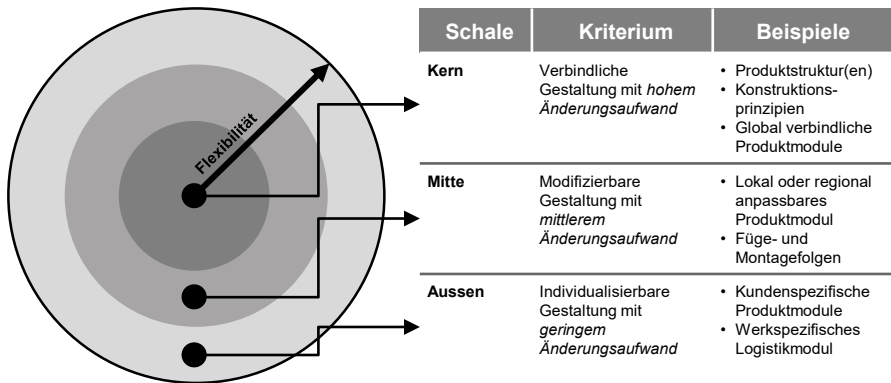


Abbildung 44: Schalenmodell des globalen Komplexitätsmanagements, in Anlehnung an (Schuh 2015)

In Schalenmodellen werden Gestaltungselemente anhand ihrer Komplexitätswirkung eingeordnet und lassen sich somit dokumentieren sowie kommunizieren. In der Praxis bietet es sich für die Sicherstellung der Handhabbarkeit an, mehrere Schalenmodelle anzuwenden, beispielsweise jeweils eins für jede Produkt- und Produktionsarchitektur. An dieser Stelle ist eine Synchronisation anzustreben, um architekturübergreifende Synergien sicherzustellen.

Anhand des VW Konzerns und dessen Baukastenstrategien sollen die bisherigen Ausführungen exemplarisch veranschaulicht werden. Das Unternehmen gliedert sich auf oberster Ebene in die Bereiche Automobile und Finanzdienstleistungen. Innerhalb des Konzernbereichs Automobile finden sich die Bereiche PKW, Nutzfahrzeuge und Power Engineering. Die Strukturierung auf der obersten Ebene ist in folgender Abbildung 45 illustriert.

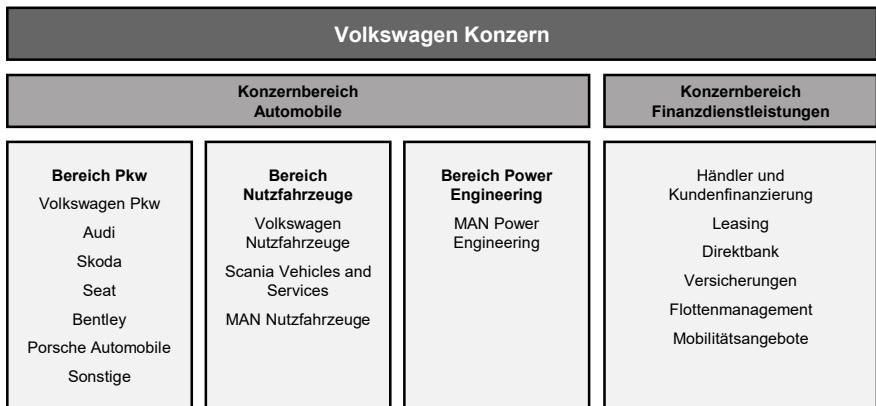


Abbildung 45: Struktur des Volkswagen Konzerns (Volkswagen AG 2018, S. 21)

Der Konzern hat im Konzernbereich Automobile die Entwicklung der Fahrzeuge und Motoren, die Produktion von PKW, Motorrädern, leichten Nutzfahrzeugen, LKW, Bussen sowie deren Vertrieb zusammengefasst. Zudem wird dort das Geschäft mit Originalteilen, den Grossdieselmotoren, den Turbomaschinen, den Spezialgetrieben, den Komponenten der Antriebstechnik und den Prüfsystemen zusammengefasst. Im Konzernbereich Finanzdienstleistungen befinden sich die Händler- und Kundenfinanzierung, das Bank- und Versicherungsgeschäft, das Leasing, das Flottenmanagement und die Mobilitätsangebote. (Volkswagen AG 2018) Die benannten Konzernbereiche stellen Subsysteme des Konzerns dar, welche sich, wie oben gezeigt, jeweils weiter herunterbrechen lassen. Diese Strukturierung setzt dazu die Systemgrenzen.

Innerhalb des Bereichs PKW setzt das Unternehmen bereits seit langem konsequent auf die Schaffung von Kommunalitäten, welche sich durch die Definition der Produktbaukästen und deren Überführung in die Produktionsbaukästen zeigen (Waltl und Wildemann 2014). Im Bestreben, marken- und fahrzeugklassenübergreifend Kommunalitäten zu erzielen, wurden im Volkswagen Konzern verschiedene modulare Produktbaukästen entwickelt. Diese Baukästen stellen die Basis, auf denen sämtliche Fahrzeuge der Konzernmarken entwickelt und produziert werden sollen. Dabei dient der modulare Längsbaukasten (MLB) als Basis für Fahrzeuge, in denen grosse Antriebe längs im Motorraum verbaut werden wie Audi A4, Bentley Bentayga, Porsche Cayenne oder VW Touareg. Der modulare Querbaukasten (MQB) wird für kleinere Fahrzeuge mit quer verbautem Motor wie VW Golf, Audi A3 oder Seat Leon verwendet. Der Baukasten New Small Family (NSF) bietet die Grundlage für Klein- und Kleinstwagen. Der modulare Standardantriebsbaukasten (MSB) ist für grosse Luxusfahrzeuge vorgesehen, welcher somit primär den Marken Porsche und Bentley dient. Neben den modularen Fahrzeugarchitekturen werden weitere, kleinere Baukästen wie z.B. für die Antriebe und Elektrik/Elektronik eingesetzt. Somit sollen über die Fahrzeugklassen weitere Synergien geschaffen werden. (Rudolf 2013)

Die Segmente, Baukästen und Modellbeispiele werden in nachfolgender Abbildung 46 dargelegt.

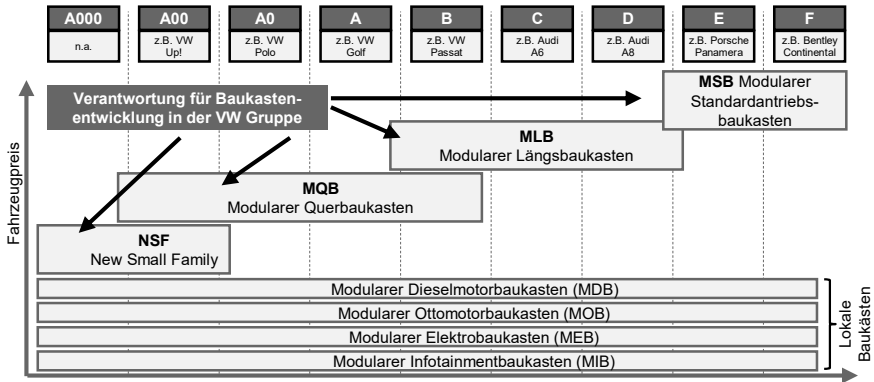


Abbildung 46: Segmente und Modellbeispiele nach Definition der Volkswagen AG, in Anlehnung an (Rudolf 2013, S. 87)

Die Baukästen des Konzerns finden in der Organisationsgestaltung explizit Berücksichtigung. Insbesondere das Zusammenspiel zwischen den Marken und Standorten spielt hier eine wichtige Rolle, um durch entsprechende Koordination der Aktivitäten die Erreichung der Synergieziele zu ermöglichen. Basierend auf den modularen Produktbaukästen hat der Volkswagen Konzern einen modularen Produktionsbaukasten für die komplette Fahrzeugfertigung entwickelt, welcher eine vollständige Fabrik mitsamt den relevanten Bereichen und Gewerken für die Fahrzeugproduktion beinhaltet. Das Modularisierungsmodell bildet neben der Technik ebenfalls die Gebäudestruktur, IT, Logistik und Organisation ab. Mit den Modulen sollen Produktvarianten dargelegt und die Flexibilität für Anpassungen bereitgestellt werden. Jedes Modul ist eindeutig einer Ebene im Auflösungsgrad zuzuordnen. Funktionsgleiche Module sind flexibel austauschbar und werksspezifisch erweiterbar. Durch die Modularisierung der Produktion schafft es der Konzern, eine flexible Standardisierung der globalen Produktionsstandorte zu erzielen und Skaleneffekte zu realisieren. (Waltl und Wildemann 2014)

Nachfolgende Abbildung 47 illustriert die Struktur des modularen Produktionsbaukastens.

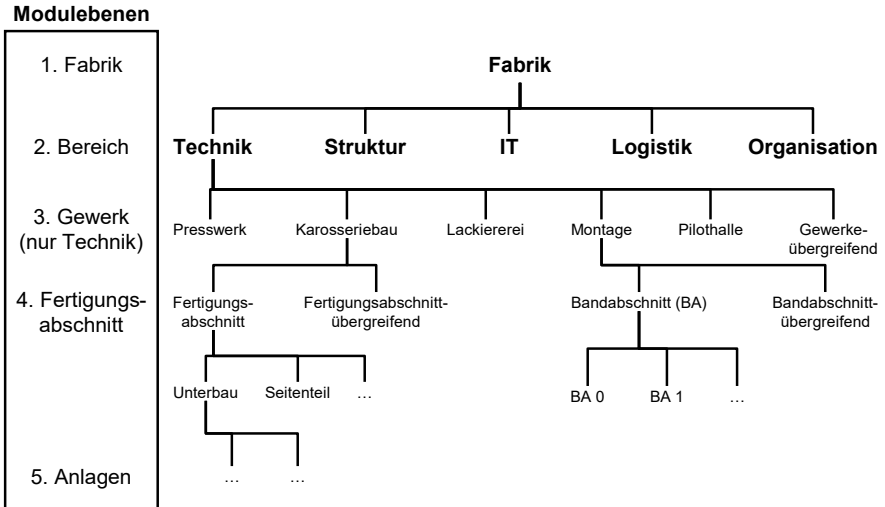


Abbildung 47: Struktur des modularen Produktionsbaukastens, in Anlehnung an (Waltl und Wildemann 2014, S. 217)

Dabei muss das Unternehmen hinterfragen, ob die Strukturierung der Komplexitätsbewältigung den aktuellen und zukünftigen Anforderungen entspricht. Indikatoren für nicht optimal gestaltete Architekturen kann man daran erkennen, ob Synergiepotenziale und Kommunalitäten zielführend ausgeschöpft werden. Häufige Anpassungen an der Produktarchitektur, grosse Änderungsaufwände oder Inkompatibilitäten mit internen und externen Schnittstellen können Hinweise für eine notwendige Neugestaltung der Architekturen sein. Der Modus 2 (Gestaltung) wird entlang des oben dargelegten Vorgehens durchlaufen. Ausgangspunkt ist hier entweder die Erkenntnis über eine notwendige Neuausrichtung oder die Etablierung einer neuen Organisation.

5.5 Schritt 4: Modellierung der Wertschöpfungsarchitektur

Die oben vorgestellte Strukturierung der Komplexitätsbewältigung dient dem vierten Schritt der Methode als Grundlage der Modellierung der globalen Wertschöpfungsarchitektur. Die Modellierung umfasst primär die Fragestellung, an welcher Stelle in einer Organisation Aufgaben wahrgenommen werden. Die Zuordnung der Aktivitäten im globalen Wertschöpfungsnetzwerk entspricht somit einem Mapping der Prozesse auf verschiedene Organisationseinheiten, was auf abstrakter Ebene startet und so weit heruntergebrochen werden muss, dass die Schnittstellen klar definiert sind und Prozessketten ineinandergreifen, ohne ineffiziente Anpassungen und Doppelbearbeitungen aufzuweisen. Die Modellierung der Wertschöpfungsarchitektur kann auf verschiedenen Systemebenen erfolgen. In globalen Wertschöpfungsarchitekturen nehmen Standorte unterschiedliche Rollen ein (Ferdows 1997a, 1997b). Globale Produktions- und Entwicklungsstandorte stehen miteinander in Beziehung und bilden intraorganisationale Produktions- und Entwicklungsnetzwerke (Friedli et al. 2013). Im Folgenden wird dabei auf die Rolle von Standorten eingegangen. Diese Strukturierung kann jedoch auch anders gewählt werden, wenn beispielsweise an einem grossen Standort verschiedene Teilbereiche bereits auf oberster Ebene separat berücksichtigt werden sollen. Ein solcher Fall wäre beispielsweise bei Shared Factories (Lützner 2017) denkbar. In globalen Produktionsunternehmen erfordert dies die Zuordnung zentraler und dezentraler Funktionen, welche auf die Interaktion der Systeme entscheidenden Einfluss haben. Das Zusammenspiel zwischen Primäraktivitäten und regulierenden Funktionen ist dabei entscheidend, um die Lebensfähigkeit des Systems sicherzustellen. Die Verteilung der Primäraktivitäten stellt den Kern der Überlegungen der Zentralisierung und Dezentralisierung des Organisationsdesigns dar. Den Ausgangspunkt bilden die vorherigen Schritte, insbesondere die Strukturierung der Komplexitätsbewältigung. Die dort entwickelten Architekturen gehen hier ein und bilden das Raster für die globale Verteilung der Wertschöpfungsaktivitäten. Ausgehend von der Frage, welche strategische Ausrichtung gewählt werden soll, kommen unterschiedliche Arten der Strukturierung für die Gestaltung in Betracht. Für die Konfiguration der Netzwerke kommen insbesondere die produktorientierte, die marktorientierte und die prozessorientierte Strategie infrage (Thomas 2013). Für

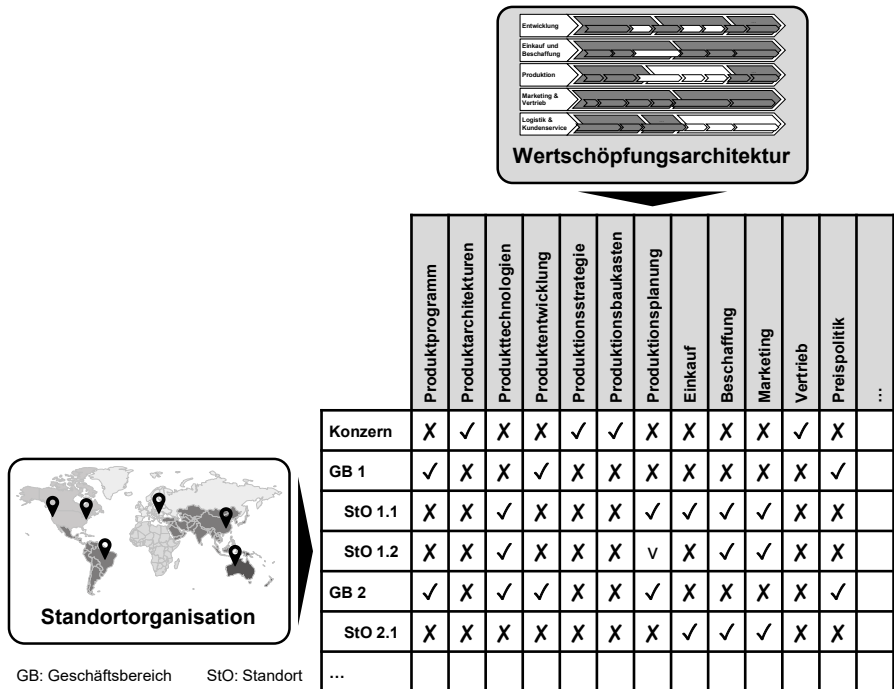
die Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur sind jeweils die internen Liefergeflechte zwischen Standorten zu berücksichtigen. Diese lassen sich grundlegend in horizontale und vertikale Netzwerke sowie Mischformen aus den beiden Ausprägungen untergliedern (Hayes et al. 2005). In einer horizontalen Ausrichtung übernimmt ein Standort die Produktion eines Produktes vollumfänglich. In vertikalen Ausrichtungen erfolgt eine prozessuale Trennung der Produktion über die Standorte hinweg, was in einer Verkettung der Standorte und internen Lieferbeziehungen von Zwischenprodukten mündet. Die interne Supply Chain Struktur steht in einem Zusammenhang mit der Ausrichtung des Netzwerks: Eine Spezialisierung anhand von Produkten oder Märkten geht häufig mit horizontalen Strukturen einher, während eine prozessuale Ausrichtung mit vertikalen Strukturen einhergeht (Hayes et al. 2005). Mischformen mit Elementen beider Strukturen finden sich in der Praxis ebenfalls. In der darauf aufbauenden Netzwerkstruktur wird festgelegt, welche Kapazitäten die Regionen und Standorte benötigen und wo die Verantwortung für die Aktivitäten verortet ist. Auf Basis der Strategie können unterschiedliche Gestaltungsformen der globalen Wertschöpfungsarchitektur abgeleitet werden. Es stellt sich also jeweils die Frage, welche Aktivitäten am Standort für den Standort erfolgen, welche Leistungen von anderen Standorten bezogen werden und welche Leistungen für andere Standorte erbracht werden. Häufig liegt in der Praxis nicht eine Zentrale vor, sondern unterschiedliche Rollen der Standorte in der Bearbeitung von Technologien oder Produktgruppen. Welche der grundlegenden Strukturen sich für ein Unternehmen als passend darstellen, hängt unter anderem von der Homogenität der Anforderungen ab und davon, in welcher Form Synergiepotenziale erschlossen werden können.

Für die Gestaltung der Wertschöpfungsarchitekturen sind zunächst umfassende Analysen notwendig, um die entsprechende Strategie wählen zu können. Agiert ein Unternehmen in einem Umfeld, welches sich durch weltweit homogene Anforderungen an ein Produkt auszeichnet, ist es beispielsweise möglich, mittels globaler Standards an zentraler Stelle Synergien zu heben. So könnte beispielsweise die Technologie- und Produktentwicklung von zentraler Stelle aus für alle weltweiten Märkte erfolgen und keine (lokalen) Anforderungen zugelassen werden. Dahingegen sind Unternehmen, welche in einem komplexen Umfeld agieren, häufig

mit unterschiedlichen Anforderungen in Regionen, von Kundengruppen oder adressierten Branchen konfrontiert. In einem solchen Fall ist tendenziell die Fähigkeit der Komplexitätsbewältigung durch dezentrale, autonome Organisationseinheiten vorzuziehen, um die Komplexität lokal zu halten und andere Organisationseinheiten nicht zu belasten. Gleichzeitig stellt sich die Frage, an welcher Stelle Regeln definiert werden und welchen Geltungsbereich diese umfassen sollen. Die Gestaltung von verbindlichen modularen Architekturen, welche auf modularer Ebene Freiheitsgrade für lokale Anpassungen bieten, stellen beispielsweise eine Möglichkeit, Flexibilität bei hoher Kompatibilität zu schaffen dar. Überlegungen der (De-)Zentralisierung sind in vielen funktionalen Bereichen des Unternehmens notwendig. Neben der Produkt- und Technologieentwicklung sind an dieser Stelle der Einkauf, die Produktion und Logistik hervorzuheben. Dabei ist der Begriff des Zentrums nicht zwangsweise geografisch zu verstehen, sondern kann auch eine Orientierung an anderen Kriterien wie Branchen oder Kunden- und Produktgruppen umfassen. Wird zu viel auf dem Corporate-Level gebündelt, besteht die Gefahr mangelnder Flexibilität auf den niedrigeren/dezentralen Subsystemen. Das Mass der (De-)Zentralisierung von Ressourcen und Entscheidungsbefugnissen steht in direktem Verhältnis mit der Autonomie eines Subsystems innerhalb der Organisation, wobei Autonomie die Freiheit und Verantwortlichkeit eigener Handlungen bestimmt. Grundsätzlich sollten Entscheidungen auf möglichst niedrigen Ebenen stattfinden, während übergeordnete Ebenen eine umfassendere Perspektive einnehmen. Dies erhöht die Adaptionfähigkeit der Organisation als Ganzes. Für die geografische Gliederung der Aktivitäten gibt es eine Vielzahl denkbarer Kriterien wie beispielsweise über Regionen oder Sprachräume. Im Rahmen der Erforschung der Globalisierung wurden Kategorien erarbeitet, welche die Ähnlichkeit bzw. Entfernung einzelner Länder zu- bzw. voneinander untersuchen und eine solche Strukturierung unterstützen können. Länderspezifische Aspekte lassen sich beispielsweise mittels des „CAGE Distance Framework“ (Ghemawat 2001) abbilden. Im Framework werden kulturelle, administrative, geografische und ökonomische Distanz mit jeweils mehreren Dimensionen berücksichtigt werden. Dabei zeigen sich unterschiedliche Auswirkungen dieser Distanzen je Industrie (Ghemawat 2001).

Die nachfolgende Tabelle 14 illustriert eine Möglichkeit der Visualisierung der Primäraktivitäten in einem produzierenden Unternehmen.

Tabelle 14: Beispiel der Verteilung von Aktivitäten eines Unternehmens



Die Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur und die Verteilung von Aktivitäten stehen in engem Zusammenhang mit dem Systemverhalten und den Managementmodi. Für modulare Wertschöpfungsarchitekturen müssen Prozesse, Organisation und Kultur der Organisation anderen Anforderungen gerecht werden, als es in integralen Ansätzen der Fall ist (Sanchez 2015). Im Rahmen modularer Wertschöpfung ist die Gestaltung von Prozessen und Schnittstellen die Voraussetzung für das Funktionieren des Gesamtsystems, in der Umsetzung kommt es deshalb auf ein prozessorientiertes Management, Disziplin und Kommunikation an. Die Zielsetzung modularer Ansätze besteht darin möglichst kurze Regelkreise

entstehen zu lassen, die Selbstorganisation aufweisen und innerhalb definierter Grenzen autonom agieren können. Verändert ein Unternehmen seine Strategie oder seine geografische Präsenz, müssen möglicherweise Anpassungen an der Organisation erfolgen (Ghemawat und Altman 2019).

Die beschriebenen Schritte sind sowohl zur Gestaltung als auch zur Analyse von Systemen geeignet. Laufen etwa hochgradig miteinander interagierende Prozesse auf verschiedenen Ebenen ab, ist die Wahrscheinlichkeit, dass diese in ausreichender Form miteinander kommunizieren können, gering. In solchen Fällen gestaltet sich die Kommunikation als inadäquat oder zu teuer, weshalb ein Re-Engineering des Prozesses naheliegt. Für die Anwendung der Methode im Modus 1 bietet es sich an, die bestehenden Strukturen herauszuarbeiten und diese auf die Eignung zur Komplexitätsbewältigung zu hinterfragen.

5.6 Schritt 5: Lenkung des Systems

Der fünfte Schritt der Methode umfasst Diagnose und Design der Lenkung des Systems im Fokus, welche mittels Steuerung und Regelung desselben erfolgt. Dabei dient die Steuerung der Ausrichtung des Systems durch die Definition von Soll-Zuständen, während die Regelung die Korrektur von Abweichungen von angestrebten Zuständen umfasst (Ulrich und Probst 2001). Die Aufgabe besteht darin, Lenkungskonzepte zu erarbeiten, sodass Subsysteme etabliert werden, welche sich selbst regeln. Die Steuerung entspricht dabei der Einschränkung der potenziellen Komplexität eines Systems, indem unerwünschte Zustände durch Regeln ausgeschlossen werden und Vorzugszustände ermöglicht bzw. vorgegeben werden. Es gilt jedoch zu beachten, dass Lenkungsmöglichkeiten nicht unbeschränkt sind. Eine Unterscheidung in lenkbare und nicht lenkbare Parameter sollte erfolgen, um die Beeinflussbarkeit des Systemverhaltens zu verstehen. Das Management hat demzufolge die Aufgabe, Strukturen zu schaffen, welche Ressourcen und Kommunikationskanäle für eine effektive Interaktion bereitstellen (Espejo und Reyes 2011). Für die effektive Lenkung rekursiver Systeme sollten zudem die Systemebenen Berücksichtigung finden, wodurch das System in unterschiedlicher Auflösung betrachtet wird. Die Prozessarchitekturen der Organisation sollten dann ein Framework für die Koordination der Aktivitäten darstellen. Dies beinhaltet insbesondere die Kohäsion mit globalen Grundsätzen, da sonst die Gefahr einer lokalen Optimierung zum Nachteil der globalen Performance besteht (Espejo et al. 1999). Für das System sind daher für interne und externe Veränderungen die Informations- und Adaptionsmechanismen von zentraler Bedeutung. Das Lenkungsverhalten des Systems wird von internen und externen Systemzuständen beeinflusst. Dementsprechend sollte die Lenkung anhand der gewählten Strategie und des Typus der Architektur in angepasster Form erfolgen. In der Praxis hat sich bewährt, dass die Lenkung in komplexeren Systemen institutionalisierter erfolgt, als dies in weniger komplexen Systemen notwendig ist. Dabei ergeben sich aus der Wahl der Produkt- und Produktionsarchitektur unterschiedliche Handlungsoptionen und Anforderungen an das Management (Sanchez und Hang 2017). Die Gestaltung der Systemlenkung ist insbesondere für Steuerungs- und Regelgrößen essentiell, die das Systemverhalten über (Sub-)Systemgrenzen hinweg beeinflussen. Um die

Kohäsion des Gesamtsystems sicherzustellen, sind koordinierende Funktionen zu etablieren. So wird beispielsweise mit dem Einsatz modularer Produktarchitekturen häufig durch die Benennung von Komplexitätsmanagern, Baukasten- und Modulverantwortlichen angestrebt, die Kapazität der Komplexitätsbewältigung des Gesamtsystems zu erhöhen. In den Fallstudien und der Literaturanalyse wurde bereits aufgezeigt, dass die Gestalt der Produktarchitektur von zentraler Bedeutung für die Wertschöpfung von Unternehmen ist und eine Vielzahl von Aktivitäten beeinflusst. Das Management von Produkten, Produktbaukästen und Modulen sind aus Sicht des Komplexitätsmanagers entscheidende Hebel für die interne Komplexität eines Unternehmens, da die Produktkomplexität an diesen Stellen zielgerichtet beeinflusst werden kann. Es stellt sich daher die Frage, welche Varietät jeweils notwendig ist und an welcher Stelle Entscheidungen getroffen werden sollen. Produzierenden Unternehmen stehen für die Lenkung von Systemen in der Praxis eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Verfügung. Die Beurteilung des Lenkungsbedarfs und die Regelung des Systems kann anhand von Indikatoren erfolgen, welche Aufschluss über Trends und Entwicklungen geben. Dies bezieht sich sowohl auf die internen, als auch auf die externen Veränderungen. Die externe Komplexität lässt sich beispielsweise durch die Beobachtung von Komplexitätstreibern erfassen. Eine Möglichkeit, die Komplexität einzelner interner Aktivitäten zu erfassen, besteht in der Quantifizierung, beispielsweise anhand von Arbeitsstunden oder einem Wertanteil am gefertigten Produkt (Beer 1975). In der Forschung und Praxis haben sich dazu verschiedene Formen der Komplexitätsanalyse (Budde 2016) und der Komplexitätskostenrechnung (Bayer 2010) durchgesetzt, um Vorzugszustände der Systeme zu ermitteln und diese zur Lenkung der Systeme einzusetzen. Dabei werden anzustrebende Zustände systematisch ermittelt und in Regeln sowie Standards überführt, um eine Optimierung des Gesamtsystems zu ermöglichen. In produzierenden Unternehmen haben sich die Kommunikation von Standards sowie die Bereitstellung von Informationen über bestehende Varianten und Versionen als wichtige Bestandteile für die Komplexitätsreduktion herausgestellt. Die Verankerung von Vorgaben in IT-Systemen und die bewusste Führung der Mitarbeiter haben sich an vielen Stellen als geeignetes Mittel zur Durchsetzung dieser Standards etabliert. Bei der Gestaltung solcher Regelwerke sollte die Perspektive der Nutzer von IT-Systemen

berücksichtigt werden und das Einhalten der Vorgaben auch auf der individuellen Ebene möglichst einfach gestaltet werden. So sollte beispielsweise das Auffinden einer bestehenden Produktvariante weniger Aufwand als die Neukonstruktion bedeuten. Eine einheitliche IT-Infrastruktur und geeignete Systeme zur effizienten globalen Zusammenarbeit werden dabei als Erfolgsfaktoren für die globale Komplexitätsbewältigung genannt. Neben restriktiven Eingriffen in die Freiheitsgrade von Systemen ist die Gestaltung notwendiger Freiräume für die lokale Adaption in globalen Organisationen zu beachten. Die Modularisierung ermöglicht dabei die Anpassung von Subsystemen mit minimaler Auswirkung auf andere Systeme (Frandsen 2017). So ist es ebenfalls möglich, globale Standards und Kompatibilität mit der Systemarchitektur sicherzustellen, ohne die notwendige lokale Komplexität zu stark einzuschränken.

Für das Management von gemeinsam eingesetzten Architekturen sollte ein passendes Kostensystem eingesetzt werden, da in Architekturprojekten typischerweise grosse Einmalaufwände für spätere Nutzung aufgebracht werden (Sanchez 2015). Klassische Kostenrechnungssysteme werden diesen Anforderungen häufig nicht gerecht und verleiten Entscheider zu Schlussfolgerungen, die nicht dem Gesamtsystem dienen (Schuh und Riesener 2017). Die Prozesse für Entwicklung von Technologien, Baukästen, Modulen und Produkten müssen dort sauber abgebildet werden, um Entscheidungen im Sinne des Gesamtoptimums und nicht „verzerrte“ Entscheidungen aus einer lokalen Perspektive heraus zu treffen. Diese Betrachtung gilt in gleichem Masse für Ausgaben und für Einsparungen. Diese Entscheidungen sollten vorausschauend und für das Gesamtsystem getroffen werden und entsprechend in der Kostenrechnung Berücksichtigung finden. In der Praxis scheitern sinnvolle Investitionsvorhaben oftmals an einer unzureichenden Kostenrechnung, welche übergeordnete Aufwände einem Teilsystem zuschreibt und somit eine kurzfristige, lokale Optimierung zum Nachteil des Gesamtsystems bewirkt. Die Berücksichtigung von Opportunitätskosten ist hier von hoher Relevanz, vor allem später eingesparte Aufwände durch Wiederverwendung und Kommunalität sollten einbezogen werden. Teilweise bietet es sich an eine solche Betrachtung mit Wahrscheinlichkeiten zu versehen.

Die Lenkung des Systems im Fokus kann an unterschiedlichen Stellen innerhalb einer Organisation erfolgen, so kann beispielsweise die Verantwortung für die Gestaltung von Regeln zwischen zentralen und dezentralen Funktionen unterschiedlich aufgeteilt sein. Grundsätzlich lässt sich in der Praxis feststellen, dass der Wille für ein integriertes Komplexitätsmanagement in der Unternehmensführung vorhanden sein muss, da isolierte Aktivitäten in Subsystemen häufig zum Scheitern verurteilt sind. Im Rahmen erfolgreicher Ansätze erfolgt die Steuerung des Systemverhaltens durch übergeordnete Systemdesigner in der Organisation. Architekturentscheidungen sind dabei als langfristig und strategisch einzuordnen, weshalb der Einbezug des Topmanagements zwingend erforderlich ist (Sanchez 2015). Um die Steuerung und Regelung des Systems zu ermöglichen, sollten Regeln etabliert werden, für welche Fragestellungen ein Eingriff durch höhere Systemebenen, die Zusammenarbeit verschiedener Subsysteme oder der Einbezug Externer erforderlich ist. Dies kann über eine Klassifizierung im Sinne eines Grades der Veränderung einer gestalterischen Tätigkeit im Gesamtsystem bzw. der Betrachtung der residualen Komplexität erfolgen. Je tiefgreifender bzw. grundlegender der Eingriff an einem System, desto grösser sind die Abhängigkeiten und damit verbundene Auswirkungen und Aufwände im Gesamtsystem. So kann beispielsweise der Grad der Veränderung der Produktarchitektur für die Klassifizierung von Entwicklungsprojekten genutzt werden (Göpfert 1998), was sich auch auf Prozessarchitekturen übertragen lässt (Sanchez 2015). Anhand der Aktivitäten bzw. Klassifizierung von Projekten und der Veränderung ergeben sich unterschiedliche Managementmodi. Wenn die induzierte Komplexität durch eine Aktivität lokal bleibt, sollte verstärkt auf die Selbstorganisation der Subsysteme zurückgegriffen werden. Wird eine höhere residuale Komplexität über Systemebenen hinweg festgestellt bzw. besteht ein hoher Synchronisierungsbedarf zur Erzielung von Kommunalitäten (wie z. B. bei der Erstellung von Roadmaps), sollte die Systemlenkung übergeordnet erfolgen. Für Entscheidungen über Gestaltung und Änderung an Architekturen sollten die Subsysteme, welche von der Veränderung betroffen sind (bzw. eine übergeordnete Systemebene), in die Entscheidung eingebunden werden. In der Praxis haben sich Gremien mit Namen wie „Global Product Architecture Coordinating Committee“ oder „Baukastengremium“ etabliert, welche die Aufgabe der Gestaltung von

Architekturen im Sinne eines Gesamtoptimums herbeizuführen. Dort wird über Fragestellungen wie etwa den Umfang von Kommunalitäten, generationenübergreifenden Einsatz von Baugruppen oder die Anpassungen von Schnittstellen beraten und entschieden. Analog wird in einem „Process Architecture Coordinating Committee“ über den Aufbau von Fähigkeiten, deren gemeinsame Nutzung und die Form der Kostenverrechnung bei gemeinsamer Nutzung entschieden werden. Einige Beispiele dazu werden in nachfolgender Abbildung 48 dargestellt.

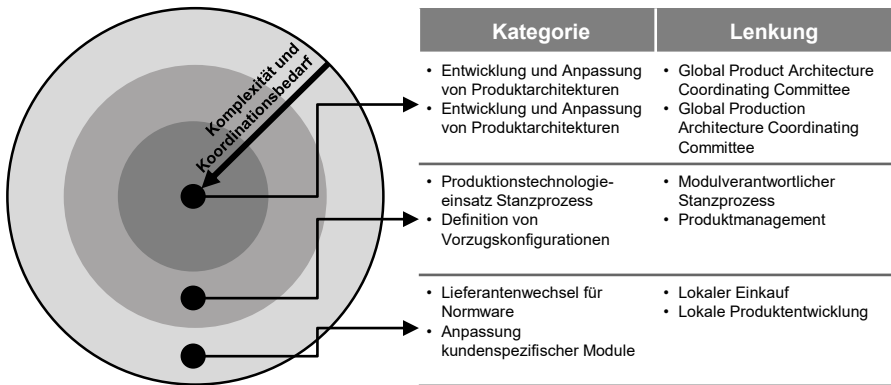


Abbildung 48: Exemplarische Kategorisierung der Gestaltung und Lenkung komplexer Systeme

In der Praxis hat sich die Schaffung von zentralen Stellen mit der Aufgabe des Managements von Komplexität (Schuh und Riesener 2017) oder des zentralen Managements von Produktbaukästen und Modulen (Sommer 2016) insbesondere bei Unternehmen etabliert, welche als Systemarchitekten agieren. Die Definition von Regeln kann jedoch ebenfalls dezentral erfolgen, wenn die Einhaltung übergeordneter Ziele in diesem Fall über andere Mechanismen gewährleistet wird. Grundlegende Änderungen an Produkt-, Produktions- und Prozessarchitekturen sind strategische Entscheidungen und sollten unter Einbezug des Topmanagements erfolgen. In vielen Fällen hat sich die Etablierung spezifischer Gremien bewährt. Diese werden entsprechend den Einsatzbereichen der Architekturen und den unterschiedlichen Ebenen zusammengesetzt. Dabei werden Entscheidungen

getroffen, welche die Gestaltung und Steuerung der jeweils im Fokus stehenden Systeme betreffen, aber auch die Koordination zur Erzielung von Kommunalitäten vorgenommen. Die getroffenen Entscheidungen müssen sorgfältig diskutiert und abgewogen werden, da zur Nutzung der Potenziale eine hohe Verbindlichkeit notwendig ist. Die Umsetzung der getroffenen Entscheidungen sollte systematisch überwacht werden, beispielsweise durch eine automatisierte Erfassung von Abweichungen und Erstellung von regelmässigen Berichten. Feedback zu den getroffenen Entscheidungen und deren Auswirkungen sollte in Routineprozessen eingeholt werden, um die Effekte zu überwachen. Häufig ist eine solche Lenkung von Systemen anfangs mit sozialen Widerständen verbunden, da die individuelle Freiheit der Subsysteme und Einzelpersonen geringer wird und eine hohe Verbindlichkeit und Disziplin im Unternehmen erforderlich ist (Sanchez 2015).

Die somit geschaffenen Grundsätze, nach denen Prozesse auf der Objekt-Ebene gegliedert werden, sowie die Aufteilung in Kategorien und Subkategorien ergeben die Organisation des Systems im Fokus. Es wurde gezeigt, dass für die Steuerung dieser organisierenden Tätigkeit insbesondere die Struktur des lebensfähigen Systems geeignet ist (Beer 1985). Nachfolgend wurde zur Orientierung eine Einordnung von Managementfunktionen in der Struktur des VSM vorgenommen. In diesem Kontext zielt die lenkungsorientierte Systemmethodik darauf ab, systembeeinflussende Massnahmen durchzuführen. Das Modell lebensfähiger Systeme als Analyse- und Gestaltungsraaster dient dem Management dazu, die lenkungsbezogenen Massnahmen zu strukturieren und das Zusammenwirken beteiligter Systeme entsprechend zu berücksichtigen. Die systemmethodischen Prozesse laufen auf verschiedenen Ebenen ab und dienen der Aufrechterhaltung der Systemstruktur, der Lösung systeminterner Probleme und der Verankerung des Systems in seiner Umwelt (Malik 2015).

Tabelle 15 zeigt exemplarisch anhand eines produzierenden Unternehmens die Systeme im VSM, deren Funktion und die jeweilige Erbringung.

Tabelle 15: Managementfunktionen nach VSM im Unternehmen (exemplarisch)

Struktur	Managementfunktion nach VSM..	..auf Ebene des Unternehmens erbracht durch (exemplarischer Auszug)
System 5 (S5)	Normatives Management	Identität des Unternehmens, Unternehmenspolitik, Werte und Führungsphilosophie, Verhaltensrichtlinien, Ausgleich zwischen operativem und strategischem Management durch Top Management und Aufsichtsgremien
System 4 (S4)	Strategisches Management	Konzernstrategie, strategische Planung, strategische Prinzipien, Unternehmens- und Organisationsentwicklung, strategische Frühwarnsysteme, Marktforschung, Technologiemanagement
System 3 (S3)	Operations Management	Interne Steuerungsmechanismen für das „hier und jetzt“: für die Verwaltung und Zuteilung von Ressourcen und Information, bereichsübergreifende Personal-, Finanz- und Rechtsabteilung, globales Produktionsmanagement, Baukastenmanagement, zentrales Rechnungswesen
System 3* (S3*)	Audit-Kanal zur Überwachung und Validierung	Konzernrevision, Audits, Management-Informationssysteme, Komplexitätsreports, „Management by walking around“
System 2 (S2)	Divisions-Koordination	Information und Kommunikation (z.B. implementiert in IT-Systeme), Budgets, operative Planung (z.B. Variantenmanagement), Regeln, Leitbilder und Routinen, zentrale Dienste der Holding, Schulungen, Entscheidungspraktiken, bereichsübergreifende Arbeitsgruppen (z.B. Projektteams, Produktmanager)
System 1 (S1)	Divisionales Management	Leitung der Divisionen lenken autonome, elementare Organisationseinheiten im Sinne des Gesamtsystems

5.7 Zusammenfassung der Methode

Die vorgestellte Methode dient der Komplexitätsbewältigung globaler Wertschöpfungsarchitekturen, wobei verschiedene Strategien des Komplexitätsmanagements entsprechend der relevanten Umwelt und Geschäftsmodelle zu wählen sind. Die Methode wurde auf Basis der zunächst formulierten Anforderungen gestaltet, welche sich aus den Erkenntnissen der Literaturanalyse, der Diskussionen im Rahmen der Fokusgruppe und aus der Empirie ergeben haben. Die vorgestellte Methode lässt sich mit etablierten Methoden des Komplexitätsmanagements kombinieren und bietet der Praxis Orientierung für ein integriertes Vorgehen. In nachfolgender Abbildung 49 werden ausgewählte Instrumente in den Kontext der Methode gesetzt, welche die Bearbeitung unterstützen oder ergänzen können.

Schritt der Methode	Ausgewählte Instrumente
Schritt 1: Analyse und Gestaltung der Identität	AAA Framework, Branchenarchitekturanalyse, Leistungsprogrammplanung, Marktsegmentierung, Porters Five Forces, Viable Systems Model, Wettbewerbsstrategien
Schritt 2: Modellierung der Primäraktivitäten	Modellierung von Wertschöpfungsarchitekturen, Geschäftsprozessmanagement, Kooperationsmanagement
Schritt 3: Strukturierung der Komplexitätsbewältigung	Fertigungssegmentierung, Produktarchitekturgestaltung, Produktionsstrukturmatrix, Prozessarchitekturgestaltung, Prozessmodularisierung, R-I-Framework
Schritt 4: Modellierung der Wertschöpfungsarchitektur	Baukastengerechte Organisationsgestaltung, CAGE Distance Framework, Global Footprint Design, Netzwerkgestaltung und Standortrollenkonzepte
Schritt 5: Lenkung des Systems	Innovationscontrolling, Kommunalitätsmatrix, Komplexitätscontrolling, Komplexitätskostenrechnung, Modularisierungs-BSC, Produktkonfiguratoren, Release Engineering, Roadmapping, Schalenmodell

Abbildung 49: Einordnung ausgewählter Instrumente des Komplexitätsmanagements im Kontext der Methode

Die Methode erfüllt dabei insbesondere die Forderung nach Berücksichtigung der Identität des Unternehmens und der relevanten Umwelt sowie die Integration technischer und kybernetischer Ansätze. Ausrichtung und Führung des Systems Unternehmen erfolgen dabei auf verschiedenen Ebenen, das strategische Management wird in diesem Kontext definiert als „metasystemische Lenkung

komplexer Systeme“ (Malik 2015). Dabei basiert die Lenkung auf der Selbstorganisation von Subsystemen und der Selbstregulierung von Prozessen. Auf der Objektebene lassen sich Prozesse aufgrund ihrer Komplexität nicht im Detail organisieren. Dies bedeutet, dass keine Instanz die notwendige Kapazität aufbauen kann, um die Organisation und Lenkung auf dieser Ebene dezidiert durchzuführen. Die einzige Lösung, um die Ordnung und Lenkung im System vorzunehmen, besteht darin, von einer höheren Ebene aus Regeln und Prinzipien zu gestalten. Dadurch werden die Selbstorganisation und Selbstregulierung auf den darunterliegenden Ebenen ermöglicht. Dies gestattet die Kontrolle einer Varietät unbestimmter Ereignisse, die durch die zentrale Instanz nicht zu bewältigen wäre.

Im Komplexitätsmanagement sind die Bestimmung von Vorzugszuständen und die Komplexitätsreduktion durch Ausschluss unerwünschter Zustände von zentraler Bedeutung. Es stellt sich dabei die Frage, in welchem Kontext welche Komplexität erforderlich ist und dem Gesamtoptimum dient. Die Berücksichtigung der Komplexitätswirkung auf die Transformation wird durch das integrierte Vorgehen sichergestellt, um für die Gestaltung der Systemarchitekturen und des Lenkungsverhaltens Konsistenz zu erzielen. Die zweckmässige Setzung von Systemgrenzen und die Gestaltung von Schnittstellen stellt für zahlreiche Architekturen die Voraussetzungen für eine effiziente Komplexitätsbewältigung durch Autonomie und Selbstorganisation dar. Anhand dieser Überlegungen kann unter Anwendung der Methode die Systemgestaltung erfolgen, welche einen spezifischen Bedarf an Lenkungsaktivitäten bedingen. Der Zusammenhalt des Gesamtsystems im Sinne einer Orientierung an gemeinsamen Zielen kann dabei an bestimmten Stellen notwendig und erwünscht sein, an anderen Stellen können bewusst lokale Entwicklungen zugelassen werden. In Theorie und Forschung haben sich die Ansätze der Modularisierung als wirksam herausgestellt, um Komplexität dezentral zu halten und zu bewältigen. Die Integration technischer und kybernetischer Ansätze bietet in produzierenden Unternehmen eine geeignete Möglichkeit, um eine interdisziplinäre Zusammenarbeit und die Komplexitätsbewältigung des Gesamtsystems zu ermöglichen. Die Gestaltungsprinzipien des VSM und das damit einhergehende Lenkungsverhalten erscheinen als geeignet, um das Zusammenwirken der Subsysteme und des

Gesamtsystems in der relevanten Umwelt zu analysieren und zu gestalten. Der Komplexität der Umwelt und der Möglichkeit der Beeinflussung der Umwelt muss an dieser Stelle Rechnung getragen werden. Das Mass der Komplexitätsreduktion und verbindlicher Standards richtet sich somit nach der Optimierung des Gesamtsystems und kann in den Subsystemen unterschiedliche Ausprägungen im Sinne von Freiheitsgraden und Adaptionfähigkeit annehmen.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Die vorliegende Arbeit widmet sich der Komplexitätsbewältigung globaler Wertschöpfungsarchitekturen. Dabei wurde der Frage nachgegangen, wie produzierende Unternehmen Systeme gestalten und Komplexität effektiv wie effizient managen können. Nach einer eingehenden Strukturierung des Themas, vertiefender Literaturanalysen und Diskussionen mit Experten aus der Praxis wurde ein Konsortialbenchmarking zum Thema initiiert und diese Fragestellungen gemeinsam umfassend untersucht. Die industrieübergreifende Analyse der Fragestellungen ermöglichte sowohl die Betrachtung der Einzelansätze der unterschiedlichen Unternehmen als auch den Vergleich. Dabei zeigte sich, dass die gewählten Ansätze und Strategien in hohem Masse von der Umwelt der jeweiligen Systeme abhängig sind, was unter anderem durch die verschiedenartigen Freiheitsgrade der Systemgestaltung begründet ist. Basierend auf den Erkenntnissen der Literaturanalyse und der empirischen Untersuchung wurde eine Methode entwickelt, welche es Unternehmen ermöglicht, Komplexität in globalen Wertschöpfungsarchitekturen zu managen. In der Methode finden die relevante Umwelt des Unternehmens, die Identität und die Geschäftsmodelle Berücksichtigung. Die Herausforderung bei der Bewältigung von Komplexität liegt dabei zunächst in der Strukturierung dieser. Es stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, welches System mit welcher Komplexität konfrontiert wird. Die Fähigkeit der Selbstorganisation und -regulierung kann durch geschickte Systemgestaltung dazu führen, dass Komplexität lokal gehalten wird und die Fähigkeit der Komplexitätsbewältigung des Gesamtsystems erhöht wird. Die Gestaltung der Wertschöpfungsarchitektur mit den Produkt- und Produktionsarchitekturen steht dabei in engem Zusammenhang mit der Organisationsgestaltung. Die Modularisierung stellt in dem Kontext eine wichtige Methode der Strukturierung von Systemen dar. Modulare Systemarchitekturen bieten die Möglichkeit zur Entkopplung von Systemen und zur Dezentralisierung. Diese können Auswirkungen auf die gesamte Wertschöpfungsarchitektur und die Rollen der jeweiligen Akteure haben. Das Zusammenspiel der resultierenden Subsysteme muss im Sinne des Gesamtsystems erfolgen, wozu entsprechende Lenkungsmechanismen und Regelwerke zu etablieren sind.

Im Folgenden werden die Erkenntnisse der Arbeit vor dem Hintergrund der aufgeworfenen Fragestellungen reflektiert und deren Beantwortung dargelegt.

Die erste Unterforschungsfrage „*Wie können Systeme gestaltet werden, um eine effiziente Komplexitätsbeherrschung zu ermöglichen?*“ umfasst die Systemgestaltung produzierender Unternehmen. Die Forschung zum globalen Komplexitätsmanagement produzierender Unternehmen hat gezeigt, dass lokale Einzelansätze nicht zielführend sind, sondern die Komplexitätsbewältigung im Gesamtsystem der industriellen Wertschöpfung erfolgen sollte. Dieser Anforderung wird die vorgestellte Methode in besonderem Masse gerecht, indem zunächst die Identität des Systems betrachtet wird und die Transformation als Ganzes in der relevanten Umwelt analysiert wird. Eine Strukturierung der Komplexitätsbewältigung muss stets im spezifischen Kontext erfolgen, was sich in der produzierenden Industrie unter anderem durch das Vorhandensein dominierender Produktdesigns, die Reife des Marktes und etablierten Wertschöpfungsarchitekturen wie intermediären Märkten charakterisiert. Basierend auf diesen grundlegenden Überlegungen und einer Untersuchung der beteiligten Akteure muss ein Unternehmen gemäss der entwickelten Methode Klarheit über die eigenen Transformationsprozesse, Systemgrenzen und Schnittstellen nach aussen schaffen. Über eine Modellierung der Aktivitäten und die Komplexitätsbewältigung des Gesamtsystems lassen sich Systemarchitekturen ableiten, welche eine effiziente Komplexitätsbewältigung ermöglichen. In der produzierenden Industrie sind hierzu insbesondere die Produkt- und Produktionsarchitekturen zu nennen, deren Anzahl und Gestaltung im Einklang mit der Organisation des Unternehmens stehen sollte.

Die zweite Unterforschungsfrage „*Wie kann die Lenkung der Subsysteme zur Komplexitätsbewältigung erfolgen?*“ umfasst die Lenkung der Subsysteme mittels Steuerung und Regelung. Hier ist zunächst festzuhalten, dass das Lenkungsverhalten eines Systems stark von dessen Gestaltung sowie der internen und externen Komplexität abhängt. Es wurde festgestellt, dass der Lenkungsbedarf komplexer Systeme die Lenkungskapazität einzelner Akteure übersteigt. Mit zunehmender Komplexität des Gesamtsystems sind somit vermehrt institutionalisierte Ansätze zu wählen. Zu diesem Zweck können verschiedene Ansätze gewählt werden, die sich

in Abhängigkeit des Typus der Organisation unterscheiden. Die Methode unterstützt Unternehmen gezielt bei der Entwicklung spezifischer Steuerungs- und Regelungsmechanismen. Systemarchitekten setzen dabei vermehrt auf Instanzen wie Baukasten- und Modulmanagement für einzelne Architekturen oder zentrale Komplexitätsmanager. Bei Komponentenlieferanten kann die Lenkung über definierte globale Regeln erfolgen, die teilweise direkt in den IT-Systemen zu finden sind. Je nach Ausprägung der Branchenwertschöpfungsarchitektur und den Märkten kann der Druck zur Erzielung von Skaleneffekten oder der lokalen Adaption überwiegen. Entsprechend dieser Anforderungen und verfolgter Strategien muss die Steuerung über Vorzugszustände der Systeme oder die Einräumung von Freiheitsgraden erfolgen, wobei die vorgestellte Methode in der Praxis eingesetzt werden kann. Für die Überwachung der Systemzustände im Sinne eines Soll-Ist-Abgleichs können etablierte Werkzeuge wie die Komplexitätskostenrechnung oder die Analyse des Komplexitätsgrades von Prozessen und Produkten eingesetzt werden, wobei auch hier eine Integration in die IT-Landschaft der Wertschöpfungsarchitektur zu empfehlen ist. Entsprechend dem Anteil residualer (Rest-)Komplexität der Komplexitätsbewältigung durch Subsysteme sind die Lenkungskapazitäten des Gesamtsystems auszulegen. Ein gezielt aufgebautes „Sensorium“ für die Erfassung des internen und externen Komplexitätsgrades ist hierbei zielführend. Bislang erfolgt die Lenkung oftmals innerhalb der Systemgrenzen von Unternehmen, derzeit sind jedoch starke Tendenzen hin zu einer unternehmensübergreifenden Lenkung zu erkennen.

Die dritte Unterforschungsfrage „*Wie kann das Zusammenspiel von Subsystemen die Komplexitätsbewältigung des Gesamtsystems unterstützen?*“ umfasst die Schnittstellen zwischen Systemgrenzen sowie durchgängige Prozesse. Im Rahmen der Untersuchung wurde festgestellt, dass für die Optimierung von Wertschöpfungsarchitekturen die verketteten Subsysteme als Ganzes verstanden und gestaltet werden müssen. Im Zuge einer zunehmenden Globalisierung und Vernetzung entstehen Abhängigkeiten, wobei eine lokale Prozessverbesserung häufig Veränderungen an anderen Systemen mit teils konträren Effekten bewirkt. Daraus lässt sich folgern, dass Architekturen, die in Transformationsprozessen miteinander vernetzt sind, eng aufeinander abgestimmt sein müssen. In der

produzierenden Industrie nimmt das Zusammenspiel von Produkt- und Produktionsarchitekturen eine zentrale Rolle ein. In Theorie und Praxis wurde der Bedarf einer Flexibilisierung und Rekonfigurierbarkeit der Systeme erkannt und die abgestimmte Modularisierung zur Schaffung teilautonomer Subsysteme etabliert. Diese Analyse und Gestaltung unterstützen die Methode, wobei sorgfältig definierte Schnittstellen dazu beitragen, residuale Komplexität gering zu halten. Es wurde gezeigt, dass je nach Strategie und Gestaltung von Architekturen die Kooperation von Organisationseinheiten unterschiedlich ausfallen muss. In der Methode wird daher beispielsweise die Schnittstelle zwischen der Entwicklung von Produktbaukästen und dem Marketing dargestellt, bei denen unterschiedliche Anforderungen an In- und Outputgrößen und die damit verbundene Transformation entstehen. Die Betrachtung vor- und nachgelagerter Aktivitäten in der Wertschöpfungsarchitektur nimmt im Zuge der Globalisierung einen stetig zunehmenden Stellenwert ein, was auch eine intensivere Zusammenarbeit mit der Umwelt, den Lieferanten und Kunden eines Unternehmens beinhaltet. Die Herausforderung für produzierende Unternehmen besteht darin die Komplexität in der Wertschöpfung so zu managen, dass die Vor- und Nachteile von Standardisierung und Individualisierung ausbalanciert werden. Die gezielte Schaffung von Synergien unter Einbezug interner und externer Partner unter Berücksichtigung bestehender Restriktionen stellt hierbei eine zunehmend strategische Aufgabe dar.

6.1 Theoretischer Beitrag

In den letzten Jahren hat es eine Vielzahl von Publikationen im Themenfeld Komplexitätsmanagement gegeben. Dabei fanden in der Forschung des Komplexitätsmanagements produzierender Unternehmen technische Ansätze wie die Etablierung von Produktplattformen und -baukästen oder Mass Customization eine sehr starke Gewichtung. Die Untersuchung hat gezeigt, dass technische Einzelansätze zwar wirksam sein können, der Kontext jedoch entscheidend ist für deren Anwendbarkeit. Es wurde weiterhin gezeigt, dass für eine wirksame Lenkung global agierender Produktionsunternehmen eine differenzierte Analyse der relevanten Umwelt und der Schnittstellen zu anderen Systemen erforderlich ist. Die Lenkung des Gesamtsystems und das Zusammenspiel der Subsysteme findet in den technisch geprägten Publikationen jedoch häufig wenig bis keine Berücksichtigung. Für die Lenkung von Systemen finden sich in der Literatur zahlreiche kybernetisch-systemische Beiträge, welche das Lenkungsverhalten von Systemen im Allgemeinen behandeln, dabei häufig ein hohes Level der Abstraktion aufweisen und keinen Zusammenhang zu den technischen Ansätzen herstellen. Es wurde in der Arbeit gezeigt, dass eine Integration der beiden beschriebenen Paradigmen die Möglichkeit eines integrierten Komplexitätsmanagements eröffnet. Die Zusammenführung sollte in der Forschung fokussiert werden, um dem Anspruch eines ganzheitlichen Komplexitätsmanagements zu genügen. In der Arbeit wurde gezeigt, wie diese Integration unter Berücksichtigung der Identität einer Organisation sowie der relevanten Umwelt erfolgen kann.

Ferner wurde gezeigt, dass die Strategien der Komplexitätsbewältigung in der Praxis mit der Rolle in der Wertschöpfungskette einhergehen. Die Branchenarchitektur kann dabei Restriktionen für bestimmte Rollen vorgeben, denen Unternehmen im Rahmen ihres Geschäftsmodells folgen müssen, um marktfähig zu sein. Die Rollen des Systemarchitekten und des Komponentenlieferanten kristallisierten sich dabei als grundlegend verschieden heraus, was anhand der Wertschöpfungsprozesse und der Möglichkeiten der Beeinflussung der Umwelt aufgezeigt wurde. Strategien der Komplexitätsbewältigung und das Geschäftsmodell eines Unternehmens stehen in engem Zusammenhang. Die Strategien der Komplexitätsbewältigung wurden im

Rahmen dieser Arbeit in den Kontext der Branchenarchitektur, der Identität des Systems im Fokus sowie der Produkt- und Produktionsarchitekturen gesetzt.

Die Globalisierung der produzierenden Industrie findet in der Forschung des Komplexitätsmanagements bislang nur eine unzureichende Berücksichtigung. Als zentrale Herausforderung stellte sich dabei dar, die Interaktion der Subsysteme in ihrer Gesamtheit der Funktionen und Aktivitäten zu interner Systemstabilität zu führen. In der Arbeit wurden Standortrollen globaler Wertschöpfungsnetzwerke und Aspekte der Dezentralisierung und Zentralisierung in die Betrachtung integriert. Die LenkungsKapazität eines Systems und die Fähigkeit zur Komplexitätsbewältigung werden durch die grundlegende Struktur entweder erleichtert, erschwert oder gar unmöglich gemacht. Es wurde gezeigt, wie die Gestaltung von Subsystemen zur wirksamen systeminternen Komplexitätsabsorption in produzierenden Unternehmen eingesetzt und die residuale Komplexität für das Topmanagement geringgehalten werden kann.

6.2 Praktischer Beitrag

Die vorliegende Dissertation liefert der Praxis wertvolle Erkenntnisse und Werkzeuge für das Management von Komplexität. Die vorgestellte Methode kann in der Praxis zur Analyse und zum Design des globalen Komplexitätsmanagements von produzierenden Unternehmen mit der Zielsetzung der Optimierung der Komplexitätsbewältigung globaler Wertschöpfungsarchitekturen eingesetzt werden. Die Arbeit liefert der unternehmerischen Praxis dazu ein tiefgehendes Verständnis der Systemgestaltung und -lenkung, welche in diesem Kontext zentrale Instrumente darstellen. Insbesondere das Zusammenspiel der Einzelansätze des Komplexitätsmanagements wird in der Praxis bislang in vielen Fällen nicht betrachtet, weshalb die ganzheitliche Perspektive eine sinnvolle Möglichkeit zur Analyse der Transformationsprozesse des Unternehmens darstellen kann. Unternehmen weisen unterschiedliche Geschäftsmodelle auf, die Identität der Organisation muss für die Gestaltung und Lenkung von (Sub-)Systemen berücksichtigt werden. Dabei spielen die Freiheitsgrade und die Beeinflussbarkeit der Systemgestaltung eine entscheidende Rolle. Es muss die Transformation des Systems im Kontext der Umwelt berücksichtigt werden. Verschiedenartige Komplexität sollte durch das Unternehmen strukturiert und gezielt intern gemanagt werden. Dies kann beispielsweise durch die Gestaltung von entsprechenden (modularen) Systemarchitekturen erfolgen. Dabei ist zu beachten, dass die Markt-, Produkt- und Produktionskomplexität entsprechend in einem integrierten Ansatz betrachtet werden. Die Gestaltung von Systemgrenzen und Definitionen von Schnittstellen stellen die Basis für ein geeignetes Zusammenspiel verschiedener Systeme dar. Die notwendige Verstärkung und Dämpfung von Komplexität zwischen Systemen sollte unter Berücksichtigung der Transformationsprozesse stattfinden. Dabei spielen unter anderem die Zentralisierung und Dezentralisierung von Aufgaben des Komplexitätsmanagements eine wichtige Rolle. Durch gezielte Kommunikation und Information der Mitarbeiter kann eine flächendeckende Sensibilisierung für die Bedeutung des Komplexitätsmanagements und der gemeinsamen Ziele erreicht werden. Dabei haben sich die Unterstützung durch das Topmanagement und ein eindeutiges Bekenntnis zu den Zielen als wichtige Bausteine herausgestellt.

6.3 Limitationen und Ausblick

Zum Abschluss der Dissertation sollen die Limitationen betrachtet werden. Limitationen der vorliegenden Arbeit ergeben sich aus der Forschungskonzeption. In der vorliegenden Arbeit wurde ein qualitativer Forschungsansatz mittels vergleichender Fallstudien gewählt. Qualitative Forschung eignet sich insbesondere für Arbeiten, welche den Entdeckungszusammenhang in den Mittelpunkt stellen (Tomczak 1992). Dahingegen werden quantitative Analysen vor allem dazu eingesetzt, um Hypothesen zu testen, welche aus bestehenden Theorien abgeleitet wurden (Borchardt und Göthlich 2007). Die qualitative Forschung kann somit tendenziell einem frühen wissenschaftlichen Stadium eines Themengebiets zugeordnet werden, worauf spätere quantitative Arbeiten aufbauen. Die in der vorliegenden Arbeit aufgezeigten Erkenntnisse können die Grundlage für eine spätere quantitative Überprüfung dieser darstellen.

Das Forschungsvorhaben wurde in enger Zusammenarbeit mit Experten der Industrie durchlaufen, welche die Perspektive der Praxis in vielfältiger Form in den Forschungsprozess eingebracht haben. Die gewählten Unternehmen der Fallstudien sind allesamt als Stückgüterproduzenten aktiv und als High-Tech Unternehmen mit Hauptsitz in Mitteleuropa zu charakterisieren. Basierend auf den Erkenntnissen einer limitierten Anzahl Fallstudien kann kein Anspruch auf eine vollständige Abbildung der Perspektive der industriellen Praxis erhoben werden. Eine Übertragbarkeit der erarbeiteten Konzepte inner- und ausserhalb dieses Betrachtungsbereichs wurde zwar angestrebt, kann aufgrund der begrenzten Fallstudienzahl jedoch nicht gewährleistet werden. Die Demonstration der Übertragbarkeit kann durch weitere Fallstudien erfolgen, dies kann beispielsweise mittels einer Erweiterung des Untersuchungsbereichs und einer Überprüfung der Erkenntnisse in anderen Regionen, Kulturkreisen oder Branchen erfolgen.

Die empirische Untersuchung im Rahmen des Dissertationsprozesses unterliegt zeitlichen Restriktionen, welche an dieser Stelle ebenfalls genannt werden sollen. Die Beobachtung der Fallstudien fanden in einem begrenzten Zeitfenster statt, weshalb eine praktische Anwendung der entwickelten Methode sowie wiederholte

Erfassungen von Veränderungen der Systeme und deren Verhalten nicht erfolgen konnten. Longitudinale Betrachtungen mit wiederkehrender Beobachtung könnten die Veränderungen in der Praxis dokumentieren und somit weitere Erkenntnisse generieren.

Literaturverzeichnis

Abele, Eberhard; Meyer, Tobias; Näher, Ulrich; Strube, Gernot; Sykes, Richard (Hg.) (2008): *Global Production. A Handbook for Strategy and Implementation*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Accard, Philippe (2015): Complex hierarchy. The strategic advantages of a trade-off between hierarchical supervision and self-organizing. In: *European Management Journal* 33 (2), S. 89–103. DOI: 10.1016/j.emj.2014.07.004.

Aitken, James; Bozarth, Cecil; Garn, Wolfgang (2016): To eliminate or absorb supply chain complexity. A conceptual model and case study. In: *Supply Chain Management* 21 (6), S. 759–774. DOI: 10.1108/SCM-02-2016-0044.

Aljorephani, Sufian K.; ElMaraghy, Hoda A. (2016): Impact of Product Platform and Market Demand on Manufacturing System Performance and Production Cost. In: *Procedia CIRP* 52, S. 74–79. DOI: 10.1016/j.procir.2016.07.068.

Altman, Steven A.; Ghemawat, Pankaj; Bastian, Philipp (2019): DHL Global Connectedness Index 2018. The State of Globalization in a Fragile World. NYU Stern School of Business. Online verfügbar unter <https://www.logistics.dhl/content/dam/dhl/global/core/documents/pdf/glo-core-gci-2018-full-study.pdf>, zuletzt aktualisiert am 12.04.2019, zuletzt geprüft am 28.04.2019.

Amann, Wolfgang; Nedopil, Christoph; Steger, Ulrich (2011): The meta-challenge of complexity for global companies. In: *J Database Mark Cust Strategy Manag* 18 (3), S. 200–204. DOI: 10.1057/dbm.2011.21.

Ambrosius, Gerold (2018): *Globalisierung. Geschichte der internationalen Wirtschaftsbeziehungen*. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-20836-3>.

Arpe, Jan (2012): Globalization and its Complexity. Challenges for Economic Policy. In: Jan Arpe, Holger Glockner, Helmut Hausschild, Thieß Petersen, Andreas Schaich und Tim Volkmann (Hg.): The Economic Risks of Globalization. Expert and Public Opinion Survey Results. 1. Aufl. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung (Global Choices, 1), S. 137–161.

Arpe, Jan; Glockner, Holger; Hausschild, Helmut; Petersen, Thieß; Schaich, Andreas; Volkmann, Tim (Hg.) (2012): The Economic Risks of Globalization. Expert and Public Opinion Survey Results. 1. Aufl. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung (Global Choices, 1).

Ashby, William R. (1974): Einführung in die Kybernetik. 1. Aufl. Frankfurt a.M.: Suhrkamp ([Suhrkamp-Taschenbuch / Wissenschaft] Suhrkamp-Taschenbuch Wissenschaft, 34).

Ashby, William Ross (1958): An introduction to cybernetics. III. London: Chapman and Hall.

Ashmos, Donde P.; Duchon, Dennis; McDaniel, Reuben R. (2000): Organizational responses to complexity. The effect on organizational performance. In: *Journal of OrgChange Mgmt* 13 (6), S. 577–595. DOI: 10.1108/09534810010378597.

Bach, Norbert; Brehm, Carsten; Buchholz, Wolfgang; Petry, Thorsten (2017): Organisation. Gestaltung wertschöpfungsorientierter Architekturen, Prozesse und Strukturen. 2. Aufl. 2017. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Baldwin, Carliss; MacCormack, Alan; Rusnak, John (2014): Hidden structure. Using network methods to map system architecture. In: *Research Policy* 43 (8), S. 1381–1397. DOI: 10.1016/j.respol.2014.05.004.

Baldwin, Carliss Y.; Clark, Kim B. (1997): Managing in an age of modularity. In: *Harvard Business Review*, S. 84–93.

Baldwin, Carliss Y.; Clark, Kim B. (2000): Design rules. Cambridge, Mass.: MIT.

Bandte, Henning (2007): Komplexität in Organisationen.

Organisationstheoretische Betrachtungen und agentenbasierte Simulation. 1. Aufl. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag (Gabler Edition Wissenschaft).

Barg, Sebastian (2018): Kontextbezogene Auslegung von Produktbaukästen. 1. Aufl. Aachen: Apprimus-Verl. (Ergebnisse aus der Produktionstechnik, 13/2018).

Bartlett, Christopher A.; Ghoshal, Sumantra (1987): Managing across Borders. The Transnational Solution. In: *Sloan Management Review* 29 (1), S. 43–53. DOI: 10.2307/258620.

Bayer, Tobias (2010): Integriertes Variantenmanagement.

Variantenkostenbewertung mit faktorenanalytischen Komplexitätstreibern. 1. Aufl. München, Mering: Hampp (Schriften zu Management, Organisation und Information, Bd. 25).

Beer, Stafford (1966): Decision and control. The meaning of operational research and management cybernetics. 3. Aufl. London: Wiley.

Beer, Stafford (1975): Platform for change;. A message from Stafford Beer. London, New York: Wiley.

Beer, Stafford (1979): The heart of enterprise: John Wiley & Sons (2).

Beer, Stafford (1981): Brain of the Firm. In: *2^a de*, Chichester Wiley, London.

Beer, Stafford (1985): Diagnosing the system for organizations. Chichester [West Sussex], New York: Wiley (The Managerial cybernetics of organization).

Beer, Stafford (1994): Designing freedom. Chichester, West Sussex, England, New York: Wiley (The Stafford Beer classic library).

Berry, William L.; Cooper, Martha C. (1999): Manufacturing flexibility: methods for measuring the impact of product variety on performance in process industries. In: *Journal of Operations Management* 17 (2), S. 163–178.

Blanc, Hélène; Sierra, Christophe (1999): The internationalisation of R&D by multinationals: a trade-off between external and internal proximity. In: *Cambridge Journal of Economics* 23 (2), S. 187–206.

Bleicher, Knut; Gomez, Peter; Staerke, Robert (Hg.) (1990): Zukunftsperspektiven der Organisation. Festschrift zum 65. Geburtstag von Professor Dr. Robert Staerke. Bern: Stämpfli.

Bliss, Christoph (2000): Management von Komplexität. Ein integrierter, systemtheoretischer Ansatz zur Komplexitätsreduktion. Wiesbaden: Gabler (Schriftenreihe Unternehmensführung und Marketing, Bd. 35).

Blüchel, Kurt; Malik, Fredmund (Hg.) (2006): Faszination Bionik. Die Intelligenz der Schöpfung. München: Bionik Media.

Bohne, Fabian (1998): Komplexitätskostenmanagement in der Automobilindustrie. Identifizierung und Gestaltung vielfaltsinduzierter Kosten. Gabler edition Wissenschaft. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag; Imprint.

Boisot, Max; Child, John (1999): Organizations as Adaptive Systems in Complex Environments. The Case of China. In: *Organization Science* 10 (3), S. 237–252.

Borchardt, Andreas; Göthlich, Stephan E. (2007): Erkenntnisgewinnung durch Fallstudien. In: Sönke Albers (Hg.): Methodik der empirischen Forschung. 2., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Gabler, S. 33–48.

Brenton, Paul; Sheehy, John; Vancauteran, Marc (2001): Technical Barriers to Trade in the European Union: Importance for Accession Countries. In: *Journal of Common Market Studies* 39 (2), S. 265–284.

Brosch, Max (2014): Eine Methode zur Reduzierung der produktvarianteninduzierten Komplexität. @Hamburg-Harburg, Techn. Univ., Institut für Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, Diss., 2014. [Elektronische Ressource]. Hamburg: Techn. Univ. Hamburg-Harburg Univ.-Bibl (Hamburger Schriftenreihe Produktentwicklung und Konstruktionstechnik, 7). Online verfügbar unter <http://doku.b.tu-harburg.de/volltexte/2015/1316>.

Budde, Lukas (2016): Integriertes Komplexitätsmanagement in produzierenden Unternehmen. Ein Modell zur Bewertung von Komplexität. Bamberg: Difo-Druck GmbH.

Buiga, Andrei (2012): Investigating the Role of MQB Platform in Volkswagen Group's Strategy and Automobile Industry. In: *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences* 9 (2), S. 391–399.

Chen, Kuo-Min; Liu, Ren-Jye (2005): Interface strategies in modular product innovation. In: *Technovation* 25 (7), S. 771–782. DOI: 10.1016/j.technovation.2004.01.013.

Cheng, Yang; Johansen, John; Hu, Haibo (2015): Exploring the interaction between R&D and production in their globalisation. In: *Int Jrnl of Op & Prod Mngemnt* 35 (5), S. 782–816. DOI: 10.1108/IJOPM-01-2013-0009.

Child, John; Rodrigues, Suzana B. (2011): How Organizations Engage with External Complexity. A Political Action Perspective. In: *Organization Studies* 32 (6), S. 803–824. DOI: 10.1177/0170840611410825.

Closs, David J.; Jacobs, Mark A.; Swink, Morgan; Webb, G. Scott (2008): Toward a theory of competencies for the management of product complexity. Six case studies. In: *Journal of Operations Management* 26 (5), S. 590–610. DOI: 10.1016/j.jom.2007.10.003.

Colotla, Ian; Shi, Yongjiang; Gregory, Michael J. (2003): Operation and performance of international manufacturing networks. In: *Int Jrnl of Op & Prod Mngemnt* 23 (10), S. 1184–1206. DOI: 10.1108/01443570310496625.

Csik, Michaela (2014): Muster und das Generieren von Ideen für Geschäftsmodellinnovationen. Bamberg: Difo-Druck GmbH.

Darwin, Charles (1859): *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. London: John Murray.

Dehnen, Karsten (2004): Strategisches Komplexitätsmanagement in der Produktentwicklung. Zugl.: Münster (Westfalen), Univ., Diss., 2004. Hamburg: Kovač (Schriftenreihe strategisches Management, Bd. 17).

Dollar, David; Ganne, Emmanuelle; Stolzenburg, Victor; Wang, Zhi (Hg.) (2019): *Global value chain development report 2019. Technological innovation, supply chain trade, and workers in a globalized world*. World Trade Organization. Geneva.

Doran, D.; Hill, A. (2009): A review of modular strategies and architecture within manufacturing operations. In: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering* 223 (1), S. 65–75. DOI: 10.1243/09544070JAUTO822.

Doran, Desmond (2003): Supply chain implications of modularization. In: *Int Jrnl of Op & Prod Mngemnt* 23 (3), S. 316–326. DOI: 10.1108/01443570310462785.

Doran, Desmond; Hill, A.; Hwang, Ki-Soon; Jacob, Gregoire (2007): Supply chain modularisation: Cases from the French automobile industry. In: *International Journal of Production Economics* (106), S. 2–11.

Du, G.; Yu, J.; Wu, R. Y.; Sun, L. (2013): Leader-follower Joint Optimization of Product Family Configuration and Supply Chain Design. In: *International Journal of Knowledge, Innovation and Entrepreneurship* 1 (1-2), S. 6–23.

Dunning, John; Lundan, Sarianna (2009): The Internationalization of Corporate R&D: A Review of the Evidence and Some Policy Implications for Home Countries. In: *Review of Policy Research* 26 (1-2), S. 13–33.

Dyckhoff, Harald; Spengler, Thomas Stefan (2010): Produktionswirtschaft. Eine Einführung, 3., überarb. und erw. Aufl. Berlin: Springer (Springer-Lehrbuch). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-13684-9>.

Eisenhardt, Kathleen M. (1989): Building Theories from Case Study Research. In: *The Academy of Management Review* 14 (4), S. 532–550.

Eisenhardt, Kathleen M.; Piezunka, Henning (2011): Complexity Theory and Corporate Strategy. In: Peter Allen (Hg.): *SAGE Handbook of Complexity and Management*: SAGE, S. 506–523.

ElMaraghy, H.; Schuh, G.; ElMaraghy, W.; Piller, F.; Schönsleben, P.; Tseng, M.; Bernard, A. (2013): Product variety management. In: *CIRP Annals* 62 (2), S. 629–652. DOI: 10.1016/j.cirp.2013.05.007.

ElMaraghy, Hoda; ElMaraghy, Waguih (2014): Variety, Complexity and Value Creation. In: Michael F. Zäh (Hg.): *Variety, Complexity and Value Creation. Proceedings of the 5th International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (CARV 2013)*, Munich, Germany, October 6th - 9th, 2013. Cham: Springer, S. 1–7.

ElMaraghy, Waguih; ElMaraghy, Hoda; Tomiyama, Tetsuo; Monostori, Laszlo (2012): Complexity in engineering design and manufacturing. In: *CIRP Annals* 61 (2), S. 793–814. DOI: 10.1016/j.cirp.2012.05.001.

Espejo, R.; Watt, J. (1988): Information and Management, Organization and Managerial Effectiveness. In: *Journal of the Operational Research Society* 39 (1), S. 7–14.

Espejo, Raul; Bowling, Diane; Hoverstadt, Patrick (1999): The viable system model and the Viplan software. In: *Kybernetes* 28 (6/7), S. 661–678.

Espejo, Raul; Reyes, Alfonso (2011): Organizational systems. Managing complexity with the viable system model. New York: Springer.

Ethier, Wilfried J. (1986): The Multinational Firm. In: *The Quarterly Journal of Economics* (101), S. 805–834.

Ferdows, K. (1997a): Made in the world: the global spread of production. In: *Production and Operations Management* 6 (2), S. 102–109.

Ferdows, K. (1997b): Making the most of foreign factories. In: *Harvard Business Review* 75 (2), S. 73–88.

Fine, C. H. (2000): Clockspeed-based strategies for supply chain design. In: *Production and Operations Management* 9 (3), S. 213–221.

Fixson, Sebastian K. (2005): Product architecture assessment. A tool to link product, process, and supply chain design decisions. In: *Journal of Operations Management* 23 (3-4), S. 345–369. DOI: 10.1016/j.jom.2004.08.006.

Fixson, Sebastian K.; Park, Jin-Kyu (2008): The power of integrality: Linkages between product architecture, innovation, and industry structure. In: *Research Policy* (37), S. 1296–1316.

Framinan, Jose M.; Ruiz, Rubén (2010): Architecture of manufacturing scheduling systems. Literature review and an integrated proposal. In: *European Journal of Operational Research* 205 (2), S. 237–246. DOI: 10.1016/j.ejor.2009.09.026.

Frandsen, Thomas (2017): Evolution of modularity literature. A 25-year bibliometric analysis. In: *Int Jrrnl of Op & Prod Mngemnt* 37 (6), S. 703–747. DOI: 10.1108/IJOPM-06-2015-0366.

Fricker, Achim Roland (1996): Eine Methodik zur Modellierung, Analyse und Gestaltung komplexer Produktionsstrukturen. 1. Aufl. Aachen: Verl. der Augustinus-Buchhandlung (Aachener Beiträge zu Humanisierung und Rationalisierung, Bd. 27).

Friedli, Thomas (2006): Technologiemanagement. Modelle zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit. 1. Aufl. Berlin: Springer.

Friedli, Thomas; Mundt, Andreas; Thomas, Stefan (2013): Management globaler Produktionsnetzwerke. Strategie, Konfiguration, Koordination. München: Hanser.

Friedman, Thomas L. (2005): The World is Flat. A brief history of the globalized world in the 21st century. London: Lane.

Frost & Sullivan (2016): Modular Architecture & Strategies—Approach of Key Global OEMs. Top 16 OEM Platforms to be Underpinned to More than 46 Million Vehicles in 2022.

Gassmann, Oliver; Frankenberger, Karolin; Csik, Michaela (2013): Geschäftsmodelle entwickeln. 55 innovative Konzepte mit dem St. Galler Business Model Navigator. München: Hanser. Online verfügbar unter <http://www.hanser-elibrary.com/action/showBook?doi=10.3139/9783446437654>.

Ghemawat, Pankaj (2001): Distance Stil Matters. The hard reality of global expansion. In: *Harvard Business Review* 79 (8), S. 137–147.

Ghemawat, Pankaj (2003): Semiglobalization and International Business Strategy. In: *Journal of International Business Studies* 34 (2), S. 138–152.

Ghemawat, Pankaj (2007): Managing Differences. The Central Challenge of Global Strategy. In: *Harvard Business Review* 85 (3), S. 58–68.

Ghemawat, Pankaj; Altman, Steven A. (2019): Globalization. The State of Globalization in 2019, and What It Means for Strategists. Hg. v. Harvard Business School Publishing Corporation. *Harvard Business Review* (Global Business). Online verfügbar unter <https://hbr.org/product/the-state-of-globalization-in-2019-and-what-it-means-for-strategists/H04RLJ-PDF-ENG>, zuletzt aktualisiert am 06.02.2019, zuletzt geprüft am 28.04.2019.

Gomez, Peter (1990): Autonomie durch Organisation. Die Gestaltung unternehmerischer Freiräume. In: Knut Bleicher, Peter Gomez und Robert Staerke (Hg.): *Zukunftsperspektiven der Organisation*. Festschrift zum 65. Geburtstag von Professor Dr. Robert Staerke. Bern: Stämpfli, S. 99–113.

Gomez, Peter; Zimmermann, Tim (1999): *Unternehmensorganisation*. Profile, Dynamik, Methodik. 4. Aufl. Frankfurt a.M: Campus Verlag (St. Galler Management-Konzept, Bd. 3, Ed. 4).

Gong, Yeming (2013): *Global Operations Strategy. Fundamentals and Practice*. Heidelberg: Springer (Springer Texts in Business and Economics). Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=1317703>.

Göpfert, Jan (1998): *Modulare Produktentwicklung. Zur gemeinsamen Gestaltung von Technik und Organisation*. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag (Gabler Edition Wissenschaft).

Götzfried, Matthias (2013): *Managing Complexity Induced by Product Variety in Manufacturing Companies. Complexity Evaluation and Integration in Decision-Making*. Bamberg: Difo-Druck GmbH.

Grand, Simon; Rüegg-Stürm, Johannes; Arx, W. von (2015): Constructivist paradigms. implications for strategy-as-practice research. In: Damon Golsorkhi, Linda Rouleau, David Seidl und Eero Vaara (Hg.): *Cambridge Handbook of*

Strategy as Practice. 2. Aufl. Cambridge, Cambridge: Cambridge University Press, S. 78–94.

Größler, Andreas; Grübner, André; Milling, Peter M. (2006): Organisational adaptation processes to external complexity. In: *Int Jrrnl of Op & Prod Mngemnt* 26 (3), S. 254–281. DOI: 10.1108/01443570610646193.

Gunasekaran, A.; Ngai, E.W.T. (2005): Build-to-order supply chain management. A literature review and framework for development. In: *Journal of Operations Management* 23 (5), S. 423–451. DOI: 10.1016/j.jom.2004.10.005.

Gutenberg, Erich (1983): Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Die Produktion. 24. Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer (1).

Hanenkamp, Nico (2004): Entwicklung des Geschäftsprozesses Komplexitätsmanagement in der kundenindividuellen Serienfertigung. Ein Beitrag zum Informationsmanagement in mehrdimensional modellierten Produktionssystemen. Aachen: Shaker.

Hayes, Robert H.; Pisano, Gary P.; Upton, David; Wheelwright, Steven C. (2005): Operations, strategy, and technology. Pursuing the competitive edge. Hoboken, NJ: Wiley.

Henderson, Bruce D. (1983): The Anatomy of Competition. In: *Journal of Marketing* 47 (2), S. 7–11.

Henderson, Bruce D. (1989): The Origin of Strategy. What business owe Darwin and other reflections on competitive dynamics. In: *Harvard Business Review* 67 (6), S. 139–143.

Heuskel, Dieter (1999): Wettbewerb jenseits von Industriegrenzen. Aufbruch zu neuen Wachstumsstrategien. 1. Aufl. Frankfurt am Main: Campus Verlag GmbH (Business Backlist).

Hill, A. V.; Ulrich, P. (1979): Wissenschaftliche Aspekte ausgewählter betriebswirtschaftlicher Konzeptionen. In: Hans Raffée und Bodo Abel (Hg.): Wissenschaftstheoretische Grundfragen der Wirtschaftswissenschaften. München: Vahlen (WiSt-Taschenbücher).

Hoffmann, Charlotte-Angela (2017): Methodik zur Steuerung modularer Produktbaukästen. Dissertation. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-658-20562-1>.

Höge, Robert (1995): Organisatorische Segmentierung. Ein Instrument zur Komplexitätshandhabung. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag; Imprint (Gabler Edition Wissenschaft, Information - Organisation - Produktion).

Homburg, Christian (2017): Marketingmanagement. Strategie - Instrumente - Umsetzung - Unternehmensführung. 6. Aufl. 2017. Wiesbaden: Gabler (SpringerLink : Bücher).

Homburg, Christian; Weber, Jürgen (1996): Individualisierte Produktion. In: Werner Kern, Hans-Horst Schröder und Jürgen Weber (Hg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft. 2., völlig neu gestaltete Auflage. Stuttgart: Poeschel (Enzyklopädie der Betriebswirtschaftslehre, Band 7), S. 653–663.

Hsuan, Juliana; Mahnke, Volker (2011): Outsourcing R&D: a review, model, and research agenda. In: *R&D Management* 41 (1), S. 1–7.

Jacobides, Michael G.; Hitt, Lorin M. (2005): Losing Sight of the Forest for the Trees? Productive Capabilities and Gains from Trade as Drivers of Vertical Scope. In: *Strat. Mgmt. J.* 26 (13), S. 1209–1227.

Jakob, Frank; Strube, Gernot (2008): Why Go Global? The Multinational Imperative. In: Eberhard Abele, Tobias Meyer, Ulrich Näher, Gernot Strube und Richard Sykes (Hg.): *Global Production. A Handbook for Strategy and Implementation*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S. 2–33.

Jiao, Jianxin; Simpson, Timothy W.; Siddique, Zahed (2007): Product family design and platform-based product development. A state-of-the-art review. In: *J Intell Manuf* 18 (1), S. 5–29. DOI: 10.1007/s10845-007-0003-2.

Kaiser, Andreas (1995): Integriertes Variantenmanagement mit Hilfe der Prozesskostenrechnung. Hallstadt: Rosch-Buch (Dissertationen / Hochschule St. Gallen, 1742).

Kelly, Kevin (1994): Out Of Control. The New Biology of Machines, Social Systems, and the Economic World. 5. Aufl. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company.

Kesel, Antonia B. (2011): Sind Prozesse aus der Natur auf Wirtschaftsprozesse übertragbar? In: Klaus-Stephan Otto und Thomas Speck (Hg.): Darwin meets Business. Evolutionäre und bionische Lösungen für die Wirtschaft. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler, S. 81–86.

Kirchhof, Robert (2003): Ganzheitliches Komplexitätsmanagement. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.

Klug, Florian (2018): Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau. 2. Auflage. Berlin: Springer Vieweg (VDI-Buch). Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-55873-7>.

Kubicek, H. (1977): Heuristische Bezugsrahmen und heuristisch angelegte Forschungsdesigns als Elemente einer Konstruktionsstrategie empirischer Forschung. In: Richard Köhler (Hg.): Empirische und handlungstheoretische Forschungskonzeptionen in der Betriebswirtschaftslehre. Bericht über d. Tagung in Aachen, März 1976. 1. Aufl. Stuttgart: Poeschel.

Lamnek, Siegfried (2008): Qualitative Sozialforschung. Lehrbuch. 4., vollst. überarb. Aufl., [Nachdr.]. Weinheim: Beltz PVU. Online verfügbar unter <http://www.socialnet.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-3-621-27544-6>.

Lasch, Rainer; Gießmann, Marco (2009): Ganzheitliche Ansätze zum Komplexitätsmanagement – eine kritische Würdigung aus Sicht der Beschaffungslogistik. In: Ronald Bogaschewsky (Hg.): Supply management research. Aktuelle Forschungsergebnisse 2008. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler (Advanced studies in supply management, 1), S. 195–231.

Lindemann, Udo; Reichwald, Ralf; Zäh, Michael F. (2006): Individualisierte Produkte-Komplexität beherrschen in Entwicklung und Produktion. 1. Aufl. Berlin: Springer (VDI).

Luckert, Melanie (2018): Potenzial der Fertigungssegmentierung zur Erhöhung der produktionslogistischen Leistungsfähigkeit. 1. Aufl. Aachen: Apprimus-Verl. (Ergebnisse aus der Produktionstechnik, 38/2018).

Lützner, Richard (2017): Shared Factories - A focused factory perspective on the management of co-located manufacturing units in international manufacturing networks. 1. Aufl. Bamberg: Difo-Druck GmbH.

Malik, Fredmund (2008): Strategie des Managements komplexer Systeme. Ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme. Neuausg., 10. Aufl. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt.

Malik, Fredmund (2015): Strategie des Managements komplexer Systeme. Ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme. 11. Auflage. Bern: Haupt Verlag.

Marti, Michael (2007): Complexity management. Optimizing product architecture of industrial products. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag (Gabler Edition Wissenschaft, No. 3352).

Maurer, Maik (2017): Complexity Management in Engineering Design. A Primer. 1. Aufl. Berlin: Springer Vieweg.

Mele, Cristina; Pels, Jacqueline; Polese, Francesco (2010): A Brief Review of Systems Theories and Their Managerial Applications. In: *Service Science* 2 (1-2), S. 126–135. DOI: 10.1287/serv.2.1_2.126.

Meyer, Christian Martin (2007): Integration des Komplexitätsmanagements in den strategischen Führungsprozess der Logistik. 1. Aufl. Bern [u.a.]: Haupt (Schriftenreihe Logistik der Kühne-Stiftung, 12).

Mikkola, Juliana H. (2006): Capturing the Degree of Modularity Embedded in Product Architectures*. In: *J Product Innovation Man* 23 (2), S. 128–146. DOI: 10.1111/j.1540-5885.2006.00188.x.

Nachtigall, Werner (2002): Bionik. Grundlagen und Beispiele für Ingenieure und Naturwissenschaftler. 2., vollständig neu bearbeitet Aufl. Berlin [etc.]: Springer.

Nachtigall, Werner (2010): Bionik als Wissenschaft. Erkennen - Abstrahieren - Umsetzen. Berlin, Heidelberg: Springer.

Nachtigall, Werner; Wissler, Alfred (2013): Bionik in Beispielen. Berlin: Springer.

Neubaur, Christian (2003): Konzept strategisches Variantenmanagement. Bamberg: Difo-Druck GmbH.

Neuhausen, Jörn (2002): Methodik zur Gestaltung modularer Produktionssysteme für Unternehmen der Serienproduktion. Aachen: Publikationsserver der RWTH Aachen University.

Otto, Klaus-Stephan; Speck, Thomas (Hg.) (2011): Darwin meets Business. Evolutionäre und bionische Lösungen für die Wirtschaft. 1. Aufl. Wiesbaden: Gabler.

Parslov, Jakob Filippson; Mortensen, Niels Henrik (2015): Interface definitions in literature. A reality check. In: *Concurrent Engineering* 23 (3), S. 183–198. DOI: 10.1177/1063293X15580136.

- Pashaei, Sebastian; Olhager, Jan (2015): Product architecture and supply chain design. A systematic review and research agenda. In: *Supp Chain Mngmnt* 20 (1), S. 98–112. DOI: 10.1108/SCM-12-2013-0487.
- Pashaei, Sebastian; Olhager, Jan (2017a): The impact of global operations on product architecture. An exploratory study. In: *Int Jrnl of Op & Prod Mngemnt* 37 (10), S. 1304–1326. DOI: 10.1108/IJOPM-06-2015-0367.
- Pashaei, Sebastian; Olhager, Jan (2017b): The impact of product architecture on global operations network design. In: *Jnl of Manu Tech Mngmnt* 28 (3), S. 353–370. DOI: 10.1108/JMTM-11-2015-0108.
- Pérez Ríos, José (2010): Models of organizational cybernetics for diagnosis and design. In: *Kybernetes* 39 (9/10), S. 1529–1550. DOI: 10.1108/03684921011081150.
- Pero, Margherita; Abdelkafi, Nizar; Sianesi, Andrea; Blecker, Thorsten (2010): A framework for the alignment of new product development and supply chains. In: *Supply Chain Management: An International Journal* 15 (2), S. 115–128. DOI: 10.1108/13598541011028723.
- Petersen, Kenneth J.; Handfield, Robert B.; Ragatz, Gary L. (2005): Supplier integration into new product development: coordinating product, process and supply chain design. In: *Journal of Operations Management* (23), S. 371–388.
- Pil, Frits; Holweg, Matthias (2006): Modularity: Implications for Imitation, Innovation, and Sustained Advantage. In: *The Academy of Management Review* 31 (4), S. 995–1011.
- Piller, Frank Thomas (2006): Mass Customization. Ein wettbewerbsstrategisches Konzept im Informationszeitalter. 4., überarb. und erw. Aufl. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. (Gabler-Edition Wissenschaft : Markt- und Unternehmensentwicklung).

Piller, Frank Thomas; Waringer, Daniela (1999): Modularisierung in der Automobilindustrie. Neue Formen und Prinzipien / Modular Sourcing, Plattformkonzept und Fertigungssegmentierung als Mittel des Komplexitätsmanagements. Aachen: Shaker (Berichte aus der Betriebswirtschaft).

Pine, B. Joseph (1993): Mass customization. The new frontier in business competition. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.

Porter, Michael E. (1980): Competitive strategy. Techniques for analyzing industries and competitors. With a new introduction. New York: Free Press.

Puhl, Henry (1999): Komplexitätsmanagement. Ein Konzept zur ganzheitlichen Erfassung, Planung und Regelung der Komplexität in Unternehmensprozessen. Kaiserslautern: ZBT-Abteilung Foto-Repro-Druck der Universität Kaiserslautern.

Rathnow, Peter J. (1993): Integriertes Variantenmanagement. Bestimmung, Realisierung und Sicherung der optimalen Produktvielfalt. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht (Innovative Unternehmensführung, Bd. 20).

Rathnow, Peter J. (2010): Management weltweit. Mit praxiserprobten Instrumenten zu Spitzenleistungen. München: Oldenbourg.

Reichhart, Andreas; Holweg, Matthias (2007): Creating the customer-responsive supply chain. A reconciliation of concepts. In: *Int Jrnl of Op & Prod Mngemnt* 27 (11), S. 1144–1172. DOI: 10.1108/01443570710830575.

Ro, Young K.; Liker, Jeffrey K.; Fixson, Sebastian K. (2007): Modularity as a Strategy for Supply Chain Coordination: The Case of U.S. Auto. In: *IEEE Transactions of Engineering Management* 54 (1), S. 172–189.

Roy, R.; Evans, R.; Low, M. J.; Williams, D. K. (2011): Addressing the impact of high levels of product variety on complexity in design and manufacture. In: *Journal of Engineering Manufacture* 225 (10), S. 1939–1950.

Rudolf, Stefan (2013): Produktionsgerechte Baukastengestaltung. Aachen: Apprimus-Verl.

Rüegg-Stürm, Johannes; Grand, Simon (2015): Das St. Galler Management-Modell. 2., vollständig überarbeitete und grundlegend weiterentwickelte Auflage 2015. Bern: Haupt Verlag.

Rugman, Alan M.; Verbeke, Alain (1992): A Note on the Transnational Solution and the Transaction Cost Theory of Multinational Strategic Management. In: *Journal of International Business Studies* 23 (4), S. 761–771.

Rugman, Alan M.; Verbeke, Alain (2005): Towards a Theory of Regional Multinationals: A Transaction Cost Economics Approach. In: *Management International Review* 45 (1), S. 5–17.

Sanchez, Ron (1996): Strategic Product Creation: Managing New Interactions of Technology, Markets, and Organizations. In: *European Management Journal* 14 (2), S. 121–138.

Sanchez, Ron (2008): Modularity in the mediation of market and technology change. In: *IJTM* 42 (4), S. 331–364. DOI: 10.1504/IJTM.2008.019380.

Sanchez, Ron (2015): The Essential Leadership Role of Senior Management in Adopting Architectural Management and Modular Strategies (AMMS), with Perspectives of European Automotive Firms. In: *Japan Society For Research Policy and Innovation Management* 30 (3), S. 152–178.

Sanchez, Ron; Hang, Chang Chieh (2017): Modularity in New Market Formation: Lessons for Technology and Economic Policy and Economic Policy and Competence-Based Strategic Management. In: *Mid-Range Management Theory: Competence Perspectives on Modularity and Dynamic Capabilities*, S. 131–165.

Sanchez, Ron; Mahoney, Joseph T. (1996): Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design. In: *Strat. Mgmt. J.* 17 (S2), S. 63–76. DOI: 10.1002/smj.4250171107.

Schilling, Melissa A. (2000): Toward a General Modular Systems Theory and Its Application to Interfirm Product Modularity. In: *Academy of Management Review* 25 (2), S. 312–334.

Schlegelmilch, Bodo B. (2016): Global Marketing Strategy. An Executive Digest. 1st ed. 2016. Switzerland: Springer (Management for Professionals). Online verfügbar unter <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&AN=175378>.

Schoeller, Nicolas (2009): Internationales Komplexitätsmanagement am Beispiel der Automobilindustrie. Aachen. Online verfügbar unter http://darwin.bth.rwth-aachen.de/opus3/volltexte/2009/3007/pdf/Schoeller_Nicolas.pdf, zuletzt geprüft am 30.05.2019.

Schoeneberg, Klaus-Peter (2014a): Komplexität – Einführung in die Komplexitätsforschung und Herausforderungen für die Praxis. In: Klaus-Peter Schoeneberg (Hg.): Komplexitätsmanagement in Unternehmen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 13–27.

Schoeneberg, Klaus-Peter (Hg.) (2014b): Komplexitätsmanagement in Unternehmen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.

Schuh, Günther (2005): Produktkomplexität managen. Strategien - Methoden - Tools. 2., überarb. und erw. Aufl. München, Wien: Hanser.

Schuh, Günther (Hg.) (2015): Leitfaden zur Baukastengestaltung. Ergebnisse des Forschungsprojekts Gestaltung innovativer Baukasten- und Wertschöpfungsstrukturen (GiBWert) ; ... innerhalb des Rahmenkonzeptes "Foschung für die Produktion von morgen". Stuttgart: VDMA Verl.

Schuh, Günther; Friedli, Thomas; Schiffer, Michael; Rohde, Daniel; Tönnies, Christian (2017): Globales Komplexitätsmanagement. Zusammenfassung der Ergebnisse des Konsortial-Benchmarkings. Aachen: Complexity Management Academy GmbH.

Schuh, Günther; Riesener, Michael (2017): Produktkomplexität managen. Strategien - Methoden - Tools. Unter Mitarbeit von Stefan Breunig, Christian Dölle, Manuel Ebi, Michael Gerrit Schiffer, Sebastian Schloesser und Elisabeth Schrey. 3., vollständig überarbeitete Auflage. München: Hanser. Online verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.3139/9783446453340>.

Schuh, Günther; Schmidt, Carsten (2014): Grundlagen des Produktionsmanagements. In: Günther Schuh und Carsten Schmidt (Hg.): Produktionsmanagement. Handbuch Produktion und Management 5. 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg (VDI-Buch), S. 1–61.

Schwaninger, Markus (2009a): Complex versus complicated. The how of coping with complexity. In: *Kybernetes* 38 (1), S. 83–92.

Schwaninger, Markus (2009b): Intelligent organizations. Powerful models for systemic management. 2. ed. Berlin: Springer.

Schwaninger, Markus (2016): Fit mit VSM (Viable Systems Model). Ein Referenzmodell für lebensfähige Organisationen. Diskussionspapier des Instituts für Betriebswirtschaft. St.Gallen: Institut für Betriebswirtschaft der Universität St.Gallen (Diskussionspapier des Instituts für Betriebswirtschaft, 61).

Schweikert, Simone (2000): Konsortialbenchmarking-Projekte. Untersuchung und Erweiterung der Benchmarking-Methodik im Hinblick auf ihre Eignung, Wandel und Lernen in Organisationen zu unterstützen. Flein: Schweikert.

Schwenk-Willi, Urs (2001): Integriertes Komplexitätsmanagement. Anleitungen und Methodiken für die produzierende Industrie auf Basis einer typologischen Untersuchung. Bamberg: Difo-Druck GmbH.

Shi, Yongjiang; Gregory, Mike (1998): International manufacturing networks—to develop global competitive capabilities. In: *Journal of Operations Management* 16 (2-3), S. 195–214. DOI: 10.1016/S0272-6963(97)00038-7.

Simon, Sebastian; Näher, Ulrich; Lauritzen, Mads D. (2008): R&D: Aligning the interface with production. In: Eberhard Abele, Tobias Meyer, Ulrich Näher, Gernot Strube und Richard Sykes (Hg.): *Global Production. A Handbook for Strategy and Implementation*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg, S. 350–371.

Simpson, Timothy W.; Jiao, Jianxin; Siddique, Zahed; Hölttä-Otto, Katja (Hg.) (2014): *Advances in product family and product platform design. Methods & applications*. New York, N.Y.: Springer.

Skirde, Henning; Kersten, Wolfgang; Schröder, Meike (2016): Measuring the Cost Effects of Modular Product Architectures — A Conceptual Approach. In: *Int. J. Innovation Technol. Management* 13 (04), S. 1650017. DOI: 10.1142/S0219877016500176.

Sommer, Martin (2016): *Produktbaukastengerechte Organisationsstrukturen*. Aachen: Apprimus-Verl.

Stüttgen, Manfred (1999): *Strategien der Komplexitätsbewältigung in Unternehmen. Ein transdisziplinärer Bezugsrahmen*. Bern, Stuttgart, Wien: P. Haupt (St. Galler Beiträge zum integrierten Management, Bd. 12).

Takeuchi, H.; Porter, Michael Eugene (1993): Three roles of international marketing in global strategies. In: Michael Eugene Porter (Hg.): *Competition in global industries*. [Nachdr.]. Boston, Mass.: Harvard Business School Press (Harvard Business School, Research Colloquium).

Taleb, Nassim Nicholas (2011): *The black swan. The impact of the highly improbable*. 2nd ed., Random trade pbk. ed. New York: Random House Trade Paperbacks.

Tarride, Mario Iván (2013): The complexity of measuring complexity. In: *Kybernetes* 42 (2), S. 174–184. DOI: 10.1108/03684921311310558.

Thomas, Simone (2015): Towards an integrated management of sites in a global manufacturing network. A site role portfolio approach. Bamberg: Difo-Druck GmbH.

Thomas, Stefan (2013): Produktionsnetzwerksysteme - Ein Weg zu effizienten Produktionsnetzwerken. Bamberg: Difo-Druck GmbH.

Thompson, Debora Viana; Hamilton, Rebecca W.; Rust, Roland T. (2005): Feature Fatigue: When Product Capabilities Become Too Much of a Good Thing. In: *Journal of Marketing Research* 42 (4), S. 431–442.

Tomczak, Thorsten (1992): Forschungsmethoden in der Marketingwissenschaft. Ein Plädoyer für den qualitativen Forschungsansatz. In: *Marketing ZfP* (2), S. 77–87.

Ulrich, Hans (1984): Management. Bern u.a.: Haupt (Schriftenreihe Unternehmung und Unternehmungsführung, Bd. 13).

Ulrich, Hans; Probst, Gilbert (2001): Anleitung zum ganzheitlichen Denken und Handeln. ein Brevier für Führungskräfte. III. Bern: Haupt.

Varandani, Rawina Mehru (2014): Managementkomplexität als Gestaltungsgröße kostenoptimierter globaler Produktionsnetzwerke. Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2014. 1. Aufl. Aachen: Apprimus-Verl. (Edition Wissenschaft - Apprimus, Bd. 2014,19).

Verbeke, Alain; Asmussen, Christian Geisler (2016): Global, Local, or Regional? The Locus of MNE Strategies. In: *Jour. of Manage. Stud.* 53 (6), S. 1051–1075. DOI: 10.1111/joms.12190.

Vogel, Wolfgang; Lasch, Rainer (2015): Approach for Complexity Management in Variant-rich Product Development. In: Wolfgang Kersten, Thorsten Blecker und Christian M. Ringle (Hg.): Operational excellence in logistics and supply chains. Optimization methods, data-driven approaches and security insights. 1st ed. Berlin: epubli GmbH (Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL), 22), S. 97–140.

Vogel, Wolfgang; Lasch, Rainer (2016): Complexity drivers in manufacturing companies. A literature review. In: *Logist. Res.* 9 (1), S. 1399. DOI: 10.1007/s12159-016-0152-9.

Volkswagen AG (2018): Geschäftsbericht 2017. Gemeinsam den Wandel gestalten. Bad Oeynhausen: Kunst und Werbedruck.

Waltl, Hubert; Wildemann, Horst (2014): Modularisierung der Produktion in der Automobilindustrie. 1. Aufl. München: TCW, Transfer-Zentrum (TCW, 30).

Wan, Xiang; Dresner, Martin E. (2015): Closing the Loop: An Empirical Analysis of the Dynamic Decisions Affecting Product Variety. In: *Decision Sciences* 46 (6), S. 1141–1164.

Wan, Xiang; Evers, Philip T.; Dresner, Martin E. (2012): Too much of a good thing. The impact of product variety on operations and sales performance. In: *Journal of Operations Management* 30 (4), S. 316–324. DOI: 10.1016/j.jom.2011.12.002.

Westkämper, Engelbert; Löffler, Carina (2016): Strategien der Produktion. Technologien, Konzepte und Wege in die Praxis. Berlin, Heidelberg: Springer. Online verfügbar unter <http://gbv.ebib.com/patron/FullRecord.aspx?p=4530194>.

Westphal, Jan R. (2001): Komplexitätsmanagement in der Produktionslogistik. Ein Ansatz zur flussorientierten Gestaltung und Lenkung heterogener Produktionssysteme. Gabler edition Wissenschaft. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag; Imprint (Gabler Edition Wissenschaft).

Wiener, Norbert (1948): *Cybernetics*: JSTOR.

Wiener, Norbert (1952): *Cybernetics. control and communication in the animal and in the machine*. New York: Wiley.

Wildemann, Horst (2000): *Komplexitätsmanagement. Leitfaden zur Einführung eines durchgängigen Komplexitätsmanagements*. 1. Aufl. München: TCW-Verlag (Leitfaden / TCW, 78).

Wildemann, Horst (2008): *Komplexitätsmanagment in Vertrieb, Beschaffung, Produkt, Entwicklung und Produktion*. München: TCW Transfer-Centrum GmbH & Co. KG.

Wildemann, Horst (2016): *Modularisierung 4.0. Leitfaden zur modularen Gestaltung von Organisation, Produkten, Produktion und Services*. 4. Auflage. München, München: TCW-Verlag (Leitfaden / TCW Transfer-Centrum für Produktionslogistik und Technologie-Management, 141).

Wilding, Richard (1998): The supply chain complexity triangle. Uncertainty generation in the supply chain. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management* 28 (8), S. 599–616.

Wolf, Joachim (2011): *Organisation, Management, Unternehmensführung. Theorien, Praxisbeispiele und Kritik*. 5., überarb. und akt. Aufl. Wiesbaden: Gabler (Gabler-Lehrbuch).

Yassine, Ali A.; Wissmann, Luke A. (2007): The Implications of Product Architecture on the Firm. In: *Syst. Engin.* 10 (2), S. 118–137. DOI: 10.1002/sys.20067.

Yin, Robert K. (2014): *Case study research. Design and methods*. Fifth edition. Los Angeles: SAGE.

Zerres, Christopher (2014): Notwendigkeit und Strategien eines Komplexitätsmanagements für variantenreiche Produkte. Ein Beitrag am Beispiel der Automobilbranche. In: Klaus-Peter Schoeneberg (Hg.): Komplexitätsmanagement in Unternehmen. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden, S. 289–308.

Zhang, Linda L. (2015): A literature review on multitype platforming and framework for future research. In: *International Journal of Production Economics* 168, S. 1–12. DOI: 10.1016/j.ijpe.2015.06.004.

ANHANG

Anhang 1: Fragebogen

Der nachfolgend dargestellte Fragebogen wurde im Konsortialbenchmarking „globales Komplexitätsmanagement“ erstellt und eingesetzt. Auf eine Darstellung begleitender Informationen zum Projekt wurde im Rahmen dieser Arbeit verzichtet. Im Rahmen der Untersuchung wurde der Fragebogen von 138 Unternehmen ausgefüllt und zurückgeschickt wurde.

Der Fragebogen ist wie folgt strukturiert:

- (1) Unternehmensdaten
- (2) Umgang mit Komplexität im Unternehmen
- (3) Management von Komplexität in Ihrem Unternehmen
 - Marktkomplexität
 - Produktkomplexität
 - Supply Chain und Produktionskomplexität

Abschnitt 1: Unternehmensdaten

Um eine vergleichbare Auswertung zu gewährleisten, bitten wir Sie, den Fragebogen entweder für ein Gesamtunternehmen oder einen ausgewählten Geschäftsbereich auszufüllen.

Auf welchen Betrachtungsbereich beziehen sich Ihre Angaben? (nur eine Auswahl möglich)

Unternehmensname: _____

Gesamtunternehmen

Ausgewählter Geschäftsbereich: _____

Bitte beantworten Sie im Folgenden alle Fragen im Hinblick auf den hier angegebenen Bereich!

01. Welcher Branche ordnen Sie sich (hauptsächlich) zu?

Maschinen- und Anlagenbau

Medizintechnik

Konsumgüterindustrie

Elektronikindustrie

Luft- und Raumfahrtindustrie

Optik- und Feinwerktechnik

Automobilindustrie

Chemieindustrie

Pharmazeutische Industrie

Andere: _____

02. Bitte geben Sie folgende Kennzahlen bezogen auf das letzte Finanzjahr an.

Umsatz (in Mio. €) < 100 100-500 500-1.000 1.000-5.000 > 5.000

Umsatzrendite Text 5-10% 10-15% 15-20% > 20%

Anteil der F&E-Kosten am Gesamtumsatz < 5% 5-10% 10-15% 15-20% > 20%

Mitarbeiter ges. (FTE) < 50 50-250 250-1.000 1.000-10.000 > 10.000

03. Wie haben sich die Kennzahlen in den letzten drei Jahren in Ihrer Firma entwickelt?

	< -10%	-10 % bis -5 %	-5 % bis 5 %	5 % bis 10 %	> 10%
Marktanteil	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EBIT (Earnings Before Interest and Taxes)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ROI (Return on Investment)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

04. Welche Art von Produkten (bzgl. Anzahl Einzelteile) wird hauptsächlich hergestellt?

<input type="checkbox"/> Einzelteile / Komponenten (1-10 Teile)	<input type="checkbox"/> Baugruppen (ca. 100)
<input type="checkbox"/> Maschinen (ca. 1.000)	<input type="checkbox"/> Großmaschinen / Anlagen (ca. 10.000)
<input type="checkbox"/> Güter der Prozessindustrie	

05. In welcher Art von Fertigung stellen Sie den Großteil Ihrer Produkte her?

<input type="checkbox"/> Einzel- / Kleinserienfertigung (< 20 Stk. pro Monat)	<input type="checkbox"/> Mittelserienfertigung (20-1000 Stk. pro Monat)
<input type="checkbox"/> Großserienfertigung (> 1000 Stk. pro Monat)	<input type="checkbox"/> Kontinuierliche Produktionsprozesse (Prozessindustrie)

06. In welcher Auftragsabwicklungsart vertreiben Sie Ihre Produkte?
(Mehrfachnennung möglich)

<input type="checkbox"/> Engineer to Order	<input type="checkbox"/> Make to Order / Assemble to Order
<input type="checkbox"/> Configure to Order	<input type="checkbox"/> Make to Stock

07. Die Wertschöpfungstiefe unserer Produkte ist...

sehr gering (bspw. nur Endmontage/Verpackung) gering mittel hoch sehr hoch (bspw. eigene Montage gering hoch und Fertigung)

08. Wie viele Forschungs- & Entwicklungs-, Produktions- und Vertriebsstandorte haben Sie weltweit?

F&E: _____ Produktion: _____

Vertrieb: _____ Gesamt: _____

09. Bitte kreuzen Sie die zugehörigen Standorte auf der Weltkarte an.

F & E
 Produktion
 Vertrieb

11. Wie hoch ist der Einfluss folgender interner Komplexitätstreiber auf die Komplexität in Ihrem Unternehmen? Nutzen Sie Kennzahlen (KPIs), um den Komplexitätstreiber zu messen?

	sehr gering					sehr hoch	KPI
Produktvielfalt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dynamik der (Produkt-)Programmänderungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aufbau der Produktstruktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dynamik der Produkttechnologien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vernetzungsgrad der Unternehmensprozesse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anzahl der Wertschöpfungsstufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dynamik der Produktionstechnologien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anzahl der Distributionsstufen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Organisationsstruktur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unternehmenskultur	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weitere: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Weitere: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Abschnitt 2: Umgang mit Komplexität im Unternehmen

Komplexitätsmanagement umfasst die Gestaltung, Steuerung und Entwicklung der Vielfalt des Leistungsspektrums (Produkte, Prozesse und Ressourcen) im Unternehmen. Durch die Verstärkung und Dämpfung der Komplexität wird die Fähigkeit angestrebt, die Vielfalt in allen Wertschöpfungsstufen so zu beherrschen, dass ein maximaler Beitrag zum Kundennutzen bei gleichzeitig hoher Wirtschaftlichkeit des Leistungserstellers erzielt werden kann.

12. Seit wann befassen Sie sich mit dem Thema Komplexitätsmanagement?

Seit (ca.) _____ Jahr(en)

Bislang keine Anwendung von Methoden des Komplexitätsmanagements

13. Bitte geben Sie an, inwieweit das Komplexitätsmanagement Bestandteil der Strategie ist.

trifft nicht zu trifft voll zu

14. Wie ist die Verantwortung des Komplexitätsmanagements implementiert?

Dauerhafte Implementierung Temporäre Projektteams Nicht implementiert

Falls eine dauerhafte Implementierung gewählt wurde, wo liegt hauptsächlich die Verantwortung?

Entwicklung Produktion

Produktmanagement Spezielle Abteilung innerhalb der Organisation

Permanente funktionsübergreifende Teams Sonstige: _____

15. Bitte benennen Sie die Bereiche, in welchen Sie bereits Projekte zum Management von Komplexität durchgeführt haben. (Mehrfachnennung möglich)

End-to-End Wertkette Produktportfolio

Organisation Supply Chain-Netzwerk

Produktion Vertrieb

Service / After Sales Beschaffung

Entwicklung Bislang keine Projekte

Andere: _____

16. Bitte geben Sie an, welche Ziele Sie mit dem Komplexitätsmanagement verfolgen und ob Sie diese erreichen konnten.

	Ziel ist hoch priorisiert					Ziel wurde erreicht				
	trifft nicht zu				trifft voll zu	trifft nicht zu				trifft voll zu
Reduktion der Produktkomplexität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Breitere Produktprogramme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Innovativere Produkte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kürzere Time-to-Market	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Günstigere Herstellungskosten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Reduktion der Prozessvielfalt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produktionsagilität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Bestellgrößenflexibilität	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Lieferzeitoptimierung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Serviceoptimierung (z. B. After-Sales / techn. Support)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
_____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

17. Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden Aussagen für die Steuerung und das Controlling der Komplexität zutreffen.

trifft nicht zu  trifft voll zu

„Es findet ein globales Controlling der Einhaltung von Komplexitätsvorgaben im gesamten Netzwerk statt.“

„Es werden regelmäßig Erfolgsmessungen des unternehmensweiten Komplexitätsmanagements durchgeführt.“

„Wir sind in der Lage die Erfolge des Komplexitätsmanagements im Unternehmen quantitativ auszuweisen.“

Abschnitt 3: Management von Komplexität in Ihrem Unternehmen

3.1 Marktkomplexität

Ein zentraler Teil des Komplexitätsmanagements besteht darin, externe Anforderungen wie regionale Kundenbedürfnisse oder regulatorische Anforderungen in das Produktportfolio zu überführen. Das Produktmanagement und der Vertrieb stellen dabei die Schnittstellen zum Management dieser externen Marktkomplexität dar. Durch eine integrierte Betrachtung kann die extern geforderte Komplexität intern effizient realisiert werden.

18. Wo ist die Entscheidungsverantwortung in den folgenden Kategorien festgelegt?

dezentral  zentral

Marketing

Vertrieb


Pricing

Produktmanagement

19. Wie haben sich folgende Kennzahlen in den letzten drei Jahren entwickelt?
(Falls Daten nicht verfügbar, bitten wir um Ihre Schätzung)

	< -20 %	-5 % bis 5%	> 20 %
Anzahl verkaufsfähiger Produktvarianten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Umsatz pro verkaufsfähiger Produktvariante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Profit pro verkaufsfähiger Produktvariante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

20. Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden Aussagen für die Variantenentstehung zutreffen.

	trifft nicht zu		trifft voll zu
„Die Variantenentstehung läuft nach einem klar definierten Prozess ab.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Der Vertrieb unterstützt das Produktmanagement mit regelmäßigen Marktanalysen und Stückzahlabschätzungen für neue Varianten.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Dem Vertrieb sind die varianteninduzierten Aufwände in den nachfolgenden Wertschöpfungsbereichen bewusst.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Wir berücksichtigen bei der Einführung einer neuen Produktvariante die Life-Cycle-Costs als Entscheidungsgrundlage.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

21. Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden Aussagen für den Vertriebsprozess zutreffen.

trifft nicht zu  trifft voll zu

„Alle unsere Vertriebsmitarbeiter sind in der Lage, unseren Kunden die Unterschiede zwischen den vorhandenen Produktvarianten zu erklären.“

„Wir motivieren unsere Vertriebsmitarbeiter, Standardvarianten bevorzugt anzubieten.“

„Der Vertriebsprozess wird durch Produktkonfiguratoren unterstützt.“

„Dem Vertriebsmitarbeiter ist immer transparent, ob er eine Standard- oder Sondervariante anbietet.“

„Wir sind in der Lage, Mindestabnahmemengen für Exotenvarianten durchzusetzen.“

„Wir sind in der Lage, Verkaufspreise auf Basis von Komplexitätskosten am Markt durchzusetzen.“

22. Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden Aussagen für das Produktportfoliomanagement zutreffen.

trifft nicht zu  trifft voll zu

„Wir konnten die Portfolioprofitabilität durch ein komplexitätskostenbasiertes Pricing steigern.“


„Wir machen die Produktkomplexität über unser gesamtes Produktportfolio transparent (z. B. durch Merkmalbäume).“

„Wir haben einen klar definierten Auslaufprozess, anhand dessen Varianten aus dem Portfolio genommen werden.“

„Wir verfügen über klar definierte Kriterien, anhand derer verbindliche Entscheidungen über den Auslauf von Produktvarianten getroffen werden.“

„Wir nutzen Methoden aus dem Bereich Data Analytics, um das Produktportfolio zu optimieren.“

23. Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden Aussagen für das Anforderungsmanagement zutreffen.

	trifft nicht zu		trifft voll zu		
„Wir haben für das Anforderungsmanagement klare Verantwortlichkeiten definiert.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Es existiert eine klare Struktur, in der die Anforderungen erfasst und gepflegt werden.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Wir haben standardisierte Anforderungskategorien (z. B. finanzielle, prozessbezogene, produktfunktionsbezogene).“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Wir differenzieren klar zwischen globalen und lokalen Anforderungen.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Unsere Anforderungsvarianten werden bereits im Anforderungsmanagement unterschieden.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Die Anforderungen der verschiedenen Märkte und Marktsegmente sind durchgängig transparent und dokumentiert.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Wir verknüpfen die Anforderungen durchgängig mit den Marktsegmenten und deren Daten (Volumen, etc.).“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Wir verknüpfen die Anforderungen durchgängig mit den Produktfunktionen.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

24. Nutzen Sie spezielle IT-Tools für die Unterstützung des Anforderungsmanagements (bspw. IBM Rational DOORS, PTC Integrity etc.)?

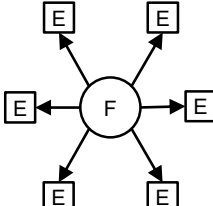
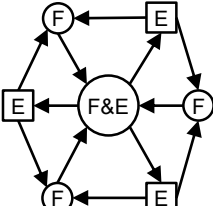
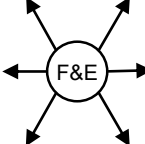
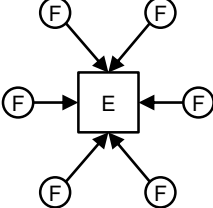
Ja Nein

→ Welche: _____

3.2 Produktkomplexität

Als Antwort auf eine steigende externe Marktkomplexität wurden in der Praxis Strategien zur Reduzierung der internen Produktkomplexität etabliert, um Dynamik und Vielfalt der Anforderungen effizient abbilden zu können. Für die volle Ausschöpfung dieser Potenziale untersuchen wir u. a. die Gestaltung und das Management weltweiter Baukastenstrukturen als eine zentrale Herausforderung des globalen Komplexitätsmanagements.

25. Bitte geben Sie an, welche Abbildung die F&E-Netzwerkstruktur am ehesten beschreibt.

Entwicklung	im Netzwerk verteilt <input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	
	zentral für das Netzwerk <input type="checkbox"/> 	<input type="checkbox"/> 	
	zentral für das Netzwerk	Forschung	im Netzwerk verteilt
	<input type="checkbox"/> Andere: _____		

26. Wo ist die Entscheidungsverantwortung in den folgenden Kategorien festgelegt?

	dezentral zentral
Produktdesign	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Baukastengestaltung	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Produkttechnologieauswahl	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

27. Wie haben sich folgende Kennzahlen in den letzten drei Jahren entwickelt?
(Falls Daten nicht verfügbar, bitten wir um Ihre Schätzung)

	< -20 % -5 % bis 5% > 20 %
Anzahl Artikelnummern	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Anzahl Funktionen	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>
Anzahl Produkttechnologien	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>

28. Für welche Märkte entwickeln Sie Produkte?

lokale globale lokale und globale

Falls Sie Produkte für lokale Märkte entwickeln, wie erreichen Sie, dass diese lokal gehalten werden? (Mehrfachnennung möglich)

<input type="checkbox"/> Technische Barrieren (z. B. bewusste Inkompatibilität mit bestehender Infrastruktur)	<input type="checkbox"/> Zertifizierungen (z. B. regionale Inkompatibilität mit regulatorischen Anforderungen)
<input type="checkbox"/> Produktdesign (z. B. Inkompatibilität mit lokalem Nutzerverhalten)	<input type="checkbox"/> Preisgestaltung (z. B. regionale Gebühren)
<input type="checkbox"/> Sonstige: _____	<input type="checkbox"/> Keine Anwendung

29. Bitte geben Sie an, inwieweit die nachfolgenden Aussagen auf das globale Baukastenmanagement zutreffen.

trifft nicht zu  trifft voll zu

„Unsere Produkte basieren auf global einheitlichen Produktbaukästen.“

„Unsere Produktbaukästen unterstützen gezielt die Differenzierung für lokale Anforderungen.“

„Lokale Anpassungen werden stets innerhalb des Baukastens realisiert.“

„Es existieren klare Regeln, wann eine Variante im oder außerhalb des Baukastens umgesetzt wird.“

„Es wird klar festgelegt, welche Module lokal angepasst werden dürfen.“

„Die Entwicklung von Modulen läuft über Business Units hinweg koordiniert ab.“

30. Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden Aussagen für die Modularität Ihrer Produkte zutreffen.

trifft nicht zu  trifft voll zu

„Wir können Module unserer Produkte anpassen ohne andere Module des Produkts verändern zu müssen.“

„Durch Hinzufügen oder Entfernen von Modulen lassen sich Funktionen unserer Produkte direkt ergänzen oder entfernen.“

„Unsere Produktmodule zeichnen sich durch standardisierte Schnittstellen aus.“


31. Bitte beantworten Sie folgende Fragen zu Kommunalität und Marktabdeckung Ihrer Baukästen.

Zu welchem Anteil werden Module baureihenübergreifend eingesetzt? _____ % der Module

Wie groß ist der Anteil der Modulvarianten, die global verwendet werden (wertmäßig bezogen auf den Gesamtbaukasten)? _____ % der Module

Wie groß ist der Anteil am Gesamtmarktvolumen, der mit Ihren Baukästen abgebildet werden kann? _____ % des Umsatzes
 _____ % der Kunden

32. Bitte geben Sie an, inwieweit die nachfolgenden Aussagen zur IT-Unterstützung des Managements von Produktkomplexität zutreffen.

trifft nicht zu  trifft voll zu

„Wir verfügen über eine global einheitliche IT-Systemlandschaft.“

„Wir haben einen Überblick über alle weltweiten Revisionsstände im Unternehmen.“

„Wir nutzen Kennzahlen zum Vergleich der Produktkomplexität unserer Produkte.“

„Die Einhaltung globaler Standards wird durch das Rechtemanagement in den IT-Systemen sichergestellt.“

„Es werden Designvorgaben und Standards (z. B. des Baukastens) in den IT-Systemen weltweit abgebildet.“

„Wir nutzen einheitliche Klassifizierungen und Bezeichnungen in den ERP-Systemen.“

„Wir nutzen Methoden aus dem Bereich Data Analytics, um die Produktkomplexität zu optimieren.“

33. Welche Form(en) der Dokumentation von Baukastenstandards und Schnittstellen haben Sie gewählt? (Mehrfachnennung möglich)

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> CAD-Vorgaben | <input type="checkbox"/> Excel | <input type="checkbox"/> PDM-System |
| <input type="checkbox"/> Modulsteckbrief | <input type="checkbox"/> Design-Regeln
(z. B. Design-Rule-Book) | <input type="checkbox"/> Schalenmodell |
| <input type="checkbox"/> Weitere: _____ | <input type="checkbox"/> Keine | |

Wie werden diese Standards im Unternehmen global kommuniziert?
(Mehrfachnennung möglich)

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> E-Mails | <input type="checkbox"/> Wikis |
| <input type="checkbox"/> Trainings / Schulungen | <input type="checkbox"/> Informationsdokumente |
| <input type="checkbox"/> IT-Tools | <input type="checkbox"/> Weitere: _____ |






34. Welche Darstellung der Produktstruktur (Sichten auf Stücklisten) verwenden Sie?
(Mehrfachnennung möglich)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Anforderungsorientierte Sicht | <input type="checkbox"/> Baukasten- /
modulorientierte Sicht |
| <input type="checkbox"/> Funktionsorientierte Sicht | <input type="checkbox"/> Betriebswirtschafts- /
Pricingorientierte Sicht |
| <input type="checkbox"/> Montage- /
Produktionsorientierte Sicht | <input type="checkbox"/> Sonstige: _____ |

3.3 Supply Chain und Produktionskomplexität

In direktem Zusammenhang mit der Markt- und Produktkomplexität stehen die Supply Chain- und Produktionskomplexität, welche diese im Rahmen der Auftragsabwicklung flexibel abbilden müssen. Ein signifikanter Anteil der Potenziale eines erfolgreichen Komplexitätsmanagements wird daher insbesondere bei globalen Wertschöpfungsketten durch Skaleneffekte im Einkauf und der Produktion erzielt. Diese können nur durch eine integrierte Betrachtung der gesamten Wertschöpfungskette realisiert werden.

35. Bitte wählen Sie die Abbildung, die Ihre Produktionsnetzwerkstruktur am ehesten beschreibt.

<p><input type="checkbox"/> Weltfabrik</p>  <p>Ein Weltprodukt wird in einer Fabrik produziert; Produkt wird in andere Märkte exportiert.</p>	<p><input type="checkbox"/> Lokal für Lokal</p>  <p>Märkte werden bedient durch eigene Fabriken, die marktspezifische Produkte produzieren.</p>	<p><input type="checkbox"/> Zentrum mit Speichen</p>  <p>Der größte Produktanteil wird in einer zentralen Fabrik hergestellt. Um Marktbedürfnisse zu treffen, werden die Produkte in lokalen Fabriken angepasst.</p>
<p><input type="checkbox"/> Sequenziell oder Konvergent</p>  <p>Der Produktionsprozess ist organisiert in sequenziellen oder konvergenten Ketten. Die Produktionsschritte sind in verschiedenen Werken koordiniert.</p>	<p><input type="checkbox"/> Netzwerkstruktur</p>  <p>Alle Werke können beinahe alles produzieren. Bestellungen werden durchs Netzwerk abgestimmt. Ein hoher Grad an Kapazitätsnutzung wird erreicht.</p>	

36. Wo ist die Entscheidungsverantwortung in den folgenden Kategorien festgelegt?

	dezentral				zentral
Beschaffung	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Make-or-Buy Entscheidungen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produktionstechnologiewahl	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Produktionskapazitäten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Qualitätslevel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prozessmanagement	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>


37. Wie hat sich die Komplexität der Beschaffung und des Produktionsnetzwerks in den letzten drei Jahren verändert?

	< -20 %	-5 % bis 5%	> 20 %		
Anzahl Lieferanten	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anzahl Zukaufteile	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anzahl Produktionstechnologien für gleiche Funktionserfüllung (z. B. unterschiedliche Schweißtechnologien)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Anzahl Prozessvarianten für gleiche Produktionsprozesse (alternative Prozessschritte im Gesamtprozess)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

38. Welche Beschaffungsquellen nutzen Sie?

- Local Sourcing
 Global Sourcing
 Local & Global Sourcing

Falls Local Sourcing eingesetzt wird, bewerten Sie bitte folgende Aussage.

	trifft nicht zu		trifft voll zu		
„Wir sind in der Lage, lokale Lieferanten in unsere Supply Chain zu integrieren ohne die interne Variantenvielfalt zu erhöhen.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Wir sind in der Lage, signifikante Kostenvorteile durch den Einsatz lokaler Lieferanten zu erzielen.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>


39. Bitte geben Sie an, welche Beschaffungsstrategien Sie verfolgen.
(Mehrfachnennung möglich)

- Single Sourcing
 Dual Sourcing
 Multiple Sourcing
 Modular Sourcing
 Sonstige: _____


40. Setzen Sie einen Produktionsbaukasten ein?

Ja
 Nein, jedoch geplant
 Nein, nicht in Planung

Falls ja, was wird durch den Produktionsbaukasten standardisiert?

	trifft nicht zu				trifft voll zu
Prozessabfolgen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aufbau- und Montagereihenfolgen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Betriebsmittel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fertigungstechnologien	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstige: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sonstige: _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>


41. Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden Aussagen für den Einsatz von Produktionsbaukästen zutreffen.

	trifft nicht zu		trifft voll zu		
„Durch unsere Produktionsbaukästen wurde der Planungsaufwand für neue Werke und Produktionslinien signifikant reduziert.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Unsere Produktion nutzt die Potenziale der Produktbaukästen systematisch.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Anforderungen aus Produktionssicht fließen gezielt in die Baukastengestaltung ein.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Durch eine Modularisierung der Produktion konnte die Anlaufphase für Neuprodukte signifikant verkürzt werden.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Durch unseren Produktionsbaukasten wurden die Produktionskosten signifikant gesenkt.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Auf einem Produktbaukasten basierende Produkte können auf den gleichen Linien produziert werden.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>


42. Wie implementieren Sie die Produktion eines Neuprodukts an verschiedenen Standorten zeitlich (Dual / Multi Manufacturing)?

<input type="checkbox"/> Parallel	<input type="checkbox"/> Nach Bedarf
<input type="checkbox"/> Sequentiell	<input type="checkbox"/> Keine Anwendung

43. Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden Aussagen auf die Produktionsprozesse zutreffen.

	trifft nicht zu		trifft voll zu		
„Unsere Produktionsprozesse setzen sich aus Prozessmodulen zusammen (oder aus in sich geschlossenen Prozesseinheiten).“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Unsere Produktionsprozesse können Teilprozesse hinzugefügt oder entfernt werden ohne andere Teilprozesse zu ändern.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Unsere Produktionsprozesse sind für eine schnelle Trennung und Neukonfiguration der Subprozesse ausgelegt.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Durch geringfügige Anpassungen der Maschinen können unterschiedliche Produkte produziert werden.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

44. Bitte geben Sie an, inwieweit die folgenden Aussagen zur Bewertung von Prozesskomplexität zutreffen.

	trifft nicht zu		trifft voll zu		
„Die Komplexität unserer Produktionsprozesse wird kontinuierlich überwacht.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Wir sind in der Lage, die Kosten der Komplexität unserer Produktionsprozesse auszuweisen.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Wir nutzen Kennzahlen zum Vergleich der Prozesskomplexität an Standorten unseres Produktionsnetzwerkes.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Wir nutzen Guidelines für den Umgang mit Prozesskomplexität.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Wir berücksichtigen Komplexitätsbetrachtungen für Produktionsallokationsentscheidungen.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
„Wir nutzen Methoden aus dem Bereich Industrie 4.0, um die Komplexität im Produktionsprozess zu beherrschen.“	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

45. Bitte kennzeichnen Sie die aus Ihrer Sicht wichtigsten Erfolgsfaktoren des Komplexitätsmanagements in Ihrem Unternehmen / Geschäftsbereich. (max. 3)

- | | |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Top Management Support | <input type="checkbox"/> Komplexitätskostenrechnung |
| <input type="checkbox"/> Produktmodularisierung | <input type="checkbox"/> Kommunikation |
| <input type="checkbox"/> Produktionsmodularisierung | <input type="checkbox"/> Anforderungsmanagement |
| <input type="checkbox"/> Organisatorische Verankerung | <input type="checkbox"/> Mitarbeiterqualifikation und -schulungen |
| <input type="checkbox"/> Interdisziplinäre Verantwortlichkeiten | <input type="checkbox"/> Weitere: _____ |
| <input type="checkbox"/> IT-Tools / Virtualisierung | <input type="checkbox"/> Keine |

Anhang 2: Interviewleitfaden

Der nachfolgende semi-strukturierte Leitfaden wurde nach der Rücksendung der Fragebögen für vertiefende Telefoninterviews mit ausgewählten Unternehmen eingesetzt. Die dargestellten Inhalte und Fragen stellen einen Auszug dar und sollen dem Leser eine Orientierung geben. Die Fragen wurden vor den Gesprächen unternehmensspezifisch angepasst und erweitert.

I. Einführung

Allgemeine Informationen zum Forschungsvorhaben, den Projektbeteiligten und zum Hintergrund der Studie sowie Erläuterung des Ablaufs eines Konsortialbenchmarkings wurden dem Gesprächspartner erläutert.

II. Rückfragen zum Fragebogen

An dieser Stelle wurden Auffälligkeiten der Antworten im Fragebogen besprochen, die bei der vorbereitenden Durchsicht vermerkt wurden.

III. Allgemeine Informationen zum Unternehmen

Neben den bereits erhobenen Unternehmensdaten wurden weitere Informationen wie die Aktivitäten in verschiedenen Branchen, Erläuterungen zum Produktportfolio, zu Rollen der Standorte, Geschäftsmodellen und Stakeholdern besprochen.

IV. Umgang mit Komplexität im Unternehmen

- Was verstehen Sie in Ihrem Unternehmen unter Komplexitätsmanagement und welche Funktionen sind dort inbegriffen?
- Wie ist das Komplexitätsmanagement in Ihrem Unternehmen eingebettet?
- Gibt es eine spezielle Abteilung? Wem wird berichtet?
- Wie viele Personen befassen sich hauptsächlich mit dem Komplexitätsmanagement (FTE)?
- Gibt es im Netzwerk verteilt Komplexitätsmanager an den jeweiligen Standorten?
- Welche Rolle spielt Komplexität für Ihren Unternehmenserfolg?
- Aus welcher Ausgangslage heraus wurde das Komplexitätsmanagement initiiert?
- Wer hat das Komplexitätsmanagement daraufhin initiiert?
- Welchen Bereichen im Unternehmen werden Zielvorgaben durch das Komplexitätsmanagement auferlegt?
- Wie werden diese Zielvorgaben nachgehalten?
- Wie wird die Durchsetzung erreicht?

V. Controlling von Komplexität

- Wie quantifizieren Sie Komplexität und Komplexitätskosten?
- Welche Tools, Massnahmen und Ansätzen setzen Sie in dieser Bewertung/zur Analyse ein?
- Welche Indikatoren werden in dieser Bewertung verwendet?

VI. Beherrschung der Marktkomplexität

- Wie schaffen Sie es lokale und globale Anforderungen zu ermitteln und zu konsolidieren?
- Setzen Sie auf lokalisierte Produktportfolios?
 - Falls ja: werden diese durch Konfiguratoren unterstützt/differenziert?
 - Falls nein: wie stellen Sie sicher, dass Vertrieb und Kunde keine „unnötigen“ Produktvarianten zur Verfügung gestellt werden?
- Wie incentivieren Sie den Vertrieb bestimmte (margenträchtige) Produktvarianten anzubieten? Nutzen Sie dazu unterstützende Systeme?

VII. Einsatz von Produktbaukästen

- Seit wann setzen Sie auf Produktbaukästen? Sind diese global einheitlich?
- Welche Hindernisse mussten Sie während der Einführung überwinden?
- Welche Herausforderungen ergeben sich in der Pflege der Produktbaukästen und wie gehen Sie diese an?
- Stellen Sie Kompatibilität der Produktbaukästen über verschiedene Generationen sicher? Falls ja, wie gehen Sie vor?

VIII. Umgang mit Produktions- und Supply Chain-Komplexität

- Werden Produkt- und Produktionskomplexität in Ihrem Unternehmen in einen Zusammengang gestellt?
- Sind Sie in der Lage die Auswirkungen von Produktkomplexität über die Supply Chain hinweg zu quantifizieren? Falls ja, wie gehen Sie vor?
- Beziehen Sie den Einkauf ins Komplexitätsmanagement ein?
- Setzen Sie auf Modular Sourcing?
- Setzen Sie lokale Lieferanten ein? Falls ja, welche Auswirkungen hat dies auf Ihre Supply Chain und wie begegnen Sie diesen Herausforderungen?

IX. Ausblick und weiteres Vorgehen

Den Interviewpartnern wurde ein Ausblick über weiteren Ablauf des Konsortialbenchmarkings gegeben und sie wurden über die nächsten Schritte informiert.

LEBENS LAUF

Persönliche Daten

Name: Daniel Sebastian Rohde
 Geburt: 03.07.1986 in Haan (Deutschland)
 Nationalität: Deutsch

Ausbildung

2014-2019 **Universität St.Gallen**
 Doktoratsstudium, Schwerpunkt Business Innovation

2012-2013 **Tsinghua University**
 Management Science and Engineering (M.Sc.)

2011-2012 **RWTH Aachen**
 Wirtschaftsingenieurwesen, Fachrichtung Maschinenbau (M.Sc.)

2007-2011 **RWTH Aachen**
 Wirtschaftsingenieurwesen, Fachrichtung Maschinenbau (B.Sc.)

Bis 2006 **Städtisches Gymnasium Wülfrath**
 Allgemeine Hochschulreife

Berufliche Entwicklung

Seit 2017 **Schuh & Co. Komplexitätsmanagement AG**
 Senior Consultant

2014-2017 **Universität St.Gallen (HSG)**
 Research Associate am Institut für Technologiemanagement

2013-2014 **Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie**
 Consultant

2006-2007 **Evangelisches Krankenhaus Mettmann GmbH**
 Zivildienst

Studienbegleitende Praktika

2011 **High-Tech Gründerfonds Management GmbH**
 2007, 2010 **Heinz Berger Maschinenfabrik GmbH & Co. KG**