

HERBERT UTZ VERLAG WISSENSCHAFT

FORSCHUNGSBERICHTE

328

Philipp Benjamin Michaeli
Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien
am Beispiel der Triebwerksindustrie

Philipp Benjamin Michaeli

**Methodik zur Entwicklung von
Produktionsstrategien am Beispiel der
Triebwerksindustrie**

Herbert Utz Verlag · München 2017

Forschungsberichte IWB
Band 328

Ebook (PDF)-Ausgabe:
ISBN 978-3-8316-7298-1 Version: 1 vom 11.04.2017
Copyright© Herbert Utz Verlag 2017

Alternative Ausgabe: Softcover
ISBN 978-3-8316-4642-5
Copyright© Herbert Utz Verlag 2017

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Lehrstuhl für
Betriebswissenschaften und Montagetechnik

Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien am Beispiel der Triebwerksindustrie

Philipp Benjamin Michaeli

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Maschinenwesen der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Willibald A. Günthner

Prüfer der Dissertation:

1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich
Technische Universität Darmstadt

Die Dissertation wurde am 02.02.2016 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät für Maschinenwesen am 02.11.2016 angenommen.

Philipp Benjamin Michaeli

**Methodik zur Entwicklung
von Produktionsstrategien am Beispiel
der Triebwerksindustrie**



Herbert Utz Verlag · München

Forschungsberichte IWB

Band 328

Zugl.: Diss., München, Techn. Univ., 2016

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

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH · 2017

ISBN 978-3-8316-4642-5

Printed in Germany
Herbert Utz Verlag GmbH, München
089-277791-00 · www.utzverlag.de

Geleitwort der Herausgeber

Die Produktionstechnik ist für die Weiterentwicklung unserer Industriegesellschaft von zentraler Bedeutung, denn die Leistungsfähigkeit eines Industriebetriebes hängt entscheidend von den eingesetzten Produktionsmitteln, den angewandten Produktionsverfahren und der eingeführten Produktionsorganisation ab. Erst das optimale Zusammenspiel von Mensch, Organisation und Technik erlaubt es, alle Potentiale für den Unternehmenserfolg auszuschöpfen.

Um in dem Spannungsfeld Komplexität, Kosten, Zeit und Qualität bestehen zu können, müssen Produktionsstrukturen ständig neu überdacht und weiterentwickelt werden. Dabei ist es notwendig, die Komplexität von Produkten, Produktionsabläufen und -systemen einerseits zu verringern und andererseits besser zu beherrschen.

Ziel der Forschungsarbeiten des iwb ist die ständige Verbesserung von Produktentwicklungs- und Planungssystemen, von Herstellverfahren sowie von Produktionsanlagen. Betriebsorganisation, Produktions- und Arbeitsstrukturen sowie Systeme zur Auftragsabwicklung werden unter besonderer Berücksichtigung mitarbeiterorientierter Anforderungen entwickelt. Die dabei notwendige Steigerung des Automatisierungsgrades darf jedoch nicht zu einer Verfestigung arbeitsteiliger Strukturen führen. Fragen der optimalen Einbindung des Menschen in den Produktentstehungsprozess spielen deshalb eine sehr wichtige Rolle.

Die im Rahmen dieser Buchreihe erscheinenden Bände stammen thematisch aus den Forschungsbereichen des iwb. Diese reichen von der Entwicklung von Produktionssystemen über deren Planung bis hin zu den eingesetzten Technologien in den Bereichen Fertigung und Montage. Steuerung und Betrieb von Produktionssystemen, Qualitätssicherung, Verfügbarkeit und Autonomie sind Querschnittsthemen hierfür. In den iwb Forschungsberichten werden neue Ergebnisse und Erkenntnisse aus der praxisnahen Forschung des iwb veröffentlicht. Diese Buchreihe soll dazu beitragen, den Wissenstransfer zwischen dem Hochschulbereich und dem Anwender in der Praxis zu verbessern.

Gunther Reinhart

Michael Zäh

Vorwort

Die vorliegende Dissertation entstand während meiner Tätigkeit am ifp - Prof. Dr.-Ing. Joachim Milberg Institut für Produktion und Logistik GmbH & Co. KG.

Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Herrn Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh, den Leitern des Instituts für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der TU München, danke ich für die wohlwollende Förderung und Unterstützung meiner Arbeit.

Meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart, möchte ich darüber hinaus für die vielen Hinweise, produktiven Diskussionen und hilfreichen Ratschläge danken. Die Betreuung war in jeder Hinsicht von höchster Qualität, ohne die menschlichen Aspekte zu vernachlässigen.

Bei Prof. Dr.-Ing. Joachim Metternich möchte ich mich für die Übernahme des Korreferats und die aufmerksame Durchsicht der Arbeit recht herzlich bedanken.

Herrn Dr. Robert Kuttler, geschäftsführender Gesellschafter des Instituts für Produktion und Logistik, danke ich für seine fortwährende Unterstützung, ohne die diese Arbeit praktisch nicht möglich gewesen wäre. Darüber hinaus bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern und Studenten des ifps für die einzigartige Zusammenarbeit und die vielen Diskussionen, die zum Gelingen der Arbeit entscheidend beigetragen haben.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinem Onkel, Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E. h. Walter Michaeli, für die gründliche Durchsicht der Arbeit und den damit verbundenen zahlreichen Verbesserungsvorschlägen.

Mein besonderer Dank gilt meiner Familie. Meine Brüder und meine Mutter haben mich im Leben positiv geprägt und standen in allen Lebenslagen hinter mir. Ohne sie wäre sowohl mein Studium als auch diese Dissertation nicht denkbar gewesen. In liebevoller Erinnerung möchte ich auch meinem verstorbenen Vater danken. Er hat mein Interesse an technischen und wirtschaftlichen Zusammenhängen erst geweckt und mich jederzeit unterstützt.

Ganz herzlich möchte ich mich bei meiner Frau Luise bedanken, die mit viel Geduld meine Arbeit korrigiert, immer an mich geglaubt, in schwierigen Phasen motiviert und das nötige Verständnis aufgebracht hat.

Widmen möchte ich diese Arbeit unserem Sohn Henri, der unser Leben enorm bereichert.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis	XVII
Formelzeichen	XXI
1 Einleitung	1
1.1 Ausgangssituation und Motivation	1
1.2 Zielsetzung	4
1.3 Aufbau der Arbeit	5
2 Grundlagen	7
2.1 Strategische Bedeutung der Produktion	7
2.2 Spezifizierung des Betrachtungsbereichs	9
2.2.1 Produktionsstrategie im Kontext der Unternehmensführung	9
2.2.2 Elemente der funktionalen Unternehmensführung	10
2.2.3 Planung als Aufgabe der funktionalen Unternehmensführung	11
2.2.4 Strategien als Resultat der strategischen Planung	11
2.2.5 Einordnung von Produktionsstrategien in das System betrieblicher Strategien	13
2.2.6 Zusammenfassung zur Ableitung des Betrachtungsbereichs	14
2.3 Produktionsstrategische Trends und deren Auswirkung auf die Triebwerksindustrie	16
2.4 Zugrundeliegende Methoden	19
2.5 Begriffsdefinitionen	22
3 Stand der Erkenntnisse	29
3.1 Klassifizierung des Erkenntnisstandes	29
3.2 Strukturorientierte Beiträge	31
3.3 Prozessorientierte Beiträge	36
3.4 Ableitung des Handlungsbedarfs	43
3.4.1 Handlungsbedarf bei strukturorientierten Ansätzen	44
3.4.2 Handlungsbedarf bei prozessorientierten Ansätzen	45

4	Anforderungen an die Methodik	47
4.1	Spezifische Anforderungen	47
4.2	Allgemeine Anforderungen	48
5	Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien	51
5.1	Konzeption der Methodik	51
5.2	Ableitung produktionsstrategischer Globalziele	52
5.2.1	Analyse der übergeordneten strategischen Ebene	53
5.2.2	Ableitung einer Produktionsmission	54
5.2.3	Identifizierung produktionsstrategischer Globalziele	55
5.3	Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder	57
5.3.1	Ermittlung spezifischer Einflussfaktoren	58
5.3.2	Identifizierung produktionsstrategischer Handlungsfelder	62
5.3.3	Entwicklung einer generischen Untersuchungssystematik	68
5.3.4	Inhalt der handlungsfeldspezifischen Untersuchungen	81
5.4	Untersuchung der Wirkzusammenhänge	94
5.4.1	Analyse von Wirkzusammenhängen erster Stufe	96
5.4.2	Analyse von Wirkzusammenhängen zweiter Stufe	101
5.5	Ableitung und Analyse eines produktionsstrategischen Zielsystems	112
5.5.1	Ableitung eines produktionsstrategischen Zielsystems	112
5.5.2	Ergänzung des produktionsstrategischen Zielsystems	115
6	Validierung der Methodik	123
6.1	Validierung von Phase 1 der Methodik	123
6.1.1	Analyse der übergeordneten strategischen Ebene	124
6.1.2	Ableitung der Produktionsmission	124
6.1.3	Identifizierung produktionsstrategischer Globalziele	125
6.2	Validierung von Phase 2 der Methodik	127
6.3	Validierung von Phase 3 der Methodik	136
6.3.1	Analyse von Wirkzusammenhängen erster Stufe	137
6.3.2	Analyse von Wirkzusammenhängen zweiter Stufe	145

6.4	Validierung von Phase 4 der Methodik	157
6.4.1	Ableitung des produktionsstrategischen Zielsystems	158
6.4.2	Ergänzung des produktionsstrategischen Zielsystems	159
6.5	Bewertung der Methodik	166
6.5.1	Bewertung anhand der Anforderungen	166
6.5.2	Wirtschaftliche Bewertung	170
7	Zusammenfassung und Ausblick	171
7.1	Zusammenfassung	171
7.2	Ausblick	172
8	Literaturverzeichnis	175
9	Anhang	205
9.1	Produktionsstrategische Kernmethoden	205
9.2	Produktionsstrategische Unterstützungsmethoden	217
9.3	Weitere Begriffsdefinitionen	227
9.4	Detaillierter Programmablaufplan Phase 3	231
9.5	Detaillierte Auswertungsergebnisse im Rahmen der Validierung	237
9.6	Betreute Studienarbeiten	246
9.7	Genutzte Softwareprodukte	247
9.8	Genannte Firmen	247

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aufbau der vorliegenden Arbeit	5
Abbildung 2: Ordnungsraum zur Eingliederung der vorliegenden Arbeit	15
Abbildung 3: Betrachtungsraum der vorliegenden Arbeit	16
Abbildung 4: Produktionsstrategische Pyramide	25
Abbildung 5: Wirkzusammenhänge der ersten und zweiten Stufe	27
Abbildung 6: Methodik zur Entwicklung einer Produktionsstrategie nach FOSCHIANI (1995, S. 87)	37
Abbildung 7: Methodik zur Entwicklung einer Produktionsstrategie nach DÖRRER (2000, S. 74)	40
Abbildung 8: Struktur der Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien	51
Abbildung 9: Prozess zur Ableitung produktionsstrategischer Globalziele aus der Unternehmensstrategie	57
Abbildung 10: Einflussfaktoren innerhalb der Luftfahrt- & Triebwerksindustrie	58
Abbildung 11: SE-Vorgehensmodell in Anlehnung an HABERFELLNER ET AL. (2012, S. 74)	71
Abbildung 12: Überführung der Erkenntnisse aus der Situationsanalyse in die SWOT-Matrix	76
Abbildung 13: SWOT-Analyse als Unterstützung zur Strategieentwicklung in Anlehnung an PELZ (2004, S. 4)	76
Abbildung 14: Untersuchungssystematik zur Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder	79
Abbildung 15: Überblick über die Methode zur Untersuchung von Wirkzusammenhängen	95
Abbildung 16: Beispielhafte Liste zur Gegenüberstellung und Auflösung von Widersprüchen	97
Abbildung 17: Fuzzy-Skala zur Bewertung von Wirkzusammenhängen	102

Abbildung 18: Visualisierung des Zusammenhangs zwischen den Wirkzusammenhangsangaben und der Fuzzy-Skala	103
Abbildung 19: Zweidimensionales Portfolio der Breiten- und Tiefenwirkung in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. (2000, S. 306F) und FIEBIG (2004, S. 52)	110
Abbildung 20: Aufwand-Nutzen-Portfolio	118
Abbildung 20: Nettonutzen-Vernetzungsgrad-Portfolio	121
Abbildung 21: Ergebnis des Markt-Technologieportfolios (Daten aus Geheimhaltungsgründen verändert). Darstellung in Anlehnung an HAAG ET AL. (2011, S. 336)	132
Abbildung 22: Ergebnis der Branchenstrukturanalyse	133
Abbildung 23: Ergebnisse der SWOT-Analyse	134
Abbildung 24: Ergebnis der Gap-to-Close Analyse	135
Abbildung 25: Ergebnisse der Portfolioanalyse der Breiten- und Tiefenwirkung	152
Abbildung 26: Ergebnisse der Portfolioanalyse der Breitenwirkung und des Impulsindex	154
Abbildung 27: Ergebnisse der Portfolioanalyse der Tiefenwirkung und des Impulsindex	155
Abbildung 28: 3D-Portfolio zur Analyse der Wirkzusammenhänge von Handlungsempfehlung Nr. 14	156
Abbildung 29: Ergebnisse der Portfolioanalyse des Vernetzungsgrades und des Impulsindex	157
Abbildung 30: Produktionsstrategisches Zielsystem der Handlungsfelder	159
Abbildung 31: Ergebnisportfolio der Aufwand-Nutzen-Betrachtung	161
Abbildung 32: Ergebnis Nettonutzen-Vernetzungsgrad-Portfolio	163
Abbildung 33: Produktionsstrategische Roadmap	165
Abbildung 34: Normstrategien einer SWOT-Analyse nach KERTH ET AL. (2011, S. 206)	206

Abbildung 35: Das integrierte Markt-Technologieportfolio in Anlehnung an HAAG ET AL. (2011, S. 336)	208
Abbildung 36: Phasenmodell des Technologielebenszyklus in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. (2009, S. 155)	209
Abbildung 37: Portfolio zur kritischen Erfolgsfaktorenanalyse in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. (2009, S. 158F) und HEINRICH & STELZER (2011, S. 342FF)	212
Abbildung 38: Unterschied zwischen scharfen und unscharfen Mengen in Anlehnung an KREBS (2012, S. 43)	214
Abbildung 39: Fuzzy Sets in Anlehnung an KREBS (2012, S. 44)	215
Abbildung 40: Defuzzifizierung mittels Flächenschwerpunktmethode	216
Abbildung 41: Beispiel für ein ausgefülltes HOQ für die Entwicklung eines Außenspiegels in Anlehnung an SEGHEZZI ET AL. (2007, S. 332)	222
Abbildung 42: Wirkzusammenhänge zwischen drei Elementen als Graph und als Einflussmatrix dargestellt	224
Abbildung 43: Algorithmus zur Zyklensuche von SCHLINGLOFF (2008, S. 88)	226
Abbildung 44: Schematische Darstellung eines Zielsystems in Anlehnung an WITTE (2007, S. 50)	230
Abbildung 45: Programmablaufplan Phase 3 (Wirkzusammenhangsanalyse) für Baustein A bis D der I. Stufe	232
Abbildung 46: Programmablaufplan Phase 3 (Wirkzusammenhangsanalyse) für Baustein E bis F der I. Stufe	233
Abbildung 47: Programmablaufplan Phase 3 (Wirkzusammenhangsanalyse) für Baustein G bis J der II. Stufe	234
Abbildung 48: Programmablaufplan Phase 3 (Wirkzusammenhangsanalyse) für Baustein K bis L der II. Stufe	235
Abbildung 49: Zusammenfassung von Phase 3 (Wirkzusammenhangsanalyse) mit allen Bausteinen und zugehörigen Zwischenergebnissen	236

Abbildung 50: Bewertungskriterien und Gewichtung zur Beurteilung der Technologieattraktivität (Daten aus Geheimhaltungsgründen verändert) in Anlehnung an GAUSEMEIER & PLASS (2014, S. 131)	238
Abbildung 51: Bewertungskriterien und Gewichtung zur Beurteilung der relativen Technologieposition (Daten aus Geheimhaltungsgründen verändert) in Anlehnung an GAUSEMEIER & PLASS (2014, S. 131)	239
Abbildung 52: Bewertungskriterien und Gewichtung zur Beurteilung der Marktattraktivität (Daten aus Geheimhaltungsgründen verändert) in Anlehnung an GAUSEMEIER & PLASS (2014, S. 150FF)	240
Abbildung 53: Bewertungskriterien und Gewichtung zur Beurteilung der relativen Marktposition (Daten aus Geheimhaltungsgründen verändert) in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. (2009, S. 150FF)	241
Abbildung 54: Bewertung der Chancen und Risiken verschiedener Handlungsoptionen	242

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Entscheidungsbereiche einer Produktionsstrategie in Anlehnung an ZAHN (1988, S. 527FF)	32
Tabelle 2:	Elemente einer Produktionsstrategieentwicklungsmethodik nach HILL & HILL (2009, S. 40F)	41
Tabelle 3:	Beispielhafte Liste zur Analyse von stark abhängigen, strategischen Elementen	98
Tabelle 4:	Beispielhafte Untersuchung von Konkurrenzsituationen	104
Tabelle 5:	Beispielhafte Tabelle zur Überprüfung von Extrem- und Grenzwerten	106
Tabelle 6:	Übersicht der in Phase 3 der Validierung verwendeten Handlungsempfehlungen (Teil 1)	138
Tabelle 7:	Übersicht der in Phase 3 der Validierung verwendeten Handlungsempfehlungen (Teil 2)	139
Tabelle 8:	Aufnahme der Wirkzusammenhänge der ersten Stufe im Rahmen der Validierung	141
Tabelle 9:	Tabelle zur Auflösung von Widersprüchen in Baustein C	142
Tabelle 10:	Identifizierte Voraussetzungen zw. operativen Handlungsempfehlungen im Rahmen der Validierung	145
Tabelle 11:	Ergebnis der detaillierten Untersuchung der Wirkzusammenhänge zweiter Stufe im Rahmen von Baustein G	146
Tabelle 12:	Auswertungsergebnisse der Wirkzusammenhänge aus Baustein K in Phase 3	150
Tabelle 13:	Ergebnisse der Ermittlung der Signifikanzindizes	162
Tabelle 14:	Beurteilung des Erfüllungsgrads der Anforderungen	169
Tabelle 15:	Vor- und Nachteile des HOQ nach KERTH ET AL. (2011, S. 257) und BURGHARDT (2012, S. 72)	223
Tabelle 16:	Bewertungsergebnisse in Bezug auf die potentiellen Erfolgsfaktoren	237
Tabelle 17:	Ergebnis der Validierung von Baustein E in Phase 3	243

Tabelle 18:	Überprüfte Grenz- und Extremwerte im Rahmen der Validierung von Phase 3	244
Tabelle 19:	Im Rahmen der Validierung identifizierte Zyklen	244
Tabelle 20:	Validierungsergebnisse der Bewertung der strategischen Ziele	245
Tabelle 21:	Validierungsergebnisse der Bewertung der strategischen Handlungsempfehlungen	245
Tabelle 22:	Validierungsergebnisse der Aufwandsbewertung	246

Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bedeutung
3D	Dreidimensional
2D	Zweidimensional
ACARE	Advisory Council for Aeronautical Research in Europe
AK	Aufwandskategorie
Blisk	Blade Integrated Disk
bzw.	Beziehungsweise
dgl.	Dergleichen
CAAC	Civil Aviation of China
d.h.	Das heißt
dgl.	Dergleichen
DIN	Deutsche Industrienorm
DPM	Defects per million
EASA	European Aviation Safety Agency
EN	Europäische Norm
engl.	Englisch
Entwickl.	Entwicklung
ERP	Enterprise Resource Planning
EU	Europäische Union
et al.	Et alii
F&E	Forschung und Entwicklung
FAA	Federal Aviation Administration
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
ggf.	Gegebenenfalls

Abkürzung	Bedeutung
ggü.	Gegenüber
HE	Handlungsempfehlung
HF	Handlungsfeld
HOQ	House of Quality
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie
iwb	Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften
KEF	Kritischer Erfolgsfaktor
LBA	Luftfahrtbundesamt
M&P	Messen & Prüfen
MW	Mittelwert
NADCAP	National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program
NUCAP	NADCAP Users Compliance and Audit Program
Nr.	Nummer
OEM	Original Equipment Manufacturer
operat.	Operativ
PDCA	Plan-Do-Check-Act
Prod.-strat.	Produktionsstrategisch
ProT	Produktionstechnologie
PT	Personentage
QA	Qualitativ
QM	Quantitativ-monetär
QnM	Quantitativ-nicht-monetär
QFD	Quality Function Deployment

Abkürzung	Bedeutung
RA	Rang
ROI	Return on Investment
RRSP	Risk and Revenue Sharing Partnerships
S.	Seite
SE	Systems Engineering
SKI	Signifikanzindex
SMART	Spezifisch, Messbar, Anspruchsvoll, Realistisch, Terminiert
SPC	Statistical Process Control
strat.	Strategisch
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TTC	Thermische und thermochemische
u.a.	Unter anderen
usw.	Und so weiter
VG	Vernetzungsgrad
vgl.	Vergleiche
Vorentwickl.	Vorentwicklung
vs.	Versus
WB	Wärmebehandlung
WZ	Wirkzusammenhang
z.B.	Zum Beispiel
z.T.	Zum Teil

Formelzeichen

Formelzeichen	Bedeutung
Ω	Grundmenge
$\mu_A(x)$	Zugehörigkeitsfunktion von x zur unscharfen Menge A
μ_M	Zugehörigkeitswert zur Menge
ak	Aufwandskategorie
AW_h	Aufwandsgrad für die strat. Handlungsempfehlung (h)
$AW_{h,ak}$	Aufwandswert der strat. Handlungsempfehlung (h) in Bezug auf die Aufwandskategorie (ak)
$AW_{h,ak}^{max}$	Höchstmöglicher Aufwandswert in der verwendeten Skala
CFM_i	Wert für kritischen Leistungsfaktor der Option i
$CFME_i$	Wert für kritischen Aufwandsfaktor der Option i
E_k	Erfolgswert eines potentiellen Erfolgsfaktors (k)
EM_i	Aufwandskennwert für Option i
$EW_{h,k}$	Erfüllungswert der strat. Handlungsempfehlung (h) in Bezug auf den Erfolgsfaktor (k)
$EW_{h,k}^{max}$	Höchstmöglicher Erfüllungswert in der verwendeten Skala (h, k)
$EW_{z,k}$	Erfüllungswert des strat. Ziels (z) in Bezug auf den Erfolgsfaktor (k)
$EW_{z,k}^{max}$	Höchstmöglicher Erfüllungswert in der verwendeten Skala (z, k)
GW_k	Gewichtungswert des Erfolgsfaktors (k)
GW_{ak}	Gewichtungswert der Aufwandskategorie (ak)
h	Handlungsempfehlung
k	Erfolgsfaktor

Formelzeichen	Bedeutung
$L_{k,t}$	<i>Leistungsbewertung des Teilnehmers (t) in Bezug auf Erfolgsfaktor (k)</i>
m	<i>Anzahl der notwendigen Prüfungen</i>
M	<i>unscharfe Menge</i>
MM	<i>Menge der Maxima</i>
n	<i>Anzahl der zu bewertenden Optionen bzw. zu untersuchenden Elemente</i>
NN_h	<i>Nettonutzen einer Handlungsempfehlung</i>
$NN_{h, normiert}$	<i>Normierter Nettonutzen einer Handlungsempfehlung</i>
$OF C_i$	<i>Gesamtwert der objektiven Kriterien für Option i</i>
$OF M_i$	<i>Wert für objektiven Leistungsfaktor der Option i</i>
$OF ME_i$	<i>Wert für objektiven Aufwandsfaktor der Option i</i>
$P_{k,t}$	<i>Prioritätsbewertung des Teilnehmers (t) in Bezug auf Erfolgsfaktor (k)</i>
PM_i	<i>Leistungskennwert für Option i</i>
RA_k	<i>Rang des potentiellen Erfolgsfaktors (k)</i>
SEG_h	<i>Strat. Erfüllungsgrad für die strat. Handlungsempfehlung (h)</i>
SEG_z	<i>Strategischer Erfüllungsgrad für das strategische Ziel (z)</i>
$SF M_i$	<i>Wert für subjektiven Leistungsfaktor der Option i</i>
$SF ME_i$	<i>Wert für subjektiven Aufwandsfaktor der Option i</i>
\overline{SFW}_k	<i>Gewicht des subjektiven Faktors k relativ zu den übrigen subjektiven Faktoren</i>
SKI_h	<i>Signifikanzindex einer Handlungsempfehlung</i>
\overline{SPW}_{ik}	<i>Gewicht der Option i relativ zu den übrigen Optionen für Faktor k</i>
T	<i>Teilnehmer</i>

Formelzeichen	Bedeutung
VG_h	<i>Vernetzungsgrad einer Handlungsempfehlung</i>
$VG_{h,normiert}$	<i>Normierter Vernetzungsgrad einer Handlungsempfehlung</i>
X	<i>Gewichtung des objektiven Faktorenwerts</i>
$x_{ermittelt}$	<i>errechneter "scharfer" Wert</i>
Z	<i>strategisches Ziel</i>

1 Einleitung

1.1 Ausgangssituation und Motivation

Für den Standort Deutschland ist das verarbeitende Gewerbe von zentraler Bedeutung. Knapp ein Viertel der Bruttowertschöpfung (WITTENSTEIN 2011, S. IX; UN 2012; MCKINSEY & COMPANY 2009, S. 7; ABELE & REINHART 2011, S. 6F) und ca. 14,8 Millionen Arbeitsplätze sind direkt an das produzierende Gewerbe gebunden (ABELE & REINHART 2011, S. 1F).

Darüber hinaus wird die herausragende Bedeutung der Produktion in fertigen Unternehmen dadurch unterstrichen, dass 80 - 85% des Kapitals in diesem Bereich gebunden sind und 80% der Kosten in der Fertigung entstehen (BROWN 1996, S. 59F).

Allerdings sieht sich die Produktion in Deutschland großen Herausforderungen gegenüber. Eine Reihe globaler Veränderungen wie z.B. die Ressourcenverknappung, der demografische Wandel, die Dynamisierung der Produktlebenszyklen, der Klimawandel oder die ansteigende Gefahr der Instabilität durch eine wachsende Dynamik der Wirtschaft und der Märkte machen das Umfeld der Unternehmen komplexer (ABELE & REINHART 2011, S. 1 & 19). Die Liberalisierung und die erhöhte Effizienz der Märkte führt dazu, dass allein der Besitz von Produktionsanlagen kein Wettbewerbsvorteil mehr sein kann (METTERNICH 2001, S. 4). Darüber hinaus wachsen die Kundenanforderungen und der Kostendruck steigt (HENRICH 2002, S. 34).

Diesen Herausforderungen und weiteren Veränderungen der Rahmenbedingungen müssen sich die produzierenden Unternehmen stellen. Ein ausschließliches Reagieren ist in diesem Zusammenhang nicht zielführend. Vielmehr sind die Unternehmen gezwungen, sich strategisch auf die Veränderungen vorzubereiten. Auf diese Weise haben die Unternehmen die Möglichkeit, den Wandel aktiv mitzugestalten und somit den Produktionssektor weiter zu stärken (ABELE & REINHART 2011, S. 1). In diesem Zusammenhang ist das Wissen über die Fähigkeiten und Potentiale des eigenen Unternehmens und der Wettbewerber von großer Bedeutung (METTERNICH 2001, S. 1).

Oftmals basieren die Kernkompetenzen und die damit einhergehenden Alleinstellungsmerkmale der Produkte auf einem Unternehmensbereich. Demzufolge nimmt die Bedeutung einer optimalen strategischen Ausrichtung dieses Bereichs signifikant zu und wird als „primärer Ausgangspunkt“ der wichtigsten Kernkompetenzen bezeichnet (KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 134). Im verarbeitenden Gewerbe ist häufig der

Produktionsbereich der primäre Ausgangspunkt für die Generierung von Alleinstellungsmerkmalen. Daraus lässt sich eine zunehmende Bedeutung produktionsstrategischer Entscheidungen ableiten.

Der vorliegende Beitrag orientiert sich am Beispiel der Triebwerksindustrie. Im folgenden Abschnitt wird auf diesen Industriezweig eingegangen. Ergänzend zu den obigen Ausführungen wird die Notwendigkeit einer umfassenden Produktionsstrategieentwicklungsmethode begründet.

Der Luftverkehr ist in einer globalisierten Gesellschaft mit einem wachsenden individuellen Mobilitätsanspruch ein zentrales Element. Pro Jahr werden mehr als 2 Milliarden Passagiere befördert. Darüber hinaus leistet dieser Industriezweig einen Beitrag zum Weltsozialprodukt von 3,96 Billionen Euro. In Europa hängen etwa 5,1 Millionen Arbeitsplätze direkt oder indirekt vom Luftverkehr ab. Die langfristigen Prognosen zeigen, dass die wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung durch ein immer schnelleres Wachstum in diesem Bereich weiter zunehmen wird (AIRBUS 2012, S. 11). Durch die direkte Kopplung der Triebwerksindustrie an den Luftverkehr lassen sich diese Prognosen proportional auf die Triebwerksindustrie übertragen. Die Triebwerksindustrie ist eine Branche, die sich insbesondere im Bereich der Produktion durch die folgenden Merkmale auszeichnet:

- Hohe Bauteilkomplexität
(ABELE & REINHART 2011, S. 90)
- Große Variantenvielfalt
(REICH 2009, S. 270)
- Lange Produktlebenszyklen
(BUXTON ET AL. 2006, S. 2; STEFFENS & HOLLMEIER 2013, S. 2)
- Vergleichsweise geringe Stückzahlen
(AIRBUS 2012, S. 11; BMW 2013, S. 5)
- Hohe Zulassungsbedingungen
(REICH 2009, S. 271)
- Hochwertige Materialien und Produkte
(ABELE & REINHART 2011, S. 90)
- Hohe Qualitätsanforderungen
(HINSCH 2012, S. 38 & 173; REICH 2009, S. 271)
- Hoher Innovationsdruck
(EUROPEAN COMMISSION 2001)
- Langfristiges Wachstum mit kurzfristigen Schwankungen
(AIRBUS 2012, S. 11FF; MTU AERO ENGINES 2011, 118F)
- Wachsender Kostendruck

- (STAUDACHER ET AL. 2002, S. 1; FLOTTAU 2011, S. 97FF; SIEBER ET AL. 2003, S. 1)
- Hohe Umweltschutzanforderungen
(MÖNIG 2008, S. 73; SIEBER ET AL. 2003, S. 1)
- Besonderes Marktmodell
(BUXTON ET AL. 2006, S. 2; STEFFENS & HOLLMEIER 2013)
- Hoher Fixkostenanteil
(STERZENBACH & CONRADY 2003, S. 12)
- Niedrige Angebotsflexibilität
(STERZENBACH & CONRADY 2003, S. 12)

Neben den allgemeinen globalen Veränderungen im Produktionsumfeld führen die oben genannten Merkmale zu einer Reihe langfristiger und umfangreicher Herausforderungen, denen sich die Unternehmen in diesem Industriezweig stellen müssen. Daraus lässt sich insbesondere für die Triebwerksindustrie eine hohe Bedeutung einer umfassenden produktionsstrategischen Ausrichtung ableiten.

Die oben ausgeführten Herausforderungen bedingen eine produktionsstrategische Ausrichtung. Im Rahmen einer Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien ist die Möglichkeit zur Analyse und Berücksichtigung von Branchenspezifika zu integrieren. Diesbezüglich gibt es zur bestehenden Literatur Weiterentwicklungspotential (BLECKER & KALUZA 2003, S. 16; HENRICH 2002, S. 91F; FREIBICHLER 2006, S. 30; MICHAELI & REINHART 2013, S. 292).

Um eine Produktionsstrategie umfassend entwickeln zu können, ist es von zentraler Bedeutung, alle relevanten produktionsstrategischen Handlungsfelder zu betrachten. BRÄBLER (1999, S. 30) kritisiert die „willkürliche“ Auswahl der Handlungsfelder sowie die fehlende Systematisierung der Analysen innerhalb der produktionsstrategischen Handlungsfelder. Es besteht in diesem Bereich Potential eine Vorgehensweise zu entwickeln, die eine strukturierte Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder ermöglicht.

Darüber hinaus ist ein methodischer Prozess zur Analyse der Handlungsfelder in Kombination mit einer Untersuchungsstruktur angeraten, damit eine ganzheitliche Untersuchung gewährleistet werden kann.

Bei der Betrachtung verschiedener Handlungsfelder sind Zusammenhänge zwischen diesen unvermeidlich. Eine isolierte Betrachtung einzelner Felder ist aber meist nicht zielführend. Demzufolge ist die detaillierte Untersuchung der Wirkzusammenhänge von entscheidender Bedeutung (KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 128FF; BRÄBLER 1999, S. 30 & 69; DÖRRER 2000, S. 57FF; HILL & HILL 2009, S. 37FF & 56FF; FOSCHIANI 1995, S. 98FF; MICHAELI & REINHART 2013, S. 292).

Bei modernen Produktionen handelt es sich meist um komplexe Gebilde, bei denen die Aufteilung in Bereiche und Untersuchungsebenen unabdingbar ist (HENRICH 2002, S. 37; ZÄPFEL 2000, S. 115FF; FOSCHIANI 1995, S. 66FF). Um diese zu einer integrierten Produktionsstrategie zusammenführen zu können, ist eine standardisierte Untersuchung der einzelnen Felder notwendig.

Dabei ist zu beachten, dass die Integration der Produktionsstrategie in das System der betrieblichen Strategien nicht vernachlässigt werden darf. Trotzdem muss die Möglichkeit existieren, auf Basis von detaillierten Analysen in der Fertigung, die Produktionsstrategie zu gestalten. Diesbezüglich besteht im Vergleich zu bestehenden Ansätzen Weiterentwicklungspotential (MICHAELI & REINHART 2013, S. 293).

Im Rahmen der Produktionsstrategieentwicklung entsteht eine hohe Komplexität. Es ist ein System zu integrieren, welches dabei unterstützt, die Komplexität zu reduzieren und zu kontrollieren (FOSCHIANI 1995, S. 97F).

Eine Strategie ist letztendlich nur so gut wie deren Umsetzung (MÜLLER 2010, S. 158). Aufgrund dessen muss ein umfassender Ansatz zur Produktionsstrategieentwicklung auch die Umsetzung berücksichtigen.

1.2 Zielsetzung

Die Beschreibung der Ausgangssituation und Motivation zeigt auf, dass die umfassende produktionsstrategische Planung in einem zunehmend komplexen Umfeld von wachsender Bedeutung ist.

Infolge einer umfassenden Literaturrecherche konnten Weiterentwicklungspotentiale zum aktuellen Forschungsstand identifiziert werden. Ein Ziel der Arbeit ist es, einen konkreten Beitrag zur Schließung dieser festgestellten Lücken zu liefern.

Das Hauptziel ist der Aufbau einer Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien. Zur Konkretisierung orientiert sich die Arbeit am Beispiel der Triebwerksindustrie. Folgende spezifische Teilziele sollen zur Erfüllung des Hauptziels beitragen:

- Integration branchenspezifischer Einflussfaktoren
- Umfassende Analyse von Wirkzusammenhängen
- Kombination vertikaler Planungsrichtungen
(„Top-Down“ und „Bottom-Up“)
- Entwicklung einer durchgängigen Vorgehensweise zur Erarbeitung einer Produktionsstrategie sowie der Herleitung einer Untersuchungssystematik zu Analyse einzelner Handlungsfelder

- Integration eines Prozesses zur Komplexitätsbeherrschung während des Produktionsstrategieentwicklungsprozesses
- Standardisierung der Analyse einzelner Handlungsfelder
- Integration der Umsetzungsvorbereitung in den Prozess zur Produktionsstrategieentwicklung

1.3 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sieben Kapitel (vgl. Abbildung 1). Im Einleitungskapitel wurden bereits die Ausgangssituation, Motivation und die Zielsetzung beschrieben, bevor in diesem Abschnitt der Aufbau erläutert wird.

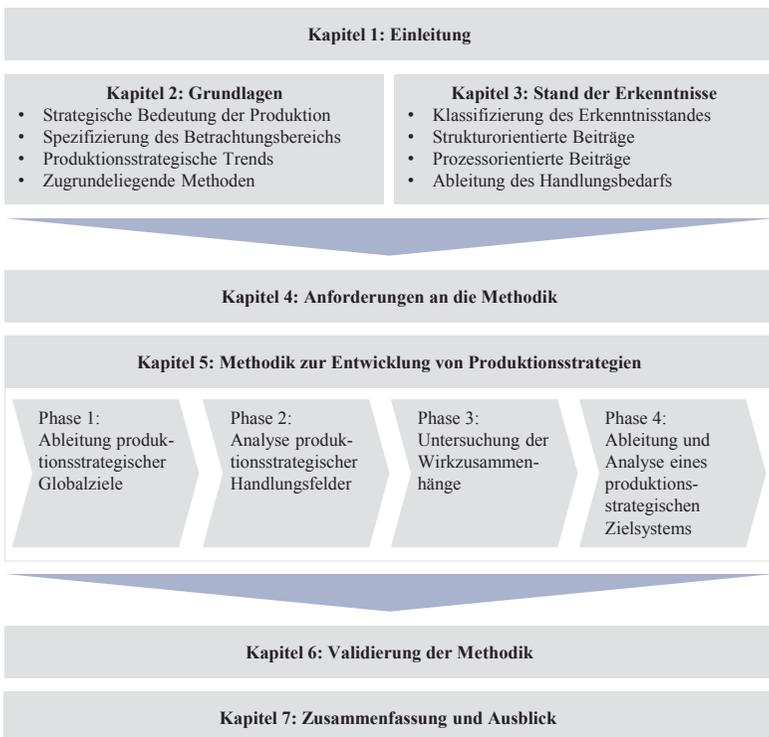


Abbildung 1: Aufbau der vorliegenden Arbeit

In Kapitel 2 wird ein einheitliches Grundverständnis in Bezug auf Begrifflichkeiten, Sachverhalte und Methoden geschaffen. Dabei wird auch der Betrachtungsbereich der