

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

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.

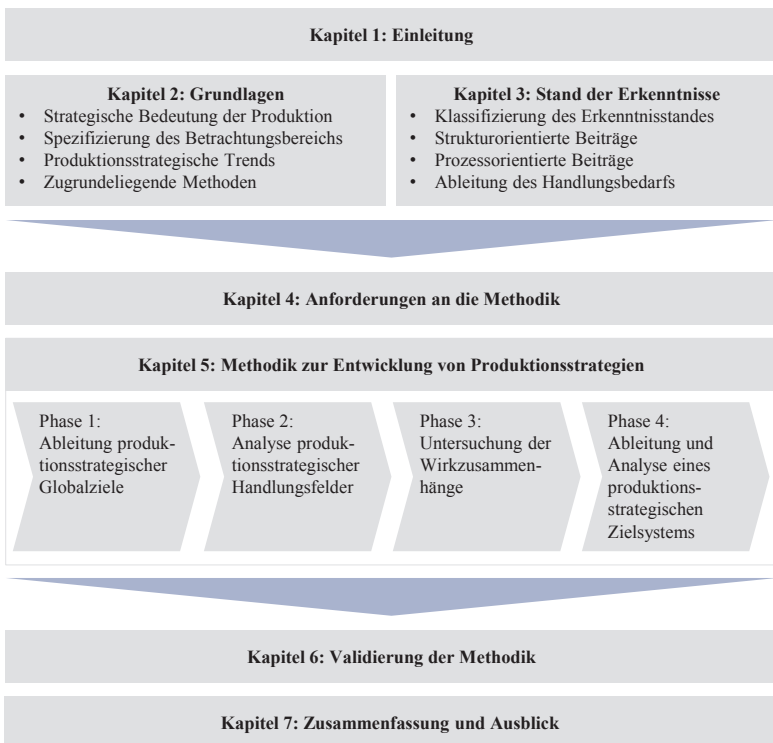


Abbildung 1: Aufbau der vorliegenden Arbeit

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

Arbeit eingeordnet und die Triebwerksindustrie charakterisiert. Darüber hinaus werden grundlegende produktionsstrategische Trends und deren Auswirkungen thematisiert.

Kapitel 3 beschreibt den Stand der Erkenntnisse, der sich aus einer umfangreichen Literaturrecherche ergeben hat. Im ersten Abschnitt werden die untersuchten Ansätze klassifiziert, bevor auf die einzelnen Beiträge eingegangen wird. Im Anschluss wird der Handlungsbedarf in Abschnitt 3.4 abgeleitet.

Auf Basis des Handlungsbedarfs werden in Kapitel 4 Anforderungen an die Methodik formuliert. Diese lassen sich in spezifische und allgemeine Anforderungen unterteilen (Abschnitt 4.1 & 4.2).

Kapitel 5 bildet den Kern der vorliegenden Arbeit. Aufgrund der zentralen Bedeutung dieses Kapitels und der Komplexität des Themas wird im ersten Abschnitt des Kapitels (Abschnitt 5.1) zunächst auf die grundsätzliche Struktur der Methodik eingegangen. Die Inhalte dieses Kapitels lassen sich nach dem Verrichtungsprinzip in 4 Phasen unterteilen. Die erste Phase beschreibt die schrittweise Ableitung produktionsstrategischer Globalziele (Abschnitt 5.2). Darauf aufbauend fokussiert sich die zweite Phase auf die Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder (Abschnitt 5.3). Die Ergebnisse der zweiten Phase werden im Rahmen der dritten Phase auf Wirkzusammenhänge untersucht (Abschnitt 5.4). Zuletzt wird beschrieben, wie aus den zuvor durchlaufenden Phasen ein produktionsstrategisches Zielsystem abgeleitet, ergänzt und analysiert wird (Abschnitt 5.5). Im Laufe der Bearbeitung sind Iterationsschleifen vorgesehen.

In Kapitel 6 wird die neu entwickelte Methodik am Beispiel der Triebwerksindustrie validiert. Die Struktur des Kapitels orientiert sich, ähnlich wie Kapitel 5, am Aufbau der Methodik. Anschließend wird der entwickelte Ansatz anhand wirtschaftlicher Aspekte und nach dem Erfüllungsgrad der Anforderungen beurteilt (Abschnitt 6.5).

Kapitel 7 fasst die vorliegende Arbeit zusammen und gibt einen Ausblick für mögliche weitere wissenschaftliche Ansätze.

2 Grundlagen

Im folgenden Kapitel wird zunächst auf die strategische Bedeutung der Produktion eingegangen. Darauf basierend lässt sich die Notwendigkeit einer methodischen Produktionsstrategieentwicklung verdeutlichen (Abschnitt 2.1).

Im Anschluss wird der Betrachtungsbereich der vorliegenden Arbeit schrittweise hergeleitet und auf diese Weise in das wissenschaftliche Umfeld eingeordnet (Abschnitt 2.2). Da die Arbeit sich am Beispiel der Triebwerksindustrie orientiert, wird in Abschnitt 2.3 auf relevante produktionsstrategische Trends und deren Auswirkungen auf diesen Industriezweig eingegangen.

In den anschließenden Abschnitten (2.4 & 2.5) werden Methoden und Begriffe erläutert, die für die Methodikentwicklung in Kapitel 5 relevant sind.

2.1 Strategische Bedeutung der Produktion

Für den Begriff Produktion gibt es in Theorie und Praxis viele unterschiedliche Definitionen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird unter Produktion die „industrielle Produktion“ verstanden. Diese umfasst nach GIENKE & KÄMPF (2007, S. 5) die „Sachgüterproduktion“, welche auf „ingenieur- und betriebswissenschaftlichen“ Planungen beruht (GIENKE & KÄMPF 2007, S. 5). Der Einfachheit halber wird im Folgenden weiter der Begriff Produktion als Synonym für die Sachgüterproduktion verwendet.

Die Produktion hatte bis Ende der siebziger Jahre nicht den gleichen Stellenwert wie andere Funktionalbereiche (z.B. Marketing oder Finanzen) (vgl. SKINNER 1969, BELLGRAN & SÄFTSEN 2010, S. 49F).

HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 8) führen folgende unternehmensinterne Gründe dafür an:

- Fixierung auf Analyseabteilungen anstatt auf die praktischen Erfahrungen der Produktion zurückzugreifen
- Fokussierung auf kurzfristige Ergebnisse anstatt auf strategische Ziele und Fähigkeiten
- Konzentration auf Marketing- und Finanzierungsbereiche auf Kosten der Produktions- und Technologieressourcen

PENDLEBURY (1987, S. 35) hingegen gibt die folgenden Gründe an:

- Begrenzte nationale Verkäufermärkte ohne Priorität auf Herstellungskosten, Qualität und Lieferfähigkeit
- Nachfrage nach standardisierten Produkten, wodurch die Produktionsaufgabe simplifiziert wurde
- Fehlertolerante Kunden ohne vielfältige Vergleichsmöglichkeiten

Die fehlende Fokussierung auf strategische Fragestellungen führen HILL & HILL (2009, S. 2) als Argumentation für den oftmals geringeren Stellenwert der Produktion an.

Gleichzeitig wird die eigentlich große Bedeutung der Produktion in einem Unternehmen festgestellt (vgl. SKINNER 1969, HENRICH 2002, S. 34F, WIENDAHL ET AL. 2009, S. 5FF & 23; ABELE & REINHART 2011, S. 1).

BROWN (1996, S. 59F) gibt dafür folgende Gründe an:

- 80-85% des Kapitals eines produzierende Unternehmens sind im Produktionsbereich gebunden.
- 80% der Kosten entstehen in der Produktion.
- Ein Großteil der Mitarbeiter sind in der Produktion tätig.

HENRICH (2002, S. 34F) begründet den zunehmenden Stellenwert der Produktion in modernen Unternehmen mit der Internationalisierung der Märkte, den gestiegenen Kundenansprüchen, der sich daraus ableitende hohe Kostendruck und die steigenden Qualitätsansprüche sowie der rasante technische Fortschritt.

Auch BELLGRAN & SÄFTSEN (2010, S. 50) propagieren die neue Rolle der Produktion. Sie führen als Begründung die ansteigende Komplexität, kundenindividuellere Produkte und die damit einhergehende höhere Variantenvielfalt, große Volumenschwankungen, kürzere Produktlebenszyklen sowie einen intensiver werdenden nationalen und internationalen Wettbewerb an.

SKINNER (1986, S. 56) stellt nicht nur die Bedeutung der Produktion heraus, sondern legt auch eine Regel fest, durch welche Aspekte sich Wettbewerbsvorteile in der Produktion erreichen lassen. Die 40 / 40 / 20 - Regel besagt, dass 40 Prozent durch strategische Entscheidungen erreicht werden, 40% auf den optimalen Einsatz der Potentialfaktoren (z.B. moderne Produktionstechnologien) und 20% auf Maßnahmen zur Produktivitätssteigerung und Kostensenkung zurückzuführen sind.

KREIKEBAUM ET AL. (2011, S. 134) weisen darauf hin, dass oftmals die Kernkompetenzen von Unternehmen in einem Funktionalbereich konzentriert sind. Infolge dessen nimmt

die Bedeutung der strategischen Ausrichtung dieses Funktionalbereichs zu. Es wird gefolgert, dass in diesem Fall der entsprechende Funktionalbereich der „primäre Ausgangspunkt“ für die Entwicklung einer Wettbewerbsstrategie sein kann (KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 134). Wie bereits ausgeführt wurde, handelt es sich bei diesem dominierenden Funktionalbereich bei vielen Unternehmen um die Produktion.

HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 396ff) haben ein Modell erarbeitet, welches sich in 4 Stufen unterteilt und die Bedeutung der Produktion in Unternehmen charakterisiert.

Stufe 1 - Minimierung von negativen Effekten der Produktion. Die Leistung der Produktion wird überwacht.

Stufe 2 - Die Leistungsfähigkeit der Produktion sollte dem Niveau der Wettbewerber entsprechen. Es besteht eine operative Planung.

Stufe 3 - Die Produktion ist ein aktiver Bestandteil der Unternehmensstrategie. Eine strategische Planung spiegelt die übergeordneten Ziele des Unternehmens wider.

Stufe 4 - Die Produktion wird als strategischer Wettbewerbsvorteil gesehen. Die Produktion ist elementar auch bei weitreichenden Entscheidungen im Marketing oder der Produktentwicklung.

Aus der steigenden Bedeutung der Produktion lässt sich die unbedingte Notwendigkeit einer konsequenten strategischen Planung ableiten (HENRICH 2002, S. 35; BELLGRAN & SÄFTSEN 2010, S. 50).

2.2 Spezifizierung des Betrachtungsbereichs

Im folgenden Abschnitt wird der Betrachtungsbereich dieser Arbeit herausgearbeitet und eine schrittweise Einordnung in das wissenschaftliche Umfeld vorgenommen. Im Zuge dessen werden auch eine Reihe zentraler Begriffe definiert. Dies dient dazu, einen Bezugsrahmen zu errichten und ein einheitliches Verständnis zu schaffen. Weitere Begriffe, die nicht Teil dieses Abschnitts sind, aber im Rahmen der vorliegenden Arbeit auch von Bedeutung sind, werden in den Abschnitten 2.5 und 9.3 definiert.

2.2.1 Produktionsstrategie im Kontext der Unternehmensführung

Unternehmensführung kann als eine „zielorientierte Gestaltung und Steuerung der Entscheidungen und Koordinationsinstanz“ eines bestimmten Unternehmens bezeichnet werden. Neben den rein organisatorischen Elementen besteht diese auch aus den Personen als Entscheidungsträgern (BOOS ET AL. 2011, S. 3). Grundsätzlich kann zwischen den Personen als Institution und den Aufgaben als Funktion der

Unternehmensführung unterschieden werden (MÜLLER 2010, S. 5; HUNGENBERG 2011, S. 20F; BOOS ET AL. 2011, S. 3). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit soll eine Methodik zur produktionsstrategischen Entwicklung eines Unternehmens erarbeitet werden. In diesem Zusammenhang wird ein Leitfaden zur Erarbeitung von strategischen Zielen und Handlungsempfehlungen entwickelt. Dies entspricht der funktionalen Perspektive der Unternehmensführung, die in den folgenden Ausführungen näher betrachtet wird.

2.2.2 Elemente der funktionalen Unternehmensführung

Die funktionale Sicht der Unternehmensführung lässt sich weiter unterteilen. Zu diesem Zweck bestehen in der Literatur eine Reihe unterschiedlicher Ansätze. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird der klassische Ansatz nach GUTENBERG (1990, S. 47) gewählt, der diese in die Aufgaben Planung, Kontrolle und Organisation gliedert. Dieser Ansatz wurde bereits 1958 entwickelt, ist in der Literatur anerkannt und wurde seitens weiterer Autoren durch die „Führungsaufgabe“ ergänzt, die auch als „Steuerung“ oder „Leitung“ bezeichnet wird (vgl. WITTE 2007, S.114; BOOS ET AL. 2011, S. 4FF). Demzufolge strukturieren BOOS ET AL. (2011, S. 4FF) die funktionale Unternehmensführung in die Aufgaben Organisation, Führung, Planung und Kontrolle.

Infolge der Planung wird die Erarbeitung eines Soll-Zustandes bzw. die Festlegung entsprechender Zielsetzungen verstanden. Die Organisationsaufgabe umfasst den Aufbau, die Strukturierung und Verteilung der Kompetenzen innerhalb der Unternehmung. Die Aufgabe Führung wird mit „Führung im eigentlichen Sinne“ näher bezeichnet und umfasst die Umsetzung der im Rahmen der Aufgabe „Planung“ festgelegten Ziele. Diese werden zudem durch die „Kontrolle“ mit dem Ist-Zustand verglichen. Anschließend wird wiederum die Planung angestoßen und somit schließt sich der Zyklus (BOOS ET AL. 2011, S. 5FF). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ist insbesondere die Aufgabe der Planung von Bedeutung, da eine begründete Vorgehensweise zur Entwicklung einer Produktionsstrategie erarbeitet wird. Dieses Vorhaben lässt sich als planerische Aufgabe bezeichnen. Die übrigen Funktionen werden auch berücksichtigt. Die produktionsstrategischen Ziele und Handlungsempfehlungen, die als Ergebnis der vorliegenden Methodik erarbeitet werden sollen, sind zu kontrollieren, um eine effektive Umsetzung zu gewährleisten. Dafür sind Kompetenzen zuzuordnen, wie es Teil der Aufgabe Organisation ist. Die hier entwickelte Methodik unterstützt demnach auch die übrigen Teilfunktionen. Der klare Fokus liegt allerdings auf der Planungsaufgabe. Demzufolge soll der Fokus in den folgenden Ausführungen auf dem Element „Planung“ liegen, welches im nächsten Abschnitt näher betrachtet wird.

2.2.3 Planung als Aufgabe der funktionalen Unternehmensführung

Die unternehmensplanerische Aufgabe lässt sich wiederum in verschiedene Ebenen ordnen, welchen entsprechende Zeithorizonte zugeordnet werden können (HERRMANN 2010, S. 81). In Anlehnung an das „St. Galler Managementkonzept“ von BLEICHER (2011) wird die normative, strategische und operative Ebene unterschieden (GAUSEMEIER & PLASS 2014, S. 113; BLEICHER 2011, S. 87-91, HUNGENBERG 2011, S. 23F; BOOS ET AL. 2011, S. 6). Andere Veröffentlichungen führen die „Zwischenebene“ der taktischen Planung ein (BOOS ET AL. 2011, S. 6; HERRMANN 2010, S. 81; STEVEN 2012, S. 277F; ZÄPFEL 2000, S. 2F). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird auf diese „Zwischenebene“ verzichtet, da die Ebenen normativ, strategisch und operativ als ausreichend angesehen werden.

Die normative Planung legt langfristig die grundlegende Ausrichtung des Unternehmens fest. Die strategische Planung schafft mittel- bis langfristig neue Erfolgspotentiale und baut bestehende aus. Dies geschieht innerhalb des durch die normative Planung vorgegebenen Handlungsrahmens. Die operative Planung setzt durch laufende Aktivitäten kurz- bis mittelfristig die strategischen Vorgaben um (BOOS ET AL. 2011, S. 6).

Im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit ist insbesondere die strategische Planungsebene von Bedeutung, da produktionsstrategische Zielvorgaben und Handlungsempfehlungen erarbeitet werden. Im Rahmen der Methodik werden eine Reihe weiterer und z.T. auch detailliertere Untersuchungsaspekte vorgeschlagen (vgl. Abschnitt 5.3.4). Infolge dieser Untersuchungen lassen sich neben den strategischen auch operative Handlungsempfehlungen ableiten. Zur langfristigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit der Produktion sind insbesondere die strategischen Handlungsempfehlungen zu berücksichtigen (vgl. BOOS ET AL. 2011, S. 6F).

2.2.4 Strategien als Resultat der strategischen Planung

Die strategische Planung wird als „Instrument“ zur Definition von Strategien bezeichnet (MENDE 2006, S. 81). KREIKEBAUM (1997, S. 20F) definiert den Begriff „strategische Unternehmensplanung“ wie folgt:

„Strategische Unternehmensplanung beschreibt in präskriptiver Sicht den Prozeß, in dem eine rationale Analyse der gegenwärtigen Situation und der zukünftigen Möglichkeiten und Gefahren zur Formulierung von Absichten, Strategien, Maßnahmen und Zielen führt. (...)“

Strategien werden als Ergebnis des strategischen Planungsprozesses bezeichnet (MENDE 2006, S. 81). Als Ziel der strategischen Planung kann die Identifizierung von Erfolgspotenzialen bezeichnet werden, während eine Strategie langfristige Pläne zur Aufstellung und Absicherung der Erfolgspotenziale beinhaltet.

Der Begriff Strategie wird im klassischen Sinne bei WELGE & AL-LAHAM (2012, S. 16) definiert als:

„(...) geplantes Maßnahmenbündel der Unternehmung zur Erreichung ihrer langfristigen Ziele. (...)“

Das klassische Strategieverständnis erfährt in der Forschung große Akzeptanz (MATHIEU 2004, S. 29; BURMANN 2002, S. 80; WELGE & AL-LAHAM 2012, S. 16). Darüber hinaus ist festzustellen, dass in der Literatur eine große Menge an unterschiedlichen Strategiedefinitionen zu finden sind (BRESSER 2010, S. 9F & 16FF; WELGE & AL-LAHAM 2012, S. 15F). Auf eine weiterführende Diskussion des aktuellen Forschungsstandes zum Strategieverständnis wird verzichtet und auf die einschlägige Literatur verwiesen (vgl. WELGE & AL-LAHAM 2012; CHANDLER 1998; MINTZBERG ET AL. 2009; SCHEWE 1998), da dies für die vorliegende Ausarbeitung keinen entscheidenden Mehrwert bieten würde. Für diese Arbeit wird das klassische Strategieverständnis und insbesondere die oben aufgeführte Definition von WELGE & AL-LAHAM (2012, S. 16) zugrunde gelegt.

Die strategische Planung, in der neueren Literatur auch „strategisches Management“ genannt (STEVEN 2012, S. 277; WELGE & AL-LAHAM 2012, S. 23), beschreibt einen sehr komplexen Prozess (PLATTS & GREGORY 1990, S. 9; MINTZBERG 1978, S. 948).

Dem klassischen Strategieverständnis folgend entwickeln WELGE & AL-LAHAM (2012, S. 186FF) ein grundlegendes Prozessmodell zur Strategieentwicklung. Dieses sogenannte „konzeptionelle Referenzmodell“ basiert auf einer umfangreichen Literaturanalyse und spiegelt somit den aktuellen Forschungsstand wider. Demnach sind die Phasen „Strategische Zielplanung“, „Strategische Analyse und Prognose“, „Strategieformulierung und –bewertung“ und „Strategieimplementierung“ im Rahmen einer Strategieentwicklung zu durchlaufen. Auch KREIKEBAUM ET AL. (2011, S. 55FF) entwickeln ein ähnliches Prozessmodell. Dieses unterscheidet sich insofern von anderen, als dass eine eigenständige Phase der „Segmentierung“ nach der strategischen Zielplanung vorgesehen ist. Im Rahmen dieser Phase wird empfohlen, das Unternehmen zunächst in sinnvolle Segmente zu unterteilen, um auf diese Weise zielführendere und detailliertere strategische Analysen vornehmen zu können.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass die Methodik, die in der vorliegenden Arbeit entwickelt wird, als ein planmäßiges bzw. methodisches Verfahren zur Entwicklung

produktionsstrategischer Ziele und Handlungsempfehlungen bezeichnet werden kann. Wie sich die Produktionsstrategie in das System der betrieblichen Strategien einordnen lässt, wird im folgenden Abschnitt erörtert.

2.2.5 Einordnung von Produktionsstrategien in das System betrieblicher Strategien

Der Begriff Produktionsstrategie wird in der Literatur unterschiedlich verwendet (HENRICH 2002, S. 35). Eine Übersicht über verschiedene englischsprachige Begriffsdefinitionen bieten DANGAYACH & DESHMUKH (2001, S. 886). Im Folgenden wird auf einige deutsch- und englischsprachige Definitionen näher eingegangen, die in der Literatur vielfach verwendet werden.

SKINNER (1983) beschreibt den Begriff Produktionsstrategie als:

“(...) the competitive leverage required of - and made possible by - the production function (...). And it spells out an internally consistent set of structural decisions designed to forge manufacturing into strategic weapon.”

HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 32) hingegen definieren Produktionsstrategien als:

“(...) a sequence of decisions that, over time, enables a business unit to achieve a desired manufacturing structure, infrastructure, and set of specific capabilities.“

Weitere Definitionen betrachten Produktionsstrategien als “strategische Waffen” (BLECKER & KALUZA 2003, S. 3). Im deutschsprachigen Raum werden die Definitionen von BRAßLER (1999) und ZÄPFEL (2000) häufig verwendet.

BRAßLER (1999, S. 32) beschreibt eine Produktionsstrategie als:

„(...) eine Kombination aus innovativer, variativer und eliminativer Vorgehensweise mit dem Ziel, verteidigungsfähige Konkurrenzvorteile aufzubauen. Retrospektiv betrachtet ist es die Summe der Einzelentscheidungen (...).

Weitestgehend akzeptiert ist die Definition von ZÄPFEL (2000, S. 115) (BLECKER & KALUZA 2003, S. 3; MICHAELI & REINHART 2013, S. 291), nach der die Produktionsstrategie analysiert:

„(...) welche Fähigkeiten und Potentiale im Bereich der Leistungserstellung zu schaffen bzw. zu bewahren sind, damit sie ihren Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens leistet (...).“

Darüber hinaus hält ZÄPFEL (2000, S. 115) fest, dass die Produktionsstrategie dem strategischen Produktions-Management zuzuordnen ist. Diese Definition soll der vorliegenden Schrift zugrunde gelegt werden.

Betrachtet man das System der betrieblichen Strategien, so lässt sich dieses zunächst in die 3 Ebenen Unternehmensstrategien, Geschäftsfeldstrategien und Funktionalstrategien unterteilen (FINE & HAX 1985, S. 3; KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 127FF; REICHEL 2005, S. 9; WELGE & AL-LAHAM 2012, S. 458FF, MICHAELI & REINHART 2013, S. 292). Die Unternehmensstrategie bildet die oberste Ebene und umfasst alle Unternehmensbereiche. Sie legt grundsätzlich fest in welchen Geschäftsfeldern das Unternehmen aktiv sein wird (REICHEL 2005, S. 9) und gibt somit eine allgemeine Richtung vor, wie sich das Unternehmen entwickelt (KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 127). Auf dieser Ebene wird somit ein „Bezugsrahmen“ für die Ableitung der Teilstrategien entwickelt. In diesem Zusammenhang sind die Geschäftseinheiten auf ihren jeweiligen „Wertbeitrag“ hin zu analysieren und zu bewerten. Darüber hinaus wird innerhalb dieser strategischen Ebene herausgearbeitet, wie die einzelnen Geschäftsbereiche sich sinnvoll kombinieren lassen (KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 128F). Im Rahmen der Geschäftsfeldstrategie wird festgelegt, wie ein Unternehmen in einem Geschäftsbereich erfolgreich sein möchte (REICHEL 2005, S. 10). Nach PORTER (2013, S. 73FF) handelt es sich bei Geschäftsfeldstrategien im Wesentlichen um die Festlegung der Wettbewerbsstrategie. Demnach wird auf dieser Ebene entschieden, ob eine Kostenführerschaft, Differenzierung oder Fokussierung auf Schwerpunkte angestrebt wird (vgl. KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 133). Ist ein Unternehmen nur in einem Geschäftsfeld aktiv, so entspricht die Geschäftsfeldstrategie der Unternehmensstrategie (KLEINALTENKAMP & SAAB 2009, S. 39). Die Funktionsbereichsstrategien, auch Funktionalstrategien genannt, dienen der Konkretisierung der übergeordneten Geschäftsfeldstrategie und dem möglichst effizienten Ressourceneinsatz. Für jede Funktion eines Geschäftsbereichs besteht demnach eine Funktionalstrategie (REICHEL 2005, S. 11; KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 133F). Funktionalstrategien sind beispielsweise F&E-, Vertriebs- oder Produktionsstrategien (KLEINALTENKAMP & SAAB 2009, S. 40). Die Entwicklung erfolgt meist hierarchisch, indem zunächst die Unternehmensstrategie entwickelt wird, bevor die darunter liegenden strategischen Ebenen betrachtet werden (FINE & HAX 1985, S. 17; ANDERSON ET AL. 1991, S. 87; KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 128FF). KREIKEBAUM ET AL. (2011, S. 133F) weisen auf die Wirkzusammenhänge zwischen den einzelnen strategischen Elementen hin.

2.2.6 Zusammenfassung zur Ableitung des Betrachtungsbereichs

Im Folgenden werden die Ausführungen des Abschnitts 2.2 zusammengefasst.

Die Arbeit ordnet sich zunächst in die funktionale Perspektive der Unternehmensführung ein (vgl. Abschnitt 2.2.1). Darauf aufbauend wird die Arbeit als eine planerische Aufgabe im Rahmen der funktionalen Unternehmensführung eingegliedert (vgl. Abschnitt 2.2.2).

Auf Basis dieser Einordnung stellt Abbildung 2 den zu untersuchenden Ordnungsraum mit den Dimensionen Planungshorizont, Strategieebene und Phasen der Strategieentwicklung dar. Diese wurden anschließend in den Abschnitten 2.2.3 bis 2.2.5 näher betrachtet und eine Einordnung der vorliegenden Arbeit vorgenommen.

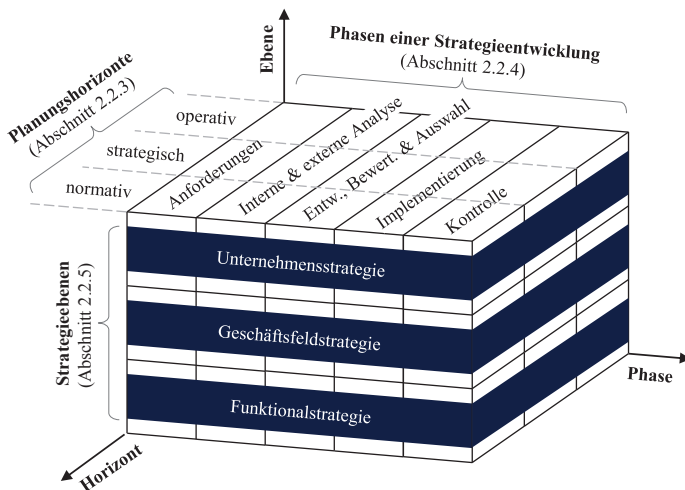


Abbildung 2: Ordnungsraum zur Eingliederung der vorliegenden Arbeit

Darauf aufbauend wurde herausgearbeitet, dass insbesondere die strategische Ebene der unternehmensplanerischen Aufgaben zu betrachten ist (vgl. Abschnitt 2.2.3). In Abschnitt 2.2.4 wurde der Unterschied zwischen einer Strategie und der strategischen Planung erörtert, da dies für die vorliegende Arbeit von Bedeutung ist und die vorgenommene Einordnung bestätigt. Abschließend wurde die Arbeit in das System der betrieblichen Strategien eingegliedert (vgl. Abschnitt 2.2.5).

Darauf aufbauend kann nun der Ordnungsraum für die vorliegende Arbeit eingeschränkt werden und wird folglich als Betrachtungsraum bezeichnet. Dieser ist in Abbildung 3 dargestellt.

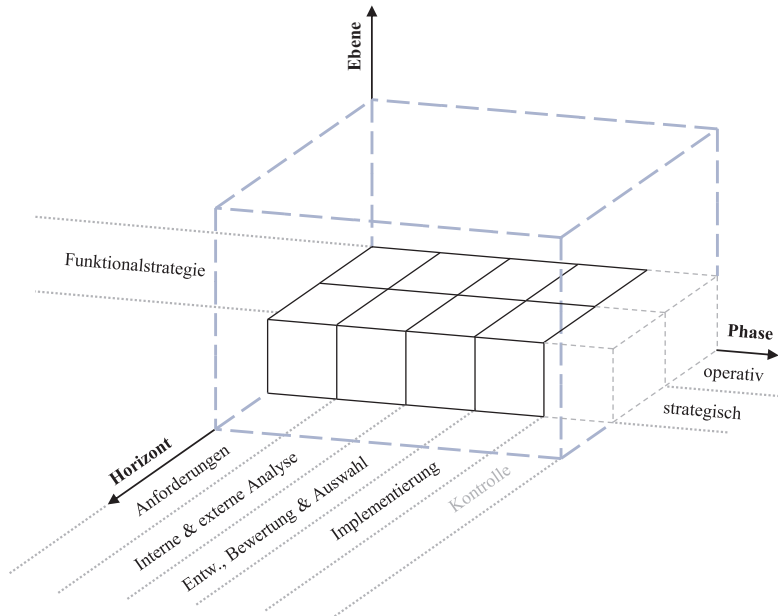


Abbildung 3: Betrachtungsraum der vorliegenden Arbeit

2.3 Produktionsstrategische Trends und deren Auswirkung auf die Triebwerksindustrie

Die vorliegende Arbeit orientiert sich am Beispiel der Triebwerksindustrie. Aufgrund dessen wird im Folgenden auf relevante produktionsstrategische Trends in diesem Industriezweig eingegangen.

Wie bereits in der Einleitung (Abschnitt 1.1) ausgeführt wurde, ist der Luftverkehr ein zentrales Element unserer Gesellschaft, von dem allein in Europa mehr als 5 Millionen Arbeitsplätze direkt oder indirekt abhängen (AIRBUS 2012, S. 86). Dabei weisen die langfristigen Prognosen eine weiterhin positive Entwicklung auf (AIRBUS 2012, S. 11).

Damit Unternehmen diese Entwicklung für sich nutzen können, müssen sie sich strategisch günstig positionieren und heute die Voraussetzungen für das Wachstum von morgen schaffen.

2.3 Produktionsstrategische Trends und deren Auswirkung auf die Triebwerksindustrie

Da strategisches Denken und Handeln immer langfristig ist (BLEICHER 2011, S. 267), soll im Folgenden auf die Megatrends der Zukunft eingegangen werden, wie sie ABELE & REINHART (2011) beschreiben. Aus diesen Megatrends werden entsprechende Auswirkungen für die Triebwerksindustrie aufgezeigt.

ABELE & REINHART (2011) haben die folgenden Megatrends identifiziert:

- *Mobilität*
- *Globalisierung*
- *Durchdringung mit neuen Technologien*
- *Dynamisierung der Produktlebenszyklen*
- *Ressourcenverknappung*
- *Wissensgesellschaft*
- *Gefahr der Instabilität*
- *Demografischer Wandel*
- *Klimawandel*
- *Lebensqualität*

Diese Megatrends verändern die Märkte und Rahmenbedingungen für produzierende Unternehmen. Die Aufgabe für die Unternehmen ist es, sich an die neuen Gegebenheiten anzupassen oder im Idealfall diese sogar zu gestalten (ABELE & REINHART 2011, S. 1). Für die Triebwerksindustrie sind mehrere dieser Megatrends von Bedeutung.

Allen voran ist die Mobilität zu nennen. ABELE & REINHART (2011, S. 22) bezeichnen Mobilität als „Grundbedürfnis des Menschen“. Es ist zu erwarten, dass sich der Luftverkehr, als zentrales Element des Personenverkehrs, allein in Deutschland im Vergleich zum Jahr 2004 bis zum Jahr 2025 mehr als verdoppeln wird (KELPIN 2007, S. 136). Die Triebwerksindustrie muss diesen positiven Trend für sich nutzen und entsprechende strategische Weichen stellen. Eine Gefahr besteht darin, dass hinsichtlich des sich positiv entwickelnden Weltmarktes ggf. vernachlässigt wird, dass auch der Wettbewerb zwischen den etablierten und neuen Marktteilnehmern, insbesondere aus China und Indien, sich intensiviert.

Prognosen zeigen, dass die Ausweitung des Luftverkehrs zur Folge haben wird, dass der CO₂-Ausstoß stark zunimmt (KELPIN 2007, S. 291). Derzeit sind zwei Prozent der weltweit vom Menschen verursachten Kohlendioxidemissionen dem Luftverkehr zuzuschreiben. Hochrechnungen zeigen, dass dieser Anteil bis zum Jahr 2050 auf drei Prozent steigen könnte (CLEAN SKY 2011). Der zunehmende CO₂-Ausstoß steht im Zusammenhang mit dem Megatrend Klimawandel. Um diesem entgegenzuwirken fördert die Europäische Kommission im Rahmen öffentlich-privater Partnerschaften

(„public private partnerships“) Projekte, die dazu beitragen, den Luftverkehr umweltfreundlicher zu gestalten und die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wissenschafts- und Industrielandschaft zu stärken. Die Aufgabe der Triebwerksindustrie wird sein, durch effizientere Triebwerke den CO₂-Ausstoß zu verringern. Einen zentralen Beitrag zur Erfüllung der angestrebten Ziele liefern neuartige Triebwerkskonzepte. Diese stellen veränderte Anforderungen an Bauteile und Komponenten in Bezug auf das Design, die Materialien, die Instandhaltung, das Recycling und in hohem Maße auch an die Herstellungsprozesse der Produkte.

Die Gefahr der Instabilität durch schwankende Konjunkturentwicklungen, Terroranschläge, Markteinbrüche, Ressourcenengpässe und Handelssperren haben signifikanten Einfluss auf die globale Produktion (ABELE & REINHART 2011, S. 19). Während die Produktionszahlen von Passagier- und Frachtflugzeugen seit 1980 kontinuierlich angestiegen sind und dieser Trend auch für die Zukunft weiter prognostiziert wird, unterliegt der Luftverkehr starken Nachfrageschwankungen (STERZENBACH & CONRADY 2003, S. 11F), die sich auf die Triebwerksindustrie und deren Zulieferer niederschlagen.

Darüber hinaus hat der Megatrend der Ressourcenverknappung Einfluss auf die Triebwerksindustrie, da viele Bauteile aus hochfesten Materialien wie Titan- und Nickelbasislegierungen bestehen. Die hierzu notwendigen Rohstoffe sind endlich und werden auf dem Weltmarkt immer stärker nachgefragt. Prognosen zeigen, dass die Rohstoffpreise für die benötigten Materialien steigen werden (FRONDEL ET AL. 2005).

Die Durchdringung mit neuen Technologien beschreibt den Megatrend der wissenschaftlichen Zusammenarbeit unterschiedlicher Disziplinen zur Generierung von Innovationen (ABELE & REINHART 2011, S. 12). Dieser ist gerade in der Luftfahrt von sehr großer Bedeutung, denn immer leistungsfähigere Flugzeuge sind nur möglich, wenn interdisziplinär entwickelt wird (ABELE & REINHART 2011, S. 14). Neue Fertigungstechnologien wie beispielweise die additiven Verfahren bieten für die Triebwerksindustrie ein enormes Potenzial (ABELE & REINHART 2011, S. 84).

Des Weiteren ist die Dynamisierung der Produktlebenszyklen ein Megatrend (ABELE & REINHART 2011, S. 12). Dieser ist Bestandteil der Herausforderungen an eine Produktion der Zukunft (vgl. MÄHLCK & PANSKUS 1995, S. 4-10). Der sich beschleunigende Technologiewandel führt zu häufigeren Innovationsprüngen (ABELE & REINHART 2011, S. 15). Auch die Triebwerksindustrie muss sich diesen Herausforderungen stellen (ARAGO 2011, S. 1).

Ein Megatrend, der alle produzierenden Unternehmen gleichermaßen trifft, ist der demografische Wandel. Hochrechnungen belegen, dass bis zum Jahr 2035 die Zahl der

Erwerbstätigen um 18% sinken wird. Dies führt dazu, dass ältere Mitarbeiter an Bedeutung gewinnen (ABELE & REINHART 2011, S. 19FF). Zudem wird eine altersgerechte Arbeits- und Organisationsentwicklung sowie neue Beschäftigungsmöglichkeiten für ältere Mitarbeiter wichtiger werden (PACK ET AL. 2000, S. 32FF).

Der letzte Megatrend, der hier erwähnt werden soll, ist die Globalisierung. Die zunehmende weltweite Vernetzung von Individuen, Unternehmen, Gesellschaft und Staaten trägt unter anderem dazu bei, dass der Luftverkehr an Bedeutung gewinnt. Allerdings bedeutet Globalisierung auch, dass Unternehmen im weltweiten Wettbewerb stehen und sich dem dadurch entstehenden Kostendruck stellen müssen (ABELE & REINHART 2011, S. 12). In den vergangenen Jahrzehnten sind die Lufttransportkosten kontinuierlich gesunken (JACOB & MEYER 2006, S. 12). Dies hat zur Folge, dass Fluggesellschaften immer effizientere Flugzeuge benötigen, um auch in Zukunft Gewinne erwirtschaften und die Umweltauflagen erfüllen zu können.

Die Luftfahrtindustrie und im Speziellen auch die Triebwerksindustrie muss sich den oben beschriebenen Herausforderungen stellen. Im Besonderen die Produktion muss mittel- und langfristig darauf ausgerichtet werden, den sich verändernden Randbedingungen gerecht zu werden. Die Vielzahl der sich wandelnden Anforderungen in der Triebwerksindustrie bedingt das Hinterfragen der bestehenden Produktionsstrategien. In Kombination mit einem komplexer werdenden Umfeld ist die systematische Entwicklung produktionsstrategischer Entscheidungen unabdingbar.

2.4 Zugrundeliegende Methoden

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um die Entwicklung einer Methodik. Eine Methodik ist die Kombination verschiedener Einzelmethoden (LINDEMANN 2009, S. 58 & Abschnitt 9.3). Demzufolge werden einige Methoden in das Vorgehen zur Entwicklung einer Produktionsstrategie integriert. Da die Methoden prinzipiell in der Literatur beschrieben sind, wird die Beschreibung der Methoden kurz ausgeführt. Im Anhang (vgl. Abschnitt 9.1 & 9.2) wird die Beschreibung der Methoden detaillierter vorgenommen. Darüber hinaus wird auf die einschlägige Literatur verwiesen.

Im Rahmen der folgenden Ausführungen kann zwischen 2 Kategorien von Methoden unterschieden werden. Zum einen werden Methoden beschrieben, die als zentrales Element der produktionsstrategischen Analysen identifiziert werden können. Diese werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit als produktionsstrategische Kernmethoden bezeichnet. Darüber hinaus kann eine zweite Kategorie von Methoden gebildet werden, die zur Lösung spezieller Einzelprobleme im produktionsstrategischen Entwicklungsprozess verwendet werden und optional Anwendung finden. Diese werden als

produktionsstrategische Unterstützungsmethoden bezeichnet. Nur die produktionsstrategischen Kernmethoden sind zwingender Bestandteil der im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelten Vorgehensweise. Aufgrund dessen wird im Folgenden nur auf diese Methoden eingegangen. Die produktionsstrategischen Unterstützungsmethoden sind ausschließlich im Anhang (vgl. Abschnitt 9.2) näher erläutert. Festzuhalten ist, dass es in der Literatur ein Vielzahl weiterer Methoden gibt, die im Bereich der strategischen Analysen angewendet werden (vgl. KERTH ET AL. 2011; GAUSEMEIER & PLASS 2014).

Als produktionsstrategische Kernmethoden werden im Rahmen der vorliegenden Arbeit die folgenden Methoden bezeichnet:

- SWOT-Analyse
- Branchenstrukturanalyse
- Markt-Technologieportfolio
- Kritische Erfolgsfaktorenanalyse
- Fuzzylogik

SWOT-Analyse

Das Akronym SWOT steht für die Anfangsbuchstaben der Analysefelder. Diese sind strengths (Stärken), weaknesses (Schwächen), opportunities (Chancen) und threats (Risiken). Darüber hinaus wird zwischen der internen Analyse (Stärken und Schwächen) und der externen Analyse der Rahmenbedingungen (Chancen und Risiken) unterschieden (KERTH ET AL. 2011, S. 168-171). Die SWOT-Analyse ist ein Instrument zur Entwicklung strategischer Handlungsoptionen (vgl. KERTH ET AL. 2011, S. 206; SCHEUSS 2008, S. 37f). Die SWOT-Analyse ist insbesondere dazu geeignet, die Analyseergebnisse, die mit Hilfe anderer Methoden erworben worden sind, aggregiert und übersichtlich darzustellen (KERTH ET AL. 2011, S. 168f). Hierfür wird die Methode im Rahmen der vorliegenden Ausarbeitung angewendet.

Branchenstrukturanalyse

Die Branchenstrukturanalyse ist ein zentrales Element bei der Entwicklung einer Produktionsstrategie (vgl. WIENDAHL ET AL. 2009, S. 23).

Sie dient zur strukturierten Analyse der Wettbewerbssituation. Dazu werden die Wettbewerbskräfte in fünf Felder unterteilt (KERTH ET AL. 2011, S. 160). Die Analyse enthält folgende Elemente:

- Potentielle neue Konkurrenten
- Wettbewerb in der Branche
- Substitutionsprodukte

- Verhandlungsstärke der Lieferanten
- Verhandlungsstärke der Kunden

Die Analyse wird im Rahmen der Situationsanalyse eines produktionsstrategischen Handlungsfeldes angewendet.

Markt-Technologieportfolio

Das integrierte Markt-Technologieportfolio wurde von der Unternehmensberatung McKinsey & Company entwickelt. Es dient zum strategischen Technologiemanagement sowie zur Produkt- und Produktionsplanung (BULLINGER 1996, S. 4-50).

Das resultierende Markt-Technologieportfolio basiert auf einem Marktportfolio und einem Technologieportfolio, die anschließend zusammengeführt werden. Das Marktportfolio dient zur Analyse der Attraktivität eines Marktes im Spannungsfeld zur eigenen relativen Marktposition. Das Technologieportfolio fokussiert insbesondere auf die technischen Aspekte und unterstützt bei der Analyse der Attraktivität einer Technologie und der relativen technologischen Stärke eines Unternehmens im Vergleich zu den Wettbewerbern (HAAG ET AL. 2011, S. 336F).

Das Markt-Technologieportfolio liefert im Vergleich zu anderen Portfoliomethoden eine umfassendere Sichtweise, da sowohl die betriebswirtschaftliche als auch die technische Sichtweise berücksichtigt wird. Demzufolge eignet sich das Markt-Technologieportfolio zur übersichtlichen Darstellung mehrerer Aspekte (GAUSEMEIER & PLASS 2014, S. 129-133). Diese Fähigkeiten führen dazu, es als eine Kernmethode im produktionsstrategischen Entwicklungsprozess im Rahmen der Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder zu verwenden.

Kritische Erfolgsfaktorenanalyse

Kritische Erfolgsfaktoren beeinflussen den Erfolg eines Unternehmens in seiner Branche entscheidend (GAUSEMEIER & PLASS 2014, S. 139F). Dabei ist die Frage zu beantworten, welche Wettbewerbsvorteile im Markt angestrebt werden sollen. Somit bildet die Erfolgsfaktorenanalyse die Basis für die strategische Zielausrichtung eines Unternehmens oder eines Teilbereichs eines Unternehmens (WILDEMANN 1997, S. 51).

In der vorliegenden Arbeit werden die aus der Erfolgsfaktorenanalyse ermittelten kritischen Erfolgsfaktoren u.a. als Bewertungsgrundlage für die produktionsstrategischen Ziele und Handlungsempfehlungen verwendet und ist somit von zentraler Bedeutung für die gesamte Methodik. Darüber hinaus wird die Analyse zur Entwicklung produktionsstrategischer Globalziele herangezogen.

Fuzzylogik

Im Rahmen der Wirkzusammenhangsanalyse wird die Lehre der unscharfen Mengen (engl. „fuzzy set theory“) verwendet. Diese ermöglicht die bestmögliche Nutzung von Expertenwissen zur Bewertung von Wirkzusammenhängen zwischen strategischen Zielen und Handlungsempfehlungen. Methoden basierend auf der Fuzzylogik unterstützen bei der Anwendung und Verarbeitung von Erfahrungswissen, die nicht rein mathematisch verarbeitet werden können (BOTHE 1998, S. 14).

2.5 Begriffsdefinitionen

Im folgenden Abschnitt werden weitere Begriffe definiert, die bisher im Rahmen des Grundlagenkapitels (Kapitel 2) noch nicht beschrieben wurden. Dabei handelt es sich um Termini, die zentral für die vorliegende Arbeit sind. Hierbei wird auf die Begrifflichkeiten fokussiert, für die keine klare Definition in der Literatur gefunden wurde oder übliche Definitionen für die Verwendung der Ausdrücke in der vorliegenden Arbeit nicht passend sind. Daher ist es notwendig, dass für diese Bezeichnungen ein einheitliches Verständnis geschaffen wird.

Handlungsfeld

Eine Produktionsstrategie umfasst ein ganzes Bündel von Entscheidungen (ZAHN 1988, S. 527). Diese stellen Entscheidungsmuster dar, die in einem bestimmten Zeitraum verfolgt werden (MINTZBERG 1979, S. 68). Dabei handelt es sich nicht um isolierte Entscheidungen. Eine Strategie umfasst Entscheidungen aus allen relevanten Ebenen und Bereichen (ZAHN 1988, S. 527). Demzufolge ist eine Strukturierung der Produktionsstrategie unabdingbar. In der Literatur existieren unterschiedliche Begriffe für die Strukturierungselemente einer Produktionsstrategie (vgl. Abschnitt 3.2). SKINNER (1969, S. 141) gliedert eine Produktionsstrategie in sogenannte „decision areas“, während HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 30FF) diese als „decision categories“ bezeichnet. HENRICH (2002, S. 144FF), DÖRRER (2000, S. 32FF) und ZÄPFEL (2000, S. 115FF) bezeichnen die selbigen Elemente als „Teilstrategien“. BRÄBLER (1999, S. 32-40) deklariert die Elemente einer Produktionsstrategie als Aktionsfelder. ZAHN (1988, S. 527FF) und FOSCHIANI (1995, S. 66FF) referieren schlicht über „Elemente einer Produktionsstrategie“. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden diese Strukturierungselemente einer Produktionsstrategie als Handlungsfelder bezeichnet.

Produktionsstrategische Pyramide

Im Rahmen der Erläuterung der produktionsstrategischen Pyramide wird auch auf die Begriffe Produktionsmission, produktionsstrategisches Globalziel, strategisches und handlungsfeldspezifisches Ziel sowie operative und strategische Handlungsempfehlung eingegangen.

Die produktionsstrategische Pyramide (vgl. Abbildung 4) stellt die strategischen Ebenen hierarchisch geordnet dar. Die Pyramide folgt dem Top-Down-Prinzip. Demnach stellt die zunehmende Breite der Ebenen den höheren Detaillierungsgrad dar. Die produktionsstrategische Pyramide unterscheidet sich insofern von einer allgemeinen strategischen Pyramide (vgl. BEA & HAAS 2013, S. 72), indem diese auf den Funktionalbereich Produktion fokussiert.

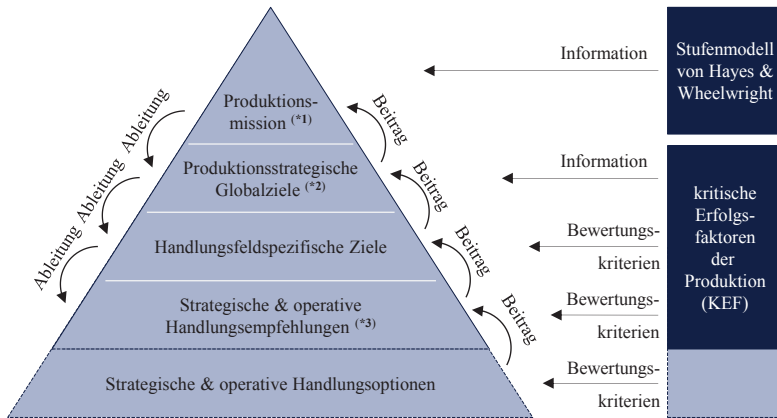
Die oberste Ebene der produktionsstrategischen Pyramide wird durch die Produktionsmission gebildet. Die Produktionsmission beschreibt die allgemeine Zweckbestimmung der Produktion. Sie wird aus der Geschäftsfeldstrategie abgeleitet, ist wenig detailliert und beinhaltet noch keine konkreten Quantifizierungen. Nichtsdestotrotz ist der produktionsbezogene Fokus bereits zu berücksichtigen. Hat beispielsweise die Kostenminimierung in der Produktion oberste Priorität, so ist dies festzuhalten (SCHROEDER & LAHR 1990, S. 5; FOSCHIANI 1995, S. 88f). Darüber hinaus sind bereits grobe Ansätze anzudeuten, wie dies zu erreichen ist. Welche Aspekte formuliert werden, ergibt sich aus den Prioritäten und inhaltlichen Schwerpunkten der übergeordneten strategischen Ebene (SCHROEDER & LAHR 1990, S. 5-7). Des Weiteren unterstützt das Stufenmodell von HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 396ff) (vgl. Abschnitt 2.1) bei der Formulierung, welches zur Identifizierung der strategischen Bedeutung der Produktion im Unternehmen beiträgt. Zur Erarbeitung der Produktionsmission ist die Teilnahme der Unternehmensführung erforderlich (SCHROEDER & LAHR 1990, S. 5; PLATTS & GREGORY 1990, S. 16 & 23).

Eine Ebene darunter befinden sich die produktionsstrategischen Globalziele. Der Begriff lehnt sich an den von EIDENMÜLLER (1991, S. 78) verwendeten Begriff der „unternehmerischen Globalziele“ an (vgl. WITTE 2007, S. 48). Das „Globalziel“ wird auch als „Leitbild“ bezeichnet und als ein abstrakt formuliertes Ziel der Unternehmenspolitik umschrieben. Darüber hinaus wird darauf, hingewiesen, dass dieses unbedingt konkretisiert werden muss (WITTE 2007, S. 48). Der Begriff „global“ drückt im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit aus, dass sich diese Ziele nicht auf ein bestimmtes Handlungsfeld fokussieren, sondern für die gesamte Produktion gelten. Demzufolge wirken die produktionsstrategischen Globalziele auf mehrere Handlungsfelder der Produktion. Sie haben zur Aufgabe den Leistungsumfang der

Produktion zu kennzeichnen (FOSCHIANI 1995, S. 89). Durch den Begriff „produktionsstrategisch“ wird deutlich, dass es sich um Ziele im Rahmen einer Produktionsstrategie handelt. Im Gegensatz zu den Formulierungen im Rahmen der Produktionsmission sind die produktionsstrategischen Globalziele nach den SMART-Regeln zu formulieren. SMART steht in diesem Zusammenhang für die Begriffe „spezifisch, messbar, anspruchsvoll, realistisch und terminiert“ (KUSTER ET AL. 2011, S. 406; HABERFELLNER ET AL. 2012, S.77). Dies gilt auch, wenn der Abstraktionsgrad auf dieser Ebene noch vergleichsweise hoch ist, damit die Allgemeingültigkeit für die gesamte Produktion gewährleistet werden kann. Von besonderer Bedeutung für produktionsstrategische Ziele ist, dass sie mit anderen funktionalstrategischen Zielen im Einklang stehen müssen und zum Unternehmenserfolg beitragen. Um dies sicherzustellen, ist es erforderlich, dass die oberste Unternehmensführung bei der Formulierung der produktionsstrategischen Globalziele involviert ist (FOSCHIANI 1995, S. 89).

Die nächste Ebene bilden die handlungsfeldspezifischen Ziele, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit auch als strategische Ziele bezeichnet werden. Diese Ziele fokussieren sich auf eines der Handlungsfelder und können somit wesentlich detaillierter sein als die produktionsstrategischen Globalziele. Auch die handlungsfeldspezifischen Ziele sind den SMART-Regeln entsprechend zu formulieren. Im Gegensatz zu den produktionsstrategischen Globalzielen werden die handlungsfeldspezifischen Ziele nicht ausschließlich nach dem Top-Down-Prinzip abgeleitet, sondern basieren auf einer Reihe handlungsfeldspezifischer Detailanalysen (vgl. Abschnitte 5.3.3 & 5.3.4). Dies ist auch ein Grund, warum die kritischen Erfolgsfaktoren (KEF) zur Bewertung des Zielbeitrags verwendet werden und nicht die Ziele der übergeordneten Ebene. Dennoch tragen die handlungsfeldspezifischen Ziele zur Erfüllung der produktionsstrategischen Globalziele bei.

Die oberen 3 Ebenen beschreiben, „Was“ zu erreichen ist. Die folgende Ebene mit den strategischen und operativen Handlungsempfehlungen beschreibt „Wie“ die formulierten Ziele zu erreichen sind (vgl. KUSTER ET AL. 2011, S. 404). Demzufolge geben Handlungsempfehlungen konkrete Vorgaben, in welcher Form die Empfehlung erarbeitet werden soll wie beispielsweise in Form eines Maßnahmenkataloges oder die Erstellung einer Studie. Zur Formulierung der Handlungsempfehlungen werden Handlungsoptionen erarbeitet. Nach Bewertung der verschiedenen Optionen wird die Beste ausgewählt und somit zur Handlungsempfehlung. Das Vorgehen wird in Abschnitt 5.3.3 beschrieben. Auch die Handlungsempfehlungen sind gemäß der SMART-Regeln zu formulieren. Handlungsempfehlungen können anschließend direkt in Projekte überführt werden.



(*1) Produktionsmission → Allgemeine Zweckbestimmung der Produktion

(*2) Produktionsstrategische Ziele → „Was“ soll in der Produktion erreicht werden?

(*3) Strategische & operative Handlungsempfehlungen → „Wie“ sollen die Ziele umgesetzt werden?

Abbildung 4: Produktionsstrategische Pyramide

Wirkzusammenhang

In der Literatur lassen sich unterschiedliche Begriffsdefinitionen für die Beschreibung von Beziehungen und Beeinflussungen finden. Dabei wird häufig der Begriff „Wechselwirkung“ verwendet (vgl. KOSOW ET AL. 2008, S. 6; GÄNG 2012, S. 5F; GÖTZFRIED 2013, S. 27). Der DUDEN (2011 S. 1978) definiert eine Wechselwirkung als „Zusammenhang durch wechselseitige Beeinflussungen“. Unter Berücksichtigung mehrerer Definitionen des Begriffes Wechselwirkung aus den Bereichen Medizin, Physik und der statistischen Versuchsplanung definiert GÄNG (2012, S. 5F) den Begriff Wechselwirkung als „...eine gegenseitige Beeinflussung von zwei oder mehreren Komponenten. Diese Beeinflussung kann entweder positiv, neutral oder negativ sein.“

Die oben aufgeführten Definitionen decken nicht ab, dass eine Beeinflussung nicht unbedingt wechselseitig sein muss, sondern auch gerichtet sein kann. Darüber hinaus ist zu berücksichtigen, dass die Einflussnahme unterschiedlich stark sein kann. Aufgrund dessen wird für die vorliegende Arbeit der verknüpfende Begriff des „Wirkzusammenhangs“ eingeführt. „Wirkung“ ist im DUDEN (2011, S. 2018) als „durch eine verursachende Kraft bewirkte Veränderung, Beeinflussung, bewirktes Ergebnis“ definiert, während der Begriff „Zusammenhang“ (DUDEN 2011, S. 2084) beschrieben wird als: „zwischen Vorgängen, Sachverhalten o. Ä. bestehende innere Beziehung oder Verbindung“.

Aus den oben ausgeführten Definitionen lässt sich der Begriff „Wirkzusammenhang“ im Rahmen der Produktionsstrategieentwicklung wie folgt definieren:

„Ein Wirkzusammenhang ist die ein- oder gegenseitige, qualitative oder quantitative Beeinflussung zwischen zwei strategischen Zielen oder Handlungsempfehlungen. Diese Beeinflussung kann positiv oder negativ sein und in verschiedenen Stärken auftreten. Ein strategisches Ziel oder eine Handlungsempfehlung kann mit mehreren strategischen Zielen oder Handlungsempfehlungen gleichzeitig in einem Wirkzusammenhang stehen“.

Die Unterscheidung „qualitativ“ und „quantitativ“ wird in diesem Zusammenhang wie folgt verstanden. „Quantitativ“ bedeutet nach KREBS (2012, S. 15), dass die Ausprägung anhand einer messbaren Größe bestimmt und als Zahlenwert angegeben werden kann, wohingegen „qualitativ“ bedeutet, dass die Ausprägung über bestimmte Eigenschaften beschreibbar ist, aber nicht als Zahlenwert angegeben werden kann (KREBS 2012, S. 15). Eine „positive“ Beeinflussung besteht dann, wenn beispielsweise ein strategisches Ziel in einen vorteilhafteren bzw. günstigeren Zustand versetzt wird, im Vergleich zum unbeeinflussten Zustand. Im Gegensatz dazu führt eine „negative“ Beeinflussung zu einem nachteiligen bzw. ungünstigeren Zustand. In der Praxis kann dies bedeuten, dass ein angestrebter Zielzustand nur mit größerem Aufwand oder gar nicht mehr erreicht werden kann.

Darüber hinaus wird die Stärke eines Wirkzusammenhangs in 2 Stufen unterschieden. Die erste Stufe beschreibt einen positiven oder negativen Wirkzusammenhang der entweder eine Existenzbedrohung für ein zweites Element (z.B. ein strategisches Ziel) darstellt oder eine Existenzgrundlage für ein anderes Element bildet. Demzufolge handelt es sich um die stärkste Form eines möglichen Wirkzusammenhangs und kann auch als Grenz- oder Extremwert bezeichnet werden. Die Ausprägungen dieser Wirkzusammenhänge werden im Falle einer Existenzbedrohung als Widerspruch und im entgegengesetzten Fall, der Existenzgrundlage, als Voraussetzung bezeichnet. Demnach lassen sich die Wirkzusammenhänge der ersten Stufe in der Logik der booleschen Algebra mit den Operatoren „und“ bzw. „oder“ beschreiben. Die zweite Stufe beschreibt schwächere Formen von positiven oder negativen Wirkzusammenhängen. Hierbei handelt es sich um eine Beeinflussung, die nicht mehr eine Existenzbedrohung oder -voraussetzung darstellt, aber dennoch ein Einfluss bestimmbar ist. Diese Einflussnahme kann unterschiedlich stark sein und wird deswegen in einer Skala angegeben. Diese Skala orientiert sich an der Fuzzylogik und reicht von „sehr deutlich negativ“ bis „sehr deutlich positiv“. Besteht ein zunächst in seiner Ausprägung nicht definierbarer Wirkzusammenhang zwischen 2 Elementen wird von einer „Beziehung“ gesprochen. Eine „Beziehung“ trifft auch noch keine Aussage darüber, ob ein Wirkzusammenhang positiv oder negativ ist.

Im Rahmen der Methodik werden die Wirkzusammenhänge von Experten eingeschätzt. Dabei kann es vorkommen, dass ein Wirkzusammenhang nicht eindeutig einer Stufe zugeordnet werden kann. Zu diesem Zweck werden die Fälle „Synergie“ und „Konkurrenz“ eingeführt. Eine Synergie beschreibt einen positiven Wirkzusammenhang, bei dem zunächst noch nicht geklärt ist, ob dieser der ersten oder zweiten Stufe zuzuordnen ist. Entsprechend gilt dies für den Begriff der Konkurrenz. Dabei handelt es sich um einen negativen Wirkzusammenhang, bei dem noch zu klären ist, welcher Stufe dieser zuzuordnen ist. Dementsprechend ist bei den Ausprägungen „Synergie“ und „Konkurrenz“ auch noch nicht geklärt, wie stark der Wirkzusammenhang ist. Es wurde lediglich festgelegt, dass die Fälle nicht eindeutig der ersten Stufe zuzuordnen sind.

Abbildung 5 verdeutlicht die oben beschriebenen Ausprägungen eines Wirkzusammenhangs.

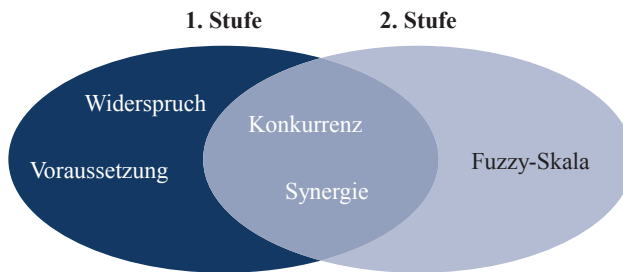


Abbildung 5: Wirkzusammenhänge der ersten und zweiten Stufe

Im Rahmen der Methode werden die Fälle der Konkurrenz und Synergie zunächst bei der Analyse der Wirkzusammenhänge der ersten Stufe angegeben und bei der Analyse der Wirkzusammenhänge zweiter Stufe genauer spezifiziert.

3 Stand der Erkenntnisse

In Abbildung 1 ist dargestellt, wie sich das folgende Kapitel in den Aufbau der vorliegenden Arbeit einordnet.

Produktionsstrategien werden seit den siebziger Jahren des vergangenen Jahrhunderts in einer Vielzahl von Veröffentlichungen diskutiert. Der Großteil der Beiträge stammt aus dem anglo-amerikanischen Sprachraum, während in deutscher Sprache vergleichsweise wenige Veröffentlichungen zu finden sind (BLECKER & KALUZA 2003, S. 1). Dennoch wird die Bedeutung der Produktion als strategischer Wettbewerbsfaktor auch hierzulande herausgestellt (BRÄBLER & SCHNEIDER 2000, S. 27F, HENRICH 2002, S. 34F; ABELE & REINHART 2011, S. 1).

Es können im Rahmen dieser Ausarbeitung nicht alle Beiträge zum weiten Feld der produktionsstrategischen Literatur beleuchtet werden. Im Folgenden wird sich auf die wesentlichsten Beiträge in Bezug auf die vorliegende Arbeit konzentriert. Umfassende Übersichten mit Beiträgen zum Thema Produktionsstrategien liefern WILDEMANN (1997), DANGAYACH & DESHMUKH (2001), BLECKER & KALUZA (2003) und AKCA & ILAS (2005).

Im folgenden Abschnitt wird die betrachtete Literatur klassifiziert, um einen besseren Überblick zu schaffen.

3.1 Klassifizierung des Erkenntnisstandes

WILDEMANN (1997, S. 8) teilt die zu Produktions- bzw. Fertigungsstrategien bestehende Literatur in 4 Gruppen ein. Die erste Gruppe analysiert die Zusammenhänge zwischen Fertigungstechnologien und dem Produktionsmanagement einerseits und der Unternehmensstrategie andererseits. Die zweite Gruppe fokussiert sich auf die Beschreibung von Instrumenten zur strategischen Planung und Beurteilung von Technologien. Die dritte Gruppe beschreibt den Zusammenhang zwischen Investitionsentscheidungen und der Einführung neuer Produktionstechnologien. Letztlich beschreibt die vierte Gruppe Produktionsstrategien im Zusammenhang der Unternehmensentwicklung (WILDEMANN 1997, S. 8). Dieser Gliederungsansatz wird in der vorliegenden Ausarbeitung nicht verwendet, da hier mehrere Ansätze betrachtet werden, die für diese Arbeit nicht oder nur am Rande relevant sind. Die für diese Ausarbeitung wesentlichen Ansätze (z.B. SKINNER 1969, HAYES & WHEELWRIGHT 1984) werden beschrieben, wenngleich sie in eine andere Struktur eingeordnet werden.

Im Folgenden wird eine weitere Möglichkeit zur Klassifizierung der Literatur zu Produktionsstrategien beschrieben. Diese wurde von ADAM & SWAMIDASS (1989)

entwickelt und später von weiteren Autoren übernommen (vgl. SWINK & WAY (1995), HENRICH (2002), DANGAYACH & DESHMUKH (2001), BLECKER & KALUZA (2003)). Die Forschung zu Produktionsstrategien lässt sich demnach in die folgenden Bereiche unterteilen:

- *Inhaltsforschung (Manufacturing Strategy Content Research)*
- *Prozessforschung (Manufacturing Strategy Process Research)*

Der Begriff der Inhaltsforschung dieser Strukturierung kann leicht falsch interpretiert werden. Diese Benennung suggeriert, dass die Kategorie der Prozessforschung inhaltslos ist. Darüber hinaus lassen sich nicht alle Beiträge vollkommen trennscharf einer Klasse zuordnen. Beispielsweise beschäftigen sich SKINNER (1969) und DÖRRER (2000) sowohl mit dem Inhalt als auch mit dem Prozess einer Produktionsstrategie. Aufgrund dessen werden für den vorliegenden Beitrag die Kategorien folgendermaßen benannt:

- Strukturorientierte Beiträge
- Prozessorientierte Beiträge

Diese Bezeichnungen lehnen sich an die Bereichsaufteilung einer Produktionsstrategie von ABELE & REINHART (2011) an. Diese unterteilen eine Produktionsstrategie in die Bereiche Produktionsstruktur und Produktionsprozess (ABELE & REINHART 2011, S. 124 & 130-134).

Beiträge, die sich nicht klar einer dieser Kategorie zuordnen lassen, wurden nach ihrem jeweiligen inhaltlichen Kern klassifiziert. Die strukturorientierten Beiträge fokussieren sich auf die Beschreibung von möglichen Betrachtungsaspekten und Schwerpunkten innerhalb einer Produktionsstrategie (vgl. HENRICH 2002, S. 25FF; MICHAELI & REINHART 2013, S. 292). Die beschriebenen Inhalte werden nach unterschiedlichen Kriterien strukturiert.

Die prozessorientierten Beiträge beschäftigen sich mit dem Entwicklungs- und Erarbeitungsprozess von Produktionsstrategien (HENRICH 2002, S. 17FF; MICHAELI & REINHART 2013, S. 292). Es wird hierbei untersucht, welche Schritte in welcher Reihenfolge durchlaufen werden müssen, um eine Produktionsstrategie erarbeiten zu können. Um dies beschreiben zu können, beschäftigen sich die Autoren auch mit den Inhalten einer Produktionsstrategie, allerdings liegt der Schwerpunkt dieser Arbeiten auf der Ablaufplanung zur Erarbeitung einer Produktionsstrategie.

Im nächsten Abschnitt wird detaillierter auf die strukturorientierten Beiträge eingegangen, bevor in Abschnitt 3.3 auf die prozessorientierten Ansätze fokussiert wird.

3.2 Strukturorientierte Beiträge

SKINNER (1969) war einer der ersten Autoren, der sich explizit mit dem Thema wissenschaftlich auseinandergesetzt hat (HENRICH 2002, S. 42). Bereits 1969 hat er zur Analyse von Produktionsstrategien diese in die folgenden Entscheidungsklassen („decision areas“) eingeteilt:

- Fabrik und Ausrüstung (*plant and equipment*)
- Fertigungsplanung und Kontrolle (*production planning and control*)
- Belegschaft (“labour and staffing”)
- Produktdesign /Fertigung (*product design and engineering*)
- Organisation und Management (*organization and management*)

Für diese Entscheidungsklassen hat SKINNER (1969, S. 141) zudem definiert, welche Entscheidungen in den einzelnen Kategorien getroffen werden sollten und welche Ausprägungen möglich sind. Darüber hinaus hat er einen Ansatz geliefert, wie ein Prozess zur Produktionsstrategieentwicklung gestaltet sein könnte. Dieser Prozess unterteilt sich in 15 Schritte und beinhaltet Elemente, die darauf hinweisen, dass industriespezifische Anforderungen bezgl. Wettbewerbssituation, ökonomische Rahmenbedingungen und technologische Voraussetzungen berücksichtigt werden müssen (SKINNER 1969, S. 143; HENRICH 2002, S. 45).

Auch HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 30ff) haben Produktionsstrategien in die folgenden Entscheidungsklassen (decision categories) eingeteilt:

- Kapazität (*Umfang, Zeitplan, Form*)
- Einrichtungen (*Betriebsgröße, Standort, Spezifizierung*)
- Technologie (*Ausstattung, Automatisierung, Verkettung*)
- Vertikale Integration (*Richtung, Ausmaß, Hauptgewicht*)
- Belegschaft (*Qualifikation, Entlohnung, soziale Sicherheit*)
- Qualität (*Fehlervermeidung, Qualitätsüberwachung, Verantwortlichkeit*)
- Produktionsplanung und Materialkontrolle (*Sourcing-Politik, Zentralisierung, Entscheidungsregeln*)
- Organisation (*Struktur, Kontrollmechanismus, Rolle der Stabsstellen*)

Im deutschsprachigen Raum haben sich u. a. ZAHN (1994), WILDEMANN (1997), BRÄBLER (1999), ZÄPFEL (2000), HENRICH (2002) sowie ABELE & REINHART (2011) mit Produktionsstrategien beschäftigt. Im Folgenden soll auch auf diese Ansätze eingegangen werden.

ZAHN (1988, S. 527FF & 1994, S. 251FF) gliedert Produktionsstrategien in 5 Entscheidungsbereiche, die in Tabelle 1 mit einer zusammenfassenden Inhaltsbeschreibung dargestellt sind.

Tabelle 1: Entscheidungsbereiche einer Produktionsstrategie in Anlehnung an ZAHN (1988, S. 527FF)

Entscheidungsbereiche		Inhalte
Produktionsaufgabe		zu fertigende Produkte; anzubietende Dienstleistungen
Produktionsstruktur	Basisstruktur	Kapazitätsstrategien, Standortwahl, Ausgestaltung der Fabriken
	Infrastruktur	Informations- und Kommunikationssysteme, Planungs- und Kontrollsysteme
Produktionsprozess		Grad der vertikalen Integration; Logistik; Prozessorganisation

Im Beitrag von ZAHN (1988, S. 527) wird darauf hingewiesen, dass es von besonderer Bedeutung ist, dass diese Entscheidungsbereiche nicht losgelöst voneinander betrachtet werden dürfen. Eine Produktionsstrategie wird als eine koordinierte Entscheidung zwischen den Entscheidungsklassen beschrieben (ZAHN 1988, S. 527FF). Dieser Aspekt wird in der vorliegenden Arbeit in Abschnitt 5.4 betrachtet.

Eine andere Unterteilung sieht ZÄPFEL (2000, S. 115FF). Er gliedert seinen Ansatz in die folgenden Teilstrategien:

- *Technologiestrategie*
- *Strategie der Fertigungstiefe*
- *Kapazitätsstrategie*
- *Standortstrategie*

Diese Teilstrategien werden nach den Merkmalen „Innovation, Variation und Elimination“ differenziert. Jede Teilstrategie kann einer dieser Möglichkeiten folgen.

Als Innovation wird das Ergebnis von neuen oder vorhandenen sogenannten „Problemlösungspotentialen“ mit neuen oder vorhandenen wirtschaftlichen Anwendungsmöglichkeiten bezeichnet (PFEIFFER 1980, S. 421F). Darüber hinaus können Innovationen nach ihrer Dimension unterschieden werden. ZÄPFEL (2000, S. 117F) nennt drei Dimensionen, die mit den folgenden Fragen beschrieben werden können:

- „*Subjektdimension*“ - *Für wen ist eine Innovation neu?*

- *„Intensitätsdimension“ - Wie neu ist das Objekt im Vergleich zu bisherigen Vergleichsobjekten?*
- *„Adaptionsdimension“ - Wie lange ist ein Objekt eine Innovation bis die Wettbewerber diese übernommen haben?*

Bei der Variation wird darauf hingewiesen, dass die Unterscheidung zur Innovation fließend ist. Eine Variation kann demnach eine eher marginale Veränderung eines bestehenden Objekts bis hin zu einer umfangreichen Überarbeitung des selbigen sein. Die Elimination wird nach „Produktelimination“ oder „Prozesselimination“ unterschieden. Bei der „Produktelimination“ können beispielsweise bestimmte Produktgrößen bis hin zu ganzen Produktfeldern eliminiert werden. Bei der „Prozesselimination“ können einzelne Prozesse bis hin zu vollständigen Produktionsbereichen betroffen sein (ZÄPFEL 2000, S. 118).

Darüber hinaus beschreibt ZÄPFEL (2000, S. 119 - 151) für die verschiedenen Teilstrategien (z.B. Strategie der Fertigungstiefe) Beispiele für mögliche Ausprägungen einer Teilstrategie (z.B. hohe oder niedrige Fertigungstiefe). Des Weiteren geht ZÄPFEL (2000, S. 119 - 151) auf einzelne Untersuchungsmethoden für die Teilstrategien ein.

BRAßLER (1999, S. 30 & 69) thematisiert in seinem Beitrag die fehlende Systematisierung, die willkürliche Auswahl der Handlungsfelder und die mangelnde Analyse der Wirkzusammenhänge zwischen den Aktionsfeldern. Er unterscheidet in seinem Beitrag die Felder Produkte, Potentiale und Prozesse. Unter Produkten werden sowohl betriebliche Leistungen als auch Dienstleistungen verstanden. Der Prozess wird als eine wiederholbare Folge verketteter Teilaktivitäten mit messbarem Input, messbarer Wertschöpfung und messbarem Output definiert, der sich in einem organisatorischen Rahmen vollzieht. Potentiale hingegen sind Produktiveinheiten zur Realisierung betrieblicher Leistungsprozesse. Als Beispiele werden hierfür Fertigungsmittel oder Transportsysteme genannt (BRAßLER 1999, S. 31FF). Die beschriebenen Aktionsfelder werden ähnlich wie bei ZÄPFEL (2000, S. 115-119) in den Teilstrategien „Innovations-, Variations- und Eliminierungsstrategie“ differenziert (BRAßLER 1999, S. 31FF). BRAßLER (1999) verfolgt in seinem Beitrag den Ansatz ein Produktionssystem dynamisch mit Hilfe von Petri-Netzen zu modellieren. In diesem Zusammenhang werden Auswirkungen von Handlungsalternativen auf das Produktionssystem betrachtet. Darüber hinaus untersucht BRAßLER (1999, S. 199-204) mit Hilfe einer Einflussmatrix die Wirkung von Handlungsalternativen auf Prozesselemente einer Prozesskette.

MÜLLER-STEWENS & LECHNER (2011, S. 416) benennen in ihrem Beitrag die 3 folgenden klassischen Bereiche, die im Rahmen einer Produktionsstrategie zu untersuchen sind:

- *Produktionsprogramm*
- *Produktionsstruktur*
- *Produktionsprozess*

Im Rahmen des Bereiches „Produktionsprogramm“ ist zu untersuchen in welcher Menge welche Produkte zu produzieren sind und welche Produktionskapazitäten hierfür notwendig sind. Darüber hinaus ist in diesem Bereich zu untersuchen, auf welche Produktinnovationen die Produktion eingestellt werden muss, welche Fertigungstiefe anzustreben ist und welche Produkte selbst hergestellt werden sollten sowie welche von Zulieferern bezogen werden können. Im Bereich der „Produktionsstruktur“ sind die Standorte und deren Infrastruktur zu analysieren. Die Analyse der Produktionstechnologien und der damit verbundene Automatisierungsgrad sind im Bereich „Produktionsprozess“ zu untersuchen. Des Weiteren sind in diesem Feld mögliche prozesstechnische Innovationen auf einen möglichen nutzbringenden Einsatz in der Produktion hin zu untersuchen (MÜLLER-STEWENS & LECHNER 2011, S. 416).

In den vorgenannten Beiträgen werden generische, d.h. branchenunabhängige, Ansätze diskutiert. In der aktuelleren Literatur werden zunehmend auch branchenspezifische Ansätze analysiert (BLECKER & KALUZA 2003, S. 16).

HENRICH (2002, S. 144ff) behandelt in seinem Beitrag die strategische Ausrichtung von Produktionssystemen in der Automobilindustrie. Hierzu wird dieser branchenspezifische Ansatz in die folgenden 13 Teilstrategien eingeteilt:

- *Standortstrategie*
- *Anlaufstrategie*
- *Technologiestrategie*
- *Personalstrategie*
- *Belegungsstrategie*
- *Umweltstrategie*
- *Produktgestaltungsstrategie*
- *Eigenleistungsstrategie*
- *Kapazitäts- und Flexibilitätsstrategie*
- *Anlagen- und Prozessstrategie*
- *Werksstrukturstrategie*
- *Logistikstrategie*
- *IT-Strategie*

HENRICH (2002) geht in seinem Ansatz auf automobilspezifische Besonderheiten ein und beschreibt die Auswirkungen auf seinen Ansatz. Beispielsweise wird die Anlaufstrategie als eine für die Großserienproduktion wichtige Teilstrategie beschrieben, die für Unternehmen mit kleineren Produktionsmengen nicht den gleichen Stellenwert hat. Auch in der Beschreibung der übrigen Teilstrategien fokussiert sich HENRICH (2002, S. 144ff) auf die Automobilindustrie und ist somit in der Lage seine Ausführungen für diese Branche zu konkretisieren. In diesem Zusammenhang führt HENRICH (2002, S. 149) in seinem Beitrag auch aus, dass die Teilstrategien stark aufeinander wirken und nicht isoliert voneinander betrachtet werden können. Er identifiziert Querschnittsfunktionen bestimmter Teilstrategien wie z.B. der Logistikstrategie, die einen Einfluss auf andere Teilstrategien haben.

ABELE & REINHART (2011) beschreiben anhand von 4 Aktionsfeldern ein Leitbild für die Produktion der Zukunft. Innerhalb des Aktionsfeldes „Organisation und Produktionsmanagement“ wird auch das Thema Produktionsstrategie behandelt. Hierbei sind Produktionsstrategien in die Bereiche Produktionsstruktur und Produktionsprozess unterteilt. Zur weiteren Unterteilung der Bereiche werden Kategorien gebildet. Innerhalb des Bereiches Produktionsstruktur wird die Verteilung, Vernetzung und der Aufbau von weltweit verteilten Produktionsstandorten gesehen. Hierzu sind die folgenden Forschungskategorien identifiziert worden:

- *Gestaltung und Betrieb von Produktionsnetzwerken*
- *Wandlungsfähigkeit*
- *Komplexitätsbeherrschung*
- *Synchronisation von Fabrik-, Technologie- und Produktlebenszyklen*

Im Bereich Produktionsprozess werden insbesondere strategisch relevante Produktionstechnologien analysiert. Um diese genauer zu beschreiben, werden die folgenden Forschungskategorien genannt:

- *Automatisierung*
- *Nachhaltige Produktionsprozesse*
- *Flexibilität*
- *Prozessorientiertes Qualitätsmanagement*
- *Ganzheitliche Produktionssysteme*

Innerhalb dieser Forschungskategorien werden konkrete Forschungsthemen genannt, die in Bezug auf die Produktion der Zukunft als besonders relevant identifiziert worden sind (ABELE & REINHART 2011, S. 130-134).

3.3 Prozessorientierte Beiträge

Im Vergleich zu einer Vielzahl von struktuorientierten Beiträgen gibt es nur wenig Literatur, die sich mit dem Erarbeitungsprozess von Produktionsstrategien beschäftigt. Dies gilt insbesondere für den deutschsprachigen Raum (VOSS 1992, S. 121; BLECKER & KALUZA 2003, S. 9). In dem Literaturvergleich von DANGAYACH & DESHMUKH (2001, S. 904) wird darauf hingewiesen, dass sich von den 260 untersuchten Beiträgen lediglich 9% mit dem Prozess beschäftigen. Gleichzeitig wird in anderen Beiträgen auf die Bedeutung eines solchen hingewiesen (HILL & HILL 2009, S. 39; BRÄBLER 1999, S. 69FF).

BROWN (1996, S. 64F) beschreibt sowohl inhaltliche Bereiche (areas), die eine Produktionsstrategie beinhaltet, als auch einen Prozess, wie eine solche zu erarbeiten ist. Folgende Untersuchungsbereiche werden definiert:

- Kapazität (*capacity*)
- Standort/Einrichtung (*facilities*)
- Technologie (*technology*)
- Vertikale Integration (*vertical integration*)
- Personal (*workforce*)
- Qualität (*quality*)
- Produktionsplanung & -steuerung (*production planning/ materials control*)
- Organisation (*organization*)

Der klare inhaltliche Schwerpunkt bei BROWN (1996) liegt jedoch in der Beschreibung eines Prozesses zur Entwicklung einer Produktionsstrategie. BROWN (1996, S. 70) beschreibt einen achtstufigen Ablauf. Der Prozess beginnt mit der Analyse der Unternehmensstrategie, woraus die Ziele für die Produktion abgeleitet werden können. Im Anschluss daran wird eine Marktanalyse durchgeführt, um die daraus abgeleiteten Anforderungen in die Produktentwicklung einfließen zu lassen. Nach der Festlegung des Produktdesigns wird der Herstellungsprozess festgelegt. Die letzten beiden Schritte befassen sich mit der Personalplanung und der Bildung von strategischen Allianzen. Der Ansatz kann als ein klassischer Top-Down-Ansatz bezeichnet werden, da sich die Produktionsstrategie von der Unternehmensstrategie ableitet und schrittweise heruntergebrochen wird. Darüber hinaus ist festzustellen, dass BROWN (1996, S. 70) mit dem von ihm definierten Prozess nicht auf die Produktion allein fokussiert. Die ersten 3 Schritte (Unternehmensziele, Marktanforderungen, Produktentwicklung) könnten auch Teil einer Unternehmensstrategieentwicklung oder einer anderen Funktionalstrategie sein. BROWN (1996, S. 70) beschreibt bei diesen Schritten, warum eine Beteiligung der Produktion bei diesen Schritten bereits von Relevanz ist.

Die Methodik von FOSCHIANI (1995, S. 86ff) umfasst sieben Prozessschritte zur Erarbeitung einer Produktionsstrategie, die in Abbildung 6 dargestellt ist.

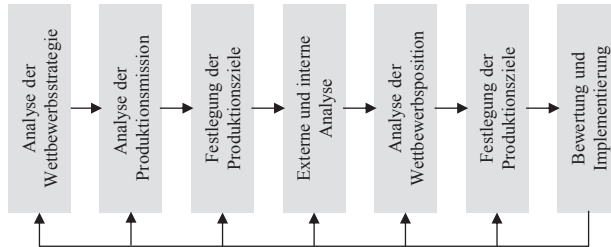


Abbildung 6: *Methodik zur Entwicklung einer Produktionsstrategie nach FOSCHIANI (1995, S. 87)*

Im ersten Schritt werden die Wettbewerbsstrategie des jeweiligen Unternehmens analysiert und die für die Produktion relevanten Elemente abgeleitet. Hierbei wird darauf hingewiesen, dass die Teilnahme der obersten Unternehmensführung für diesen Schritt unabdingbar ist, damit eine enge Verzahnung der Strategie untereinander gewährleistet werden kann (FOSCHIANI 1995, S. 88, FINE & HAX 1985, S. 17f). Im nächsten Schritt werden aus der Wettbewerbsstrategie und der „allgemeinen Situation der Produktion“ eine Produktionsmission abgeleitet. Diese beinhaltet die allgemeine Zweckbestimmung der Produktion. Dabei handelt es sich noch um eine wenig detaillierte Ausarbeitung (SCHROEDER & LAHR 1990, S. 5; FOSCHIANI 1995, S. 88f). Die Detaillierung der Produktionsziele erfolgt im nächsten Prozessschritt. Hierbei wird der Leistungsumfang und -grad der Produktion in die Kategorien Wirtschaftlichkeit, Qualität und Flexibilität eingeordnet. In diesem Zusammenhang wird darauf hingewiesen, dass einer Festlegung der Produktionsziele die Analyse der kritischen Erfolgsfaktoren eines Unternehmens vorangehen sollte. Dies trägt dazu bei, die Produktionsziele festzulegen, die am besten zur Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens beitragen. Im vierten Schritt werden externe und interne Faktoren untersucht. Externe Faktoren sind beispielsweise Wettbewerbssituation, Kunden oder Technologien (FOSCHIANI 1995, S. 89f). Die Analyse der internen Faktoren dient im Wesentlichen zur Erfassung der Ressourcen und Fähigkeiten der Produktion sowie zur Erhebung der Stärken und Schwächen des jeweiligen Unternehmens. Darauf aufbauend wird eine Wettbewerbsanalyse durchgeführt, bei der die eigenen Fähigkeiten denen der Konkurrenz gegenübergestellt werden. Ziel ist es, die Fähigkeiten zu identifizieren, bei denen das eigene Unternehmen den Wettbewerbern überlegen ist. Darauf aufbauend kann die Produktionsstrategie festgelegt werden. Diese spezifiziert das Erreichen der Produktionsziele. Es wird bestimmt, welche Ressourcen und Fähigkeiten zu erhalten oder zu erweitern sind, um die Stärken aus- und Schwächen abzubauen (FOSCHIANI

1995, S. 89-91). FOSCHIANI (1995, S. 91) weist an dieser Stelle auf den Unterschied zwischen übergeordneten Produktionszielen und der zugehörigen Produktionsstrategie hin. Als Beispiel wird genannt, dass Kostenreduzierung ein Produktionsziel darstellt und die Produktionsstrategie Maßnahmen beinhalten sollte, wie dieses Ziel erreicht werden kann (FOSCHIANI 1995, S. 91). Im letzten Schritt der Methodik werden Aktionsprogramme zur Umsetzung der Produktionsstrategie definiert. Darüber hinaus wird eine regelmäßige Überprüfung der definierten Aktionsprogramme empfohlen, die gegebenenfalls zu einer Anpassung der Produktionsstrategie führen kann (FOSCHIANI 1995, S. 91F).

Die Vorgehensweise von MILTENBURG (2005) besteht aus 2 verschiedenen Arbeitsblättern. Diese ermöglichen es Handlungsempfehlungen für eine Fabrik oder ein Produktionsnetzwerk zu erarbeiten. Es wird eine Systematik beschrieben, wie die Arbeitsblätter auszufüllen sind, um so schrittweise Handlungsempfehlungen für die Produktionsstrategie erarbeiten zu können. Folgende Gesichtspunkte werden dabei berücksichtigt:

- Bestehendes Produktionssystem
- Leistungsfähigkeit des eigenen Unternehmens
- Festgelegte Produktionsziele
- Stärkste Wettbewerber
- Market-Qualifier und Order-Winner

Das bestehende Produktionssystem wird mit der geplanten Produktionsmenge verglichen. Die Leistungsfähigkeit des eigenen Unternehmens wird in den Bereichen Personal, Organisation, Produktionsplanung, Beschaffung, Prozesstechnologie und Anlagen analysiert. Als mögliche Produktionsziele werden Lieferfähigkeit, Kosten, Qualität, Leistung, Flexibilität und Innovationsstärke genannt. Die stärksten Wettbewerber werden analysiert und die notwendigen („Market-Qualifier“) und hinreichenden („Order-Winner“) Wettbewerbskriterien (vgl. HILL & HILL 2009, S. 63FF) definiert. Aus der Untersuchung dieser Gesichtspunkte mit Hilfe der Arbeitsblätter und der zugehörigen Systematik lassen sich Handlungsempfehlungen für eine Fabrik oder ein Produktionsnetzwerk erarbeiten (MILTENBURG 2005). Der Beitrag von MILTENBURG (2005) ist ein Bottom-Up-Ansatz, da die Produktionsstrategie auf Basis von Detailanalysen der Produktion erarbeitet wird und nicht von der Unternehmens- oder Geschäftsfeldstrategie abgeleitet wird.

DÖRRER (2000, S. 32FF) strukturiert den Inhalt einer Produktionsstrategie in die folgenden Teilstrategien:

- *Werkverbundstrategie*
- *Standortstrategie*
- *Technologiestrategie*

Die Werkverbundstrategie umfasst das gesamte System des globalen Produktionsnetzwerks. Es werden die Produktionsstandorte und deren Zusammenwirken festgelegt. Darüber hinaus wird im Umfeld der Standorte bestimmt, welche Märkte beliefert werden sollen, welche Zulieferstruktur besteht oder aufgebaut werden muss. Des Weiteren wird die Verfügbarkeit der Personalkapazitäten analysiert. Die Standortstrategie legt folgende Inhalte fest:

- *Produktprogramm*
- *Kapazitäten*
- *Personalbedarf*
- *Hauptproduktionstechnologien*
- *Fertigungstiefe*
- *Fertigungsstruktur*

Innerhalb der Technologiestrategie werden die Produktionsanlagen, notwendige Technologieinnovationen, der Automatisierungsgrad, die Planungs- und Kontrollsysteme sowie das Informations- und Kommunikationssystem fixiert (DÖRRER 2000, S. 33). Der Beschreibung der Inhalte lässt sich entnehmen, dass es sich um unterschiedliche Planungsebenen innerhalb der Produktionsstrategie handelt. Die Vorgehensweise kann als eine Top-Down-Methode bezeichnet werden, da innerhalb der Werkverbundstrategie zunächst das Produktionsnetzwerk beschrieben wird, bevor in der Standortstrategie die einzelnen Standorte analysiert werden. Innerhalb der Technologiestrategie wird der Betrachtungshorizont nochmals eingeschränkt, indem Produktionstechnologien innerhalb eines Standortes analysiert werden. Die von DÖRRER (2000, S. 73FF) entwickelte Methodik unterteilt sich in 10 Prozessschritte, die 2 Phasen zugeordnet sind.

Grundsätzlich ist festzustellen, dass der Beitrag von DÖRRER (2000) sich auf den Einsatz von System-Dynamics-Modellen und die Integration unscharfer Mengen zur Simulation zukünftiger Produktionsstrategiealternativen fokussiert.

Abbildung 7 stellt die Vorgehensweise gesamtheitlich dar.

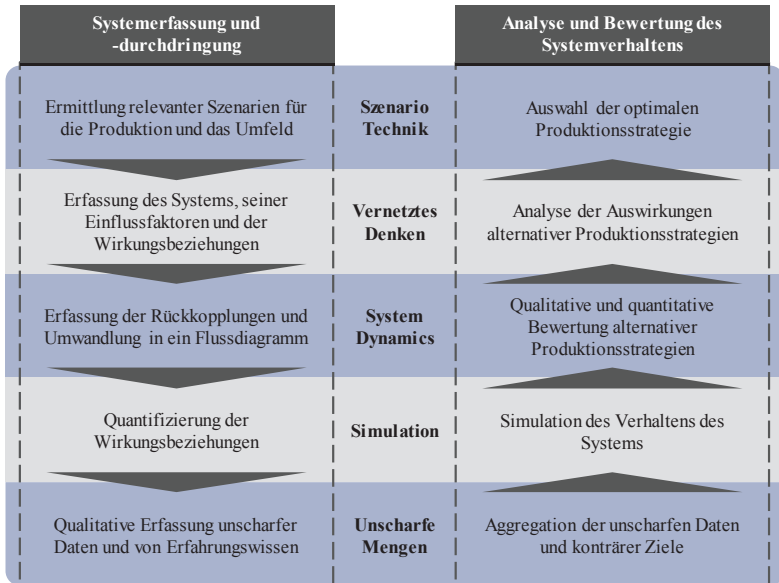


Abbildung 7: *Methodik zur Entwicklung einer Produktionsstrategie nach DÖRRER (2000, S. 74)*

Im ersten Schritt der Methodik von DÖRRER (2000) werden mit Hilfe der Szenario-Technik (vgl. Abschnitt 9.3) Zukunftsprojektionen für potentielle Einflussfaktoren erarbeitet, wodurch ein Zukunftsraum von extremen und wahrscheinlichen Szenarien aufgebaut werden kann. Die Methoden des „Vernetzten Denkens“ (vgl. Abschnitt 9.3) und „System Dynamics“ (vgl. Abschnitt 9.3) dienen dazu, in den Schritten 2 und 3 die Struktur des Produktionssystems durch seine Einflussfaktoren, deren Wirkbeziehungen und die Art der Abhängigkeiten qualitativ zu analysieren.

Darauf aufbauend können Wirkbeziehungen innerhalb des Systems quantifiziert werden. Nicht quantifizierbare Beziehungen werden mit Hilfe einer Fuzzy-Entscheidungskomponente in den Schritten fünf bis sieben in das Simulationsmodell integriert. Anschließend wird mit Hilfe des System Dynamics Simulationsmodells eine qualitative und quantitative Simulation alternativer Strategien durchgeführt. Diese Simulationen der alternativen Strategien werden im Schritt neun analysiert, um dann eine adäquate Produktionsstrategie auswählen zu können (DÖRRER 2000, S. 74).

Der Ansatz von HILL & HILL (2009) basiert z.T. auf bereits früher erschienenen Beiträgen (vgl. HILL 1985) und strukturiert sich in 5 Schritte, die in Tabelle 2 dargestellt sind.

Tabelle 2: *Elemente einer Produktionsstrategieentwicklungsmethodik nach HILL & HILL (2009, S. 40F)*

1. Unternehmens- ziele	2. Marketing Strategie	3. Wie qualifizieren sich Produkte und wie werden Aufträge gewonnen?	Produktionsstrategie	
			4. Prozesse	5. Infrastruktur
Wachstum	Reichweite	Preis	Alternativen Prozessen	Funktions- unterstützung
Überleben	Volumen	Konformität der Qualität	Zielkonflikte in der Prozesswahl	Ablaufplanung & Kontrollsysteme
Profit	Marketing-Mix	Lieferfähigkeit & -geschwindigkeit	Make or Buy	Qualitätskontrolle
ROI	Standardisierung oder Maßlösung	Steigerung der Nachfrage	Kapazität: Ort, Ausmaß & Zeit	Produktions- systemplanung
Andere finanzielle Kennzahlen	Märkte & Produktsegmente	Farbpalette	Lagerbestände	Bürokratische Prozesse
	Innovationsgrad	Design		Vergütungs- vereinbarung
	Marktführer oder -nachfolger	Markenname		Arbeitsgestaltung
		Technische Unterstützung		Organisation
		After Sales Support		

Die fünf dargestellten Schritte müssen nicht unbedingt sequentiell bearbeitet werden. Vielmehr weisen HILL & HILL (2009, S. 39FF) auf die starken Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Schritten hin. Im ersten Schritt werden die Unternehmensziele (corporate objectives) festgelegt. Die übergeordneten Ziele werden von der obersten Führungsebene des Unternehmens festgelegt und bilden Leitplanken (boundaries) für die weitere Entwicklung der Produktionsstrategie. Darüber hinaus wird definiert, mit welchen Kennzahlen der Erfolg einer Strategie gemessen werden soll. Im nächsten Schritt wird auf Basis der Unternehmensziele eine Marketingstrategie festgelegt. Zur Einschätzung zukünftiger Märkte wird die Analyse potentieller Kunden, Produkte und Wettbewerber empfohlen. HILL & HILL (2009, S. 118FF) heben hervor, dass eine umfangreiche Marktanalyse die Basis für eine erfolgreiche Strategie bildet. Im Vergleich zu anderen Ansätzen wird der Marktanalyse und der damit verbundenen Marketingstrategie ein hoher Stellenwert eingeräumt. Sind die beschriebenen Analysen

durchgeführt, können Absatzprognosen und davon abgeleitet Umsatz- und Gewinnziele erarbeitet werden (HILL & HILL 2009, S. 43). Im dritten Schritt werden die „order qualifiers“ und die „order winners“ definiert. Die zuerst genannten sind Kriterien die ermöglichen, dass ein Produkt im Markt angeboten werden kann. Dies kann in der Triebwerksindustrie beispielsweise eine Zulassung des Luftfahrtbundesamtes sein. Hinreichende Wettbewerbskriterien (order winners) hingegen sind Kriterien, die den Kunden zum Kauf des Produkts veranlassen. Dies kann beispielsweise der Preis, die Qualität, die schnelle Lieferfähigkeit oder das Design sein. Die Unterscheidung in diese unterschiedlichen Kriterien ist ein zentrales Element im Beitrag von HILL & HILL (2009). Ziel der Produktionsstrategie ist es, zur Erfüllung der identifizierten notwendigen und hinreichenden Kriterien beizutragen, die durch diese Funktionalstrategie beeinflusst werden können. Somit ist eine Entscheidungsgrundlage dafür gebildet, worauf die Produktion ihre Ressourcen verwenden sollte (HILL & HILL 2009, S. 45). Im vierten Schritt werden unter Berücksichtigung des geplanten Produktionsvolumens und der identifizierten hinreichenden Wettbewerbskriterien die Produktionsprozesse festgelegt. Darüber hinaus werden in diesem Schritt auch Kapazitätsanalysen und Make-or-Buy-Analysen (vgl. Abschnitt 9.3) durchgeführt. Am Schluss der Vorgehensweise von HILL & HILL (2009, S. 45F) wird die Infrastruktur festgelegt. Damit sind alle den Produktionsprozess unterstützenden Bereiche wie beispielsweise Schichtmodelle, Qualitätskontrollen und Arbeitsabläufe gemeint.

JIA & BAI (2011, S. 445-454) verbinden zur Entwicklung von Produktionsstrategien das Quality Function Deployment (vgl. Abschnitt 9.2 im Anhang) mit der Theorie der unscharfen Mengen (vgl. „Fuzzylogik“ in Abschnitt 2.4 & 9.1). Die Autoren beschreiben das Quality Function Deployment als Hilfsmittel zur Abbildung von Kundenwünschen und -anforderungen. Um diese bedienen zu können wird eine Produktionsstrategie mit Hilfe des Quality Function Deployments erarbeitet. Zu diesem Zweck wird eine zweistufige Methode beschrieben. In beiden Stufen wird das House of Quality (vgl. „Quality Function Deployment“ in Abschnitt 9.2 im Anhang) verwendet. Im Rahmen der ersten Stufe wird der Einfluss von Wettbewerbsfaktoren auf die Marktanforderungen untersucht. Im Zuge dessen werden auch Wirkzusammenhänge zwischen Wettbewerbsfaktoren und Marktanforderungen sowie zwischen den Wettbewerbsfaktoren selbst analysiert. Die zweite Stufe dient der Identifikation von Entscheidungsgebieten und deren Zusammenhang mit den bereits in der ersten Stufe verwendeten Wettbewerbsfaktoren. Darüber hinaus werden mit Hilfe des House of Quality die Zusammenhänge zwischen den Entscheidungsgebieten analysiert. Im Rahmen der Untersuchung der Wirkzusammenhänge wird die Fuzzylogik angewendet, um die linguistischen Einschätzungen von Expertengruppen nutzen zu können. Als

Ergebnis der Methode von JIA & BAI (2011, S. 445-454) liegt eine Rangfolge von Entscheidungskategorien vor, die es umzusetzen gilt.

Der Prozess von PLATTS & GREGORY (1990, S. 15F) setzt sich aus 5 Phasen zusammen. Die erste Phase dient der Festlegung grundlegender Ziele für die Produktion. Diese sind auf Basis der Geschäftsfeldstrategie zu formulieren und u.a. durch Markt- und Wettbewerbsanalysen zu ergänzen. Darauf aufbauend wird in Phase 2 die Produktionsstrategie formuliert. Zu diesem Zweck ist ein Soll-Ist-Vergleich zwischen der derzeitigen Leistung der Produktion und den Zielen aus Phase 1 vorzunehmen. Die Produktionsstrategie besteht aus einer Reihe von Entscheidungen, die die Gestalt des Produktionssystems festlegen sollen. Die Beschreibung des Produktionssystems wird in Phase 3 detailliert. In Phase 4 wird das so festgelegte Produktionssystem umgesetzt. Phase 5 beschreibt den Betrieb des Produktionssystems. PLATTS & GREGORY (1990, S. 15) weisen darauf hin, dass es sich nicht um einen rein sequentiellen Prozess handelt, sondern, dass Iterationsschleifen mehrfach notwendig sind.

PINHEIRO DE LIMA ET AL. (2009, S. 405) gliedern ihre Vorgehensweise zur Entwicklung von Produktionsstrategie in 4 Phasen. Im Rahmen der ersten Phase wird die Produktionsstrategie formuliert. In Phase 2 werden Umsetzungsmaßnahmen identifiziert, die dann in Phase 3 umzusetzen sind. Darüber hinaus wird im Rahmen der dritten Phase auf die Untersuchung von Wirkzusammenhängen mit Hilfe einer Einflussmatrix eingegangen. Ziel ist es zu untersuchen, in welcher Form sich die Maßnahmen unterstützen oder ob eine Kompromissfindung zwischen zwei Maßnahmen anzustreben ist. Phase 4 dient der Erfolgskontrolle der umgesetzten Maßnahmen. PINHEIRO DE LIMA ET AL. (2009, S. 405) betonen, dass der Prozess durch Iterationsschleifen miteinander verbunden ist, im Rahmen derer die Ergebnisse einer Phase immer wieder überprüft werden.

Nachdem sowohl die struktur- als auch die prozessorientierten Beiträge auf Basis der durchgeführten Literaturrecherche beschrieben worden sind, können im folgenden Abschnitt Weiterentwicklungspotentiale zum Stand der Erkenntnisse aufgezeigt werden.

3.4 Ableitung des Handlungsbedarfs

Bei der kritischen Diskussion der bestehenden Ansätze wird wiederum der zuvor (vgl. Abschnitt 3.1) festgelegten Klassifizierung gefolgt. Demzufolge wird auf die strukturorientierten Beiträge eingegangen, bevor die prozessorientierten Ansätze diskutiert werden.

3.4.1 Handlungsbedarf bei strukturorientierten Ansätzen

Die strukturorientierten Beiträge gliedern die Betrachtungselemente einer Produktionsstrategie unterschiedlich. Dabei variiert die Anzahl der Elemente stark. Beispielsweise segmentiert BRAßLER (1999) eine Produktionsstrategie in nur drei Teile während HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 30FF) acht verwenden. Es handelt sich dabei im Wesentlichen um unterschiedliche Gliederungen. Bei der Analyse der Inhalte, die die Autoren beschreiben, ähneln sich die Ansätze wiederum stark (FOSCHIANI 1995, S. 66; HENRICH 2002, S. 91). Einzig in der geforderten Detaillierung der strategischen Handlungsvorgaben gehen die Meinungen auseinander (HENRICH 2002, S. 91). Auszunehmen von dieser Feststellung ist der Ansatz von ABELE & REINHART (2011), da es sich hierbei um einen Strukturierungsansatz handelt, der nicht darauf abzielt die Handlungsfelder bei der Erarbeitung einer konkreten Produktionsstrategie zu benennen. Vielmehr werden Forschungskategorien identifiziert, die das produzierende Gewerbe und insbesondere die deutschen Hersteller zukünftig fokussieren sollten.

Die meisten Ansätze haben den Anspruch branchenunabhängig und damit allgemeingültig zu sein. Dies hat zur Folge, dass der Detaillierungsgrad meist gering ist und branchenspezifische Besonderheiten oder Schwerpunkte nicht betrachtet werden können (HENRICH 2002, S. 91 & 101; FREIBICHLER 2006, S. 30; MICHAELI & REINHART 2013, S. 292). Das folgende Beispiel verdeutlicht diesen Zusammenhang. Die Luftfahrtindustrie ist u.a. hohen Zulassungs- und Sicherheitsanforderungen unterworfen, um eine höchstmögliche Sicherheit der Passagiere zu gewähren. Daraus ergeben sich sehr hohe Qualitätsansprüche (FANDEL ET AL. 1994, S. 5). Hieraus lässt sich eine hohe Bedeutung der Qualität auch innerhalb einer Produktionsstrategie ableiten. Auch in anderen Industriezweigen ist Qualität zweifelsohne ein relevantes Handlungsfeld, allerdings kommt ihr in der Triebwerksindustrie eine besondere Bedeutung zu. Diesem und weiteren branchenspezifischen Schwerpunkten wird nicht Rechnung getragen und aufgrund dessen kann eine effiziente Nutzung in der Praxis nicht gewährleistet werden (FREIBICHLER 2006, S. 31, MICHAELI & REINHART 2013, S. 293). Der Ansatz von HENRICH (2002) ist in diesem Zusammenhang als ein positives Beispiel zu nennen, der in seiner Dissertation auf die branchenspezifischen Schwerpunkte innerhalb der Automobilindustrie eingeht und so die bisherigen Ansätze erweitert. Ein Ansatz, der die Triebwerksindustrie als Beispiel nimmt und auf deren Besonderheiten eingeht, konnte bei der Literaturrecherche nicht gefunden werden.

Die Wirkzusammenhänge zwischen den Handlungsfeldern werden nur unzureichend berücksichtigt (BRAßLER 1999, S. 30 & 69, DÖRRER 2000, S. 57FF; HILL & HILL 2009, S. 37 & 56FF; FOSCHIANI 1995, S. 98FF; MICHAELI & REINHART 2013, S. 292;

KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 128FF). Eine isolierte Betrachtung nur eines Handlungsfeldes kann zu Fehlentscheidungen führen (SCHMIDT 1992, S. 126; FOSCHIANI 1995, S. 98). Dies ist insbesondere in einer Hochtechnologiebranche wie der Triebwerksindustrie von Bedeutung, da beispielsweise sichergestellt werden muss, dass nicht in zwei sich substituierende Technologien gleichzeitig investiert wird. Ein weiterer Fall könnte sein, dass auf der einen Seite festgestellt wird, dass es sinnvoll ist, in ein Produkt zu investieren und auf der anderen Seite eine Technologie, die für die Herstellung dieses Produktes zentral ist, eliminiert werden soll.

3.4.2 Handlungsbedarf bei prozessorientierten Ansätzen

Entsprechend zu den strukturorientierten Beiträgen ist auch bei den prozessorientierten Beiträgen festzustellen, dass durch den Allgemeingültigkeitsansatz ein geringer Detaillierungsgrad festgestellt werden kann (HILL & HILL 2009, S. 114, HENRICH 2002, S. 91 & 101, MICHAELI & REINHART 2013, S. 292). Dies kann wiederum zur Folge haben, dass bei der praktischen Anwendung ein erhöhter Aufwand notwendig wird (MICHAELI & REINHART 2013, S. 292). Dies gilt insbesondere für die Übertragung einer abstrakt formulierten Strategie in die praktische Umsetzung (HENRICH 2002, S. 97). Es besteht Weiterentwicklungsbedarf, eine neue Methodik zu erarbeiten, die es ermöglicht, konkrete Handlungsempfehlungen systematisch aus den Analysen abzuleiten. Des Weiteren ist von Bedeutung, dass erarbeitete Handlungsempfehlungen priorisiert werden können, um eine Handlungsreihenfolge erarbeiten zu können. Darüber hinaus muss auch die Möglichkeit vorhanden sein, die Handlungsempfehlungen zu selektieren und zu verdichten, um die Komplexität beherrschen zu können. (MICHAELI & REINHART 2013). Auch FOSCHIANI (1995, S. 97) und DÖRRER (2000, S. 55FF) weisen auf die Bedeutung der Komplexitätsbeherrschung bei der Erarbeitung einer Produktionsstrategie hin. Eine ähnliche Feststellung lässt sich auch bei quantitativen Modellen machen, die mit Hilfe IT-gestützter Systeme den Versuch unternehmen den Strategieentwicklungsprozess durch Simulationen zu automatisieren. Insbesondere besteht bei diesen Ansätzen der Nachteil der fehlenden Akzeptanz in den Unternehmen, wenn die Führungskräfte nicht bei der Modellierung der Logiken zur Berechnung der Ergebnisse eingebunden werden (vgl. FOSCHIANI 1995, S. 188F). Der damit verbundene erhebliche Zeitaufwand führt dazu, dass diese Ansätze in der Praxis wenig Relevanz haben. Darüber hinaus beinhaltet die Strategieentwicklung immer einen „kreativen Teil“, der von den Menschen, die sich der Formulierung der Strategie angenommen haben, eingebracht wird. Dabei handelt es sich um einen wesentlichen Teil einer Strategie, die nicht ausschließlich dazu dienen kann den Wettbewerb zu imitieren, sondern Alleinstellungsmerkmale schaffen muss, die sich in Wettbewerbsvorteile überführen lassen. Der angesprochene „kreative Teil“ wird beim ausschließlichen Einsatz von

quantitativen Modellen vernachlässigt (CHRISTENSEN ET AL. 1987, S. 251-253; MINTZBERG ET AL. 2009, S. 32; MICHAELI & REINHART 2013, S. 292). Dem überwiegend qualitativen Charakter einer Produktionsstrategie ist Rechnung zu tragen und dies kann mit rein analytischen Verfahren nur unzureichend sichergestellt werden. Für eine Produktionsstrategie kann es keine einzig richtige rein analytisch ableitbare Lösung geben (HENRICH 2002, S. 134). Auch FOSCHIANI (1995, S. 118f) weist darauf hin, dass der Mehrwert analytischer Modelle nicht im Ergebnis liegt, sondern im Verständniszugewinn bei der Erstellung des Modells. Der Mensch ist demnach ein unersetzbares Element bei der Entwicklung von Strategien.

Analysiert man die vorhandenen Ansätze bezüglich der vertikalen Planungsrichtung so lässt sich feststellen, dass die Ansätze fast ausschließlich einen „Top-Down-Ansatz“ verfolgen. Das bedeutet, dass die Produktionsstrategie von der übergeordneten Unternehmensstrategie und deren Ziele abgeleitet wird. Im Gegensatz dazu verfolgen nur wenige einen „Bottom-Up-Ansatz“, der zum Ziel hat eine Produktionsstrategie auf detaillierten Analysen der internen Fertigung aufzubauen (vgl. SWAMIDASS & DARLOW 2000, S. 119). Eine Ausnahme bildet allerdings der Ansatz von MILTENBURG 2005, der in seinem Beitrag einen Bottom-Up-Ansatz verfolgt. Beide Planungsrichtungen haben Vorteile, wodurch die Kombination der Ansätze Vorteile bietet. Es ist richtig, dass sich die Entwicklung einer Produktionsstrategie an den „Leitplanken“ einer übergeordneten Unternehmensstrategie orientieren muss, allerdings sind Analysen, die in der Fertigung auf Maschinenebene gemacht werden, auch nützlich und können für eine Produktionsstrategie von Vorteil sein (FOSCHIANI 1995, S. 59).

Ähnlich bei den strukturorientierten Beiträgen ist auch bei den prozessorientierten Ansätzen festzustellen, dass meist die Wirkzusammenhänge nicht ausreichend untersucht werden. Lediglich bei den rein analytischen Ansätzen (System Dynamics) werden Wirkzusammenhänge betrachtet.

Die Klassifizierung des Erkenntnisstandes hat bereits verdeutlicht, dass die bestehenden Ansätze sich entweder auf den Prozess oder die Struktur einer Produktionsstrategie fokussieren. Auch ist eine Kombination dieser beiden Herangehensweisen nutzbringend (MICHAELI & REINHART 2013). Dies wird in der untersuchten Ansätzen vernachlässigt (BLECKER & KALUZA 2003, S. 10).

4 Anforderungen an die Methodik

Auf Basis der Ausführungen in den vorherigen Kapiteln können Anforderungen an eine neue Methodik zur Produktionsstrategieentwicklung definiert werden. Die Anforderungen lassen sich in spezielle und allgemeine Anforderungen strukturieren. Erstere sind Anforderungen, die insbesondere für diese Methodik gelten und somit charakteristisch sind. Die allgemeinen Anforderungen sind generisch und auch auf andere Methodiken übertragbar.

Abbildung 1 verdeutlicht, wie sich das anschließende Kapitel in den Gesamtzusammenhang der vorliegenden Arbeit einordnet.

4.1 Spezifische Anforderungen

Ganzheitliche Betrachtung: Um eine ganzheitliche Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien entwickeln zu können, ist es von Bedeutung, dass die relevanten Handlungsfelder einer Produktionsstrategie betrachtet werden. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die zu betrachtenden Handlungsfelder sich je nach Anwendungsfall unterscheiden können. Es ist darauf zu achten, dass weitere Handlungsfelder in die Methodik integriert werden können, insofern die Anwender dies für notwendig erachten. Demnach steht diese Anforderung im engen Zusammenhang mit der allgemeinen Anforderung der Flexibilität und Modularität (vgl. Abschnitt 4.2).

Berücksichtigung branchenspezifischer Besonderheiten: Neben dem Anspruch einer ganzheitlichen Betrachtung wird in dieser Arbeit auf die besonderen Anforderungen der Triebwerksindustrie als beispielhafte Industrie eingegangen. Die sich daraus ergebenden Einflussfaktoren sind bei der Entwicklung der Methodik miteinzubeziehen und zu verdeutlichen. Dies schließt nicht aus, dass die Methodik für andere Industriezweige anwendbar ist.

Integration von Wirkzusammenhängen: Ein häufig genanntes Defizit in den bestehenden Ansätzen ist die nicht oder nur ansatzweise stattfindende Berücksichtigung der Wirkzusammenhänge zwischen und innerhalb der Handlungsfelder einer Produktionsstrategie. Hierzu ist eine Vorgehensweise zu installieren, die dies ermöglicht.

Kombination vertikaler Planungsrichtungen: Die bestehenden Ansätze fokussieren entweder auf einen Top-Down- (Ableitung der Produktionsstrategie aus Unternehmens- oder Geschäftsfeldstrategie) oder Bottom-Up-Ansatz (Herleitung der Produktionsstrategie aus Detailanalysen in der Fertigung). Eine Kombination beider Planungsrichtungen ist vorteilhaft und in die Methodik zu integrieren.

Integration von Struktur- und Prozessorientierung: Die Darstellung des Erkenntnisstandes hat gezeigt, dass es im Wesentlichen zwei Gruppen gibt, in die sich die bestehenden Beiträge klassifizieren lassen. Die erste Gruppe strukturiert mögliche Inhalte einer Produktionsstrategie und beschreibt diese, während letztere sich auf die Vorgehensweise zur Erarbeitung einer Produktionsstrategie konzentriert. Beide Fokussierungen auf einen dieser Aspekte haben ihre Berechtigung. Eine Kombination beider ist nutzenstiftend und trägt zudem zur Erfüllung der Ganzheitlichkeitsanforderung bei.

Komplexitätsbewältigung: Die Betrachtung aller relevanten Handlungsfelder und Aspekte innerhalb einer Produktionsstrategie hat zur Folge, dass eine hohe Komplexität bei der Bearbeitung entsteht (FOSCHIANI 1995, S. 97). Es ist ein System zur Selektierung und Priorisierung der Ergebnisse zu integrieren.

Standardisierung: Um eine ganzheitliche Sichtweise ermöglichen zu können, sind die Untersuchungssysteme und deren Ergebnisse für die einzelnen Handlungsfelder zu standardisieren. Nur so kann eine Zusammenführung der Einzelergebnisse zu einer integrierten Produktionsstrategie gewährleistet werden. Darüber hinaus sind auch die darauf aufbauenden Analysen zu standardisieren, um den Anwendern eine effiziente Verwendung der Methodik zu ermöglichen. Dies ist Voraussetzung um die Methodik in unterstützenden Tools abbilden zu können.

Umsetzungsfähigkeit: Eine Strategie kann lediglich so gut sein, wie sie umgesetzt werden kann (MÜLLER 2010, S. 158). Es ist eine Vorgehensweise innerhalb der Methodik zu beschreiben, die eine effiziente Umsetzung der resultierenden Produktionsstrategie ermöglicht.

4.2 Allgemeine Anforderungen

Praxistauglichkeit: Die Methodik hat für die Anwender einen praktischen Mehrwert zu liefern. Dafür ist es notwendig, sowohl den Prozess als auch die Inhalte hinreichend detailliert zu beschreiben, so dass eine effiziente Nutzung ermöglicht wird. Die meisten bestehenden Ansätze, auch die strukturorientierten, fokussieren auf die Bedeutung von Handlungsfeldern und nicht auf die Beschreibung des Inhalts (BLECKER & KALUZA 2003, S. 9). Die prozessorientierten Ansätze beschreiben zwar oftmals eine Vorgehensweise, allerdings nicht hinreichend detailliert, so dass eine direkte Anwendung möglich ist.

Transferierbarkeit: Der Fokus dieser Ausarbeitung liegt auf der Triebwerksindustrie. Dennoch ist darauf zu achten, dass eine Anwendung auf Unternehmen mit einem

ähnlichen Anforderungsprofil die Methodik ohne großen Anpassungsaufwand verwenden können.

Nachvollziehbarkeit: Damit die Ergebnisse einer Produktionsstrategie im Unternehmen Akzeptanz erfahren können, ist es von besonderer Bedeutung, dass die Erarbeitungsschritte, die zu diesem Ergebnis geführt haben, nachvollziehbar sind.

Skalierbarkeit: Es ist darauf zu achten, dass Unternehmen unterschiedlicher Größe und Komplexität die Methodik anwenden können. Die Methodik muss also die Möglichkeit bieten, weitere Elemente innerhalb einer Handlungsfeldes analysieren zu können, ohne die Struktur des Methodikaufbaus wesentlich zu verändern.

Flexibilität und Modularität: Besteht der Wunsch oder die Notwendigkeit innerhalb eines Unternehmens nur Teile der ganzheitlichen Methodik anzuwenden, so ist dies durch einen modularen Aufbau zu ermöglichen. Im Zusammenhang mit der Forderung der Ganzheitlichkeit und der damit verbundenen Notwendigkeit der ganzheitlichen Betrachtung ist die Methodik so zu gestalten, dass sie für zusätzliche Handlungsfelder erweiterbar ist oder Handlungsfelder aus der Untersuchung ausgeschlossen werden können.

5 Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien

Das fünfte Kapitel bildet den Kern der Arbeit. Im folgenden Abschnitt wird zunächst die Konzeption der Methodik erläutert, bevor auf die Phasen eingegangen wird.

5.1 Konzeption der Methodik

Die Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien ist in vier Phasen strukturiert, die sequentiell zu durchlaufen sind. Jede Phase umfasst mehrere Module, die im Rahmen einer Phase zu bearbeiten sind. Iterationen können aufgrund der Komplexität der Thematik nicht ausgeschlossen werden. Jede Phase wird in einem Abschnitt der zweiten Ebene (z.B. Abschnitt 5.2 für Phase 1) näher beschrieben und jedem Modul einer Phase ist ein Abschnitt der dritten Ebene (z.B. Abschnitt 5.2.1 für Modul 1.A der ersten Phase) gewidmet. Somit spiegelt sich die Struktur der Methodik auch in der Gliederung der vorliegenden Arbeit wider. Abbildung 8 stellt die Struktur dar, die im Folgenden detaillierter beschrieben wird.

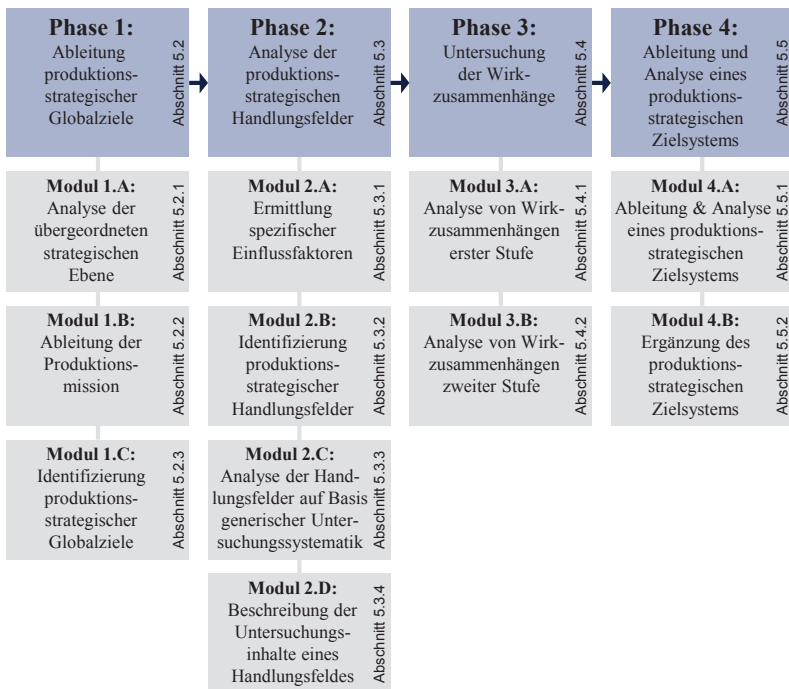


Abbildung 8: Struktur der Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien

Phase 1 gliedert sich in drei Module. Einleitend ist die übergeordnete strategische Ebene zu analysieren. Darauf basierend wird im zweiten Modul die Produktionsmission abgeleitet, die im darauf folgenden Modul durch produktionsstrategische Globalziele konkretisiert wird.

Phase 2 beschreibt die Analyse der produktionsstrategischen Handlungsfelder. Im ersten Modul werden spezifische Einflussfaktoren für die Bestimmung der Handlungsfelder beschrieben. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden Einflussfaktoren der Triebwerksindustrie beschrieben, da sich die vorliegende Arbeit an dieser Branche orientiert. Im darauf folgenden Modul wird die Auswahl der Handlungsfelder beschrieben. Die Auswahl der relevanten Handlungsfelder erfolgt wiederum am Beispiel der Triebwerksindustrie. Anschließend wird beschrieben, wie ein Handlungsfeld zu untersuchen ist. Zu diesem Zweck wird eine generische Untersuchungssystematik entwickelt. Zum Abschluss der zweiten Phase werden die Untersuchungsinhalte eines Handlungsfeldes umschrieben. In diesem Zusammenhang werden wiederum Beispiele aus der Triebwerksindustrie zur Verdeutlichung verwendet.

Phase 3 fokussiert auf die Untersuchung der Wirkzusammenhänge zwischen strategischen Zielen und Handlungsempfehlungen. Zudem wird zwischen Wirkzusammenhängen erster und zweiter Stufe unterschieden, die in getrennten Modulen zu analysieren sind.

Die letzte Phase ist der Auswertung und Visualisierung der Ergebnisse gewidmet. Im ersten Modul dieser Phase wird beschrieben, wie aus den Ergebnissen der vorangegangenen Phasen ein produktionsstrategisches Zielsystem abgeleitet und analysiert werden kann. Das letzte Modul konzentriert sich auf die Ergänzung des produktionsstrategischen Zielsystems durch die Analyse und umsetzungsvorbereitende Verarbeitung der Handlungsempfehlungen.

5.2 Ableitung produktionsstrategischer Globalziele

Bevor mit der Analyse der Handlungsfelder begonnen werden kann, müssen produktionsstrategische Globalziele festgelegt werden. Diese bilden die „Leitplanken“ innerhalb derer für die einzelnen Handlungsfelder strategische Ziele und letztlich konkrete Handlungsempfehlungen erarbeitet werden dürfen. Somit stellen die produktionsstrategischen Globalziele den Handlungsrahmen und die Eingangsdaten für die darauf folgende Analyse der Handlungsfelder. Diese Vorgehensweise trägt auch zur Erfüllung der spezifischen Anforderung an die Methodik, der „Integration vertikaler Planungsrichtungen“ bei, denn es handelt sich um einen klassischen Top-Down-Ansatz. Im weiteren Verlauf wird dieser durch Bottom-Up-Ansätze ergänzt.

Das im Folgenden beschriebene Prozedere baut auf den von FOSCHIANI (1995, S. 86ff) und SCHROEDER & LAHR (1990, S. 3ff) beschriebenen Vorgehensweisen auf. Darüber hinaus ist der folgende Prozess in einem Beitrag von MICHAELI ET AL. (2014, S. 142-146) zur Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder beschrieben worden. Die Vorgehensweise gliedert sich demnach in die folgenden Schritte:

- Analyse der übergeordneten strategischen Ebene
- Ableitung der Produktionsmission
- Identifizierung produktionsstrategischer Globalziele

5.2.1 Analyse der übergeordneten strategischen Ebene

Wie bereits erläutert, handelt es sich bei einer Produktionsstrategie um eine der Geschäftsfeldstrategie untergeordnete Funktionalstrategie (BLECKER & KALUZA 2003, S. 5), die zur Durchsetzung der übergeordneten strategischen Ebenen dient (WIENDAHL ET AL. 2009, S. 23). Besteht ein Unternehmen nur aus einem Geschäftsfeld oder besteht keine gesonderte Geschäftsfeldstrategie, so ist als übergeordnete Ebene die Unternehmensstrategie zu analysieren (KLEINALTENKAMP & SAAB 2009, S. 39; BROWN 1996, S. 70). Darüber hinaus ist die Analyse der Unternehmensstrategie auch dann sinnvoll, wenn die Produktionsbereiche nicht nach Geschäftsfeldern strukturiert sind und für mehrere Bereiche produzieren.

Um sicherstellen zu können, dass auch die Produktionsstrategie und die damit verfolgten Ziele sich sinnvoll in das System der betrieblichen Strategie einfügt, ist es zweckmäßig, zunächst die übergeordnete Strategieebene zu analysieren. Die übergeordnete Ebene bildet meist die Geschäftsfeldstrategie. Diese ist im Gegensatz zur Unternehmensstrategie produkt- bzw. marktbezogen. Es wird festgelegt, wie in den Geschäftsfeldern konkurriert werden soll (SCHEUSS 2008, S. 36). Demnach formuliert SCHEUSS (2008, S. 36) die folgenden Fragen, die im Rahmen einer Geschäftsfeldstrategie zu beantworten sind:

- „*Welche Geschäfte führen wir?*“
- *Wie erringen wir nachhaltige Wettbewerbsvorteile gegenüber den anderen Anbietern in diesen Geschäftsfeldern?*
- *Wie können wir dem Kunden einen möglichst hohen Wert mit unseren Produkten und Dienstleistungen bieten?*“ (SCHEUSS 2008, S. 36)

Demzufolge wird zuerst die der Produktionsstrategie übergeordnete strategische Ebene auf Elemente hin untersucht, die für die Produktion von Relevanz sind. Dies können u.a. produktbezogene Missionen oder auch quantifizierte Zielvorstellungen für die jeweilige Geschäftseinheit sein. Um sicherstellen zu können, dass auch in Bezug auf andere

Funktionalstrategien keine widersprüchlichen Schlüsse gezogen werden, ist es notwendig, dass die Unternehmensführung hieran beteiligt ist (FOSCHIANI 1995, S. 88; SCHROEDER & LAHR 1990, S. 5; PLATTS & GREGORY 1990, S. 16). FOSCHIANI (1995, S. 59FF) trägt in seinem Beitrag u.a. folgende Maßnahmen zusammen, die in dieser Phase nützlich sind:

- Bildung von Teams aus unterschiedlichen Funktionalbereichen (vgl. MILLER & HAYSLIP 1989, S. 27).
- Vorbereitende Schulungsmaßnahmen für die Teammitglieder zur Bildung eines gemeinsamen Lernprozesses (vgl. MILLER & HAYSLIP 1989, S. 27).
- Grundsätzliche Abstimmung der Produkt-, Preis-, und Produktionspolitik.
- Abstimmung zwischen Produktions- und F&E-Abteilung (vgl. CONRAD 1984, S. 197F) über Leitlinien.
- Frühzeitige Vorhersagen für grobe Kapazitätsplanung (vgl. ZAHN 1987, S. 491F).

Insbesondere die Abstimmung zwischen der Produktions- und F&E-Abteilung ist bei Unternehmen, die besonders hochwertige Produkte fertigen, von besonderer Bedeutung (CONRAD 1984, S. 197F). Darüber hinaus geht FOSCHIANI (1995, S. 59FF) u.a. auf folgende Risiken in dieser Phase ein, die es durch die oben aufgeführten Maßnahmen zu vermeiden gilt:

- Isoliertes Bereichsdenken der Teammitglieder (vgl. ZAHN 1988, S. 526).
- Ausgeprägte Machtkonkurrenz zwischen den Führungskräften der Funktionalbereiche (vgl. HAYES & WHEELWRIGHT 1984, S. 30).
- Mangelndes Verständnis der Führungskräfte für die Herausforderungen anderer Bereiche (vgl. MILLER & HAYSLIP 1989, S. 27).

Ist eine Einigung nicht möglich, so muss eine Entscheidung durch die Unternehmensführung getroffen werden (vgl. FINE & HAX 1985, S. 18).

5.2.2 Ableitung einer Produktionsmission

Auf Basis der Analyse der übergeordneten strategischen Ebene kann im zweiten Schritt die Produktionsmission abgeleitet werden. Dabei handelt es sich um die allgemeine Zweckbestimmung der Produktion (FOSCHIANI 1995, S. 88; SCHROEDER & LAHR 1990, S. 5).

SCHROEDER & LAHR (1990, S. 5) geben zur Beschreibung einer Produktionsmission das folgende Beispiel:

„The mission of manufacturing is to achieve the lowest unit manufacturing cost relative to competition. This will be done without sacrificing our high standards for quality

service to the customer. We will pursue the latest process technology and a people-based competitive advantage in order to be the low-cost producer.”

Das oben zitierte Beispiel fokussiert auf den Kostenaspekt. Eine Produktionsmission kann auch andere Faktoren wie die Qualität oder neue Produkte in den Vordergrund stellen (SCHROEDER & LAHR 1990, S. 5-7). Es ist darauf zu achten, dass eine stringente und in sich schlüssige Formulierung gewählt wird. In dem oben genannten Beispiel sollen die niedrigen Produktionskosten in Verbindung mit hohen Qualitätsstandards unter Verwendung der neuesten Produktionstechnologien erreicht werden. Dieser angestrebte Dreiklang ist in der in der Praxis oftmals nur schwer erreichbar. Zudem wird nicht auf den Stellenwert der Produktion im Unternehmen eingegangen. Hilfreich hierbei können die von HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 396ff) definierten Ebenen zur Einordnung der Bedeutung der Produktion sein (vgl. Abschnitt 2.1). Auf diese Weise kann der Stellenwert der Produktion im jeweiligen Unternehmen erörtert werden. Die Aussagen innerhalb der Produktionsmission haben einen allgemeinen Charakter und sind wenig detailliert (FOSCHIANI 1995, S. 88f; SCHROEDER & LAHR 1990, S. 5). Dennoch sollte darauf geachtet werden, dass die Produktionsmission „gründlich durchdacht und diskutiert“ worden ist (FOSCHIANI 1995, S. 89).

5.2.3 Identifizierung produktionsstrategischer Globalziele

Im nächsten Schritt werden die produktionsstrategischen Globalziele auf Basis der Produktionsmission und in Abstimmung mit der übergeordneten strategischen Ebene abgeleitet. Die produktionsstrategischen Globalziele kennzeichnen dabei den angestrebten Leistungsumfang der Produktion (FOSCHIANI 1995, S. 89; SCHROEDER & LAHR 1990, S. 7). EIDENMÜLLER (1991, S. 78-82) unterscheidet dabei in externe und interne Produktionsziele. Bei den externen handelt es sich um Ziele (z.B. Lieferfähigkeit), die vom Kunden wahrgenommen werden und für die er in der Folge auch bereit ist zu zahlen. Interne Produktionsziele (z.B. Durchlaufzeit-reduzierung) hingegen tragen zur Erfüllung der externen Produktionsziele bei. SCHROEDER & LAHR (1990, S. 7) betonen, dass die Produktionsziele quantifizierbar sein sollten und listen folgende mögliche Inhalte von Produktionszielen auf:

- *Produktionskosten (in Prozent am Umsatz und/oder pro Stück)*
- *Qualitätserfüllung (gemessen an Qualitätskosten oder Kundenzufriedenheit)*
- *Bestandsumschlagshäufigkeit (oder Bestand in Monaten)*
- *Kundenservice (in Prozent Lieferrückstände, Servicezeit, zugesagte Termin-einhaltung, etc.)*
- *Durchlaufzeit (Zeit vom Eingang des Rohmaterials bis der Kunde das Produkt erhalten hat)*

- *Zeit zur Einführung neuer Produkte (vom Konzept bis zum Produktionsstart)*
- *Zeit zur Erweiterung über die geplanten Kapazitäten hinaus (z.B. wie lange dauert es 20% die Kapazitäten zusätzlich zu den Planungen zu erhöhen)*
(SCHROEDER & LAHR 1990, S. 7)

Bevor die produktionsstrategischen Globalziele festgelegt werden, ist die Analyse der kritischen Erfolgsfaktoren der Produktion unabdingbar (FOSCHIANI 1995, S. 89; HILL & HILL 2009, S. 126). Diese zeigen auf, welche Wettbewerbsvorteile anzustreben sind. Dabei muss die Analyse der kritischen Erfolgsfaktoren (KEF) aus Kundensicht erfolgen. Darüber hinaus ist darauf zu achten, dass die Formulierung der Erfolgsfaktoren nicht zu allgemein gehalten wird und sich insbesondere auf die Produktion bezieht. Zu diesem Zweck können übergeordnete Begriffe in Untergruppen unterteilt werden. Beispielsweise kann Qualität in Verarbeitungsqualität und Lebensdauer aufgeteilt werden. Im Anschluss an die Aufnahme der KEF ist eine Priorisierung dieser notwendig (WILDEMANN 1997, S. 51f). Die Ermittlung der KEF ist auch für weitere Schritte innerhalb der Methodik von Bedeutung. Beispielsweise werden sie als Bewertungskriterien für die Priorisierung der Handlungsempfehlungen innerhalb der Handlungsfelder herangezogen.

Die produktionsstrategischen Globalziele sind detaillierter als die Produktionsmission (FOSCHIANI 1995, S. 89; SCHROEDER & LAHR 1990, S. 7). Dennoch sollten sie einen Allgemeingültigkeitscharakter für die gesamte Produktion haben und noch nicht auf einzelne Bereiche fokussieren. Produktionsstrategische Ziele, die sich konkret auf einen Teilbereich der Produktion beziehen und somit nochmals detaillierter sein können, werden innerhalb der Handlungsfelder erarbeitet. Diese müssen sich an den produktionsstrategischen Globalzielen orientieren und zu deren Erfüllung beitragen. Auf die oben beschriebene Weise können produktionsstrategische Globalziele erarbeitet werden, die die Basis für die Analyse der Handlungsfelder bilden und gleichzeitig deren Handlungsspielraum festlegen. EIDENMÜLLER (1991, S. 78) weist darauf hin, dass die produktionsstrategischen Globalziele quantitativ bewertbare Aussagen enthalten müssen und gibt folgendes Beispiel:

„Verbesserung der Logistikleistung durch Reduzierung der Lieferzeit um 30% innerhalb von zwei Jahren.“ (EIDENMÜLLER 1991, S. 78)

SCHROEDER & LAHR (1990, S. 7) empfehlen einen Zielhorizont von mindestens 5 Jahren. Zudem stellen Sie fest, dass die Ziele sich am firmeninternen Business Plan orientieren müssen. Dies gilt insbesondere für die festzulegenden Zielkennzahlen.

Zusammenfassend lässt sich die oben beschriebene Vorgehensweise in Abbildung 9 darstellen.

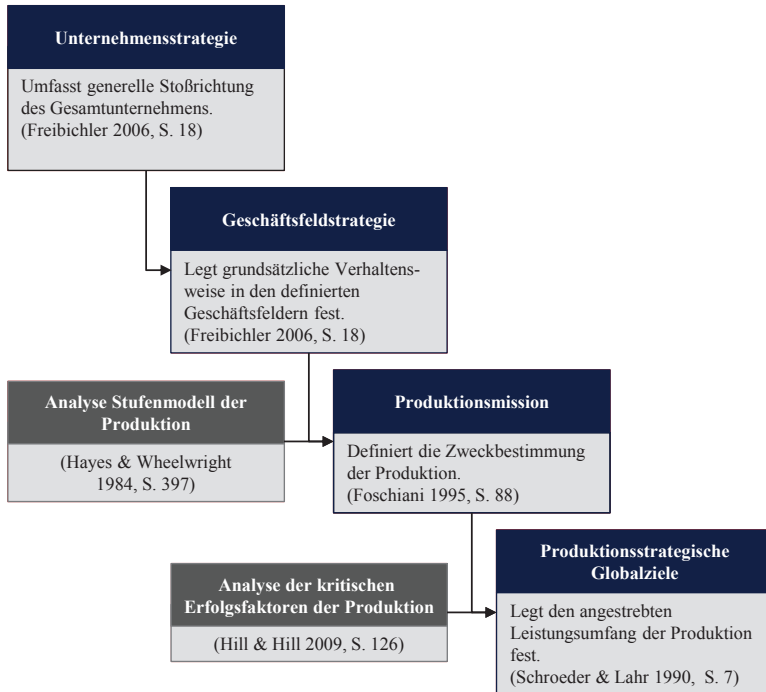


Abbildung 9: Prozess zur Ableitung produktionsstrategischer Globalziele aus der Unternehmensstrategie

Nachdem erläutert wurde, wie übergeordnete produktionsstrategische Globalziele zu entwickeln sind, wird im folgenden Abschnitt auf die Analyse der Handlungsfelder fokussiert.

5.3 Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder

Der vorliegende Abschnitt erläutert Phase 2 der Methodik zur Entwicklung einer Produktionsstrategie im Detail (vgl. Abbildung 8). Zu diesem Zweck soll zunächst auf

die Einflussfaktoren der Triebwerksindustrie eingegangen werden (Abschnitt 5.3.1), bevor auf die Identifizierung produktionsstrategischer Handlungsfelder (Abschnitt 5.3.2) fokussiert wird. Im Anschluss daran wird die Untersuchungssystematik vorgestellt, mit deren Hilfe die einzelnen produktionsstrategischen Handlungsfelder zu analysieren sind (Abschnitt 5.3.3). Darauf aufbauend wird in Abschnitt 5.3.4 auf die Untersuchungsinhalte der Handlungsfelder eingegangen.

5.3.1 Ermittlung spezifischer Einflussfaktoren

Die vorliegende Arbeit orientiert sich am Beispiel der Triebwerksindustrie. Aufgrund dessen werden im folgenden Abschnitt die Einflussfaktoren und Besonderheiten dieses Industriezweigs erläutert. Diese dienen auch als Basis für die Auswahl und inhaltliche Schwerpunktsetzung der produktionsstrategischen Handlungsfelder unter Berücksichtigung von Branchenspezifika.

Abbildung 10 stellt einige relevante Einflussfaktoren dar, die aus den folgenden Veröffentlichungen zusammengetragen wurden: ABELE & REINHART 2011, S. 90; AIRBUS 2012, S. 11 & 18F; BMW 2013, S. 5; BUXTON ET AL. 2006, S. 2; EUROPEAN COMMISSION 2001; FLOTTAU 2011; GERLOFF 2010, S. 16; S. 97FF; HINSCH 2012, S. 38 & 173; MÖNIG 2008, S. 73; MTU AERO ENGINES 2011, S. 9 & 118F; REICH 2009, S. 270F; SIEBER ET AL. 2003, S. 1F; STAUDACHER ET AL. 2002, S. 1; STEFFENS & HOLLMEIER 2013, S. 2; STERZENBACH & CONRADY 2003, S. 11F.



Abbildung 10: Einflussfaktoren innerhalb der Luftfahrt- & Triebwerksindustrie

Die Triebwerksindustrie sieht sich einem langfristigen Wachstum gegenüber. Einer Studie von Airbus zu Folge wird erwartet, dass im Zeitraum von 2012 bis 2031 insgesamt 28.200 neue Passagier- und Luftfrachtflugzeuge ausgeliefert werden. Dies entspricht einem Gegenwert von fast vier Billionen US-Dollar, wenn man die aktuellen Listenpreise zu Grunde legt (AIRBUS 2012, S. 11). Allerdings unterliegt der Luftverkehr großen konjunkturellen Schwankungen (STERZENBACH & CONRADY 2003, S. 11F).

Dass es sich dabei im Verhältnis zur Massenproduktion (z.B. Automobilindustrie) um vergleichsweise geringe Stückzahlen handelt, wird bei der Betrachtung des folgenden Beispiels deutlich. BMW hat allein im Geschäftsjahr 2012 über 1.8 Millionen Automobile ausgeliefert (BMW 2013, S. 5). Dies entspricht etwa dem 65-fachen der oben genannten Prognose an Flugzeugneuauslieferungen bis 2031 aller OEMs.

Trotz des sehr positiven Branchenwachstums erhöht sich der Kostendruck. Der Triebwerkspreis (\$) pro Schub (lb) ist im Zeitraum von 1980 bis 2010 um ca. 25% gefallen (SIEBER ET AL. 2003, S.1). Dies lässt sich auf die Deregulierung des Luftverkehrs zurückführen. Diese führt zu einem intensivierten Wettbewerb unter den Fluggesellschaften und damit einhergehenden reduzierten Gewinnmargen. Dieser gestiegene Kostendruck wird zum Teil an die Triebwerksindustrie weitergegeben (STAUDACHER ET AL. 2002, S. 1; SIEBER ET AL. 2003, S. 1). Darüber hinaus führen aufstrebende Unternehmen aus China zu einem verschärften Preisdruck (FLOTTAU 2011, S. 97FF).

Der oben benannte Aspekt der reduzierten Gewinnmargen durch die Wettbewerbszunahme in Kombination mit sich erhöhenden Kerosinpreisen steigert die Notwendigkeit des Einsatzes immer effizienterer Triebwerke. Eindrucksvoll zeigen das folgende Zahlen. Im Zeitraum von 2000 bis 2011 hat sich der Passagierluftverkehr um 53% erhöht. Dem gegenüber steht eine Kerosinverbrauchserhöhung von 3% (AIRBUS 2013, S. 19).

Dieser Sachverhalt wird auch durch SIEBER ET AL. (2003, S. 1) bestätigt, der in seinem Beitrag darstellt, dass der spezifische Verbrauch (kg/h/kN) im Zeitraum von 1960 bis 2010 um mehr als 40% gefallen ist. Neben den rein wirtschaftlichen Aspekten spielt auch der Umweltschutz eine bedeutende Rolle. Unter anderem verfolgt die Triebwerksindustrie folgende Strategien, um die Emissionen bei zukünftigen Triebwerken zu reduzieren:

- *Verbrauchsoptimiertes Nebenstromverhältnis*
(Als Nebenstrom wird die Luftmasse bezeichnet, die nicht durch die Brennkammer des Triebwerks geführt wird.)
- *Integration von Verbundwerkstoffen und Leichtbaukonzepten*

- *Hohe Prozesstemperatur und hohes Prozessdruckverhältnis*
- *Keramische Hochtemperaturwerkstoffe und optimierte Kühlungstechnologien*
- *Magerverbrennung zur Stickoxidreduktion* (MÖNIG 2008, S. 73)

Darüber hinaus fördert die Europäische Union die Entwicklung von Technologien, um Flugzeuge sowie deren Produktlebenszyklus effizienter zu gestalten. Ziel des Förderprogrammes „Clean Sky“ ist es, die Wettbewerbsposition der europäischen Luftfahrt zu erhalten und zu verbessern und zu den Zielen des Advisory Council for Aeronautical Research in Europe (ACARE) beizutragen. Diese Ziele beinhalten die Reduktion von 50% CO₂ und Geräuschemissionen, 80% NO_x-Ausstoß und die umweltbewusste Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus (EUROPEAN COMMISSION 2001).

Vergleicht man die Variantenvielfalt mit anderen Industrien, so lässt sich feststellen, dass diese im Flugzeugbau besonders hoch ist. Im Vergleich zur Automobilindustrie ist die Vielfalt, ohne Berücksichtigung von kundenindividuellen Ausstattungen, fünfmal höher (REICH 2009, S. 270).

Sowohl eine besonders hohe Variantenvielfalt, als die Bauteilkomplexität stellen Herausforderung dar. Neben der Größe der Bauteile, sind die Geometrie und die Materialien anspruchsvoll. Es werden Titan und andere Hochleistungswerkstoffe verwendet, deren wirtschaftliche Bearbeitung komplex ist (ABELE & REINHART 2011, S. 90).

Die Qualitäts- und Sicherheitsanforderungen sind in der Luftfahrtindustrie außerordentlich hoch (REICH 2009, S. 271). Dies hat den offensichtlichen Grund, dass bei einem Bauteilversagen in mehreren Kilometern Höhe Menschenleben in Gefahr sein können. Eindrucksvoll hat dies ein Vorfall im Jahr 1996 in Pensacola gezeigt. Eine unsachgemäß durchgeführte Bohrung führte zum Bruch einer Verdichterscheibe im Triebwerk. Diese durchschlug den Rumpf des Flugzeugs und tötete mehrere Menschen (GERLOFF 2010, S. 16).

Aufgrund des hohen Qualitätsanspruchs werden luftfahrttechnische Bauteile mehrfach geprüft. HINSCH (2012, S. 173) listet folgende Bauteilprüfungen auf:

- *Eingangskontrolle der Halbfertigprodukte*
- *Eigenprüfung des Produktionsmitarbeiters*
- *Personell entkoppelte Zweitprüfung (z.B. durch Vorgesetzten)*
- *Herstellungsbegleitende Qualitätskontrolle durch OEM*
- *Interne Abnahmeprüfung nach Beendigung des Herstellungsprozesses*
- *Endprüfung und Abnahme durch OEM*
- *Erstproduktprüfung bei Beginn einer neuen Baureihe oder Modifikation (First Article Inspection)* (HINSCH 2012, S. 173)

Die Zulassungs- und Sicherheitsanforderungen sind ein Alleinstellungsmerkmal der Luftfahrtindustrie, denn die zu erfüllenden Auflagen sind besonders hoch (REICH 2009, S. 271). Die Überwachung wird von den Flugsicherheitsbehörden übernommen. In Europa ist die EASA (European Aviation Safety Agency) zuständig, während in den USA die FAA (Federal Aviation Administration) die Überwachung übernimmt. Zunehmende Bedeutung hat auch die CAAC (Civil Aviation of China) auf dem wachsenden chinesischen Markt. Darüber hinaus müssen Bestimmungen der nationalen Flugsicherheitsbehörden erfüllt werden. Hierzulande ist dies das Deutsche Luftfahrtbundesamt (LBA). Die Behörden überprüfen die Einhaltung der Richtlinien mit regelmäßigen Qualitätsaudits. Des Weiteren ist die Auditierung des jeweiligen Qualitätsmanagementsystems notwendig. Hierbei ist die Norm DIN EN ISO 9001, die eine Prozessorientierung, Kundenzufriedenheit und die kontinuierliche Optimierung der Qualitätssicherungssysteme anstrebt. Als Ergänzung zu dieser ist die DIN EN ISO 9100 zu nennen, die die spezifischen Anforderungen der Luft- und Raumfahrt mitberücksichtigt (HINSCH 2012, S. 38). Das oberste Ziel dabei ist die Sicherstellung der Flugsicherheit.

Ein signifikanter Unterschied zu anderen Industrien besteht unter anderen in den sehr langen Produktlebenszyklen, der etwa 35 Jahre umfasst. Interessant dabei ist, dass der Break-Even-Point (Schwelle, ab der Gewinn erzielt wird) (vgl. Abschnitt 9.3) erst 15 bis 25 Jahren nach Programmstart erreicht werden kann. Dies zeigt, dass die Triebwerkshersteller zunächst mit hohen Investitionen in Vorleistung gehen müssen, bevor erste Gewinne erzielt werden können (MTU AERO ENGINES 2014, S. 9). Verschärft wird dieser Sachverhalt dadurch, dass beim Verkauf eines Triebwerks bis zu 70% Rabatt auf den ursprünglichen Listenpreis gewährleistet werden (BUXTON ET AL. 2006, S. 2). Daher werden oftmals erst spät im Produktlebenszyklus durch das Instandhaltungsgeschäft größere Gewinne erzielt (STEFFENS & HOLLMEIER 2013, S. 2; SIEBER ET AL. 2003, S. 2). Dieser Umstand leitet zur nächsten Besonderheit über.

Die Kosten für die Neuentwicklung eines Triebwerks sind sehr hoch (ca. 1 Mrd. US Dollar). Aufgrund dessen besteht zwischen vielen OEMs und Zulieferern eine enge Kooperation (STEFFENS & HOLLMEIER 2013, S. 2). Die Firmen vereinen sich zu sogenannten Risk and Revenue Sharing Partnerships (RRSP). Dabei können sich die Partner durch die Übernahme von Entwicklungsaufgaben und deren Finanzierung an einem Triebwerksprogramm beteiligen (BUXTON ET AL. 2006, S. 2). Im Gegenzug dazu werden sie entsprechend am Umsatz beteiligt. Darüber hinaus können ihnen auch Garantien für Ersatzteillieferungen zugesprochen werden (STEFFENS & HOLLMEIER 2013). Auf diese Weise entsteht ein geschützter Markt, der nur bedingt frei zugänglich für andere Wettbewerber ist. Auf der anderen Seite ist so eine Möglichkeit geschaffen

worden, hohe Investitionen für Neuentwicklungen aufzubringen und das Risiko zu verteilen (BUXTON ET AL. 2006, S. 2).

Eine weitere Herausforderung für die Produktion besteht im hohen Fixkostenanteil. Dieser ist bedingt durch die teuren Anlagen in der Fertigung, die notwendig sind, um die zum Teil hochfesten Materialien bearbeiten zu können und gleichzeitig die Qualitätsanforderungen zu erfüllen. Darüber hinaus haben die Investitionsgüter eine geringe Angebotsflexibilität, da die Maschinen und Anlagen oftmals hochspezialisiert sind und nicht ohne größeren Aufwand andere Bauteile herstellen können (STERZENBACH & CONRADY 2003, S. 12).

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Triebwerksindustrie durch eine Reihe von Einflussfaktoren gekennzeichnet ist, die sie von anderen Industrien abhebt. Nicht der einzelne Einflussfaktor macht diese Industrie einzigartig, sondern die Summe der Faktoren und deren Zusammenwirken. Zudem ist bereits hier erkennbar, dass viele der Einflussfaktoren auf die Produktionsqualität abzielen.

Nachdem auf die besonderen Rahmenbedingung dieses Industriezweigs eingegangen wurde, werden im Anschluss relevante Handlungsfelder einer Produktionsstrategie identifiziert.

5.3.2 Identifizierung produktionsstrategischer Handlungsfelder

Um die für die Triebwerksindustrie relevantesten produktionsstrategischen Handlungsfelder zu identifizieren wird auf dem Ansatz von FREIBICHLER (2006, S. 93-97) aufgebaut. FREIBICHLER (2006, S. 93-97) analysiert in seinem Beitrag die Ausführungen zu möglichen Inhalten einer Produktionsstrategie von SKINNER (1969), HAYES & WHEELWRIGHT (1984), HAAS (1987), ZAHN (1988), ZÄPFEL (2000), SCHROEDER & LAHR (1990), BRÄBLER & SCHNEIDER (2000), DÖRRER (2000) und HENRICH (2002). Auf dieser „Produktionsstrategieanalyse“ aufbauend und in Kombination mit den Besonderheiten der Automobilindustrie verprobend ergeben sich für FREIBICHLER (2006, S. 97) die folgenden 5 inhaltlichen „Dimensionen“:

- Produktkonzept
- Produktionsportfolio
- Produktionsnetzwerk
- Produktionsprozesse
- Produktionsplanung

In der Dimension Produktkonzept werden die inhaltlichen Schwerpunkte Produktprogramm und Produktdesign untersucht, während in der Dimension Produktionsportfolio die Fertigungstiefe, die Technologiestrategie und das Lieferantenmanagement analysiert wird. Beide Dimensionen befassen sich demnach mit dem Produkt und der damit verbundenen Organisation sowie den eingesetzten Technologien. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit werden diese beiden Dimensionen zum Handlungsfeld Produkttechnologie zusammengeführt.

Nach FREIBICHLER (2006, S. 97) sind in der Dimension Produktionsnetzwerk die Standorte und die damit verbundenen Kapazitäten, die Werksstrukturstrategie und die Personalstrategie festzulegen. Bei der Personalstrategie handelt es sich um eine Querschnittsfunktion, denn die notwendigen Personalkapazitäten spielen auch bei der Untersuchung der Produktionsprozesse oder in der Produktionsplanung eine erhebliche Rolle. Der Fokus dieser Teilstrategie liegt auf den Standorten, den damit verbundenen Kapazitäten, produktionstechnischen Fähigkeiten und den resultierenden Kosten. Demzufolge wird dieses Handlungsfeld im Folgenden als Standort bezeichnet.

In der Dimension Produktionsprozesse sind nach FREIBICHLER (2006, S. 97) die Anlagentechnologie, Prozess- und Logistikstrategie sowie das Qualitätsmanagement zu bestimmen. Wie bereits in Abschnitt 5.3.1 ausgeführt wurde, hat die Qualität in der Triebwerksindustrie eine herausragende Stellung. Dies ist unter anderen durch die Hochwertigkeit der Produkte in Bezug auf die verwendeten Materialien, die hohen Zulassungs- und Sicherheitsanforderungen, der Komplexität der Bauteile sowie der Forderung nach kontinuierlicher Effizienzsteigerung der Triebwerke begründet. Aufgrund des hohen Stellenwertes der Qualität in der Triebwerksindustrie wird dieser Themenblock in einem eigenständigen Handlungsfeld analysiert werden. Darüber hinaus wird im Handlungsfeld Produktionstechnologie die relevanten Ergebnisse in Bezug auf die eingesetzten Technologien im Produktionsprozess erarbeitet.

Die Dimension Produktionsplanung umfasst nach FREIBICHLER (2006, S. 97) die inhaltlichen Schwerpunkte Produktionssteuerung, -organisation und IT-Management. Diese Themen sind im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht auf der höchsten strategischen Ebene vorgesehen und werden somit als produktionstaktische Fragestellungen angesehen.

Die oben ausgeführte Auswahl der vier Handlungsfelder führt dazu, dass die klassischen Analysebereiche einer Produktionsstrategie nach MÜLLER-STEWENS & LECHNER (2011, S. 416) um den Bereich der Qualität ergänzt werden.

Im Folgenden wird auf die 4 ausgewählten Handlungsfelder eingegangen. Dabei wird insbesondere der Zusammenhang zwischen den Branchenspezifika aus Abschnitt 5.3.1

und dem jeweiligen Handlungsfeld hergestellt. Darüber hinaus werden auch andere Ansätze aus der Literatur in Bezug auf die Untersuchung eines vergleichbaren Handlungsfeldes analysiert und entsprechende Inhalte berücksichtigt.

Handlungsfeld Produkttechnologie

Die Produkte lassen sich als die von der Produktion zu erbringenden Leistungen bezeichnen. In diesem Handlungsfeld muss untersucht werden, welche Produkte, in welcher Menge und zu welchen Kosten produziert werden sollten. Dabei müssen die Anforderungen des Marktes und der Wettbewerb analysiert werden (FOSCHIANI 1995, S. 67; HILL & HILL 2009, S. 114ff). Die Untersuchung der Produkttechnologien bildet den Kern einer Produktionsstrategie (FOSCHIANI 1995, S. 67; BRÄBLER 1999, S. 32). Diesbezüglich besteht ein weitgehender Konsens in der Literatur (FOSCHIANI 1995, S. 66ff; ZAHN 1987, S. 487).

Betrachtet man die spezifischen Einflussfaktoren der Triebwerksindustrie, so lässt sich bestätigen, dass die Betrachtung der Produkttechnologien von entscheidender Bedeutung ist.

Die hohen Umweltschutzanforderungen erfordern immer effizienter arbeitende Triebwerke, woraus sich ein signifikanter Einfluss auf die einzelnen Produkte ableiten lässt. Der hohe Kostendruck hingegen macht eine kosteneffiziente Produktion der Bauteile unabdingbar. Dennoch handelt es sich in der Triebwerksindustrie, bedingt durch die hohen Qualitätsanforderungen und verwendeten Materialien, oftmals um sehr hochwertige Produkte. Die marktseitige Forderung nach einer kontinuierlichen Effizienzsteigerung der Triebwerke führt zu einem hohen technologischen Anspruch an die einzelnen Bauteile. Je nach Klassifizierung der Bauteile sind hohe Zulassungs- und Sicherheitsbestimmungen zu erfüllen, so dass eine höchstmögliche Zuverlässigkeit im Flugverkehr gewährleistet werden kann. Auch die hohe Komplexität und teilweise nicht zu vernachlässigende Größe der Komponenten hat Einfluss auf das Handlungsfeld Produkttechnologie. Damit einhergehend ist auch die Variantenvielfalt an Bauteilen innerhalb eines Triebwerks bei der Erstellung einer Produktionsstrategie zu berücksichtigen. Des Weiteren bedingen die sehr langen Produktlebenszyklen der Triebwerke eine lange Haltbarkeit der Einzelkomponenten. Das Geschäftsmodell der Industrie hat zur Folge, dass ein signifikanter Anteil des Gewinns mit Ersatzteilen erwirtschaftet wird (vgl. SIEBER ET AL. 2003, S. 1f). Auch dieser Umstand kann die Untersuchungen in einem Handlungsfeld Produkttechnologie beeinflussen.

Handlungsfeld Produktionstechnologie

Bezüglich der Notwendigkeit der Untersuchung des Handlungsfeldes Produktionstechnologie im Rahmen der Erstellung einer Produktionsstrategie besteht weitgehender Konsens in der Literatur (FOSCHIANI 1995, S. 66; ZAHN 1986, S. 23F). Bereits HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 30FF) haben das Handlungsfeld als ein wesentliches Element einer Produktionsstrategie erkannt. Einige Autoren fordern ebenfalls die Untersuchung dieses Elements, wengleich sie es als „Technologiestrategie“ bezeichnen (vgl. HENRICH 2002, S. 150, ZÄPFEL 2000, S. 115FF, WILDEMANN 1997, S. 12 & 520).

Betrachtet man die in Abschnitt 5.3.1 identifizierten Einflussfaktoren der Triebwerksindustrie, so stehen einige in direktem Zusammenhang mit diesem Handlungsfeld. Diese Verbindungen werden im Folgenden kurz dargelegt.

Die verhältnismäßig geringen Stückzahlen können bei der Auswahl des Produktionsverfahrens eine entscheidende Rolle spielen. Ähnliches gilt für die langfristigen Wachstumsprognosen im Zusammenhang mit den Nachfrageschwankungen, die eine hohe Flexibilität erfordern. Die hohen Umweltschutzanforderungen und die Forderung nach einer kontinuierlichen Effizienzsteigerung der Triebwerke machen immer komplexere Bauteile notwendig, die direkten Einfluss auf die Fertigungsverfahren haben. Der steigende Kostendruck erfordert effiziente Verfahren, die beispielsweise den Verlust an hochwertigen Materialien im Herstellungsprozess minimieren. Die Hochwertigkeit der Produkte und die hohen Qualitätsanforderungen haben ebenso einen direkten Einfluss auf die Auswahl der Produktionstechnologien. Herausforderungen sind zudem die hohen Zulassungs- und Sicherheitsbestimmungen, die bei der Anschaffung und dem Betrieb der Anlagen berücksichtigt werden müssen. Beispielsweise müssen Anlagen, die sicherheitsrelevante Komponenten fertigen, nach einer Verlagerung an einen anderen Standort aufwendig neu zugelassen werden. Die steigende Komplexität der Bauteile und der damit verbundene Einsatz von schwer zu bearbeitenden Materialien wirkt sich unmittelbar auf die Produktionstechnologien aus. Die enorme Variantenvielfalt stellt ebenfalls hohe Anforderungen an die Maschinen und Anlagen. Dies ist in Kombination mit dem hohen Fixkostenanteil und der geringen Angebotsflexibilität von umso höherer Bedeutung.

Handlungsfeld Standort

Die Betrachtung des Handlungsfeldes Standort lässt sich in einigen Beiträgen zur Strukturierung der Inhalte einer Produktionsstrategie wiederfinden (vgl. ZÄPFEL 2000, S. 115 & 146-151, HENRICH 2002, S. 144F). Auch SKINNER (1969, S.141) hatte mit dem produktionsstrategischen Element „Fabrik und Ausrüstung“ bereits ein entsprechendes Handlungsfeld definiert.

Bei der Betrachtung der triebwerksindustriespezifischen Einflussfaktoren können einige identifiziert werden, die in engem Zusammenhang mit diesem Handlungsfeld zu betrachten sind.

Die meist geringen Stückzahlen in Kombination mit den hohen Investitionsgütern innerhalb eines Standortes machen die genaue Analyse der optimalen Auslastungsverteilung zwischen den Standorten notwendig. Wie bereits erläutert, sieht sich die Branche einem langfristigen Wachstum gegenüber. Dies macht eine frühzeitige Standortstrategie notwendig, damit die einzelnen Standorte sich optimal auf die Veränderungen vorbereiten können. Der steigende Kostendruck in der Industrie spiegelt sich des Öfteren auch darin wider, dass Low-Cost-Standorte zur Reduzierung der Personalkosten in Betracht gezogen werden. Dem gegenüber steht, dass bei der Standortwahl die verfügbaren Personalkapazitäten zu berücksichtigen sind. Die hohen Umweltschutzanforderungen, die Forderung nach kontinuierlicher Effizienzsteigerung, die hohen Zulassungs- und Sicherheitsbestimmungen, die besondere Komplexität der Bauteile sowie die enormen Qualitätsanforderungen machen eine hohe Qualifizierung der Mitarbeiter unabdingbar, die an den jeweiligen Standorten akquiriert werden müssen. Die langen Produktlebenszyklen mit meist sehr geringer Nachfrage in der späten Reifephase der Produkte birgt an den Standorten die Problematik, dass Maschinen und Anlagen in Betrieb gehalten werden müssen, die häufig fast keine Auslastung mehr aufweisen können. Die hohe Variantenvielfalt hat eine nicht zu vernachlässigende Auswirkung auf die Produktionsorganisation der Fabriken. Somit hat auch dieser Einflussfaktor einen Effekt auf dieses Handlungsfeld.

Hat ein Unternehmen nur wenige Standorte (≤ 3), so zeigt sich in der Praxis, dass standortbezogene Untersuchungsinhalte auch in die Handlungsfelder Produkttechnologie und Produktionstechnologie integriert werden können. Der höchste Erkenntnisgewinn und die damit einhergehende höchste Ergebnisqualität wird allerdings bei einer separaten Betrachtung erzielt.

Handlungsfeld Qualität

In den meisten Veröffentlichungen zur Strukturierung von Produktionsstrategien findet sich kein Handlungsfeld Qualität. Eine Ausnahme bildet der Ansatz von HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 30ff), die eine entsprechendes Element benannt haben. Da die vorliegende Methodik sich an dem Beispiel der Triebwerksindustrie orientiert, ist die Festlegung eines solchen Handlungsfeldes auf der höchsten Ebene nutzbringend.

Dies zeigt sich insbesondere, wenn die industriespezifischen Einflussfaktoren mit dem Handlungsfeld Qualität verprobt werden.

Die geringen Stückzahlen haben zum Teil erheblichen Einfluss auf die Auswahl der Qualitätssicherungsmethoden. Als Beispiel kann hier die SPC-Methode genannt werden. Durch die geringen Stückzahlen kann diese zum Teil nur eingeschränkt verwendet werden, da nicht ausreichend Messwerte zur Berechnung der Prozessfähigkeitskennwerte erhoben werden können. Des Weiteren können die hohen Umweltschutzanforderungen und die damit steigende Bauteilkomplexität nur mit geeigneten Qualitätssicherungsmaßnahmen ermöglicht werden. Auch der steigende Kostendruck hat einen Einfluss auf die Qualität in der Triebwerksindustrie. Sicherlich müssen Zulassungs- und Sicherheitsbestimmungen erfüllt werden, auch ist ein effizienter Einsatz von Qualitätssicherungsmaßnahmen und den damit verbundenen Maschinen sowie Anlagen notwendig, um dem Kostendruck standhalten zu können. Die Hochwertigkeit der Produkte und die enormen Qualitätsanforderungen innerhalb der Branche wirken sich sowohl auf die Qualitätssicherungsmethoden als auch auf die eingesetzten Messanlagen aus. Die Forderung nach kontinuierlicher Effizienzsteigerung in Kombination mit den oftmals sehr langen Produktlebenszyklen einiger Komponenten erhöht die Anforderungen an die Qualität der Produkte. Die Zulassungs- und Sicherheitsbestimmungen sind wichtige Punkte für die Rechtfertigung eines Handlungsfeldes Qualität auf höchster Ebene im Rahmen der Erarbeitung einer Produktionsstrategie. Diese sind zahlreich, müssen unbedingt erfüllt und koordiniert werden. Hinzu kommt, dass die Variantenvielfalt die Komplexität auch in der Qualitätssicherung steigert.

Das Handlungsfeld Qualität hat eine sogenannte Querschnittsfunktion. Diese Bezeichnung verdeutlicht, dass das Handlungsfeld Qualität im starken Zusammenhang mit den anderen Handlungsfeldern insofern steht, als dass bei allen Handlungsfeldern von entscheidender Bedeutung ist. Bei Produkten ist die Produktqualität von hoher Bedeutung, während beim Handlungsfeld Produktionstechnologie die Prozessqualität entscheidend ist. Auch innerhalb des Handlungsfeldes Standort spielen die verwendeten Qualitätssicherungsmethoden und notwendigen Anlagenkapazitäten eine große Rolle. Durch die beschriebene Querschnittsfunktion dieses Handlungsfeldes wäre eine Integration in andere Handlungsfelder möglich. Dieser Ansatz soll aber bewusst an dieser Stelle nicht verfolgt werden, um den hohen Stellenwert dieses Handlungsfeldes innerhalb der betrachteten Branche nicht zu mindern.

Zusammenfassende Betrachtung der Handlungsfelder

Zusammenfassend lässt sich resümieren, dass die Auswahl der benannten Handlungsfelder sinnvoll ist. Dies gilt insbesondere wenn die Einflussfaktoren der Triebwerksindustrie und deren Zusammenhang mit den Handlungsfeldern betrachtet werden. In der Literatur lassen sich unterschiedliche Strukturierungen finden. Bei der

Analyse der Inhalte ähneln sich die Ansätze inhaltlich oftmals. Lediglich die Detaillierung der Beschreibungsinhalte und die Zuordnung von Einzelthemen zu bestimmten Handlungsfeldern unterscheidet sich (BLECKER & KALUZA 2003, S. 5; FOSCHIANI 1995, S. 66; FREIBICHLER 2006, S. 96). Dies gilt in Teilen auch für die in dieser Arbeit gewählte Strukturierung. Die Identifizierung des Handlungsfeldes Qualität bildet hier eine Ausnahme.

Es wird aber ausdrücklich nicht ausgeschlossen, dass diese Strukturierung für andere Branchen mit ähnlicher Charakteristik nicht auch verwendet werden kann. Dies ist sogar wahrscheinlich. Auf eine Erweiterung mit ergänzenden Handlungsfeldern wird verzichtet, da die wesentlichen Inhalte einer Produktionsstrategie innerhalb der gewählten Elemente sichergestellt werden kann. Dies ist auch im Hinblick auf die notwendige Komplexitätsbeherrschung zur Sicherstellung des Praxistauglichkeit sinnvoll. Es kann aber letztlich nicht ausgeschlossen werden, dass für bestimmte Unternehmen oder Industriezweige die Ergänzung durch weitere Handlungsfelder vorteilhaft ist.

Nachdem die entsprechenden Handlungsfelder für die Entwicklung einer Produktionsstrategie identifiziert worden sind, wird im folgenden Abschnitt hergeleitet, auf welche Weise die einzelnen Handlungsfelder zu analysieren sind.

5.3.3 Entwicklung einer generischen Untersuchungssystematik

Der folgende Abschnitt und die darin beschriebene Vorgehensweise orientiert sich an der von MICHAELI ET AL. (2014, S. 142-146) vorgestellten Untersuchungssystematik zu Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder.

Diese Systematik fokussiert auf die Analyse der im vorangegangenen Abschnitt identifizierten relevanten Handlungsfelder für eine Produktionsstrategie in der Triebwerksindustrie. Zu diesem Zweck wird eine Systematik entwickelt, mit deren Hilfe die Handlungsfelder im Einzelnen analysiert werden können. Die Methodik fokussiert sich demnach zunächst nicht auf ein spezielles Handlungsfeld (z.B. Standort oder Produkttechnologie), sondern erhebt einen Allgemeingültigkeitsanspruch für alle Handlungsfelder. In diesem Zusammenhang wurde folgende Vorgehensweise gewählt:

- Festlegung der Ziele dieses Moduls innerhalb der Methodik
- Diskussion und Auswahl einer allgemeinen Problemlösungsmethodik
- Entwicklung einer generischen Untersuchungssystematik durch Anpassung der gewählten allgemeinen Problemlösungsmethodik

Im Anschluss daran kann die in diesem Abschnitt entwickelte abstrakte Untersuchungssystematik an die jeweiligen Handlungsfelder angepasst werden (MICHAELI & REINHART 2013, S. 293).

Ziele der Untersuchungssystematik für Handlungsfelder

Bei Betrachtung der für die Methodik definierten spezifischen Anforderungen (vgl. Abschnitt 4.1) kann mit diesem Modul insbesondere die Erfüllung der folgenden Anforderungen unterstützt werden:

- Kombination vertikaler Planungsrichtungen
- Integration von Struktur- und Prozessorientierung
- Standardisierung
- Umsetzungsfähigkeit

Aus diesen Anforderungen ergeben sich auch im Wesentlichen die Ziele für dieses Modul im Rahmen der Methodik.

Nachdem mit der Ableitung der produktionsstrategischen Globalziele aus der übergeordneten strategischen Ebene ein Top-Down-Ansatz verfolgt wurde, soll mit Hilfe der Untersuchungssystematik ein Bottom-Up-Ansatz unterstützt werden. Auf diese Weise kann die Erfüllung der Anforderung nach einer Kombination der vertikalen Planungsrichtungen unterstützt werden.

Auch die Integration von struktur- und prozessorientierten Ansätzen wird mit der Entwicklung einer generischen Untersuchungssystematik für die Handlungsfelder verfolgt. Es wird nicht nur ein Prozess für die Untersuchung eines Handlungsfeldes bestimmt werden, sondern auch eine Struktur entwickelt werden, innerhalb der ein Handlungsfeld untersucht werden kann.

Eine weitere Anforderung an die Methodik ist die Standardisierung der Untersuchung der einzelnen Handlungsfelder. Diese wird hauptsächlich mit diesem Methodikschritt intendiert. Denn durch die beschriebene Vorgehensweise, erst eine generische und somit für alle Handlungsfelder allgemeingültige Untersuchungssystematik zu entwickeln, wird die Forderung nach einem standardisierten Vorgehensmodell klar angestrebt.

Ein Ziel für die Entwicklung der Untersuchungssystematik wird auch die Möglichkeit der Herleitung von produktionsstrategischen Zielen und konkreten Handlungsempfehlungen sein. Dieses Ziel trägt zur Umsetzungsfähigkeit der gesamten Methodik dadurch bei, dass die produktionsstrategischen Globalziele detailliert und konkretisiert werden können und somit eine Umsetzung erleichtert wird.

Diskussion und Auswahl einer Problemlösungsmethodik

Die generische Untersuchungssystematik für die Analyse der Handlungsfelder soll aus einer, in der Literatur bestehenden, allgemeinen Problemlösungsmethodik abgeleitet werden. Auf diese Weise kann eine standardisierte Vorgehensweise zur Untersuchung der Handlungsfelder erarbeitet werden. Im Folgenden werden in der Literatur bestehende Modelle kurz beschrieben und kritisch betrachtet, um eine Auswahl treffen zu können. Zu diesem Zweck wird auf eine von HABERFELLNER ET AL. (2012, S. 81) vorgenommene Kategorisierung zurückgegriffen.

Demnach werden die Vorgehensmodelle zur Problemlösung unterteilt in:

- Ist-Zustands-orientierte Vorgehensmodelle
- Soll-Zustands-orientierte Vorgehensmodelle

Zu den Ist-Zustands-orientierten Vorgehensmodellen gehört insbesondere die klassische Organisationsmethodik, die sich in folgende Schritte unterteilt:

- Ist-Zustands-Aufnahme
- Ist-Zustands-Kritik
- Formulierung des Soll-Zustands

Die anfängliche Aufnahme des Ist-Zustands lenkt den Fokus zwangsläufig auf den gegenwärtigen oder vergangenen Zustand eines Objekts (HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 82). Dies ist für die Bearbeitung einer Produktionsstrategie nicht optimal, da diese immer einen zukunftsbezogenen Charakter hat (vgl. ZÄPFEL 2000, S. 115 & Abschnitt 2.2.4). Eine wenig strukturierte und undefinierte Ist-Analyse kann zu langwierigen Analysen führen, die nicht dem benötigten Detaillierungsgrad entsprechen und somit nicht effizient durchgeführt werden können (HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 82). Grundsätzlich kann die Frage gestellt werden, ob das Vorgehen so korrekt ist. Im zweiten Schritt soll eine Ist-Zustands-Kritik durchgeführt werden. Dabei ist aber nicht klar, welche Bezugsbasis für diese Kritik gewählt werden soll. Der Soll-Zustand wird erst im dritten Schritt erarbeitet und kann somit nicht als Bezugsbasis dienen. Zusammenfassend lässt sich resümieren, dass diese Vorgehensweise zu lückenhaft und unpräzise ist (vgl. HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 81F) und für die schrittweise Erarbeitung von strategischen Handlungsempfehlungen nicht geeignet ist.

Die Soll-Zustands-orientierten Vorgehensmodelle unterscheiden sich von den Ist-Zustands-orientierten Modellen signifikant. Zunächst wird eine Funktionsfestlegung definiert, bevor auf dieser Basis ein Idealkonzept erarbeitet wird. Von diesem optimalen Konzept ausgehend, werden schrittweise die Bedingungen der Realität berücksichtigt und somit eine umsetzungsfähige Lösung erarbeitet. Diese Vorgehensweise birgt das

Risiko, dass auf der Basis von oberflächlich erarbeiteten Lösungen falsche Randbedingungen zur Entwicklung eines Soll-Konzeptes herangezogen werden. Wesentliche Herausforderungen können dabei unberücksichtigt bleiben. Darüber hinaus birgt diese Vorgehensweise ein hohes Frustrationspotential für die Anwender (HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 83).

Eine Kombination der beiden oben betrachteten Gruppen bietet der Problemlösungszyklus von HABERFELLNER ET AL. (2012), der auf der Dewey'schen Problemlösungslogik (HALL 1962, S. 88FF) aufbaut (HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 73F & 83F). Dieser bietet eine klar strukturierte Vorgehensweise, die aber dennoch eine ausreichende Flexibilität ermöglicht.

Abbildung 11 stellt die Vorgehensweise dar.



Abbildung 11: SE-Vorgehensmodell in Anlehnung an HABERFELLNER ET AL. (2012, S. 74)

Das Modell strukturiert sich in die drei Phasen Zielsuche, Lösungssuche und Auswahl. Die Phasen untergliedern sich jeweils wiederum in zwei Abschnitte. Daraus ergibt sich ein sechstufiger Prozess bestehend aus:

- Zielsuche, unterteilt in Situationsanalyse und Zielformulierung
- Lösungssuche, unterteilt in Lösungssynthese und Lösungsanalyse
- Auswahl, unterteilt in Bewertung und Entscheidung

HABERFELLNER ET AL. (1999, S. XXI) schließen die Möglichkeit einer individuellen Anpassung der Struktur an besondere Anforderungen des jeweiligen Anwendungsfalls ausdrücklich nicht aus.

Die Vorgehensweise ist grundsätzlich gedacht als eine Top-Down-Vorgehensweise. Durch die Situationsanalyse ergibt sich die Möglichkeit auch Detailanalysen Bottom-Up durchzuführen. Auf diese Weise wird der Ansatz der spezifischen Anforderung aus Abschnitt 4.1, der Integration von vertikalen Planungsrichtungen, gerecht. Mit der Situationsanalyse wird die anschließende Zielformulierung und Lösungssuche auf einer soliden Basis aufgebaut, bevor eine Auswahl getroffen werden muss (HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 75FF). Dieses Vorgehen entspricht auch der Forderung an eine Produktionsstrategieentwicklungsmethodik von PLATTS & GREGORY (1990, S. 16), dass eine Strategie immer auf einer bestehenden Grundlage, der aktuellen Situation, aufzubauen ist. Zudem können so vorschnelle Lösungen verhindert werden (HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 83F). Dies ist insbesondere von Bedeutung, da strategische Entscheidungen von erheblicher Tragweite sein können (LACKES 1988, S. 385; FOSCHIANI 1995, S. 99). Darüber hinaus spricht auch für diese Vorgehensweise, dass es vorgesehen ist, zunächst verschiedene Varianten zu entwickeln, bevor eine Auswahl getroffen werden muss. Dies trägt zur Qualitätssicherung und zur Komplexitätsbeherrschung bei (vgl. PLATTS & GREGORY 1990, S. 16), die ebenfalls eine spezifische Anforderung an die Methodik darstellt (vgl. Abschnitt 4.1). Im Vergleich zur klassischen Organisationsmethodik bietet der Problemlösungszyklus eine detailliertere Vorgehensweise, die aber noch ausreichend Freiheiten bietet, um diese auf den spezifischen Anwendungsfall anpassen zu können (HABERFELLNER ET AL. 2012 & HABERFELLNER ET AL. 1999, S. XXI). Somit kann eine transparente und logische Vorgehensweise abgeleitet werden, die der Anforderung der Nachvollziehbarkeit (vgl. Abschnitt 4.1) gerecht wird.

Zusammenfassend lässt sich resümieren, dass der Ansatz von HABERFELLNER ET AL. (2012) im Vergleich zu den anderen Ansätzen die beste Basis für die Entwicklung einer generischen Untersuchungssystematik bildet. Allerdings besteht auch bei diesem Vorgehensmodell noch ein gewisser Anpassungsbedarf.

Anpassen der ausgewählten Problemlösungsmethodik

Nachdem im vorangegangenen Abschnitt eine grundsätzliche Problemlösungsmethodik ausgewählt wurde, wird im Folgenden untersucht, welche Anpassungen vorgenommen werden müssen. Ziel ist es, die für die produktionsstrategische Planung relevantesten Schritte herauszuarbeiten, um auf diese Weise eine generischen Untersuchungssystematik für die Analyse der Handlungsfelder abzuleiten.

In Abschnitt 5.2 wurde dargelegt, wie produktionsstrategische Globalziele Top-Down aus der übergeordneten strategischen Ebene abgeleitet werden können (vgl. Abbildung 9). Darauf aufbauend wird die Vorgehensweise noch durch einen Bottom-Up-Ansatz

ergänzt, um so die Anforderung nach einer vertikalen Integration der Planungsrichtungen gerecht zu werden. Die Top-Down abgeleiteten produktionsstrategischen Globalziele bilden den Handlungsrahmen für die Analyse innerhalb der Handlungsfelder und sind gleichzeitig Eingangsdaten für die Untersuchungssystematik, die in diesem Abschnitt hergeleitet wird. Die produktionsstrategischen Globalziele sollen dabei durch strategische Ziele auf Ebene der Handlungsfelder untermauert und konkretisiert werden. Diese strategischen Ziele werden innerhalb der Untersuchungssystematik Bottom-Up erarbeitet. Die Notwendigkeit der Erarbeitung von strategischen Zielen innerhalb der Untersuchungssystematik führt dazu, dass in Bezug auf das Vorgehensmodell von HABERFELLNER ET AL. (2012) ein Schwerpunkt auf der Zielsuche liegt. Durch die Fokussierung auf die Zielsuche ist es vorteilhaft, die bei HABERFELLNER ET AL. (2012) untergeordneten Schritte der Zielsuche auf die Ebene der Planungsphasen anzuheben. Somit wird stärker auf die Situationsanalyse und Zielformulierung fokussiert. Die Untersuchungssystematik für ein Handlungsfeld besteht nunmehr aus den vier Phasen Situationsanalyse, Zielformulierung, Lösungssuche und Auswahl.

Innerhalb der Situationsanalyse wird die aktuelle Situation detailliert analysiert und bildet somit die Basis für die Erarbeitung der Produktionsstrategie. Dies ist unabdingbar, da eine Produktionsstrategie immer auf Bestehendem aufgebaut werden sollte (PLATTS & GREGORY 1990, S. 16). Somit wird ein Fundament für die anschließende Zielformulierung gebildet. Die oben aufgeführten Punkte untermauern die Aufwertung der Situationsanalyse im Rahmen der Untersuchungssystematik.

Die produktionsstrategischen Globalziele werden mit aufgenommen, da sie Teil der neuen Situation sind. Dies entspricht dem, was HABERFELLNER ET AL. (2012, S. 77) als übergeordnete Zielvorstellungen bezeichnen.

Nach Abschluss der Situationsanalyse können innerhalb der Planungsphase „Zielformulierung“ die strategischen Ziele eines Handlungsfeldes erarbeitet werden. Darauf aufbauend werden innerhalb der Planungsphase „Lösungssuche“ Handlungsoptionen erarbeitet, die die strategischen Ziele konkretisieren und detaillieren, um so eine Lösung erarbeiten zu können. Da die Situationsanalyse ein zentraler Bestandteil der Untersuchungssystematik ist, wird im Folgenden auf diesen Schritt fokussiert.

Um die aktuelle Situation umfassend analysieren zu können, ist es notwendig, sowohl interne als auch externe Untersuchungen durchzuführen (vgl. SCHEUSS 2008, S. 37F; MINTZBERG ET AL. 2009, S. 25FF; HILL & HILL 2009, S. 114-130). Der zukunftsorientierten Betrachtungsweise von HABERFELLNER ET AL. (2012, S. 205F) folgend, ist die Situationsanalyse nicht ausschließlich auf aktuelle sondern auch auf zukünftige Entwicklungen hin zu betrachten. Dies ist insbesondere im Rahmen der Produktionsstrategieentwicklung sinnvoll, da diese immer zukunftsbezogen ist

(vgl. ZÄPFEL 2000, S. 115 und Abschnitt 2.2.4). Demzufolge könnte auch der Begriff „Zukunftsanalyse“ verwendet werden (vgl. EVERSHEIM 2003, S. 51). Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird aber weiter die Bezeichnung „Situationsanalyse“ nach HABERFELLNER ET AL. (2012, S. 196F) verwendet.

Die interne Analyse umfasst demnach die Situation im eigenen Unternehmen. Dabei wird sowohl die aktuelle als auch die zukünftige Situation betrachtet. Beispielsweise können die aktuellen und für die Zukunft prognostizierten Fertigungsstunden analysiert werden.

Die externe Analyse fokussiert sich auf das Unternehmensumfeld. Auch hierbei ist neben einer aktuellen Bestandsaufnahme von besonderem Interesse wie sich die zukünftige Situation darstellt. Beispielsweise kann die aktuelle und zukünftige Weltmarktsituation untersucht werden. Bezugnehmend auf die externe Analyse lassen sich in der Literatur zu Produktionsstrategien die Untersuchung der allgemeinen Marktsituation als auch die Begutachtung konkreter Wettbewerber finden (vgl. FREIBICHLER 2006; HILL & HILL 2009, S. 114-119). Beide Sichtweisen haben ihre Berechtigung. Während die allgemeine Marktbetrachtung sich mit Marktanforderungen und -trends beschäftigt, werden in der Wettbewerbsanalyse Vergleiche mit einzelnen Wettbewerbern vorgenommen. Meist werden hierfür die stärksten Wettbewerber des jeweiligen Marktes betrachtet (vgl. KERTH ET AL. 2011, S. 153). Zur Unterscheidung wird im Folgenden noch ein Beispiel genannt. Bezogen auf Kostenanalysen ist im Rahmen einer allgemeinen Marktanforderungsanalyse u.a. von Interesse, wie sich die Rohstoffpreise entwickeln und welche Auswirkungen sich daraus auf den Weltmarkt ableiten lassen. Die Wettbewerbsanalyse fokussiert sich hingegen auf den konkreten Preisvergleich mit den stärksten Wettbewerbern. Im Rahmen der hier zu entwickelnden Untersuchungssystematik wird demzufolge unterschieden zwischen allgemeinen Marktanforderungen und dem Wettbewerbsvergleich.

Im Rahmen der externen Analyse des Marktumfeldes ist die Branchenstrukturanalyse als produktionsstrategische Kernmethode anzuwenden. Diese unterstützt zusätzlich bei der strukturierten Analyse des Marktumfeldes unter Berücksichtigung verschiedener Sichtweisen (vgl. „Branchenstrukturanalyse“ in den Abschnitten 2.4 & 9.1).

Nachdem die externe Analyse strukturiert wurde, ergibt sich für die Situationsanalyse folgender Prozess:

- Aufnahme der produktionsstrategischen Globalziele
- Externe Marktanalyse
- Interne Unternehmensanalyse
- Wettbewerbsanalyse

Ein weitere Methode, die sowohl interne als auch externe Aspekte betrachtet ist das Markt-Technologieportfolio. Diese produktionsstrategische Kernmethode dient dazu, sowohl interne und externe Betrachtungsweisen als auch betriebswirtschaftliche und technische Aspekte umfassend zu analysieren. Demzufolge ist die Methode im Rahmen der Situationsanalyse anzuwenden (vgl. „Markt-Technologieportfolio“ in den Abschnitten 2.4 & 9.1).

Zusätzlich zur Entwicklung des Ablaufes soll die Untersuchungssystematik und insbesondere die darin enthaltene Situationsanalyse strukturiert werden. HABERFELLNER ET AL. (2012, S. 76) unterscheiden dabei in quantitative und qualitative Informationen. Diese Unterteilung lässt sich dahingehend verfeinern, dass die quantitativen Informationen in monetär bewertbare und monetär nicht bewertbare Informationen unterschieden werden. Daraus ergibt sich die folgende Gliederung der Informationen innerhalb der Untersuchungssystematik:

- Quantitativ und monetär bewertbar
- Quantitativ und nicht monetär bewertbar
- Qualitativ

Nachdem das Vorgehen und die Struktur der Situationsanalyse hergeleitet wurde, wird im Folgenden die Zielformulierung betrachtet.

Die Zielformulierung basiert auf den Erkenntnissen, die innerhalb der Situationsanalyse erworben worden sind. Angestrebt wird, die strategischen Ziele bezogen auf das jeweilige Handlungsfeld zu erarbeiten, die dazu beitragen, die produktionsstrategischen Globalziele (vgl. Abschnitt 5.2) zu erreichen.

Um dieses Vorhaben erreichen zu können und die in der Situationsanalyse erworbenen Kenntnisse in strategische Ziele zu überführen, wird eine SWOT-Analyse verwendet. Die SWOT-Analyse steht in der von MINTZBERG ET AL. (2009, S. 23-47) beschriebenen „design school“ zur formalisierten Strategieentwicklung im Zentrum des Entwicklungsprozesses. Nach KERTH ET AL. (2011, S. 186) ist die SWOT-Analyse insbesondere dazu geeignet, die Ergebnisse verschiedener Analysen in einen Gesamtzusammenhang zu bringen.

Im ersten Schritt werden dabei die Erkenntnisse aus der Situationsanalyse in die SWOT-Analyse überführt. Dabei ist es notwendig, die jeweiligen Analyseergebnisse zu verdichten bzw. kurz und prägnant zu formulieren. Grundsätzlich kann zwischen externen und internen Schlussfolgerungen unterschieden werden. Die Stärken und Schwächen eines Unternehmens ergeben sich aus den internen Analysen und dem Wettbewerbsvergleich, während die Chancen und Risiken aus der Untersuchung der

externen Analysen und wiederum dem Wettbewerbsvergleich gewonnen werden können (KERTH ET AL. 2011, S. 168FF).

Abbildung 12 verdeutlicht welche Felder der SWOT-Analyse auf welchen Feldern der Situationsanalyse basieren.

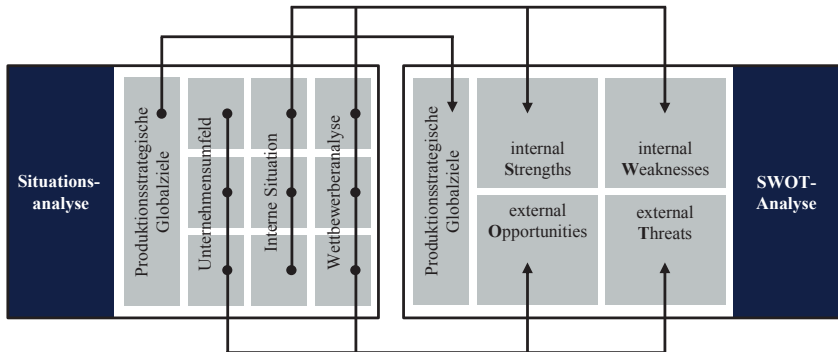


Abbildung 12: Überführung der Erkenntnisse aus der Situationsanalyse in die SWOT-Matrix

Auf Basis der internen Analyse (Stärken und Schwächen) können die unternehmensinternen Faktoren untersucht und Kompetenzen hergeleitet werden. Die externe Analyse (Chancen und Risiken) trägt dazu bei, die unternehmensexternen Rahmenbedingungen bzw. Anforderungen zu analysieren (vgl. KERTH ET AL. 2011, S. 168).

Dieses Vorgehen wird in Abbildung 13 dargestellt.

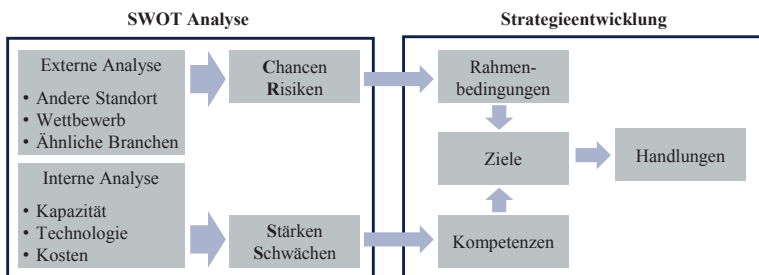


Abbildung 13: SWOT-Analyse als Unterstützung zur Strategieentwicklung in Anlehnung an PELZ (2004, S. 4)

An dieser Stelle soll darauf hingewiesen werden, dass es sich bei der Formulierungen innerhalb der Felder nicht um allgemeine Normstrategien handelt, wie sie in manchen

Beiträgen zu finden sind. Es handelt sich vielmehr um konkrete Feststellungen, die als Fazit den entsprechenden Analysen der Situationsanalyse entnommen werden können.

Auf Basis dieser Erkenntnisse können nun Lücken (engl. gaps) identifiziert und strategische Ziele für das Handlungsfeld formuliert werden. Bei der Formulierung der Lücken stellt sich demnach die folgende Frage:

Wo besteht ein Unterschied zwischen den unternehmensinternen Kompetenzen und den Anforderungen des Marktumfeldes?

Die Beantwortung dieser Frage wird im weiteren Verlauf auch als Gap-to-Close-Analyse bezeichnet. Zur Gliederung der Aussagen sind wiederum die Unterscheidungsmerkmale quantitativ nicht monetär, qualitativ und quantitativ monetär zu verwenden. Zu beachten ist, dass es sich nicht um die klassische GAP-Analyse handelt, wie sie zum Teil in der Literatur beschrieben wird (vgl. KERTH ET AL. 2011, S. 231-235).

Auf dieser Basis können strategische Zielrichtungen für das betrachtete Handlungsfeld abgeleitet werden. Diese Ziele sollen die identifizierten Lücken schließen und somit auch zur Erfüllung der produktionsstrategischen Globalziele beitragen. Zur Konkretisierung der strategischen Ziele ist es notwendig, dass die SMART-Regeln beachtet werden. SMART steht in diesem Zusammenhang für die Begriffe spezifisch, messbar, anspruchsvoll, realistisch und terminiert (KUSTER ET AL. 2011, S. 406; HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 77). Im Anschluss daran werden die strategischen Ziele danach analysiert, ob sie strategisch oder operativ sind. Strategische Ziele sind langfristig und beeinflussen meist mehr als einen Produktionsbereich. Operative Ziele hingegen sind kurz- bis mittelfristig und wirken sich nur auf einen sehr begrenzten Bereich aus.

Der Fokus dieser Arbeit liegt auf der Erarbeitung einer Produktionsstrategie und demzufolge auf den strategischen Zielen. Werden operative Ziele und Handlungsempfehlungen im Rahmen der Analysen entwickelt, sind diese nicht zu vernachlässigen und in separaten Umsetzungsprojekten zu berücksichtigen.

Auf Grundlage der strategischen Ziele können entsprechende Handlungsempfehlungen formuliert werden. Dieser Prozessschritt umfasst innerhalb der Untersuchungssystematik den Teil der „Lösungssuche“. Im Unterschied zu den Zielen, die das „Was“ der Produktionsstrategie beschreiben, fokussieren die Handlungsempfehlungen auf das „Wie“ (vgl. „Produktionsstrategische Pyramide“ in Abschnitt 2.5). Die Handlungsempfehlungen dienen demzufolge dem Zweck, den Weg zum Ziel zu beschreiben. Dieses Vorgehen trägt demnach zur Erfüllung der spezifischen Anforderung aus Abschnitt 4.1 „Umsetzungsfähigkeit“ bei.

Im Folgenden wird beschrieben wie die Handlungsempfehlungen zu erarbeiten sind. Zur Vorbereitung auf die Formulierung der Handlungsempfehlungen müssen zunächst verschiedene Optionen geprüft werden (HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 61-64). HABERFELLNER ET AL. (2012, S. 64) betont, dass es zur Variantenbildung keine Alternative geben kann, um eine optimale Lösung herbeizuführen. Dabei kann es auch vorteilhaft sein, zunächst Optionen zu verfolgen, die bei erster Betrachtung nicht optimal aber denkbar erscheinen (vgl. HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 61-64). Zur methodischen Unterstützung werden in der Literatur verschiedene Methoden wie z.B. Brainstorming, Morphologie und Wirkungsnetze genannt (vgl. HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 370F). Ähnlich wie bereits für die strategischen Ziele gefordert, müssen die Handlungsoptionen konkret und detailliert formuliert werden. Zu diesem Zweck sind nach Möglichkeit ebenfalls die SMART-Regeln zu beachten. Da es sich um strategische Optionen handelt, kann es der Fall sein, dass beispielsweise ein Zieltermin nur ungefähr geschätzt werden kann. Jedoch sollte eine Handlungsoption diese Information beinhalten, um eine spätere Kontrolle zu ermöglichen (vgl. PLATTS & GREGORY 1990, S. 16F). Es ist sogar empfehlenswert einen Zieltermin nicht auf den Tag genau anzugeben, da zum einen eine Scheingenauigkeit suggeriert wird und zum anderen ein Fixtermin die notwendige Flexibilität verhindert.

Darauf aufbauend muss zwischen den gebildeten Handlungsoptionen eine Entscheidung herbeigeführt werden. Die Bewertungskriterien hierfür ergeben sich aus den bereits ermittelten kritischen Erfolgsfaktoren für die Produktion (vgl. Abschnitte 2.4 & 9.1). Zur Bewertung der Handlungsoptionen in Bezug auf die kritischen Erfolgsfaktoren ist ein Scoring-Modell (Punktebewertungsverfahren) anzuwenden (vgl. KERTH ET AL. 2011, S. 218FF). Auf die genaue Vorgehensweise und die entsprechenden Berechnungsformeln wird in Abschnitt 5.5.1 eingegangen. Da eine solche Vorgehensweise mit einem erhöhten Aufwand verbunden ist, kann bei einer geringeren Anzahl von Optionen (≤ 5 Optionen) auch auf eine einfachere Gegenüberstellung der Chancen und Risiken zurückgegriffen werden, die anschließend mit den betroffenen Führungskräften zu diskutieren ist, um so eine Entscheidung herbeizuführen.

Mit der Methode zur Auswahl der Handlungsempfehlungen ist die Untersuchungssystematik vollständig und wird in Abbildung 14 dargestellt.

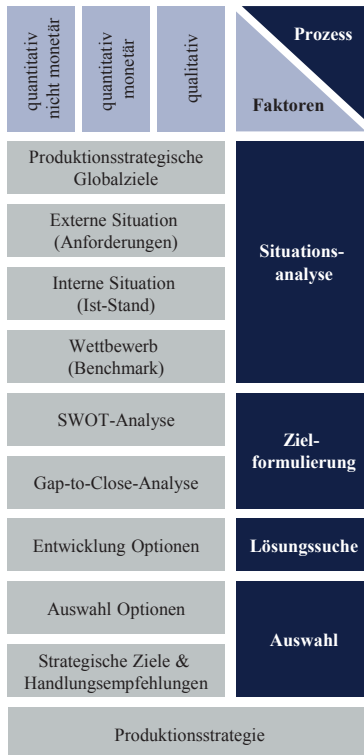


Abbildung 14: Untersuchungssystematik zur Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder

Segmentierung der Untersuchungssystematik

Im folgenden Abschnitt wird diskutiert welche Gruppen bei der Anwendung der Untersuchungssystematik gebildet werden sollten. Die so entstehende Systematisierung unterstützt die von HABERFELLNER ET AL. (2012, S. 59F) geforderte Definition der Untersuchungselemente.

Mit der Bildung der Gruppen kann auch der Detaillierungsgrad bei der Erarbeitung der Produktionsstrategie entscheidend beeinflusst werden. Die Strukturierung in Untersuchungsgruppen hat damit auch entscheidende Auswirkungen auf den Aufwand, der bei der Bearbeitung entsteht.

Die erste Ebene der Gruppierung sind die Handlungsfelder, wie bereits in Abschnitt 5.3.3 beschrieben wurde. Die generische Untersuchungssystematik wird demnach für alle identifizierten Handlungsfelder (Produkttechnologie, Produktionstechnologie, Standort, Qualität) angewendet. Die Beschreibung der unterschiedlichen Schwerpunkte innerhalb der Untersuchungssystematik für die verschiedenen Handlungsfelder erfolgt in Abschnitt 5.3.4.

Als zweite Ebene der Gruppierung wird die Unterteilung innerhalb der Handlungsfelder bezeichnet. Je stärker die Handlungsfelder in weitere Untergruppen gegliedert werden, desto detaillierter können die Analysen durchgeführt werden, da eine stärkere Fokussierung auf einen Teilbereich möglich wird. Als Beispiel hierfür kann das Handlungsfeld Produkttechnologie angeführt werden. Die Praxis hat gezeigt, dass eine gleichzeitige Analyse aller Produktgruppen zu komplex ist oder zu einem Verlust von Informationen führt. Aufgrund dessen wurden die Produkte in Untergruppen wie z.B. Gehäuse, Schaufeln, Scheiben und Spools gegliedert. Für jede der Gruppen der zweiten Ebene kann nun die Untersuchungssystematik angewendet werden. Wie bereits erwähnt, muss bei der Unterteilung unbedingt beachtet werden, dass auch der Aufwand bei der Erstellung der Produktionsstrategie wächst. Darüber hinaus hängt eine mögliche Gliederung eines Handlungsfeldes davon ab, wie stark die Zusammenhänge der Elemente sind. Als Beispiel kann das Handlungsfeld Standort benannt werden. Eine Unterteilung für dieses Handlungsfeld ist dann sinnvoll, wenn sich die Standorte voneinander logisch trennen lassen. Dies ist beispielsweise gegeben, wenn an den Standorten verschiedene Produkte für unterschiedliche Marktsegmente hergestellt werden. Für die Festlegung der Untersuchungsgruppen im Handlungsfeld Produktionstechnologie bietet es sich an, dies entlang der Wertschöpfungskette vorzunehmen (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011, S. 84).

Zusammenfassende Betrachtung der generischen Untersuchungssystematik

In Abschnitt 5.3.3 wurde zunächst eine Auswahl unter verschiedenen Problemlösungsmethodiken getroffen, um so eine Grundlage für die Analyse eines Handlungsfeldes im Rahmen einer Produktionsstrategie zu legen. Auf Basis des ausgewählten Problemlösungszyklus von HABERFELLNER ET AL. (2012) wurde dieser schrittweise angepasst und die Inhalte sowie die zugehörigen Methoden beschrieben. Auf diese Weise ist eine wissenschaftlich fundierte Untersuchungssystematik für ein Handlungsfeld innerhalb einer Produktionsstrategie entwickelt worden. Dabei handelt es sich zunächst um eine generische Systematik, die für die einzelnen, in Abschnitt 5.3.2 identifizierten Handlungsfelder, zu detaillieren ist. Durch diese Vorgehensweise konnte zur Erfüllung der folgenden spezifischen Anforderungen (vgl. Abschnitt 4.1) beigetragen werden:

- Kombination vertikaler Planungsrichtungen
- Integration von Struktur- und Prozessorientierung
- Standardisierung
- Umsetzungsfähigkeit

5.3.4 Inhalt der handlungsfeldspezifischen Untersuchungen

Nachdem in Abschnitt 5.3.3 eine generische Untersuchungssystematik mit Allgemeingültigkeitsanspruch für alle Handlungsfelder hergeleitet worden ist, wird in diesem Abschnitt auf die spezifischen Untersuchungsinhalte der einzelnen Handlungsfelder fokussiert. Insbesondere wird dabei beschrieben, welche Untersuchungsinhalte im Rahmen der Situationsanalyse von Interesse sein können. Die Inhalte wurden mit den Ausführungen aus der strukturorientierten Literatur (vgl. Abschnitt 3.2) abgeglichen und weiterentwickelt. Im Rahmen dieses Abschnitts können lediglich Empfehlungen für sinnvolle Untersuchungsinhalte gegeben werden. Letztendlich ist bei jedem Anwendungsfall zu prüfen, welche Analysen möglich sind.

Der Struktur der Untersuchungssystematik aus Abschnitt 5.3.3 folgend werden die Analysen in quantitativ nicht monetäre, quantitativ monetäre und qualitative Aspekte unterteilt.

Bei den Beschreibungen der Inhalte handelt es sich um grundsätzliche Überlegungen und Empfehlungen, die auf der praktischen Anwendung der Methodik und der durchgeführten Literaturrecherche basieren. Eine strikte Festlegung von beispielsweise zu erhebenden Kennzahlen im Rahmen der quantitativ monetären Analyse kann nicht vorgenommen werden, da diese in verschiedenen Unternehmen unterschiedlich sind. Aufgrund dessen werden in diesem Fall übliche Kennzahlen genannt, die in vielen Unternehmen erhoben werden. Die letztendliche Festlegung hängt vom jeweiligen Anwendungsfall ab.

Somit soll Abschnitt 5.3.4 zur Erfüllung der folgenden spezifischen Anforderungen (vgl. Abschnitt 4.1) beitragen:

- Ganzheitliche Betrachtung
- Berücksichtigung branchenspezifischer Besonderheiten
- Integration von Struktur- und Prozessorientierung
- Umsetzungsfähigkeit

Bestandteil dieser ganzheitlichen Betrachtung ist, dass die Untersuchungsinhalte genauer beschrieben werden und somit die Anwender durch eine Art Leitfaden unterstützt werden. Dieser Aspekt trägt darüber hinaus zur Anforderung der

Umsetzungsfähigkeit bei. Die Integration von Struktur- und Prozessorientierung wird insofern unterstützt, als dass durch die Beschreibung der Untersuchungsinhalte die Strukturorientierung gefördert wird. Im Rahmen der Beschreibung wird auf Besonderheiten der Triebwerksindustrie hingewiesen und Beispiele aus dieser Branche verwendet.

Handlungsfeld Qualität

In einem stark globalisierten Wettbewerbsumfeld ist die Qualität von strategischer Bedeutung (vgl. LINB 2011, S. 6F; TONCHEV & TONCHEV 2010, S. 749; STOCKHOFF 2010, S. 824; BROWN 1996, S. 185FF). Es ist für Unternehmen wichtig, qualitativ auf Weltmarktniveau ihre Produkte herzustellen, da die Produkte sonst nicht wettbewerbsfähig sind (GOETSCH & DAVIS 2006, S. 43FF; BROWN 1996, S. 177FF). Demnach wird die strategische Bedeutung der Qualität auch von verschiedenen Autoren hervorgehoben (REINHART ET AL. 1996, S. 7 & 13F; PFEIFER & SCHMITT 2014, S. V; BROWN 1996, S. 177). Bezogen auf die Produktion sieht BROWN (1996, S. 187) die Qualität sogar als zentrales Element, da andere Ziele wie beispielsweise Kosten, Mengen, Zeit und Ort durch Erreichen eines hohen Qualitätsniveaus erleichtert werden. Auch WILDEMANN (1997, S. 67FF) zeigt auf, dass eine hohe Qualität das Spannungsfeld zwischen Kosten, Zeit und Qualität entschärft. Dabei muss es das Ziel sein, dauerhafte Wettbewerbsvorteile zu erzielen und nicht nur kurzfristige Verbesserungsmaßnahmen zu erwirken (WILDEMANN 1997, S. 67FF).

Bereits in der Produktionsmission sind Qualitätsaspekte zu integrieren (vgl. SCHROEDER & LAHR 1990, S. 5FF). Darauf aufbauend sind diese durch die produktionsstrategischen Globalziele zu konkretisieren. Infolge des Handlungsfeldes Qualität können in Anlehnung an die Fragen zum Qualitätsmanagement (vgl. REINHART ET AL. 1996, S. 14 bzw. Abschnitt 9.3) folgende Fragen zur Beschreibung der Untersuchungsinhalte formuliert werden:

- Wie können aus den qualitätsbezogenen Aspekten der produktionsstrategischen Globalziele handlungsfeldspezifische Ziele abgeleitet werden?
- Wie können die formulierten strategischen Ziele erreicht werden?
- Wie kann die Qualität in der Produktion quantifiziert werden und wie lassen sich daraus strategische Ziele für die Produktion ableiten?

Zur systematischen Entwicklung der strategischen Ziele für ein Handlungsfeld wurde die generische Untersuchungssystematik entwickelt (vgl. Abschnitt 5.3.3). Ein wesentliches Element zur Erreichung der angestrebten Qualität sind die verwendeten Methoden. Diese sind ein anerkanntes Mittel zur Qualitätsverbesserung (vgl. HERING ET AL. 2003, S. 106FF; GOETSCH & DAVIS 2006, S. 483FF; LINB 2011) und sind aufgrund dessen im Rahmen des Handlungsfeldes Qualität zu betrachten. Zur Quantifizierung von

Qualität sind insbesondere die Analyse von Kennzahlen und Qualitätskosten von Bedeutung. Aufgrund dessen sind auch diese im Handlungsfeld Qualität zu analysieren.

Das Handlungsfeld Qualität lässt sich, entsprechend der Strukturierung der Situationsanalyse in quantitativ nicht monetäre, quantitativ monetäre und qualitative Analysen segmentieren.

Im Rahmen der quantitativ nicht monetären Analysen sind die Analyse der Qualitätssituation und insbesondere die Qualitätskennzahlen von Interesse. Auf diese Weise lassen sich quantifizierbare Ergebnisse erzielen. Beispielhaft für in der Praxis gängige Qualitätskennzahlen können Cp, Cpk, DPM, Yield Rate, Nacharbeitsquote, Ausschussquote und Toleranz genannt werden (vgl. HERRMANN & FRITZ 2011, S. 111-116 & 104FF; HERING ET AL. 2003, S. 233F; DIETRICH ET AL. 2007, S. 95; MEEKER ET AL. 1999, S. 48.1; DUDEWICZ 1999, S. 44.28).

Die aufgeführten Kennzahlen eignen sich für die Analyse der Qualitätssituation. Es kann dennoch vorteilhaft sein, andere Kennzahlen zu verwenden, die im Unternehmen erhoben werden, da die Neueinführung einer Kennzahl mit erheblichem Aufwand verbunden sein kann. Im Rahmen der strategischen Überlegungen kann es aber auch sinnvoll sein, die derzeit im Unternehmen verwendeten Kennzahlen zu hinterfragen, ob diese noch zielführend sind.

Im Rahmen der Analysen kann ein interner Vergleich zwischen unterschiedlichen Abteilungen Erkenntnisse hervorbringen. Ziel der internen Untersuchungen infolge der quantitativ nicht monetären Analyse ist mit Hilfe der Kennzahlen die eigene Situation objektiv analysieren zu können, um so Missstände erkennen zu können. Die Entwicklungen von Lösungen ist nicht mehr Teil der Situationsanalyse.

Die externe Analyse des Marktes im Zusammenhang mit der quantitativ nicht monetären Analyse dient dazu, Anforderungen aus dem Branchenumfeld zu analysieren. Dabei ist zu beachten, dass nicht allein die aktuelle Situation von Interesse ist, sondern auch zukünftige Trends berücksichtigt werden müssen. Dies können beispielsweise Forderungen der Kunden nach engeren Toleranzen sein. Im Bereich der Wettbewerbsanalyse werden die stärksten Wettbewerber dahingehend untersucht auf welchem Qualitätsniveau diese fertigen. In der Praxis kann es erheblich schwieriger sein, die notwendigen Daten zu erheben. Alternativ kann nach Möglichkeit mit Kennzahlen aus anderen Branchen wie beispielsweise der Werkzeugmaschinenindustrie (vergleichbare Stückzahlen) oder auch der Automobilindustrie (häufig best practice) verglichen werden. Zu diesem Zweck müssen mit den jeweiligen potentiellen Partnern Kooperationen und entsprechende Geheimhaltungsvereinbarungen getroffen werden.

Darüber hinaus kann alternativ der Kennzahlenvergleich mit Zulieferern angestrebt werden.

Die Analysen der Qualitätskosten lassen sich nach JOCHEM & RAßFELD (2014, S. 94F) in Kosten der Übereinstimmung und Abweichung unterteilen. Auch bei der Analyse dieser Kostenarten ist zu beachten, welche Kennzahlen in dem zu untersuchenden Unternehmen bereits vorhanden sind und direkt verwendet werden können.

Im Rahmen der internen Analyse sind die Qualitätskosten der Fertigungsbereiche zu untersuchen. Ziel ist es Bereiche mit vergleichsweise hohen Kosten zu identifizieren und somit Anhaltspunkte für strategische Verbesserungsmaßnahmen zu erhalten.

Bei der externen Analyse der Qualitätskosten ist zu beachten, dass die Prüfkosten im Vergleich zu anderen Industrien außerhalb der Luftfahrtbranche meist höher sind, da insbesondere durch die Zulassungsbedingungen oftmals eine Reihe von kostenintensiven Prüfungen durchgeführt werden müssen, die in anderen Industrien nicht zum Standard gehören. Aufgrund dessen ist bei den Qualitätskosten ein direkter Vergleich mit anderen Industrien vielfach nicht geeignet. Auch hierbei kann es zweckmäßig sein, auf Daten von Zulieferern zurückzugreifen, wenn keine Daten von direkten Wettbewerbern verfügbar sind. Ähnliche Schwierigkeiten können bei der allgemeinen Marktanalyse auftreten. Innerhalb dieser kann insofern ein Kostenvergleich vorteilhaft sein, als dass analysiert wird, welche Kennzahlen erhoben werden und wie diese definiert sind. Auf diese Weise können die eigenen Kennzahlen hinterfragt und gegebenenfalls im weiteren Verlauf der Methodik eine Empfehlung ausgesprochen werden, dass eine Kennzahl ersetzt werden sollte.

Wie anfangs des Abschnitts beschrieben, stehen im Fokus der qualitativen Analysen die Methoden zur Qualitätssicherung in der Produktion. Beispielhaft können FMEA, Six Sigma, PDCA, 5S, 5 Why, Poka-Yoke und SPC als Qualitätsverbesserungsmethoden genannt werden. Für umfangreichere Erläuterungen zu Qualitätsmethoden wird auf die einschlägige Literatur verwiesen (vgl. LINß 2011, PFEIFER & SCHMITT 2014). Bei der Analyse der Qualitätsmethoden ist es insbesondere von Interesse wie die Methoden angewendet werden und ob sie in die tägliche Praxis integriert sind. Darüber hinaus muss analysiert werden, ob nicht nur Daten erhoben werden, sondern auch Maßnahmen aus den Ergebnissen abgeleitet werden. Andernfalls ist eine Qualitätsmethode wirkungslos.

Im Rahmen der internen Analyse muss zunächst untersucht werden, welche Methoden in welchen Unternehmensbereichen derzeit im Einsatz sind. In diesem Zusammenhang kann der Bezug zur Analyse der Qualitätskosten und den entsprechenden Kennzahlen hergestellt werden. Es ist zu untersuchen, ob die Einführung oder konsequenterer

Anwendung von Qualitätsmethoden insbesondere in den Bereichen nutzbringend sein könnte, die unterdurchschnittlich bei der Analyse der Qualitätskosten und -kennzahlen abgeschnitten haben. Darüber hinaus können Methoden von Interesse sein, die in einem Bereich erfolgreich eingeführt worden sind. Hierbei ist zu prüfen, ob eine Ausweitung auf weitere Bereiche sinnvoll ist. Auf der anderen Seite muss geprüft werden, inwiefern Methoden oder Zertifikate im Unternehmen redundant vorhanden sind. Dies kann der Fall sein, wenn von verschiedenen Kunden die Anwendung unterschiedlicher Qualitätsmethoden oder -zertifikate gefordert wird. Hier ist eine Konsolidierung anzustreben.

Infolge der externen Analyse ist zu untersuchen welche Qualitätsmethoden oder Zertifikate von den Wettbewerbern angewendet werden. Diese Informationen sind meist einfacher verfügbar als konkrete Qualitätskosten. Auf diese Weise können neue Methoden erkannt werden und es kann geprüft werden, inwiefern eine interne Einführung sinnvoll ist. Darüber hinaus muss untersucht werden, ob eine Änderung von Zulassungsrichtlinien oder Qualitätsnormen zu erwarten ist, so dass die internen Qualitätssicherungsmethoden angepasst werden müssen. Beispielsweise wurde vor einigen Jahren die Einführung statistischer Prozesskontrolle (SPC) von den Zulieferern gefordert. Allerdings sind nicht nur Forderungen der Kunden zu beachten. Insbesondere in der Triebwerksindustrie können sich auch Richtlinien der Flugsicherheitsbehörden ändern und diese sind unbedingt zu beachten, damit die Zulassung der Bauteile nicht gefährdet wird.

Handlungsfeld Standort

Standortentscheidungen haben langfristige Auswirkungen und sind demzufolge von hoher strategischer Bedeutung (KINKEL ET AL. 2009, S. 3-5; GRUNDIG 2009 S. 257). Durch die Festlegung der Produktionsstandorte wird der Handlungsrahmen für die Infrastruktur der Produktion festgelegt. Diese Struktur muss in regelmäßigen Abständen überprüft werden (GÜNTHER & TEMPELMEIER 2012, S. 63). Durch den Megatrend Globalisierung werden Standortentscheidungen entscheidend beeinflusst (FOSCHIANI 1995, S. 77; BLECKER & KALUZA 2003, S. 22). Unternehmen haben sich nationale, internationale oder globale Netzwerke aufgebaut (BLECKER & KALUZA 2003, S. 22). Infolge dessen werden Produktionsstandorte häufig ins Ausland verlagert (WILDEMANN 2005, S. 9). Dies kann für den Mittelstand als auch für große Unternehmen festgehalten werden (AURICH ET AL. 2007, S. 43; KINKEL ET AL. 2009, S. 3-5). Zum Ausbau der ausländischen Standorte werden oftmals Produkte und damit Produktionskapazitäten verlagert (ROLAND BERGER 2008, S. 3; WILDEMANN 2005, S. 9FF; JACOB & MEYER 2006, S. 8FF; FOSCHIANI 1995, S. 77). Der Trend der Globalisierung wird sich in den kommenden Jahren noch verstärken (ABELE & REINHART 2011, S. 11F). Bei

Standortentscheidungen dominiert fast immer der Aspekt der Kosten (KINKEL ET AL. 2009, S. 6). Dabei werden qualitative Faktoren oftmals vernachlässigt (CHAN ET AL. 2006, S. 747, KUNERT ET AL. 2007, S. 298, VESTER 2012, S. 20F).

Im Zuge der Bearbeitung des Handlungsfeldes Standort werden grundsätzliche strategische Ziele für die zukünftige Ausrichtung der Standorte erarbeitet (HENRICH 2002, S. 144). Dabei stehen zunächst die bestehenden Standorte im Zentrum des Interesses der Untersuchungen. Als Ergebnis aus diesen Analysen kann sich ergeben, dass eine Standortneuplanung geprüft werden sollte. Ist dies der Fall, ist eine Vorgehensweise für die Auswahl eines optimalen Standorts zu wählen, wie beispielsweise bei WIENDAHL ET AL. (2009, S. 407FF) ausgeführt.

Folgende grundsätzliche Beschreibungen im Zusammenhang mit dem Handlungsfeld Standort können vorgenommen werden. Im Rahmen der quantitativ nicht monetären Analyse eignen sich für die Untersuchungen insbesondere die Erhebung von Kennzahlen und die Erstellung von kapazitiven Prognosen. Ziel ist es, quantitative Aussagen über die Standorte machen zu können. Welche Kennzahlen erhoben werden ist im Projektteam festzulegen. Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass die Auswahl der Kennzahlen von der übergeordneten strategischen Ebene abhängt (WIENDAHL ET AL. 2009, S. 403). Die Ausführungen in diesem Abschnitt dienen als Basis und geben einige Empfehlungen. Die quantitativ monetäre Analyse fokussiert im Wesentlichen auf die Kostensituation der eigenen Standorte und die der Wettbewerber. Die qualitativen Analysen dienen dazu die zukünftigen technischen Anforderungen zu untersuchen. Demzufolge wird auch die Situationsanalyse des Handlungsfeldes Standort in quantitativ nicht monetäre, qualitative und quantitative Untersuchungsaspekte gegliedert (vgl. Abbildung 14).

Eine wichtige Entscheidung, die im Rahmen der Standortstrategie getroffen werden muss, ist die kapazitive Verteilung zwischen den Produktionsstätten (ZÄPFEL 2000, S. 146). Damit verbunden ist die Frage wie die Produkte und Prozesse auf die Standorte verteilt werden (HENRICH 2002, S. 145). Hierfür sind im Rahmen des Handlungsfeldes Standort strategische Ziele festzulegen. Es entsteht dabei eine enge Verbindung mit den Handlungsfeldern Produkt- und Produktionstechnologie.

Die Kapazitätsanalyse ist ein wichtiger Teil der Untersuchungen im Handlungsfeld Standort. Es ist die zu erwartende Auslastung in den kommenden Jahren zu analysieren. Diese Untersuchung kann nach den Produkt- oder Prozessgruppen gegliedert werden, um so ein detaillierteres Bild zu erhalten (vgl. GÜNTHER & TEMPELMEIER 2012, S. 75-77). Das Ziel dieser Analysen ist es, Transparenz in Bezug auf die zukünftige Auslastung des Standortes zu bekommen. Im nächsten Schritt können zukünftige Engpässe oder Kapazitätsüberschüsse identifiziert werden (HENRICH

2002, S. 145F). Grundsätzlich ist festzuhalten, dass Kapazitätserweiterungen sehr sorgfältig zu planen sind, da sie mit hohen Investitionen verbunden sind (HENRICH 2002, S. 145F). Zur Vorbereitung auf diese Analysen ist es von Interesse wie der Weltmarkt sich für die Produkte entwickelt, die an den jeweiligen Standorten gefertigt werden. Somit lassen sich durch die externe Analyse des Marktes bereits Rückschlüsse auf die zukünftige Entwicklung der Standorte ziehen. Diese Marktanalyse ist in Stückzahlen durchzuführen und auf die Standorte herunterzubrechen. Neben den rein quantitativen Analysen sind auch Art und Zeitpunkt der Kapazitätserweiterungen zu untersuchen. Darüber hinaus sind für die Standorte Normal- und Maximalkapazitäten zu bestimmen (FOSCHIANI 1995, S. 75). Erweiterungen und Umbauempfehlungen können ein Ergebnis des Handlungsfeldes Standort sein. Layoutplanungen und die detaillierte Dimensionierung ist Inhalt der konkreten Fabrikplanung und nicht Bestandteil der Produktionsstrategie (HENRICH 2002, S. 146F).

Ein weiterer wichtiger Aspekt ist die Flexibilität der Standorte. Mit einer höheren kapazitiven Auslegung der Standorte kann zwar eine höhere Volumenflexibilität erreicht werden, allerdings steigt dadurch auch das Risiko der Unterauslastung. Demnach ist die Auslegung der Fertigungsstandorte auch eng verbunden mit der Genauigkeit der Prognosen (HENRICH 2002, S. 146). Neben den quantitativen bestehen bei der Untersuchung von Produktionsnetzwerken auch eine Reihe qualitativer Unsicherheiten. Eine umfassende Betrachtung der Einflussnahme dieser auf das Produktionsnetzwerk liefert KREBS (2012).

Betrachtet man die Strukturierung der Standorte, so lassen sich ebenfalls unterschiedliche Ansätze erkennen. Die Produktion im Zielmarkt verfolgt den Ansatz die Produktionsstätte in der Nähe des Kunden zu betreiben, um so die lokal gefragten Produkte schnell zu liefern, Kundenwünsche flexibel umzusetzen und die Komplexität zu reduzieren (MOSTERT 2007, S. 27; WILDEMANN 1997, S. 449FF). In der Triebwerksindustrie kann eine solche Strategie zum einen für die Produktion von militärischen Bauteilen sinnvoll sein, denn diese dürfen nicht immer an jedem Standort produziert werden. Darüber hinaus ist diese Strategie für das Instandhaltungsgeschäft von Interesse, da dort eine schnelle Reaktionszeit von großer Bedeutung ist. Die Produktionsspezialisierung verfolgt das Prinzip der sortenreinen Fertigung. Ein Produkt wird an nur einem Standort für alle potentiellen Kunden gefertigt (MOSTERT 2007, S. 27; WILDEMANN 1997, S. 449FF). Dieser Ansatz kann in der Triebwerksindustrie insofern von Bedeutung sein, als das Module oder Bauteilgruppen mit geringerem technologischem Anspruch in Produktionsstätten verlagert werden, in denen günstiger produziert werden kann, um so das Produkt weiterhin zu wettbewerbsfähigen Kosten anbieten zu können. Bei der Prozessspezialisierung fokussieren sich die jeweiligen Standorte auf bestimmte Produktionsprozesse (MOSTERT 2007, S. 27; WILDEMANN

1997, S. 449ff). Auch diese Strategie findet unter anderen in der Triebwerksindustrie Anwendung. Insbesondere sehr teure Produktionsverfahren (z.B. Rotationsreibschweißen) werden oftmals an einem Standort konzentriert, um so die Kapazitäten optimal ausnutzen zu können.

Insbesondere die Währungsrisiken sind in der global vernetzten Triebwerksindustrie von Bedeutung. Die Marktteilnehmer setzen einen Großteil ihrer Umsatzerlöse in US-Dollar um. Diese Umsätze sind im Zeitraum zwischen dem Auftragsingang und der Auslieferung von Kursschwankungen betroffen

Zu beachten ist, dass Logistikkosten aufgrund der Bauteilwertigkeiten in der Triebwerksindustrie eine verhältnismäßig untergeordnete Rolle spielen (vgl. NIEHOFF & REITZ 2001, S. 78f). Dennoch sind logistische Kennzahlen wie Durchlaufzeit oder Termintreue zu analysieren und Schwachstellen zu identifizieren (HENRICH 2002, S. 149).

Im Rahmen der externen Wettbewerbsanalyse werden die Konkurrenten in Bezug auf deren Produktionsnetzwerk analysiert. Von Interesse ist dabei an welchen Standorten die Wettbewerber welche Produkte produzieren und welche Prozesse vorhalten. Darüber hinaus ist die realisierte Wertschöpfungskette, die Auslastung und der Zustand des Maschinenparks von Interesse (vgl. DELTL 2004, S. 35). Auf dieser Basis lassen sich Rückschlüsse auf die Standortstrategie der Wettbewerber ziehen. Nach Möglichkeit sind auch kapazitive Abschätzungen zu treffen, wengleich diese Informationen schwerer zu erhalten sind.

Auch das Personal ist als strategischer Wettbewerbsfaktor zu betrachten (HENRICH 2002, S. 147). Durch Einführung von neuen Technologien entsteht ein wachsender Anspruch an die Qualifikation der Mitarbeiter.

Wichtig bei der Verabschiedung der jeweiligen standortbezogenen Zielsetzungen ist es, dass diese im Einklang mit den übergeordneten strategischen Ebenen ist. Es ist beispielsweise meist nicht ratsam die Produktion in Niedriglohnländer zu verlagern, wenn gleichzeitig die Qualitätsführerschaft angestrebt werden soll (WIENDAHL ET AL. 2009, S. 398).

Handlungsfeld Produkttechnologie

Das Handlungsfeld Produkttechnologie bildet einen wichtigen Bestandteil einer Produktionsstrategie. Im Rahmen dieses produktionsstrategischen Elements sind die Art und Menge der Produkte festzulegen (FOSCHIANI 1995, S. 67). Mit der so definierten Leistung der Produktion muss das Unternehmen sich den Anforderungen des Marktes stellen (vgl. ZAHN 1987, S. 486ff). SKINNER (1985, S. 85f) kritisiert die oftmals zu

oberflächliche Untersuchung dieses Themenfeldes im Rahmen der Produktionsstrategieentwicklung.

Auch dieses Handlungsfeld lässt sich gemäß der entwickelten Struktur der Situationsanalyse (vgl. Abschnitt 5.3.3) untersuchen. Im Rahmen der qualitativen Analysen stehen insbesondere Fragen zur technischen Entwicklung der Produkte als auch zur vertikalen Integration im Fokus. Die quantitativ nicht monetären Felder eignen sich insbesondere zur Analyse von kapazitiven Sachverhalten. Im Sinne der quantitativ monetären Analysen sind die Produktkosten zu untersuchen.

Der Grad der vertikalen Integration eines Produktes ist im Rahmen des Handlungsfeldes Produkttechnologie zu untersuchen (FOSCHIANI 1995, S. 69). In diesem Zusammenhang ist der Umfang an Wertschöpfung im Verhältnis zur Gesamtwertschöpfung des Produktes zu analysieren und zu bestimmen (vgl. GRÖGER 1992, S. 102; ZÄPFEL 2000, S. 132). Nach HINTERHUBER (1989, S. 49) sind dabei die folgenden Fragen zu beantworten:

- *Soll die Unternehmung ihre Produkte selbst hervorbringen oder von Dritten kaufen?*
- *Soll die Unternehmung im Falle der Eigenfertigung die notwendigen Teile, Vormaterialien und dgl. mehr selbst hervorbringen oder kaufen?*
- *Soll die Unternehmung die Rohstoffe gewinnen, die für die Fertigung der Vormaterialien und dgl. mehr benötigt werden?*
- *Soll das Unternehmen den Vertrieb ihrer Produkte oder die Weiterverarbeitung, Verwertung und Kommerzialisierung der Halbfabrikate, Vorprodukte usw. übernehmen?* (HINTERHUBER 1989, S. 49)

Zur Beantwortung dieser Fragen ist die Analyse der eigenen Kernkompetenzen von entscheidender Bedeutung (HENRICH 2002, S. 148). Diese bilden das Fundament für die Erhaltung der Leistungsdifferenzierung zum Wettbewerb. Demzufolge ist die Vergabe von Schlüsselkompetenzen nur selten sinnvoll. Bei einer Konzentration auf Standardteile und gleichzeitiger Vergabe der wichtigsten und oftmals auch technologisch anspruchsvollsten Produkte ist die langfristige Wettbewerbsfähigkeit gefährdet, auch wenn kurzfristige Gewinne erzielt werden können (ZAHN 1992, S. 12; HAMEL & PRAHALAD 1991). Dies gilt in besonderem Maße für eine Hochtechnologiebranche wie der Triebwerksindustrie. Ein Vergabe von Schlüsselkompetenzen zur kurzfristigen Gewinnmaximierung kann in letzter Konsequenz dazu führen, dass das Unternehmen seine Alleinstellungsmerkmale und damit auch seine Daseinsberechtigung auf lange Sicht verliert. Insbesondere für Unternehmen mit einem Fertigungsschwerpunkt in Hochlohnländern ist diese Gefahr gegeben. Allerdings sind bei der Analyse der Fertigungstiefe auch die Nachteile einer zu hohen vertikalen

Integration wie z.B. höherer Bestände, langsamere Anpassungen an Veränderungen im Marktumfeld, unnötige Vorhaltung überholter Technologien, hohe Kapitalbindung etc. zu beachten (vgl. FOSCHIANI 1995, S. 70F; EIDENMÜLLER 1991, S. 37FF; KUMPE & BOLWIJN 1988). Neben der Berücksichtigung der Kernkompetenzen ist auch der Abgleich mit der Produktionsmission und insbesondere mit dem darin enthaltenen Rollenverständnis der Produktion nach HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 396FF) (vgl. Abschnitt 5.2) notwendig (vgl. FOSCHIANI 1995, S. 70FF). Als Ergebnis sind strategische Ziele zu formulieren welche Produkte selbst zu fertigen sind und welche extern zu vergeben sind. Darüber hinaus ist zu untersuchen, ob ein oder mehrere Zulieferer in Frage kommen (HENRICH 2002, S. 148).

Eng mit der Frage nach dem Grad der vertikalen Integration ist die Frage nach den zukünftig notwendigen Kapazitäten verbunden. Zum einen sind die Weltmarktprognosen für die Produkte zu analysieren, um diese im nächsten Schritt auch auf die internen Kapazitätsbedarfe herunterbrechen zu können. Auf diese Weise lassen sich kapazitive Engpässe frühzeitig erkennen. Hierzu ist eine Aufteilung auf die unterschiedlichen Fertigungsprozesse sinnvoll. Infolge der Kapazitätsanalysen ist ebenso von Interesse welche Wettbewerber welche Volumenstärke besitzen.

In Bezug auf die quantitativ monetären Analysen sind, wie bereits zu Anfang erwähnt, die kostenbezogene Kennzahlen zu analysieren. In diesem Zusammenhang ist der Profit zu analysieren, der mit einem Produkt erzielt wird. Darüber hinaus ist von Interesse, wie und wo die Kosten entlang der Wertschöpfungskette entstehen. Des Weiteren ist insbesondere in Industriezweigen mit hochwertigen Materialien von Bedeutung, wie die Verteilung zwischen Material- und Bearbeitungskosten sowie die Verteilung zwischen Bearbeitungs- und Personalkosten sich verhält. Weiterhin sind die aktuellen und geplanten Bestandskosten zu untersuchen. Auf diese Weise lassen sich Kostentreiber und Einsparungshebel identifizieren. Auch geplante Investitionen für einen Produktionsbereich sind zu prüfen. Im Rahmen der internen Analysen können Gegenüberstellungen zwischen den geplanten und tatsächlich eingetretenen Kosten Diskrepanzen aufdecken.

Im Bereich der Marktanalysen sind die produktspezifischen Weltmarktpreise und deren Entwicklungstrend zu ermitteln. In der Triebwerksindustrie können beispielsweise Auswertungen gemacht werden, ob in zukünftigen Triebwerksgenerationen die Wertigkeit bestimmter Bauteile steigen oder fallen wird. Auch diese Analysen können zum Erkenntnisgewinn beitragen. Ein enger Zusammenhang mit diesen Auswertungen besteht zur Entwicklung der Rohmaterialpreise. Diese sind in der Triebwerksindustrie aufgrund der zum Teil großen Bauteile, die aus hochwertigen Materialien wie beispielsweise Titanlegierungen gefertigt werden, von besonderer Bedeutung.

Der Vergleich mit den stärksten Wettbewerbern in Bezug auf die Angebotspreise ist mit Hinblick auf die Wettbewerbsfähigkeit zu untersuchen. Bei einzelnen Komponenten sind die Analysen meist einfach zu ermitteln, indem die Bauteile bei Wettbewerbern oder Zulieferern angefragt werden. Bei größeren Modulen ist der Vergleich aufgrund der Variantenvielfalt oftmals komplexer. Die Angebote sind aber immer im Hinblick auf die aktuelle Marktsituation und den jeweiligen Wettbewerber zu interpretieren.

In Bezug auf den qualitativen Teil der Analysen ist der Markt dahingehend zu prüfen, welche produkt- und fertigungstechnologischen Einflüsse zu erwarten sind. Darüber hinaus ist von Interesse, ob es unterschiedliche Produktvarianten oder Bauweisen im Marktumfeld gibt und inwiefern neue Trends erkennbar sind. Die Wettbewerber sind dahingehend zu untersuchen, wie diese sich anhand der technologischen Produktkompetenz vom eigenen Unternehmen unterscheiden.

Wichtig ist, dass die strategischen Ziele des Handlungsfeldes mit den produktionsstrategischen Globalzielen einhergehen und nicht widersprüchlich sind. Darüber hinaus ist eine Abstimmung der produktstrategischen Ziele im Rahmen der Produktionsstrategie unbedingt mit anderen funktionalstrategischen Bereichen abzustimmen (vgl. HENRICH 2002, S. 125FF). In der Triebwerksindustrie kann dies beispielsweise bedeuten, dass eine Abstimmung der strategischen Ziele einer Produktgruppe mit den zuständigen Programmmanagern erfolgen muss. So kann sichergestellt werden, dass z.B. nicht der Fall eintritt, dass sich in ein Triebwerksprogramm eingekauft wird, obwohl dies aus Produktionssicht nicht sinnvoll ist.

Handlungsfeld Produktionstechnologie

Die Verschärfung des internationalen Wettbewerbs und die schnellen technologischen Entwicklungen machen das Handlungsfeld Produktionstechnologie im Rahmen einer Produktionsstrategie zu einem wesentlichen Wettbewerbsfaktor (WOLFRUM 1991, S. 44). Produktionstechnologien werden als strategische „Waffe im Wettbewerb“ bezeichnet (vgl. ZAHN 1986, S. 23F). Unternehmen, die dieses Handlungsfeld als nicht relevant erachten, müssen mit sinkenden „Erfolgspotentialen“ rechnen (vgl. ZAHN 1986, S. 24). Um auch in Zukunft die Wettbewerbsfähigkeit sicherstellen zu können, ist die Analyse der Produktionstechnologien von großer Bedeutung (vgl. SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011, S. 83-85; ZAHN 1987, S. 485; ERICKSON ET AL. 1990, S. 74F). Im Rahmen dieses Handlungsfeldes sind strategische Richtlinien in Form von strategischen Zielen für die jeweilige Technologiegruppe zu erarbeiten (vgl. HENRICH 2002, S. 150). Normstrategische Festlegungen, ob beispielsweise ein Unternehmen Technologieführer oder -folger ist, sind in der Geschäftsfeldstrategie festzulegen. Diese grundsätzlichen Aussagen finden sich somit in den produktionsstrategischen Globalzielen bzw. der

Produktionsmission wieder und sind nicht Teil der handlungsfeldspezifischen Untersuchungen.

Nach FOSCHIANI (1995, S. 80) sind die entscheidenden Wettbewerbsfaktoren im Bereich Technologie:

- Die Exklusivität der Technologie
- Der Beherrschungsgrad der Technologie
- Die Fähigkeit zur Weiterentwicklung der Technologie

Für die Analyse dieser Faktoren eignet sich das Markt-Technologieportfolio (vgl. Abschnitte 2.4 & 9.1).

Produktionstechnologien sind zum Aufbau von Stärken und zum Abbau von unternehmensinternen Schwächen im Rahmen der Wettbewerbsstrategie geeignet (vgl. WILDEMANN 1987, S. 44).

Die Analysen im Handlungsfeld Produktionstechnologie sind gemäß der Systematik aus Abschnitt 5.3.3 zu gliedern. Die quantitativ nicht monetären Analysen eignen sich für kapazitive Analysen. Im Rahmen der qualitativen Analysen stehen technische Fragestellungen im Vordergrund. Die monetären Analysefelder dienen wiederum der kostenseitigen Aufklärung.

In Folge der quantitativ nicht monetären Analysen ist der Weltmarkt zu analysieren. Hierbei ist eine genaue Abgrenzung des Betrachtungsbereichs unbedingt notwendig, da beispielsweise der Weltmarkt für das Verfahren „Drehen“ kaum zu erfassen ist. Eingrenzungen auf eine Branche oder auch bestimmte Konkurrenten, die auch im Rahmen der Wettbewerbsanalysen bezüglich ihrer kapazitiven Möglichkeiten einsortiert werden sind meist unabdingbar. Ist eine Marktabgrenzung für bestimmte Produktionstechnologien nicht möglich, so ist alternativ der Weltmarkt für die Produkte zu analysieren, bei denen die entsprechenden Produktionstechnologien Anwendung finden. Für spezielle Verfahren, die keine flächendeckende Verbreitung in der Industrie haben, wie z.B. das Rotationsreischweißen, ist eine Abgrenzung einfacher möglich. Die Marktanalysen sind auf den internen Maschinenstundenbedarf zu übertragen. Hierbei ist auch von Interesse, wie hoch der personelle Aufwand zur Erfüllung der Maschinenstunden ist. Somit lassen sich Rückschlüsse auf die zukünftige Auslastung der Anlagen und des Personals treffen. Dies ist von Bedeutung, da eine langfristige Planung insbesondere investitionsintensiver Anlagen, die oftmals hochqualifiziertes Personal erfordern, notwendig ist. In diesem Zusammenhang ist auch von Interesse, ob Produktionsprozesse extern vergeben sind. Somit ergibt sich ein enger Zusammenhang mit den Analysen zur Fertigungstiefe aus dem Handlungsfeld Produkttechnologie.

Wie bereits erwähnt sind im Rahmen der qualitativen Analysen insbesondere technische Fragestellungen zu ergründen. In diesem Zusammenhang ist der Markt dahingehend zu sondieren, welche zukünftigen Technologien an Bedeutung gewinnen werden und welche Herausforderungen sich diese stellen müssen (HENRICH 2002, S. 150; SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011, S. 83FF). Dies kann durch eine Technologie oder auch ein Produkt getrieben sein, das sich ohne neue Produktionstechnologien nicht wirtschaftlich herstellen lässt. Ein Beispiel aus der Triebwerksindustrie sind die additiven Fertigungsverfahren. Diese sind u.a. deswegen für die Branche interessant, da sich hiermit Bauteilgeometrien realisieren lassen, die sich mit herkömmlichen Fertigungstechnologien nur sehr aufwendig oder gar nicht fertigen lassen. Darüber hinaus ist von Interesse, ob es alternative Technologien grundsätzlich auf dem Markt verfügbar sind, die für das Unternehmen von Vorteil sein könnten (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011, S. 83FF). Infolge der internen Analysen sind die technischen Fähigkeit in Bezug auf die betrachtete Technologiegruppe zu untersuchen. Zudem ist von Interesse wie hoch das durchschnittliche Alter der Maschinen ist und wie gut die technische Ausstattung der Anlagen ist. Darüber hinaus sind die Anlagen hinsichtlich ihres Automatisierungsgrades zu untersuchen (vgl. HENRICH 2002, S. 149; ZAHN 1988, S. 532). Die Wettbewerber sind bezüglich ihrer jeweiligen technologischen Kompetenz und der eingesetzten Verfahren hin abzu prüfen (SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011, S. 83FF). Dabei können verschiedene Aspekte wie z.B. Anlagentechnik, Anwendungsspektrum, Werkstoffe, Qualität, etc. ausgewählt werden.

Infolge der monetären Analysen ist die Einflussnahme des Verfahrens auf die Bauteilkosten hin zu untersuchen. Der Markt ist dahingehend zu sondieren, welche fertigungstechnischen Substitute zur kostenmäßigen Optimierung in Frage kommen. Die eigenen Fertigungsprozesse sind auf Einhaltung der geplanten Kosten und bezüglich der Anlagenkosten zu analysieren. Dabei können auch unterstützende Kennzahlen wie z.B. Verfahrenskosten pro Stück aufschlussreich sein. Darüber hinaus sind geplante Investitionen für die jeweilige Produktionstechnologie zu untersuchen und zu hinterfragen. Hierbei ist es insbesondere wichtig, dass dies vor dem Hintergrund der strategischen Vorgaben infolge der produktionsstrategischen Globalzielen erfolgt. Ist beispielsweise eine Vorgabe, dass in bestimmte Technologiebereiche (z.B. additive Fertigungstechnologien) zu investieren ist, so ist dies bei der Analyse und Interpretation von wesentlicher Bedeutung. Die monetären Analysen bilden die Basis für die Entscheidung, ob eine Technologie intern vorgehalten und weiterentwickelt werden soll oder ob ein externer Bezug (z.B. in Form von Lizenznahme) sinnvoll ist. Zu beachten ist, dass auch hierbei nicht rein auf monetäre Größen fokussiert wird. Insbesondere Technologieprojekte sind im Einzelfall rein monetär nicht immer begründbar, aber aus strategischem Kalkül durchaus sinnvoll.

5.4 Untersuchung der Wirkzusammenhänge

Im nachfolgenden Abschnitt wird Phase 3 der Methodik (vgl. Abbildung 1) beschrieben.

Die dritte Phase unterteilt sich in 2 Module. In Modul 3.A (Abschnitt 5.4.1) werden Wirkzusammenhänge der ersten Stufe und in Modul 3.B (Abschnitt 5.4.2) Wirkzusammenhänge der zweiten Stufe analysiert. Für eine detaillierte Beschreibung und Definition von Wirkzusammenhängen der ersten und zweiten Stufe wird auf Abschnitt 2.5 verwiesen. Abbildung 8 verdeutlicht, wie sich Phase 3 in die Methodik zur Produktionsstrategieentwicklung eingliedert.

Die Untersuchung der Wirkzusammenhänge kann sowohl für strategische Ziele als auch für operative und strategische Handlungsempfehlungen angewendet werden. Soll beides untersucht werden, so sind die Module zweimal zu durchlaufen. Die folgende Beschreibung konzentriert sich auf die Anwendung der Methodik mit operativen und strategischen Handlungsempfehlungen, da hierfür alle Bausteine relevant sind.

Das Ziel dieser Phase ist es, Wirkzusammenhänge zu identifizieren, qualitativ zu bewerten und die Ergebnisse zu visualisieren. Darauf basierend sollen für den weiteren Verlauf der Methode Normstrategien ableitbar sein und Vorschläge für die Reihenfolge der Umsetzung der untersuchten Elemente gemacht werden können.

Die Analyse der Wirkzusammenhänge der ersten und zweiten Stufe unterteilt sich in jeweils 6 Bausteine. Zu besserer Unterscheidung von Stufen, Bausteinen und den darin enthaltenen Schritten wird folgende Nomenklatur angewendet. Stufen werden mit römischen Ziffern nummeriert, Bausteine mit Buchstaben gekennzeichnet und Schritte in den Bausteinen mit arabischen Ziffern bestimmt. Die Bausteine E und F sind bei der Anwendung auf strategische Ziele nicht relevant.

Abbildung 15 bietet einen Überblick über die Methodik zur Analyse von Wirkzusammenhängen im Rahmen der Produktionsstrategieentwicklung.



Abbildung 15: Überblick über die Methode zur Untersuchung von Wirkzusammenhängen

Die Darstellung verdeutlicht, dass auch bei der Analyse der Wirkzusammenhänge der zweiten Stufe nicht alle Bausteine verpflichtend sind, deren Anwendung aber zu einer höheren Ergebnisqualität beitragen.

Grundsätzlich wird für die Ermittlung der Wirkzusammenhänge auf unternehmensinternes Expertenwissen zurückgegriffen. Zu diesem Zweck werden Expertenbefragungen durchgeführt. Auf eine weiterführende Beschreibung der Methoden zur Expertenbefragung wird an dieser Stelle verzichtet und auf die Literatur verwiesen (BURGHARDT 2012, S. 259-264; THONEMANN 2009, S. 32FF; BEA ET AL. 2011, S. 146-149).

Die Gruppe der befragten Experten setzt sich idealerweise aus verschiedenen Fachleuten zusammen, die auch in den vorherigen Phasen der Produktionsstrategieentwicklung involviert waren. Des Weiteren empfiehlt es sich, weitere Führungskräfte in den Prozess zu integrieren. Die Einbeziehung von Mitarbeitern aus unterschiedlichen Funktionalbereichen trägt zu einer gesamtheitlichen Sichtweise bei.

5.4.1 Analyse von Wirkzusammenhängen erster Stufe

Im Rahmen der Untersuchung der Wirkzusammenhänge der ersten Stufe werden „Widersprüche“ und „Voraussetzungen“ zwischen den Elementen identifiziert. Im Folgenden werden die 6 Bausteine der Wirkzusammenhangsanalyse der ersten Stufe einzeln beschrieben.

Baustein A: Überprüfung der Relevanz der zu untersuchenden Elemente

Zunächst sind die Elemente dahingehend abzuprüfen, ob sie relevant für die Erstellung der Produktionsstrategie sind. Dies ist insbesondere notwendig, wenn die Analyse der Handlungsfelder über einen längeren Zeitraum durchgeführt wurde und somit die daraus entstandenen Elemente (strategische Ziele oder Handlungsempfehlungen) nicht mehr relevant sein könnten, da sich Rahmenbedingungen verändert haben. Des Weiteren könnte auch der Fall eintreten, dass ein Element bereits umgesetzt wurde. Die als nicht mehr relevant eingestuften Elemente werden in einer gesonderten Liste gespeichert, um eine lückenlose Dokumentation garantieren zu können.

Darüber hinaus werden in diesem Baustein alle diejenigen Elemente gekennzeichnet, die als „Pflicht-Elemente“ identifiziert worden sind. Dies kann der Fall sein, wenn aufgrund von Vorgaben durch die Geschäftsführung oder durch gesetzliche Vorgaben bestimmte Elemente umgesetzt werden müssen.

Als Ergebnis dieses Bausteins erhalten die Anwender zwei Listen. Die erste Liste enthält alle relevanten Elemente, die als verpflichtend gekennzeichnet wurden. Die zweite Liste enthält alle Elemente, die als nicht relevant identifiziert worden sind. Diese dient primär der späteren Nachvollziehbarkeit.

Baustein B: Aufnahme von Wirkzusammenhängen der ersten Stufe

Baustein B ist das zentrale Element der Wirkzusammenhangsanalyse. Dementsprechend ist es wichtig, dass bei der Bearbeitung dieses Bausteins entsprechende Ressourcen eingeplant werden.

Die Liste mit den als relevant gekennzeichneten Elementen aus Baustein A wird zunächst in eine zweidimensionale und quadratische Einflussmatrix übertragen. Alle Elemente (z.B. strategische Handlungsempfehlungen) werden sowohl in die Zeilen als auch in die Spalten der Matrix eingetragen, um einen paarweisen Vergleich zu ermöglichen.

Neben der Eintragung der Elemente wird auch festgehalten, welche der Elemente in Baustein A als verpflichtende Elemente identifiziert worden sind. Da die Elemente keinen Wirkzusammenhang mit sich selbst haben können, ist die Winkelhalbierende

nicht relevant. Die Matrix ist dabei folgendermaßen zu lesen. Welchen Einfluss hat das Element der Zeile auf das Element der Spalte?

Primär dient dieser Baustein zur Aufnahme der Wirkzusammenhänge der ersten Stufe. Dementsprechend ist beim paarweisen Vergleich festzulegen, ob zwei Elemente in einem Widerspruch zueinander stehen oder ob das Element der Zeile eine Voraussetzung für das Element der Spalte ist. Da aber ohnehin alle Matrixfelder geprüft werden müssen, bietet es sich an, in Vorbereitung auf die Analyse der Wirkzusammenhänge der zweiten Stufe, auch die Ausprägungen Synergie, Konkurrenz und Beziehung einzutragen insofern diese zutreffend sind.

Die Anzahl der notwendigen Prüfungen ergibt sich aus der folgenden Formel:

$$n^2 - n = m \qquad \text{Gl. 5-1}$$

mit

n = Anzahl der zu untersuchenden Elemente

m = Anzahl der notwendigen Prüfungen

Als Ergebnis dieses Bausteins erhalten die Anwender eine ausgefüllte Einflussmatrix, in der alle Wirkzusammenhänge eingetragen worden sind, wenngleich sie zum Teil in der jeweiligen Stärke noch nicht spezifiziert worden sind. Nicht weiter spezifizierbare Wirkzusammenhänge sind in der Matrix mit dem Begriff Beziehung markiert.

Baustein C: Auflösung von Widersprüchen

Baustein C dient dazu Widersprüche zwischen den einzelnen Elementen aufzulösen. Zu diesem Zweck werden alle Widersprüche in einer Liste aufgeführt.

Abbildung 16 stellt eine solche Auflistung beispielhaft dar.

Nr.	Pflicht	1. Element	vs.	Nr.	Pflicht	2. Element	Vorgabe	Verbleibendes Element
1	Pflicht	Titel der ersten Handlungsempfehlung	vs.	2	-	Titel der zweiten Handlungsempfehlung	Nr. 1	Handlungsempfehlung 1
3	-	Titel der dritten Handlungsempfehlung	vs.	4	-	Titel der vierten Handlungsempfehlung	-	Handlungsempfehlung 4

Abbildung 16: Beispielhafte Liste zur Gegenüberstellung und Auflösung von Widersprüchen

Neben den Titeln der Elemente enthält die Liste auch die Information, ob eines oder beide verpflichtend sind. Ein Beispiel, bei dem eines der Elemente verpflichtend ist, enthält Abbildung 16. Handlungsempfehlung Nr. 1 ist eine verpflichtende Handlungsempfehlung und aufgrund dessen ist in der Spalte „Vorgabe“ vermerkt, dass diese Handlungsempfehlung zu bevorzugen ist und demzufolge verbleibt auch nur diese Handlungsempfehlung. Neben der Eliminierung einer der beiden widersprüchlichen Elemente kann auch eine Lösung dadurch erzielt werden, dass eine oder beide Elemente in der Art umformuliert werden, dass diese sich nicht weiter widersprechen (vgl. HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 232F). Da sowohl das Löschen von Elementen als auch das Umformulieren weitreichende Folgen für die Produktionsstrategie haben können, ist es zu empfehlen, dass die Entwickler der Elemente, weitere Fachleute aus unterschiedlichen Funktionsbereichen als auch Führungskräfte in diesen Prozess einbeziehen. Darüber hinaus ist bei einer Umformulierung eine erneute Prüfung mit den anderen Elementen notwendig. Somit entsteht eine Iterationsschleife. Bei der Eliminierung eines der Elemente kann eine Entscheidung durch einen Konsens in der Gruppe, durch die Entscheidung einer Führungskraft oder durch Zuhilfenahme einer Methode vorgenommen werden. Eine mögliche Methode, die sich zur Entscheidungsunterstützung unter Einbeziehung mehrerer Aspekte (z.B. Konkurrenzsituation in einem Bereich) eignet, ist das House of Quality (HOQ). Zur detaillierteren Beschreibung des HOQ wird auf Abschnitt 9.1 im Anhang verwiesen.

Als Ergebnis erhalten die Anwender der Methodik eine Matrix mit ausschließlich widerspruchsfreien Elementen.

Baustein D: Überprüfung von stark abhängigen, strategischen Elementen

Baustein D dient zur Überprüfung von stark positiv abhängigen Elementen. Zu diesem Zweck werden auf Basis von Baustein B diejenigen Elemente aufgelistet, die eine Voraussetzung für ein zweites Element darstellen.

Tabelle 3 zeigt den Aufbau der beschriebenen Liste beispielhaft.

Tabelle 3: Beispielhafte Liste zur Analyse von stark abhängigen, strategischen Elementen

Nr.	Pflicht	1. Element	&	Nr.	Pflicht	2. Element	Entscheidung
1	Pflicht	Titel der ersten Handlungsempfehlung	&	2	-	Titel der zweiten Handlungsempfehlung	Kombination
3	-	Titel der dritten Handlungsempfehlung	&	4	-	Titel der vierten Handlungsempfehlung	Abfolge
5	-	Titel der fünften Handlungsempfehlung	&	6	-	Titel sechsten Handlungsempfehlung	Parallelität

Des Weiteren enthält die Liste die Angabe, ob eines der Elemente ein „Pflicht-Element“ ist. Es stehen die Optionen „Kombination“, „Abfolge“ und „Parallelität“ zur Verfügung. Im Fall der „Kombination“ würden für den weiteren Verlauf der Methode die beiden ursprünglichen Elemente eliminiert und nur noch das neu formulierte bzw. kombinierte Elemente verwendet. Hierbei ist zu beachten, dass das neue Element ein „Pflicht-Element“ darstellt, sobald eines der beiden Ursprungselemente ein „Pflicht-Element“ ist. Dieser Fall ist in Tabelle 3 in der ersten Zeile dargestellt. Ein Beispiel hierfür könnte sein, dass die Elemente Nr. 1 und Nr. 2 als strategisches Ziel formulieren, die Stückzahl zweier Produktvarianten (A1 und A2) bis 2020 um 10% zu steigern. Sind die Varianten A1 und A2 die einzigen Varianten des Produkts A, so können die strategischen Ziele Nr. 1 und Nr. 2 zu einem neuen strategischen Ziel kombiniert werden. Dieses würde dann als strategisches Ziel vorgeben, dass die Stückzahl von Produkt A bis 2020 um 10% gesteigert werden soll.

Werden zwei stark abhängige Elemente nicht zu einem neuen Element kombiniert, besteht die Möglichkeit eine „Abfolge“ zu bilden. In diesem Fall müssen die Ergebnisse eines der Elemente vorliegen, bevor das zweite Element begonnen werden kann. Wird die Option „Parallelität“ gewählt, werden beide Elemente gleichzeitig bearbeitet bzw. umgesetzt.

Bei allen Möglichkeiten und insbesondere bei den Optionen der „Abfolge“ und „Parallelität“ sind die möglichen Anfangs- und Endtermine zu berücksichtigen. Bei komplexeren Anwendungsfällen kann die Netzplantechnik zur Bestimmung eines kritischen Pfades verwendet werden, insofern Anfangs- und Endtermine sowie die Dauer eines Elements bekannt sind. Auf eine detaillierte Beschreibung der Netzplantechnik wird an dieser Stelle verzichtet und auf die Literatur verwiesen (vgl. BEA ET AL. 2011, S. 159-177; BURGHARDT 2012, S. 267-284).

Dieser Baustein trägt dazu bei, dass in Phase 4 eine Roadmap zur Umsetzung der Produktionsstrategie erstellt werden kann.

Die beiden folgenden Bausteine von Modul 3.A sind optional. Aufgrund dessen könnte direkt mit der Untersuchung der Wirkzusammenhänge zweiter Stufe begonnen werden, sobald Baustein D abgeschlossen ist. Dies ist insbesondere bei der Anwendung der Wirkzusammenhangsanalyse auf strategische Ziele sinnvoll. Auch im Falle der Anwendung auf Handlungsempfehlungen wäre dies möglich. Da es dabei aber operative und strategische Handlungsempfehlungen geben kann, empfiehlt sich die Anwendung der folgenden beiden Bausteine. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, an dieser Stelle mit Phase 4 (Ableitung des produktionsstrategischen Zielsystems; siehe Abschnitt 5.5.1) der Methodik zu beginnen. Dies ist möglich, wenn auf eine detaillierte Bewertung der Wirkzusammenhänge zweiter Stufe verzichtet werden kann

und die Widerspruchsfreiheit der Elemente sowie die Untersuchung der stark abhängigen Elemente ausreichend erscheint. Zu beachten ist, dass dies zur Folge hätte, dass auch Phase 4 nicht vollständig durchgeführt werden könnte und so die Ergebnisqualität leiden würde.

Baustein E: Ermittlung von obligatorischen, operativen Handlungsempfehlungen

Baustein E ist der erste optionale Baustein und nur relevant bei der Analyse der Wirkzusammenhänge zwischen Handlungsempfehlungen, da nur in diesem Fall operative Elemente existieren.

Eigentlich sind die operativen Handlungsempfehlungen für die Formulierung der Produktionsstrategie und somit im weiteren Verlauf der Methodik (Phase 4) nicht direkt relevant. Allerdings ist die Bedeutung dieser operativen in Kombination mit den strategischen Elementen nicht unerheblich.

Ziel dieses Bausteins ist es, die operativen Handlungsempfehlungen zu identifizieren, die unbedingt umgesetzt werden müssen, um den Erfolg anderer strategischer Elemente nicht zu gefährden.

Zu diesem Zweck werden alle diejenigen operativen Handlungsempfehlungen in einer Tabelle aufgelistet, die eine Voraussetzung für eine strategische Handlungsempfehlung darstellen. Die so identifizierten operativen Handlungsempfehlungen sind automatisch auch die obligatorischen Handlungsempfehlungen. Die Führungskräfte können somit diesen Handlungsempfehlungen ein besonderes Augenmerk verleihen, um die reibungslose Umsetzung zu unterstützen.

Baustein F: Überprüfung von stark abhängigen, operativen Handlungsempfehlungen

Bei Baustein F handelt es sich um einen optionalen Baustein, da auch dieser die operativen Handlungsempfehlungen analysiert, welche nicht unmittelbar für die Erstellung der Produktionsstrategie relevant sind.

Prinzipiell unterscheidet sich das Vorgehen nicht von Baustein D, indem die stark abhängigen, strategischen Handlungsempfehlungen untersucht werden. Dementsprechend werden auch in diesem Baustein zunächst die stark positiv abhängigen Elemente aufgelistet und anschließend entschieden, ob diese kombiniert werden, eine „Abfolge“ erstellt wird oder beide Elemente parallel bearbeitet werden. Es ist darauf zu achten, dass die obligatorischen operativen Handlungsempfehlungen aus Baustein E im Rahmen der Bearbeitung von Baustein F nicht eliminiert werden.

Da sich die Bausteine F und D im Aufbau und in der Bearbeitung nicht voneinander unterscheiden, wird auf eine erneute detaillierte Beschreibung verzichtet und auf den Abschnitt zu Baustein D verwiesen.

Baustein F unterstützt die planmäßige und strukturierte Umsetzung der operativen Handlungsempfehlungen und trägt somit auch zur Generierung von Wettbewerbsvorteilen bei.

5.4.2 Analyse von Wirkzusammenhängen zweiter Stufe

In Modul 3.B werden die Wirkzusammenhänge der zweiten Stufe untersucht. Auch dieses Vorgehen gliedert sich in 6 Bausteine (vgl. Abbildung 15). Bereits in Baustein B wurden mit der Angabe der Wirkzusammenhänge „Beziehung“, „Konkurrenz“ und „Synergie“ ein vorbereitender Schritt für die Analyse der Wirkzusammenhänge der zweiten Stufe durchgeführt. Darüber hinaus wurde in Modul 3.A die Anzahl der zu untersuchenden Elemente durch die Eliminierung nicht relevanter Ziele und Handlungsempfehlungen, die Auflösung von Widersprüchen und der Kombination von Elementen die Anzahl reduziert.

In Modul 3.B wird angestrebt, die Wirkzusammenhänge der zweiten Stufe zu konkretisieren (Baustein G), Konkurrenzsituationen aufzulösen (Baustein H), grenzwertige Beeinflussungen zu untersuchen (Baustein I), Zyklen zu identifizieren und zu eliminieren (Baustein J), die Wirkzusammenhänge auszuwerten (Baustein K) und zu visualisieren (Baustein L).

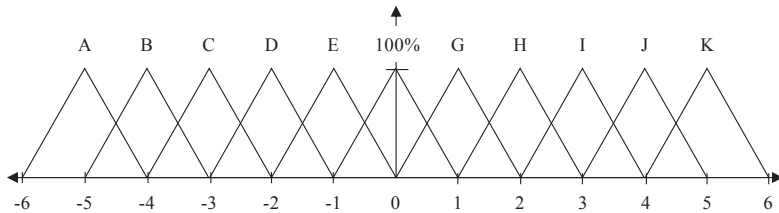
Baustein G: Detaillierte Bewertung der Wirkzusammenhänge

Baustein G bildet die Schnittstelle zwischen den Modulen 3.A und 3.B. Als Eingangsdatensatz wird die Einflussmatrix aus Baustein B verwendet, die insofern reduziert werden kann, als dass nur die Elemente aufgeführt sind, die eine Wirkzusammenhangsangabe „Beziehung“, „Konkurrenz“ oder „Synergie“ haben. Für die Angaben „Konkurrenz“ und „Synergie“ ist noch detaillierter die Stärke des Wirkzusammenhangs zu bewerten. Im Fall „Beziehung“ ist weder die Stärke des Zusammenhangs noch das Vorzeichen (positiv oder negativ) bekannt und muss bestimmt werden.

Zur detaillierteren Bewertung der Wirkzusammenhänge wird die Fuzzylogik verwendet, da diese sich insbesondere für die Nutzung von Expertenwissen eignet. Darüber hinaus ist es mit dieser Methode möglich, linguistische Präferenzen zu quantifizieren (ROMMELFANGER & EICKEMEIER 2002, S. 221F). Für weitergehende Ausführungen zur Fuzzylogik wird auf Abschnitt 2.4 und 9.1 verwiesen.

Demzufolge wird für die genauere Bewertung der Wirkzusammenhänge der zweiten Stufe eine Fuzzyskala verwendet. Diese gliedert sich im negativen Bereich von „sehr deutlich negativ“ bis „sehr schwach negativ“ und im positiven Bereich von „sehr schwach positiv“ bis „sehr stark positiv“.

Die verwendete Skala mit den linguistischen Werten und den zugehörigen Fuzzy-Sets ist in Abbildung 17 dargestellt.



#	Wirkzusammenhang	Fuzzy-Set	#	Wirkzusammenhang	Fuzzy-Set
A	sehr deutlich negativ	-6, -5, -4	G	sehr schwach positiv	0, +1, +2
B	stark negativ	-5, -4, -3	H	schwach positiv	+1, +2, +3
C	negativ	-4, -3, -2	I	positiv	+2, +3, +4
D	deutlich negativ	-3, -2, -1	J	deutlich positiv	+3, +4, +5
E	sehr schwach negativ	-2, -1, 0	K	sehr deutlich positiv	+4, +5, +6
F	kein Wirkzusammenhang	-1, 0, +1			

Abbildung 17: Fuzzy-Skala zur Bewertung von Wirkzusammenhängen

Dementsprechend ist in diesem Baustein jeder Matrixeintrag mit den Ausprägungen „Beziehung“, „Konkurrenz“ oder „Synergie“ mit einer linguistischen Beschreibung näher zu bestimmen. Die Überführung in Zahlenwerte, die sogenannte „Defuzzifizierung“ wird in Baustein K vorgenommen.

Abbildung 18 verdeutlicht den Kontext zwischen den Wirkzusammenhangsangaben (z.B. Synergie oder Konkurrenz) und der Fuzzy-Skala.

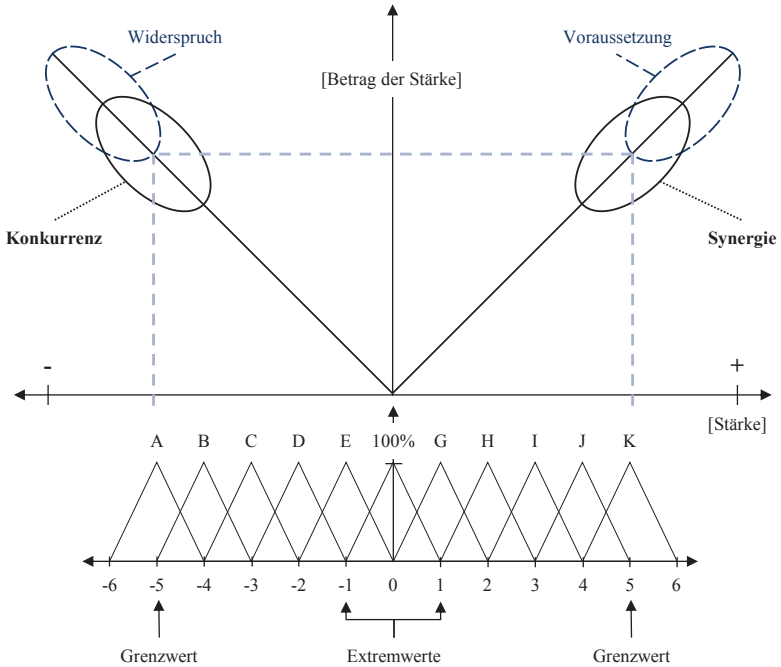


Abbildung 18: Visualisierung des Zusammenhangs zwischen den Wirkzusammenhangsangaben und der Fuzzy-Skala

Die Grafik ist entlang der eingezeichneten Winkelhalbierenden zwischen Ordinate und Abszisse zu lesen. Die gestrichelte Linie begrenzt den Bereich der Wirkzusammenhänge der II. Stufe, die in Modul 3.B bewertet werden. Außerhalb dieses Bereiches sind die Wirkzusammenhänge der I. Stufe abgetragen. Darüber hinaus ist in Abbildung 18 erkennbar, dass die Fuzzy-Skala in den Grenzbereich zu den Wirkzusammenhängen der I. Stufe (Voraussetzung und Widerspruch) reicht. Die entsprechenden Werte auf der Fuzzy-Skala werden als Grenzwerte bezeichnet. Damit wird deutlich gemacht, dass auch bei der Bewertung der Wirkzusammenhänge im Rahmen von Modul 3.B es auch noch möglich ist, eine Wirkzusammenhangsangabe insofern zu korrigieren, dass sie doch der I. Stufe zugeordnet werden muss. In diesem Fall ist jedoch eine Iterationsschleife zurück zu Modul 3.A (Bausteine C bis F) notwendig. Diese Prüfung

wird in Baustein I vorgenommen. Die Werte nahe der 0 werden als Extremwerte bezeichnet (vgl. Abbildung 18).

Baustein H: Überprüfung von Konkurrenzsituationen

Sollte es in Baustein G nicht möglich sein, alle Konkurrenzsituationen zwischen zwei strategischen Elementen in „Fuzzy-skalierte“ Wirkzusammenhänge zu überführen, werden diese in Baustein H nochmals untersucht. Dies kann der Fall sein, wenn Element Nr. 1 beinhaltet, dass für ein Produkt möglichst geringe Produktionskosten anzustreben sind und ein zweites konkurrierendes Element besagt, dass eine höchstmögliche Produktqualität angestrebt wird (vgl. HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 231F). Diese Art der konkurrierenden Elemente werden in diesem Baustein nochmals gegenübergestellt, um sie zu lösen oder wenigstens zu markieren. Eine Markierung dient dazu, um eine Liste erzeugen zu können. Diese Liste kann in Phase 4 verwendet werden, um die Konkurrenzsituationen aufzulösen. Da dieser Fall nicht zwingend auftritt ist dieser Baustein optional.

Um die konkurrierenden Elemente prüfen zu können, werden diese in einer Liste aufgeführt. Tabelle 4 stellt dies beispielhaft dar.

Tabelle 4: Beispielhafte Untersuchung von Konkurrenzsituationen

Nr.	Pflicht	1. Element	vs.	Nr.	Pflicht	2. Element	Vorgabe	Entscheidung
1	Pflicht	strategisches Ziel 1	vs.	2	-	strategisches Ziel 2	Nr. 1	strategisches Ziel 2 löschen
3	-	strategisches Ziel 3	vs.	4	-	strategisches Ziel 4	-	strategisches Ziel 4 löschen
5	Pflicht	strategisches Ziel 5	vs.	6	Pflicht	strategisches Ziel 6	Zwei Pflicht Ziele	Entscheidung wird verschoben

Im Folgenden kann paarweise geprüft werden, welches Element bevorzugt werden soll. Zu berücksichtigen ist dabei auch, ob eines der Elemente ein „Pflicht-Element“ ist und somit zu präferieren ist. In diesem Fall gibt es eine klare Vorgabe, die in der entsprechenden Spalte (vgl. Tabelle 4) vermerkt wird. Kann eine Wahl getroffen werden, so ist wie in Baustein C (Auflösung von Widersprüchen) zu verfahren. Demzufolge wird eines der Elemente gelöscht. Kann diese Entscheidung nicht einfach getroffen werden, so sind entsprechende Führungskräfte in die Beschlussfassung

einzu beziehen. Als unterstützende Entscheidungshilfen kann wiederum, wie bereits in Baustein C, das „House of Quality“ (vgl. Abschnitt 9.1 im Anhang) genutzt werden. Auf diese Weise lassen sich auch weitere Aspekte in die Analyse integrieren (vgl. Baustein C und Abschnitt 9.1 im Anhang). Ist eine Auflösung der Konkurrenzsituation gänzlich nicht möglich, so werden diese Paarungen dennoch markiert und in Phase 4 im Rahmen der Aufwand-Nutzen-Betrachtung und Untersuchung des Zielbeitrags in Bezug auf die kritischen Erfolgsfaktoren eine Auswahl herbeigeführt. Dieses Vorgehen bietet sich insbesondere in den Fällen an, bei denen beide Elemente „Pflicht-Elemente“ sind (vgl. Tabelle 4).

Baustein I: Überprüfung von Extrem- und Grenzwerten der Wirkzusammenhänge

Bei Baustein I handelt es sich um einen optionalen Baustein, der dazu dient, die Lösungsqualität zu erhöhen. Im Rahmen dieses Baustein werden die Extrem- und Grenzwerte der angegebenen Wirkzusammenhänge der II. Stufe überprüft.

Mit Extremwerten werden die Wirkzusammenhangsangaben bezeichnet, die sich am unteren Rand der Fuzzy-Skala befinden. Für diese Wirkzusammenhänge werden die linguistischen Bezeichnungen „sehr schwach negativ“ und „sehr schwach positiv“ verwendet. Bei diesen ist zu prüfen, ob überhaupt ein relevanter Wirkzusammenhang besteht, der im Rahmen der Produktionsstrategieentwicklung Berücksichtigung finden muss.

Grenzwerte bezeichnen die Wirkzusammenhänge, die am oberen Ende der Fuzzy-Skala angesiedelt sind und sich im Grenzbereich zwischen der I. und II. Stufe befinden. Für diese werden die linguistischen Bezeichnungen „sehr deutlich negativ“ und „sehr deutlich positiv“ verwendet. Bei diesen Wirkzusammenhängen ist zu prüfen, ob nicht doch ein Wirkzusammenhang der I. Stufe vorliegt. Dies hätte zur Folge, dass eine Iterationsschleife zu Baustein B notwendig werden würde.

Zu diesem Zweck werden alle Wirkzusammenhänge zwischen den betrachteten Elementen in einer Liste aufgeführt, wie sie exemplarisch in Tabelle 5 dargestellt ist. In dieser werden beispielhaft Paare von strategischen Zielen zeilenweise mit der jeweiligen Wirkzusammenhangsangabe (Spalte 3) gegenübergestellt. In der letzten Spalte wird das Ergebnis der Überprüfung vermerkt. Mit „Ja“ werden die Wirkzusammenhänge gekennzeichnet, die bestätigt worden sind. Im Falle des zweiten aufgeführten Wirkzusammenhangs ist ein Beispiel aufgeführt, bei dem entschieden worden ist, dass es sich hierbei doch um einen Wirkzusammenhang der I. Stufe (Voraussetzung) handelt.

Tabelle 5: Beispielhafte Tabelle zur Überprüfung von Extrem- und Grenzwerten

	Nr.	1. Element	beeinflusst	Nr.	2. Element	Prüfung
sehr starke WZ	1	strategisches Ziel 1	sehr deutlich negativ	2	strategisches Ziel 2	ja
	3	strategisches Ziel 3	sehr deutlich positiv	4	strategisches Ziel 4	I. Stufe
sehr schwache WZ	5	strategisches Ziel 5	sehr schwach negativ	6	strategisches Ziel 6	ja
	7	strategisches Ziel 7	sehr schwach positiv	8	strategisches Ziel 8	ja

Baustein J: Identifikation von Zyklen

Baustein J dient der Identifikation von Zyklen zwischen den Elementen, die auf der Zyklensuche in der Graphentheorie (vgl. Abschnitt 9.1 im Anhang) basiert. Ein Zyklus besteht, wenn die Wirkung eines Elements über mehrere Zwischenstationen wieder auf das Element zurückgeführt werden kann (vgl. SCHLINGLOFF 2008, S. 83F).

Bei der Zyklensuche handelt es sich um einen komplexen Vorgang, der manuell nur sehr aufwendig durchgeführt werden kann. Aufgrund dessen wird die Zyklensuche in der Praxis durch ein Microsoft® Excel® Makro unterstützt, worauf in Abschnitt 9.1 im Anhang detaillierter eingegangen wird.

Auch KREBS (2012, S. 91 & S. 190) betrachtet im Rahmen seines Beitrags zur Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten das Auftreten von Zyklen. KREBS (2012, S. 91 & S. 190) fokussiert sich dabei auf die Modellierung von unscharfen Abhängigkeiten und Unsicherheiten im Rahmen der Standortplanung. Dabei kommt er zu dem Schluss, dass Zyklen aufzulösen sind, da es ansonsten innerhalb der Modellierung zu Endlosschleifen kommen kann. Diese Gefahr besteht bei der vorliegenden Arbeit nicht. Aufgrund dessen ist das Auflösen der Zyklen nicht obligatorisch und steht den Anwendern frei. Demzufolge ist Baustein J optional und auch bei Durchführung des Bausteins bleibt es den Anwendern der Methodik überlassen, ob die Zyklen aufgelöst werden müssen oder ob die Kenntnis über deren Existenz ausreichend ist. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Zyklen dazu führen können, dass in die Bewertung der Wirkzusammenhänge eines Elements dessen eigene Einflussnahme auf andere Elemente mit eingeht.

Sind die Zyklen identifiziert worden, so können diese durch die Eliminierung eines Wirkzusammenhang in jedem Zyklus aufgelöst werden. Im Anschluss kann in Baustein K mit der Auswertung der Wirkzusammenhangsanalyse begonnen werden.

Baustein K: Ermittlung der Ausprägungen der Wirkzusammenhänge

Baustein K dient dazu, die linguistischen Angaben der Wirkzusammenhänge in quantifizierbare Ergebnisse zu überführen, die anschließend ausgewertet werden können. Das Ziel dieses Baustein ist es, für jedes Element Kennzahlen zu ermitteln, die das Verhalten des Elements in Bezug auf seine Umwelt und die damit verbundenen Wirkzusammenhänge charakterisieren. Um dies zu ermöglichen ist es notwendig, die Angaben der Fuzzy-Skala zu „defuzzifizieren“ (vgl. BOTHE 1998, S. 49). An dieser Stelle muss unterschieden werden, mit welcher Methode die Expertenbefragung durchgeführt wurde. Wurde die Expertenbefragung durch einen einzelnen Experten vorgenommen oder wurde die Befragung in einer Gruppe durchgeführt, welche einen Konsens herbeigeführt hat, so sind die linguistische Terme direkt in eine Intervallskala (vgl. Abbildung 17) zu überführen. Wurde die Expertenbefragung beispielsweise mit Hilfe der Delphi-Methode durchgeführt, so sind die Angaben mit Hilfe mathematischer Verfahren zu defuzzifizieren (vgl. „Fuzzylogik“ in Abschnitt 2.4 & 9.1). Sind alle linguistischen Werte defuzzifiziert bildet eine Einflussmatrix mit den quantifizierten Werten die Basis für die folgenden Analysen.

Um die Wirkzusammenhänge möglichst vollständig und detailliert beschreiben zu können, werden die Wirkzusammenhänge eines Elements in Gruppen unterteilt, für die im Anschluss Kennzahlen ermittelt werden. Dabei wird zwischen der positiven und negativen Einflussnahme und der positiven und negativen Beeinflussung eines Elements unterschieden. Daraus kann im Anschluss die Gesamteinflussnahme sowie die Gesamtbeeinflussung ermittelt, die dann wiederum zum Gesamtverhalten des Elements zusammengefügt werden. Für die beschriebenen Fälle können Kennzahlen errechnet werden, die das Verhalten eines Elements zu seiner Umwelt beschreiben. Folgende Kennwerte werden hierfür berechnet:

- Tiefenwirkung
- Breitenwirkung
- Aktivsumme
- Passivsumme
- Impulsindex
- Vernetzungsgrad

Die Breitenwirkung zeigt an, mit wieviel Prozent aller betrachteten Elemente ein Wirkzusammenhang besteht (GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 305; WLEKLINSKI 2001, S. 103F). So kann bewertet werden, wie umfangreich die Vernetzung eines Elements im System ist (vgl. FIEBIG 2004, S. 49). Dabei wird zunächst nicht berücksichtigt, wie stark die Wirkzusammenhänge sind, sondern lediglich, ob ein Zusammenhang besteht.

Die Breitenwirkung wird auf maximal 100% normiert und berechnet sich nach GAUSEMEIER ET AL. (2000, S. 305), WLEKLINSKI (2001, S. 103F) und FIEBIG (2004, S. 49) wie folgt:

$$BW_x = \frac{\text{Anzahl} \{(a_{x1} \cdots a_{xn}) > 0\}}{n} \times 100\% \quad \text{Gl. 5-2}$$

mit

BW_x = Breitenwirkung in Bezug auf Element x
 a_{xn} = Wirkzusammenhang n in Bezug auf Element x

Die Tiefenwirkung liefert eine Aussage über die durchschnittliche Stärke der Wirkzusammenhänge eines Elements (WLEKLINSKI 2001, S. 104). Die Tiefenwirkung berechnet sich nach GAUSEMEIER ET AL. (2000, S. 305F), WLEKLINSKI (2001, S. 104) und FIEBIG (2004, S. 50):

$$TW_x = \frac{\sum_{j=1}^n a_{xj}}{\text{Anzahl} \{(a_{x1} \cdots a_{xn}) > 0\}} \quad \text{Gl. 5-3}$$

mit

TW_x = Tiefenwirkung in Bezug auf Element x
 a_{xn} = Wirkzusammenhang n in Bezug auf Element x

Demnach entspricht die Tiefenwirkung dem arithmetischen Mittel über Nicht-Nullen und gibt die durchschnittliche Intensität der Wirkzusammenhänge an (GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 305F, BALAZOVA 2004, S. 92).

Die Breiten- und Tiefenwirkung können für detaillierte Analysen getrennt für die positive und negative Einflussnahme sowie positive und negative Beeinflussung berechnet werden. Anschließend lässt sich daraus wiederum die gesamte Breiten- und Tiefenwirkung berechnen. Zu beachten ist, dass bei der Gesamt-Tiefenwirkung nicht weiter zwischen negativen und positiven Werten unterschieden wird, sondern das arithmetische Mittel der Beträge errechnet wird. Im Anschluss an die Ermittlung der oben genannten Werte bietet sich jeweils eine Überprüfung der Elemente an, die besonders hohe Werte (Extremwerte) aufweisen. Errechnet sich beispielsweise für ein Element ein hoher Wert für die Breitenwirkung der negativen Einflussnahme, so hat dieses Element auf eine Vielzahl anderer Elemente einen negativen Einfluss.

Aus der Multiplikation der Tiefen- und Breitenwirkung ergibt sich der Vernetzungsgrad (VG). Dieser gibt an, in welchem Umfang ein Element mit seiner Umwelt in Zusammenhang steht. In anderen Veröffentlichungen wird dieser Wert

auch als „Zielbeitragsindex“ bezeichnet (vgl. WLEKLINSKI 2001, S. 102 & 106; BALAZOVA 2004, S. 92).

Die Aktivsumme ergibt sich aus der Summe der quantifizierten Einflussnahme auf andere Elemente und stellt somit einen Indikator dafür dar, wie „aktiv“ bzw. stark ein Element auf andere einwirkt (BALAZOVA 2004, S. 87; WLEKLINSKI 2001, S. 110; ARNOLD 2005, S. 42; GAUSEMEIER ET AL. 2009, S. 142; KOSOW ET AL. 2008, S. 38; GAUSEMEIER & PLASS 2014, S. 51F; GÄNG 2012, S. 45). Bei der Summenbildung sind die Beträge der Einzelbewertungen zu addieren. Demzufolge erhöht sich auch die Aktivsumme wenn ein Element andere Elemente negativ beeinflusst.

Im Gegensatz dazu gibt die Passivsumme an, wie stark ein Element von anderen beeinflusst wird. Demnach ergibt sich diese aus der Summe der quantifizierten Beeinflussungen (BALAZOVA 2004, S. 87; WLEKLINSKI 2001, S. 110; ARNOLD 2005, S. 42; KOSOW ET AL. 2008, S. 38; GAUSEMEIER & PFÄNDER 2009, S. 142; GAUSEMEIER & PLASS 2014, S. 51F; GÄNG 2012, S. 45F). Auch bei der Bildung der Passivsumme gilt, dass die Beträge der Einzelbewertungen zu addieren sind.

Ergeben sowohl die Aktiv- als auch die Passivsumme einen hohen Wert, so ist bei Veränderung oder Umsetzung dieses Elements eine starke Rückwirkung auf das System zu erwarten (HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 410).

Des Weiteren liefert die Berechnung des Impulsindex eine Aussage darüber, ob ein Element eher Einfluss nimmt (impulsiv) oder beeinflusst wird (reaktiv). Dazu wird der Betrag der Aktivsumme durch den Betrag der Passivsumme dividiert (vgl. BALAZOVA 2004, S. 87; WLEKLINSKI 2001, S. 110; ARNOLD 2005, S. 42). Durch die Summenbildung auf Basis der Beträge der Einzelbewertungen im Rahmen der Berechnung der Aktiv- und Passivsumme macht der Impulsindex keine Aussage darüber ob ein Element auf andere Elemente eher positiv oder negativ Einfluss nimmt oder beeinflusst wird. Ein hoher Impulsindex kann demnach auch bei Elementen auftreten, die viele andere Elemente stark negativ beeinflussen, da dies auch eine Form der Aktivität ist.

Die Kennzahlen in Bezug auf die Wirkzusammenhangsanalyse werden in Form einer Tabelle ausgegeben. Es ist noch anzumerken, dass die ermittelten Kennzahlen sich ändern können, wenn im weiteren Verlauf der Methode Elemente eliminiert werden. In diesem Fall wäre eine Iterationsschleife und erneute Berechnung notwendig.

Baustein L: Visualisierung der ermittelten Kennzahlen

In Baustein L werden die in Baustein K ermittelten Kennzahlen mit Hilfe von zwei- und dreidimensionalen Portfolios visualisiert. Ziel dieses Bausteins ist es, die Wirkzusammenhänge der Elemente leichter vergleichbar zu machen und die Effizienz sowie die Qualität von Entscheidungen zu erhöhen (vgl. BASSLER 2010, S. 44). Nach SCHUMANN & MÜLLER (2000, S. 2) liegt der hauptsächliche Nutzen der Datenvisualisierung darin, dass „innere, sonst verborgene Zusammenhänge (...) aufgezeigt werden, die sonst aus der Interpretation von Zahlenkolonnen nicht ableitbar wären“. Darüber hinaus unterstützt die Verwendung von Portfolios die Möglichkeit der Hinterlegung von Normstrategien für bestimmte Wertebereiche. Aus den in Baustein K ermittelten Kennzahlen lassen sich eine Vielzahl von Portfolios generieren. Zunächst werden die Breiten- und Tiefenwirkung in einen graphischen Zusammenhang gebracht, um daraus mit Hilfe von Normstrategien Entscheidungen ableiten zu können. Zu diesem Zweck werden die Normstrategien in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. (2000, S. 306F) und FIEBIG (2004, S. 51-53) verwendet, wie in Abbildung 19 dargestellt. Im Rahmen des in Abbildung 19 dargestellten Portfolios werden die 4 Bereiche unkritische, spezifische, generelle und dominante Elemente unterschieden, den entsprechende Normstrategien zugeordnet sind.

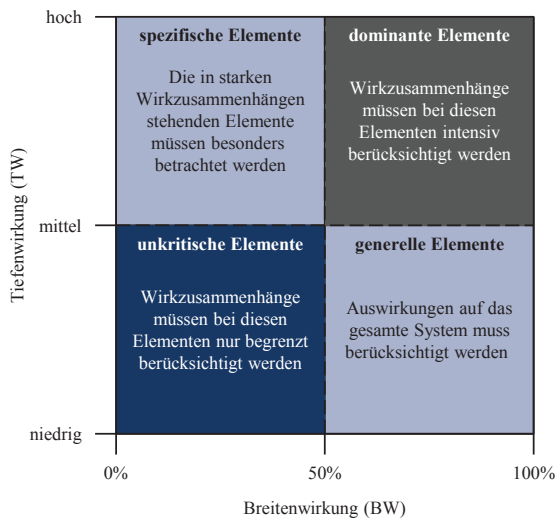


Abbildung 19: Zweidimensionales Portfolio der Breiten- und Tiefenwirkung in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. (2000, S. 306F) und FIEBIG (2004, S. 52)

Ist sowohl die Breiten- als auch die Tiefenwirkung eines Elements niedrig, so wird es als unkritisches Element bezeichnet, da es weder mit vielen anderen Elementen Wirkzusammenhänge hat, noch sind die bestehenden Wirkzusammenhänge stark ausgeprägt. In Bezug auf die bestehenden Wirkzusammenhänge handelt es sich also um ein weitgehend unkritisches, da autonomes Element und hat demzufolge in Bezug auf die Wirkzusammenhänge eine untergeordnete Bedeutung (vgl. GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 306; FIEBIG 2004, S. 52). Das bedeutet nicht, dass das Element an sich unbedeutend ist, sondern nur, dass seine Vernetzung mit anderen Elementen wenig stark ausgeprägt ist. Auch die spezifischen Elemente haben eine geringe Breitenwirkung, allerdings eine hohe Tiefenwirkung berechnet, so dass nicht der Großteil der anderen Elemente mit diesem Element verbunden ist, aber die in Zusammenhang stehenden Elemente eine starke Verbindung aufweisen (vgl. GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 306F; FIEBIG 2004, S. 52). Die generellen Elemente zeichnen sich durch eine hohe Breitenwirkung, aber verhältnismäßig geringe Tiefenwirkung aus. Demzufolge stehen die Elemente in diesem Quadranten mit vielen anderen Elementen in einem Wirkzusammenhang, allerdings sind diese weniger stark ausgeprägt. Daraus ergibt sich eine nicht zu vernachlässigende Systemrelevanz (vgl. GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 306; FIEBIG 2004, S. 52). Die dominanten Elemente weisen sowohl eine hohe Breiten- als auch Tiefenwirkung auf. Diese sind demnach mit sehr vielen anderen Elementen verbunden und die bestehenden Wirkzusammenhänge sind zudem stark ausgeprägt. Diese Elemente haben in Bezug auf die Wirkzusammenhänge die größte Bedeutung und sind dementsprechend zu beobachten (vgl. GAUSEMEIER ET AL. 2000, S. 306F; FIEBIG 2004, S. 52). Wird ein dominantes Element gelöscht, so hat dies große Auswirkungen auf das gesamte System.

Das oben dargestellte Portfolio liefert keine Aussage darüber, ob die Breitenwirkung bzw. Tiefenwirkung aus einer Beeinflussung oder Einflussnahme stammt. Diese bisher fehlende Information, ob ein Element eher Einfluss nimmt oder beeinflusst wird, kann durch den Impulsindex abgedeckt werden. Demzufolge bietet sich ein dreidimensionales Portfolio an, welches die drei Kennwerte abbildet. Das 3D-Portfolio spannt zwischen der X- und Y-Achse die Breiten- und Tiefenwirkung auf. Die Z-Achse eröffnet zudem die Möglichkeit den Impulsindex zu berücksichtigen und somit die Information zu integrieren, ob ein Element eher aktiv oder eher passiv ist.

Der Nachteil eines dreidimensionalen Portfolios besteht darin, dass eine automatische Generierung nur mit Spezialsoftware möglich ist und die manuelle Aufbereitung einen erhöhten Aufwand darstellt. Daher ist es zu empfehlen, die Informationen in drei 2D-Portfolios aufzubereiten (Tiefenwirkung-Breitenwirkung, Tiefenwirkung-Impulsindex und Breitenwirkung-Impulsindex).

5.5 Ableitung und Analyse eines produktionsstrategischen Zielsystems

Nachdem die wesentlichen Ergebnisse zur Formulierung einer Produktionsstrategie erarbeitet worden sind, wird in Abschnitt 5.5 erläutert, wie die Ergebnisse zusammengeführt, analysiert und visualisiert werden. Darüber hinaus wird die Umsetzung vorbereitet. Zu diesem Zweck wird in Modul 4.A ein produktionsstrategisches Zielsystem erarbeitet, welches in Modul 4.B ergänzt wird (vgl. Abbildung 8).

5.5.1 Ableitung eines produktionsstrategischen Zielsystems

Im folgenden Abschnitt wird zunächst die Zielsetzung eines produktionsstrategischen Zielsystems erläutert. Anschließend wird auf die Selektion und Priorisierung der handlungsfeldspezifischen Ziele eingegangen. Zuletzt wird der Aufbau einer produktionsstrategischen Zielsystems beschrieben.

Ziele eines produktionsstrategischen Zielsystems

In Abschnitt 5.2 wurde erörtert, wie produktionsstrategische Globalziele zu erarbeiten sind und in Abschnitt 5.3.3 wurde hergeleitet, wie handlungsfeldspezifische Ziele zu erarbeiten sind. Diese Ziele sind im Anschluss im Rahmen der Wirkzusammenhangsanalyse weiterverarbeitet worden, so dass die Beziehungen zwischen den Zielen bekannt sind. Darauf aufbauend wird im Folgenden beschrieben, wie die produktionsstrategischen Globalziele und die handlungsfeldspezifischen Ziele zu einem strategischen Zielsystem zusammen zu führen sind. Hierbei ist zu beachten, dass es möglich ist, dass eine größere Anzahl an handlungsfeldspezifischen Zielen erarbeitet worden ist. Dies führt zu einer erhöhten Komplexität, die beherrscht werden muss. Es ist eine Vorgehensweise zu entwickeln, die es ermöglicht, die handlungsfeldspezifischen Ziele anhand wichtiger strategischer Faktoren zu bewerten, um so eine Priorisierung vornehmen zu können.

Selektion und Priorisierung handlungsfeldspezifischer Ziele

Zunächst sind die handlungsfeldspezifischen Ziele zu identifizieren, die am meisten zum Erfolg der Produktion und damit zur Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens beitragen können. Als Bewertungskriterien eignen sich die kritischen Erfolgsfaktoren der Produktion, welche bereits im Rahmen der Formulierung der produktionsstrategischen Globalziele (Abschnitt 5.2) erhoben wurden. Die kritischen Erfolgsfaktoren eignen sich als Bewertungskriterien, da diese für den Erfolg und die Wettbewerbsfähigkeit eines Unternehmens oder eines Teilbereiches entscheidend sind (vgl. GAUSEMEIER ET AL. 2009, S. 139) und demzufolge die Basis produktionsstrategischer Entscheidungen bilden

(vgl. WILDEMANN 1997, S. 51). Die Vorgehensweise zur Erhebung der kritischen Erfolgsfaktoren wurde bereits in Abschnitt 2.4 erläutert und wird in Abschnitt 9.1 detaillierter ausgeführt. Zur Ermittlung der handlungsfeldspezifischen Ziele, die den höchsten produktionsstrategischen Beitrag liefern, wird der strategische Erfüllungsgrad des handlungsfeldspezifischen Ziels (SEG_z) ermittelt. Dazu wird eine Vorgehensweise gewählt, die sich an sogenannten „Scoring-Modellen“ (Punktebewertungsverfahren) orientiert (vgl. KERTH ET AL. 2011, S. 218FF).

Der strategische Erfüllungsgrad kann mit Hilfe der folgenden Formel berechnet werden:

$$SEG_z = \frac{\sum_{k=1}^m (EW_{z,k} * GW_k)}{EW_{z,k}^{max}}, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad z = 1, 2, \dots, n \quad Gl. 5-4$$

mit

SEG_z = Strategischer Erfüllungsgrad für das strategische Ziel (z), $0 < SEG_z \leq 1$

GW_k = Gewichtungswert des Erfolgsfaktors (k), $0 < GW_k \leq 1$

$EW_{z,k}$ = Erfüllungswert des strat. Ziels (z) in Bezug auf den Erfolgsfaktor (k)

$EW_{z,k}^{max}$ = Höchstmöglicher Erfüllungswert in der verwendeten Skala

Demzufolge wird ein handlungsfeldspezifisches Ziel dahingehend geprüft, wie stark es zur Erfüllung eines kritischen Erfolgsfaktors beiträgt. Je höher dieser Beitrag in Bezug auf den kritischen Erfolgsfaktor (KEF) eingeschätzt wird, desto höher ist der Erfüllungswert. In Anlehnung an HEINRICH & STELZER (2011, S. 342) kann folgende Skala verwendet werden:

$EW_{z,k} = 1$: Beitrag zum jeweiligen KEF ist nicht oder fast nicht erkennbar

$EW_{z,k} = 3$: Beitrag zum jeweiligen KEF ist gering

$EW_{z,k} = 5$: Beitrag zum jeweiligen KEF ist hoch

$EW_{z,k} = 7$: Beitrag zum jeweiligen KEF ist sehr hoch oder entscheidend

Der Erfüllungswert $EW_{z,k}$ wird mit dem Gewichtungswert GW_k des entsprechenden kritischen Erfolgsfaktors multipliziert. Dieser Vorgang wird für alle kritischen Erfolgsfaktoren wiederholt. Im Anschluss wird die Summe aus den Produkten ($\sum_{k=1}^m (EW_{z,k} * GW_k)$) für jeden kritischen Erfolgsfaktor (k) gebildet. Auf diese Weise entsteht zunächst ein abstrakter Wert, der angibt, wie hoch der strategische Beitrag des handlungsfeldspezifischen Ziels zu den kritischen Erfolgsfaktoren mit deren jeweiligen Gewichtung ist. Um diesen Wert intuitiv verständlicher zu machen, wird er durch den maximal erreichbaren Wert EW_k^{max} dividiert und somit auf eins normiert und kann demnach in Prozent ausgedrückt werden. In der oben aufgeführten Skala wäre $EW_{z,k}^{max} = 7$, auch wenn in der Bewertung dieser maximale Wert nicht vergeben würde. Darauf aufbauend kann eine Rangfolge der wichtigsten Ziele erstellt werden.

Anschließend besteht die Möglichkeit zur Selektion. Es kann eine Grenze in Bezug auf den strategischen Erfüllungsgrad gesetzt werden, unter der ein Ziel nicht in das produktionsstrategische Zielsystem aufgenommen wird. Die Schwierigkeit besteht hierbei in der der Festlegung der Grenze. Möglich wäre die Anwendung des Pareto-Prinzips, welches besagt, dass 80% des Erfolgs auf 20% des Aufwands zurückzuführen ist (vgl. SCHWAB 2008, S. 429-431). Eine andere Möglichkeit ist die Bildung des arithmetischen Mittels und die anschließende Selektion darunter liegender Werte (vgl. HEINRICH 2001, S. 253F; GÄNG 2012, S. 46; HEINRICH & POMBERGER 2001, S. 9F; GAUSEMEIER ET AL. 1996, S. 199F & 212F; HEINRICH & STELZER 2011, S. 345). Eine Selektierung hat zur Folge, dass insbesondere die handlungsfeldspezifischen Ziele herausgefiltert werden die nur wenige der kritischen Erfolgsfaktoren erfüllen. Diese sind nicht einfach zu eliminieren, sondern in Einzelprojekten weiterzuverfolgen. In einem produktionsstrategischen Zielsystem sind diese Ziele allerdings nicht zu berücksichtigen. Zu beachten bei der Selektion ist, dass einige handlungsfeldspezifische Ziele als Pflicht-Ziele deklariert worden sind (vgl. Abschnitt 5.4). Diese Ziele sind unabhängig vom strategischen Erfüllungsgrad nicht zu eliminieren. Darüber hinaus sind bei einer Selektion die Wirkzusammenhänge zu beachten. Ist beispielsweise ein handlungsfeldspezifisches Ziel eine Voraussetzung für ein zweites, so kann auch dieses letztendlich nicht eliminiert werden, auch wenn es die festgesetzte Grenze des strategischen Erfüllungsgrades unterschreitet. Des Weiteren ist die Betrachtung des Vernetzungsgrades der strategischen Ziele nutzbringend. Dieser trifft eine Aussage darüber wie systemrelevant ein strategisches Ziele ist. Ist beispielsweise der strategische Erfüllungsgrad von 2 Zielen gleich, so ist das Ziel höher zu priorisieren, welches den höheren Vernetzungsgrad aufweist.

Aufbau des produktionsstrategischen Zielsystem

Das produktionsstrategische Zielsystem fasst die Ergebnisse der vorangegangenen Prozessschritte zusammen und bereitet diese in einer aggregierten und strukturierten Weise auf. Auf diese Weise trägt das Zielsystem zur Transparenz im Unternehmen bei (REINHART ET AL. 1996, S. 25). In Anlehnung an die Ausführungen von WITTE (2007, S. 48FF) zu Zielsystemen (vgl. Abschnitt 9.3) gliedert sich ein produktionsstrategisches Zielsystem in unterschiedliche Ebenen. Auf der obersten Ebene befinden sich die produktionsstrategischen Globalziele. Darunter ist eine Aufteilung nach den Handlungsfeldern vorzunehmen. Nach dem Top-Down-Prinzip werden auf dieser Ebene handlungsfeldspezifische Ziele aufgeführt. Diese sind nach ihrer Rangfolge in Bezug auf den strategischen Erfüllungsgrad und den Vernetzungsgrad zu sortieren.

5.5.2 Ergänzung des produktionsstrategischen Zielsystems

Das produktionsstrategische Zielsystem, welches in Abschnitt 5.5.1 abgeleitet wurde, beschränkte sich auf Ziele, die im Rahmen der Produktionsstrategieentwicklung erarbeitet worden sind. Diese Darstellung kann durch die Produktionsmission und die im Rahmen der Analyse der Handlungsfelder erarbeiteten Handlungsempfehlungen ergänzt werden. Letztere sind noch zu selektieren und zu priorisieren, bevor sie eingefügt werden können. Darüber hinaus können die Ergebnisse der Wirkzusammenhangsanalyse (vgl. Abschnitt 5.4) integriert werden. Letztendlich kann eine Roadmap aufgebaut werden, die einen klaren Leitfaden als Grundlage für die Umsetzungsplanung und -kontrolle darstellt.

Selektion und Priorisierung der strategischen Handlungsempfehlungen

Im Rahmen der Analyse der Handlungsfelder sind strategische Handlungsempfehlungen formuliert worden, die zur Umsetzung der handlungsfeldspezifischen Ziele dienen. Diese sind zu selektieren und zu priorisieren. Die Vorgehensweise ist deckungsgleich zur Priorisierung der handlungsfeldspezifischen Ziele. Aufgrund dessen wird die Vorgehensweise hier nur noch verkürzt vorgestellt. Als Bewertungskriterien werden wiederum die kritischen Erfolgsfaktoren verwendet. Um eine Rangfolge erstellen zu können, ist der produktionsstrategische Beitrag zu analysieren. Zu diesem Zweck wird der strategische Erfüllungsgrad der Handlungsempfehlung (SEG_h) wie folgt berechnet:

$$SEG_h = \frac{\sum_{k=1}^m (EW_{h,k} * GW_k)}{EW_{h,k}^{max}}, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad h = 1, 2, \dots, p \quad Gl. 5-5$$

mit

SEG_h = Strat. Erfüllungsgrad für die strat. Handlungsempfehlung (h),

$0 < SEG_h \leq 1$

GW_k = Gewichtungswert des Erfolgsfaktors (k), $0 < GW_k \leq 1$

$EW_{h,k}$ = Erfüllungswert der strat. Handlungsempfehlung (h) in Bezug auf den Erfolgsfaktor (k)

$EW_{h,k}^{max}$ = Höchstmöglicher Erfüllungswert in der verwendeten Skala

Als Bewertungsskala kann auch die von HEINRICH & STELZER (2011, S. 342) verwendet werden. Als Ergebnis ergibt sich ein auf eins normierter strategischer Erfüllungsgrad (SEG_h). Darauf aufbauend besteht auch bei den strategischen Handlungsempfehlungen die Möglichkeit zur Selektion, in dem eine Untergrenze in Bezug auf den Erfüllungsgrad festgelegt wird. Die auf diese Weise herausgefilterten strategischen Handlungsempfehlungen sind in spezifischen Umsetzungsprojekten weiterzuerfolgen.

Aufwand-Nutzen-Betrachtung der strategischen Handlungsempfehlungen

Die strategischen Handlungsempfehlungen bilden die Basis der produktionsstrategischen Pyramide (vgl. Abbildung 4) und sind somit die umsetzungsorientiertesten Elemente. Dementsprechend handelt es sich hierbei auch um die Elemente, für die die meisten Informationen vorliegen, wenngleich es sich weiterhin um strategische Empfehlungen handelt, die eine gewisse Abstraktion mit sich bringen müssen. Darüber hinaus haben die Handlungsempfehlungen im Gegensatz zu den handlungsfeldspezifischen Zielen den Zweck zu beschreiben, „Wie“ die formulierten Ziele umzusetzen sind, während diese wiederum das „Was“ beschreiben (vgl. KUSTER ET AL. 2011, S. 404). Darauf basierend können für die strategischen Handlungsempfehlungen weitere Analysen vorgenommen werden, die zur Festlegung der Umsetzungsreihenfolge beitragen. Neben dem produktionsstrategischen Beitrag, der in Form des strategischen Erfüllungsgrads (SEG_h) gemessen werden kann, ist auch der Aufwand von Interesse, der zur Umsetzung einer Handlungsempfehlung notwendig ist. Dieser ist von Bedeutung, da die Ressourcen in einem Unternehmen beschränkt sind, so dass nicht unbedingt alle Handlungsempfehlungen umgesetzt werden können. Diesem Umstand geschuldet sind die Handlungsempfehlungen als erstes umzusetzen, die den höchsten Mehrwert beim geringsten Aufwand bieten. Aufgrund dessen wird eine Aufwand-Nutzen-Betrachtung durchgeführt. Der Nutzen ist in Form des strategischen Erfüllungsgrades (SEG_h) bereits bekannt, während der Aufwand noch zu bewerten ist. In den meisten Fällen wird es nicht möglich sein, den Aufwand anhand rein quantitativer bewertbarer Faktoren zu ermitteln. Aufgrund des strategischen und damit auch langfristigen Charakters der Handlungsempfehlungen wird es nicht zu verhindern sein, auch qualitative Kriterien zu berücksichtigen. Zudem ist zu erwarten, dass auch Kriterien, die eigentlich quantitativ erfassbar und somit auch bewertbar wären, qualitativ bewertet werden müssen, da keine genauen Berechnungen vorgenommen werden können. Als Beispiel kann ein mögliches Bewertungskriterium Flächenbedarf genannt werden. Dieses wäre grundsätzlich quantitativ und letztendlich auch monetär bewertbar. Durch die oftmals diffuse Informationslage zum Bewertungszeitpunkt kann aber nur eine qualitative Bewertung in Form von Kategorien (z.B. niedriger Flächenbedarf, mittlerer Flächenbedarf, hoher Flächenbedarf) vorgenommen werden. Ist es dennoch denkbar, die Handlungsempfehlungen anhand quantitativer Faktoren zu bewerten, so ist dies zu ermöglichen. Darüber hinaus kann es vorkommen, dass Handlungsempfehlungen unbedingt ein Kriterium erfüllen müssen, da eine Umsetzung ansonsten nicht sinnvoll ist. Im Zusammenhang mit einer Aufwandsbetrachtung kann dies beispielsweise eine Ressourcenbeschränkung sein. Demzufolge sind auch Muss-Kriterien in einer Bewertung zu berücksichtigen. Eine Bewertungsmethode, die dies ermöglicht, ist das Multi-Kriterienmodell von GHANDFOROUSH ET AL. (1985). Die

Methode wird im Anhang in Abschnitt 9.1 auch für den Anwendungsfall einer Aufwandsbetrachtung detailliert erläutert, so dass an dieser Stelle darauf verzichtet werden kann. Neben dem Nutzen kann somit auch der Aufwand für eine Handlungsempfehlung bewertet werden. Lassen sich die Kriterien nicht in quantitative, qualitative und Muss-Kriterien klar unterscheiden oder gibt es nur qualitative Kriterien, so kann auch eine einfacheres „Scoring-Modell“ (vgl. KERTH ET AL. 2011, S. 218FF) angewendet werden. Auch bei der rein qualitativen Bewertung können verschiedene aufwandsbezogene Kriterien bzw. Kategorien verwendet werden wie beispielsweise „personell“, „finanziell“ und „sachlich“. Diese sind mit einem paarweisen Vergleich zu gewichten. Anschließend ist in Bezug auf jedes Kriterium der Aufwand (AW_h) für die jeweilige Handlungsempfehlung qualitativ abzuschätzen. Hierfür wird in Anlehnung an HEINRICH & STELZER (2011, S. 342) die folgende Skala verwendet:

$AW_{h,ak} = 7$: Aufwand in Bezug zur jeweiligen Kategorie ist sehr hoch oder entscheidend.

$AW_{h,ak} = 5$: Aufwand in Bezug zur jeweiligen Kategorie ist hoch.

$AW_{h,ak} = 3$: Aufwand in Bezug zur jeweiligen Kategorie ist gering.

$AW_{h,ak} = 1$: Aufwand in Bezug zur jeweiligen Kategorie ist nicht oder fast nicht erkennbar.

Anschließend kann der Aufwand nach der folgenden Formel berechnet werden:

$$AW_h = \frac{\sum_{k=1}^m (AW_{h,ak} * GW_{ak})}{AW_{h,ak}^{max}}, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad h = 1, 2, \dots, p \quad \text{Gl. 5-6}$$

mit

AW_h = Aufwandsgrad für die strat. Handlungsempfehlung (h),

$0 < AW_h \leq 1$

GW_{ak} = Gewichtungswert der Aufwandskategorie (ak), $0 < GW_{ak} \leq 1$

$AW_{h,ak}$ = Aufwandswert der strat. Handlungsempfehlung (h) in Bezug auf die Aufwandskategorie (ak)

$AW_{h,ak}^{max}$ = Höchstmöglicher Aufwandswert in der verwendeten Skala

Demzufolge ergibt sich auch für die Bewertung des Aufwandes ein auf eins normierter Wert, der auch in Prozent ausgedrückt werden kann.

Darauf basierend kann im nächsten Schritt der „Nettonutzen“ berechnet werden. Dieser ergibt sich aus der Differenz von „Nutzen“ und „Kosten“ (HAAG ET AL. 2011, S. 329). Demzufolge ergibt sich der Nettonutzen (NN_h) im Rahmen der vorliegenden Arbeit aus der Subtraktion des Aufwandswertes (AW_h) vom strategischen Erfüllungsgrad (SEG_h). Da sowohl der Aufwandswert als auch der strategische Erfüllungsgrad auf 1 normiert

ist ergibt sich für den Nettonutzen ein möglicher Intervall zwischen „-1“ und „+1“. Ist der Nettonutzen größer als 0 Nutzen übersteigt der Nutzen den Aufwand und es handelt sich grundsätzlich um ein positives Aufwand-Nutzen-Verhältnis. Ist der Nettonutzen kleiner als 0 ist der Aufwand höher als der Nutzen bewertet worden und es ergibt sich ein negatives Aufwand-Nutzen-Verhältnis.

Darüber hinaus ist die relative Bewertung aller Elemente zueinander von Interesse. Dabei können zwei Fälle entstehen. Der durchschnittliche Nettonutzen kann größer oder kleiner 0 sein. Visualisiert man das Aufwand-Nutzen-Verhältnis in einem Portfolio können demnach die in der folgenden Abbildung 20 dargestellten Portfolios entstehen.

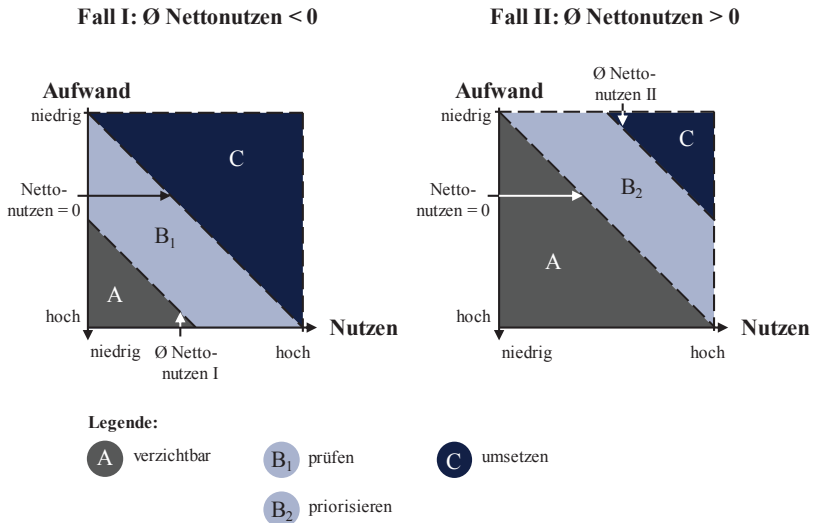


Abbildung 20: Aufwand-Nutzen-Portfolio

Ist der durchschnittliche Nettonutzen aller betrachteten Elemente kleiner als 0 (Fall I in Abbildung 20) entstehen drei Felder. In Feld A befinden sich alle Elemente, die grundsätzlich ein negatives Aufwand-Nutzen-Verhältnis ($\text{Nettonutzen} < 0$) aufweisen und zudem der Nettonutzen unterhalb des Durchschnittswertes aller betrachteten Elemente ist. Diese Elemente werden in Bezug auf die Aufwand-Nutzen-Betrachtung als „verzichtbar“ bezeichnet. Dabei ist zu beachten, dass diese Elemente trotz der negativen Bewertung in Bezug auf ihr Aufwand-Nutzen-Verhältnis für den Erfolg der Produktionsstrategie von Bedeutung sein können. Dies kann der Fall sein, wenn die Wirkzusammenhänge dieses Elements stark sind (vgl. Abschnitt 5.4). In Feld C sind die Elemente wiederzufinden, deren Nettonutzen größer als 0 und überdurchschnittlich

sind. Da dieses Feld in Bezug auf das Aufwand-Nutzen-Verhältnis als sehr positiv zu bewerten ist, wird es mit „umsetzen“ bezeichnet. Dies soll darauf hinweisen, dass die sich in diesem Feld befindlichen Handlungsempfehlungen schnellstmöglich umgesetzt werden sollten. Feld B_1 beinhaltet die Elemente, die zwar grundsätzlich ein negatives Aufwand-Nutzen-Verhältnis aufweisen, aber dennoch relativ gesehen zu allen übrigen bewerteten Elementen einen überdurchschnittlichen Nettonutzen aufweisen. Da es sich in den meisten Fällen um eine qualitative Bewertung des Aufwand-Nutzen-Verhältnisses handelt und eine Sicherstellung der absoluten Vergleichbarkeit einer Aufwand- mit einer Nutzenbewertung schwierig ist, sind diese Elemente von Interesse und trotz ihres zunächst negativen Nettonutzens zu prüfen. Wie bereits erwähnt, können auch die Wirkzusammenhänge der Elemente dazu führen, dass eine Handlungsempfehlung wichtig für die erfolgreiche Umsetzung der Produktionsstrategie ist. Ist der durchschnittliche Nettonutzen aller bewerteten Handlungsempfehlungen größer als Null (Fall II in Abbildung 20) ergibt sich zusätzlich zu den Feldern A (verzichtbar) und C (umsetzen) noch Feld B_2 (priorisieren). Die Elemente in diesem Feld weisen grundsätzlich ein positives Aufwand-Nutzen-Verhältnis auf, allerdings sind diese unterdurchschnittlich. In diesem Fall ist zu priorisieren, welche der Elemente bevorzugt umgesetzt werden. Diese Priorisierung kann anhand der Ergebnisse der Wirkzusammenhangsanalyse vorgenommen werden. Demzufolge wird im folgenden Abschnitt eine Möglichkeit aufgezeigt, wie die Wirkzusammenhänge zwischen den Handlungsempfehlungen in die Analyse einbezogen werden können.

Analyse der Handlungsempfehlungen unter Berücksichtigung der Wirkzusammenhänge

Im folgenden Abschnitt werden Ergebnisse aus Phase 3 und Phase 4 zusammengeführt, um eine übersichtliche und effiziente Interpretationshilfe zu erhalten. Zu diesem Zweck wird die Aufwand-Nutzen-Analyse und der Vernetzungsgrad (VG_h) kombiniert und in einem Portfolio abgebildet. Dieses Portfolio wird durch Normstrategien ergänzt, um eine schnelle und einfache Interpretation gewährleisten zu können.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit ergibt sich der Nettonutzen (NN_h) aus der Subtraktion des Aufwandswertes (AW_h) vom strategischen Erfüllungsgrades (SEG_h) (vgl. HAAG ET AL. 2011, S. 329). Der Nettonutzen liegt im Intervall zwischen „-1“ und „+1“. Der Vernetzungsgrad hingegen liegt im Intervall zwischen „0“ und „6“. Beide Werte werden zum Zweck der einfacheren Weiterverarbeitung auf 1 normiert. Im Anschluss daran wird durch Addition des normierter Nettonutzens ($NN_{h,normiert}$) und des normierten Vernetzungsgrades ($VG_{h,normiert}$) der „Signifikanzindex“ (SKI_h) berechnet. Der Begriff Signifikanz wird nach seiner bildungssprachlichen Verwendung im Sinne von „Bedeutsamkeit“ oder „Wesentlichkeit“ benutzt (Brockhaus 1998B, S.

207) und ist nicht mit der Verwendung in der Statistik zu verwechseln. Demzufolge drückt der Signifikanzindex aus, wie bedeutend eine Handlungsempfehlung für die Umsetzung der Produktionsstrategie ist.

BALAZOVA (2004, S. 89) führt in ihrem Beitrag durch Multiplikation der Aktiv- und Passivsumme den „Vernetzungsindex“ ein. Darüber hinaus wird durch Multiplikation der Tiefen- und Breitenwirkung der „Zielbeitrag“ bestimmt (BALAZOVA 2004, S. 89FF). An dieser Stelle ist anzumerken, dass im Beitrag von BALAZOVA 2004 die Einflussmatrix aus den Handlungselementen in den Zeilen und Entwicklungszielen in den Spalten gebildet wird (vgl. BALAZOVA 2004, S. 91). Im vorliegenden Beitrag hingegen besteht die Einflussmatrix in Zeilen und Spalten aus den Handlungsempfehlungen. Desweiteren wird bei BALAZOVA 2004 die sogenannte „Leistungsrelevanz“ als Produkt von „Vernetzungsindex“ und „Zielbeitrag“ gebildet (BALAZOVA 2004, S. 89FF). Der in dieser Arbeit verwendete „Signifikanzindex“ erweitert den Kennwert der „Leistungsrelevanz“ insofern, dass durch die Verwendung des Nettonutzens auch der Aufwand einer Handlungsempfehlung berücksichtigt wird.

Abbildung 21 zeigt das zweidimensionale Portfolio aus Nettonutzen ($NN_{h,normiert}$) und Vernetzungsgrad ($VG_{h,normiert}$), aus dem die Signifikanz (SKI_h) abgelesen werden kann.

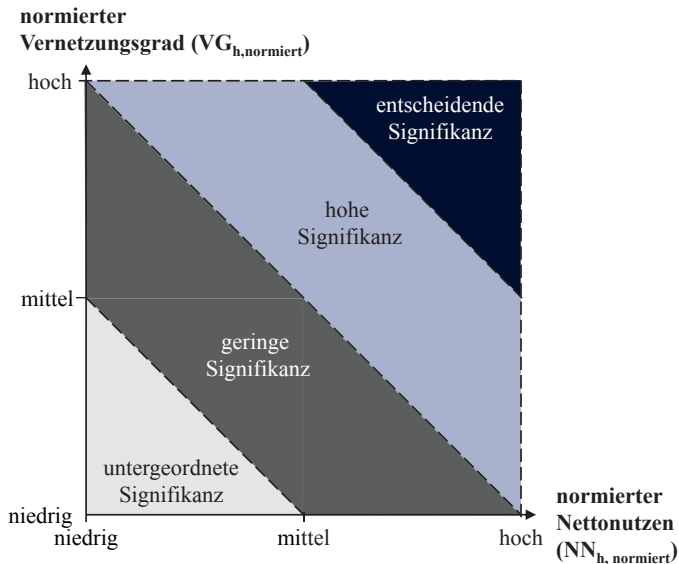


Abbildung 21: Nettonutzen-Vernetzungsgrad-Portfolio

Ist sowohl der Nettonutzen als auch der Vernetzungsgrad hoch, so handelt es sich um eine überdurchschnittlich profitable und systemrelevante Handlungsempfehlung und ist somit von „entscheidender Signifikanz“. Im Gegensatz dazu ist eine Handlungsempfehlung von „untergeordneter Signifikanz“ wenn sowohl Nettonutzen als auch der Vernetzungsgrad niedrig sind. In diesem Bereich sind die Handlungsempfehlungen weder sehr ertragsreich noch überdurchschnittlich vernetzt. Die Bereiche zwischen den beschriebenen Feldern werden mit „geringe Signifikanz“ und „hohe Signifikanz“ bezeichnet.

Aufbau einer produktionsstrategischen Roadmap

Für den Begriff „Roadmapping“ bestehen in der Literatur eine große Anzahl verschiedener Definitionen und dementsprechend auch eine Reihe methodischer Ansätze zur Gestaltung einer „Roadmap“ (EIKÖTTER 2011, S. 9). Auf eine wissenschaftliche Diskussion der unterschiedlichen Ansätze und Begriffsdefinitionen wird an dieser Stelle verzichtet und auf die einschlägige Literatur verwiesen (EIKÖTTER

2011, MÖHRLE & ISENMANN 2008, S. 5). Allgemein wird unter dem Begriff „Roadmapping“ ein Verfahren bezeichnet, mit dem „Entwicklungspfade“ für die Zukunft vorhergesagt, analysiert und dargestellt werden können (EIKÖTTER 2011, S. 9). Zu diesem Zweck werden die Elemente einer Roadmap, ggf. nach Handlungsfeldern sortiert, auf einer Achse in einem Koordinatensystem aufgetragen. Zudem dient die korrespondierende Achse in der zweidimensionalen Darstellung als Zeitachse, die je nach Anwendungsfall unterschiedlich skaliert werden kann (EIKÖTTER 2011, S. 10).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird eine Roadmap zur Darstellung der handlungsfeldspezifischen Ziele und Handlungsempfehlungen im zeitlichen Bezug verwendet. Demnach stellt die Roadmap ein umsetzungsvorbereitendes Werkzeug dar, welches das produktionsstrategische Zielsystem ergänzt.

In Anlehnung an die Strukturierung des produktionsstrategischen Zielsystem sind auf der obersten Ebene die produktionsstrategischen Globalziele einzutragen. Darunter ist eine Unterteilung nach den Handlungsfeldern vorzunehmen. Anschließend sind die handlungsfeldspezifischen Ziele mit den zugehörigen Handlungsempfehlungen einzutragen. Die Handlungsempfehlungen sind hierarchisch nach der Signifikanz zu ordnen.

Darüber hinaus sind die Wirkzusammenhänge zwischen den Handlungsempfehlungen zu berücksichtigen. Auf diese Weise entsteht eine umfangreiche Darstellung der Ergebnisse des Produktionsstrategieentwicklungsprozesses.

6 Validierung der Methodik

Ziel des folgenden Abschnittes ist es, die in Kapitel 5 beschriebene Methodik anhand realistischer Daten aus der praxisnahen Anwendung zu validieren. Auf diese Weise wird die Funktionstüchtigkeit der Methodik geprüft, um mögliche Schwachstellen zu identifizieren.

Die Methodik konnte in Zusammenarbeit mit dem Industriepartner jedoch nicht vollständig angewendet werden. Aufgrund dessen wurde Phase 1 und z.T. Phase 4 theoretisch validiert. Im Rahmen dessen wurden diese Teile der Methodik in Form eines Gedankenmodells auf Basis praxisnaher Daten angewendet und somit die Funktionsweise überprüft (vgl. VSEK 2015).

Im Rahmen der Validierung wurden strategische Informationen verarbeitet und entwickelt, die der strengen Geheimhaltung des Industriepartners unterliegen. Aufgrund dessen mussten die Daten und Auswertungen anonymisiert und zum Teil abstrahiert oder abgeändert werden. Zudem werden in Kapitel 6 nur die für die Validierung unbedingt notwendigen Informationen verwendet. Dabei wird darauf geachtet, dass die Aussagekraft der Methodik uneingeschränkt gültig bleibt.

Um den Aufwand für die Anwender zu reduzieren, wurden Teile der Methodik in einem Software-Tool auf Basis von Microsoft® Excel® abgebildet. Davon profitieren insbesondere Phase 3 und Phase 4.

Die Gliederung des Validierungskapitels (Kapitel 6) orientiert sich an der Struktur der Methodik (vgl. Abbildung 8). In Abschnitt 6.1 wird zunächst auf Phase 1 (Ableitung produktionsstrategischer Globalziele) eingegangen, bevor in Abschnitt 6.2 Phase 2 (Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder) beschrieben wird. Die Validierung von Phase 3 (Untersuchung der Wirkzusammenhänge) wird in Abschnitt 6.3 beschrieben und zuletzt wird in Abschnitt 6.4 exemplarisch die Ableitung und Analyse eines produktionsstrategischen Zielsystems (Phase 4) erläutert.

6.1 Validierung von Phase 1 der Methodik

Das Ziel der ersten Phase ist die Ableitung produktionsstrategischer Globalziele. Zu diesem Zweck wird zunächst in Modul 1.A die der Produktionsstrategie übergeordnete strategische Ebene analysiert, um daraus für die Produktion Kernaussagen abzuleiten. Auf dieser Basis wird in Modul 1.B die Produktionsmission formuliert. Schließlich werden darauf aufbauend, in Modul 1.C, die produktionsstrategischen Globalziele abgeleitet (vgl. Abbildung 8).

6.1.1 Analyse der übergeordneten strategischen Ebene

Im Rahmen der Validierung wurde als übergeordnete strategische Ebene die Unternehmensstrategie des Industriepartners analysiert, die auch geschäftsfeldstrategische Elemente beinhaltet. Für die einzelnen Geschäftsfelder lagen darüber hinaus keine gesonderten Strategieunterlagen vor. In Anlehnung an KLEINALTENKAMP & SAAB (2009, S. 39) und BROWN (1996, S. 70) wird demnach die Unternehmensstrategie als übergeordnete strategische Ebene analysiert.

Das übergeordnete unternehmensstrategische Ziel des Industriepartners ist „überproportionales Umsatzwachstum“. Um dieses Ziel erreichen zu können, basiert die Unternehmensstrategie auf den Säulen Technologieführerschaft, Zukunftsprogramme und Wettbewerbsfähigkeit. Darüber hinaus basieren die genannten strategischen Säulen auf Sicherheit, Kompetenz und Qualität. Des Weiteren wird herausgehoben, dass insbesondere die Qualität einen hohen Stellenwert hat und Investitionen in innovative Technologien getätigt werden sollen.

Auf Basis der unternehmensstrategischen Aussagen wurden für die Produktion die folgenden Kernaussagen abgeleitet:

- Die Produktion trägt maßgeblich zur Sicherung und Ausbau der Technologieführerschaft bei.
- Die Produktion ermöglicht die Herstellung von High-End-Produkten auf höchstem Qualitätsniveau.
- In innovative Produktionstechnologien wird investiert und so die Weiterentwicklung vorangetrieben.
- Der Ausbau der Produktionskapazitäten und die technologische Weiterentwicklung, insbesondere bei wachstumsstarken Programmen, wird angestrebt.
- Zur Reduktion des gebundenen Kapitals werden Produkte, die nicht Kernkompetenz der Unternehmung sind oder deren Zukunftsprognose unterdurchschnittlich ist, nicht weiter im eigenen Haus produziert.
- Die konsequente Optimierung der Produktions- und Planungsprozesse bei Verwendung moderner Produktionstechnologien trägt zur Steigerung der Produktivität bei.
- Ein hoher Qualitätsstandard ist in der Produktion sicherzustellen.

6.1.2 Ableitung der Produktionsmission

Im Anschluss an die Analyse der übergeordneten strategischen Ebene erfolgte die Formulierung der Produktionsmission. Wie in Abschnitt 5.2.2 beschrieben, ist in diesem Zusammenhang die Einstufung der Bedeutung der Produktion im Unternehmen auf

Basis des Modells von HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 396FF) vorzunehmen (vgl. Abschnitt 2.1). Hierbei wurde die dritte Stufe als die passende in Bezug auf den Industriepartner identifiziert. Demnach ist die Produktion:

„...ein aktiver Bestandteil der Unternehmensstrategie. Eine strategische Planung spiegelt die übergeordneten Ziele des Unternehmens wider“ HAYES & WHEELWRIGHT (1984, S. 396FF).

Auf dieser Grundlage wurde die folgende Produktionsmission formuliert:

Die Produktion ist ein zentraler Bestandteil des Unternehmens und trägt wesentlich zur Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens bei. Die Technologieführerschaft wird durch Investitionen in innovative Produktionstechnologien gesichert und ausgebaut. Angestrebt wird eine High-End-Produktion zur Erfüllung höchster Qualitätsanforderungen. Die Konzentration auf technologische Kernkompetenzen und die Fokussierung auf wachstumsstarke Produktbereiche leisten einen wichtigen Beitrag zur Reduzierung des gebundenen Kapitals. Die kontinuierliche Steigerung der Produktivität durch stetige Optimierung der Produktions- und Planungsprozesse sichert die Wettbewerbsfähigkeit der Produktion.

6.1.3 Identifizierung produktionsstrategischer Globalziele

Im nächsten Schritt wurden die produktionsstrategischen Globalziele formuliert. Neben der Produktionsmission und den unternehmensstrategischen Kernaussagen für die Produktion, sind hierfür die kritischen Erfolgsfaktoren der Produktion zu analysieren (vgl. Abbildung 9). Demzufolge wird zunächst auf die Erhebung der Erfolgsfaktoren eingegangen. Diese sind sowohl in der ersten als auch in der vierten Phase der Methodik von entscheidender Bedeutung. In Phase 1 wird die Formulierung der produktionsstrategischen Globalzielen unterstützt. In Phase 4 dienen sie als Kriterien für die Bewertung der strategischen Ziele und Handlungsempfehlungen. Die Vorgehensweise zur Erhebung und Auswertung der Erfolgsfaktoren wurde in Abschnitt 2.4 erläutert und orientiert sich an den Beiträgen von HEINRICH & STELZER (2011, S. 342-348), HEINRICH & POMBERGER (2001), HEINRICH (2001, S. 253F), WILDEMAN (1997, S. 51-53) und GAUSEMEIER ET AL. (2009, S. 157-160). Detaillierte Ausführungen sind auch in Abschnitt 9.1 zu finden.

Im Rahmen der Validierung wurden die folgenden potentiellen Erfolgsfaktoren identifiziert und durch ein Expertenteam gemäß der Methode zur Ermittlung der kritischen Erfolgsfaktoren bewertet. Anschließend konnten die Kennwerte durchschnittliche Priorität ($\emptyset P_k$) und Leistung ($\emptyset L_k$) sowie der Erfolg (E_k) und der Rang (RA_k) der potentiellen Erfolgsfaktoren errechnet werden (vgl. Abschnitt 9.1).

Detailliertere Ergebnisse der Validierung können (Tabelle 16 in Abschnitt 9.5) entnommen werden.

- A. F&E-Intensität (Verfügbarkeit finanzieller, personeller und sachlicher Ressourcen für produktionsnahe F&E-Aktivitäten):
 $\emptyset P_A = 4,7; \emptyset L_A = 4,7; E_A = 4,64; RA_A = 6$
- B. Produktionsqualität (Messbar z.B. durch Defects-per-million):
 $\emptyset P_B = 6,7; \emptyset L_B = 6; E_B = 5,95; RA_B = 2$
- C. Technologieführerschaft (Bezogen auf das Produktionsumfeld wie z.B. Produktionstechnologien oder Produktionssteuerung):
 $\emptyset P_C = 4,3; \emptyset L_C = 5; E_C = 5; RA_C = 4$
- D. Innovationsfähigkeit (Leistungsfähigkeit der Produktion Neuerungen hervorzubringen): $\emptyset P_D = 5,7; \emptyset L_D = 4,7; E_D = 4,71; RA_D = 5$
- E. Kostenführerschaft (Bezogen auf unternehmensinterne Herstellungskosten)
 $\emptyset P_E = 5,3; \emptyset L_E = 4,3; E_E = 4,25; RA_E = 8$
- F. Lieferfähigkeit (Bezogen auf die Einhaltung von eingelasteten Fertigstellungs-terminen der Produktion): $\emptyset P_F = 5,7; \emptyset L_F = 6; E_F = 6; RA_F = 1$
- G. Ressourcenzugang (Verfügbarkeit finanzieller, personeller und sachlicher Ressourcen für produktionsnahe Investitionen in Gebäude, Anlagen und Infrastruktur): $\emptyset P_G = 6,3; \emptyset L_G = 5,7; E_G = 5,63; RA_G = 3$
- H. Managementfähigkeiten (Bezogen auf Führungskräfte in produktionsnahen Funktionen): $\emptyset P_H = 4,7; \emptyset L_H = 4; E_H = 4,21; RA_H = 9$
- I. Bereitstellung umfassender Verfahrenstechnologien (Intern zur Verfügung stehendes Portfolio an Produktionstechnologien):
 $\emptyset P_I = 5,7; \emptyset L_I = 4,3; E_I = 4,29; RA_I = 7$

Es sind die potentiellen Erfolgsfaktoren als kritisch zu bezeichnen, bei denen sowohl die Priorität als auch die Leistung überdurchschnittlich sind (HEINRICH & POMBERGER 2001; HEINRICH 2001, S. 253F; Abschnitt 9.1). Demzufolge sind die potentiellen Erfolgsfaktoren B (Produktionsqualität), F (Lieferfähigkeit) und G (Ressourcenzugang) als kritisch zu betrachten.

Darüber hinaus sind die potentiellen Erfolgsfaktoren von besonderer Bedeutung, bei denen der errechnete Erfolg (vgl. Abschnitt 2.4) überdurchschnittlich ist (vgl. HEINRICH & STELZER 2011, S. 342). Demnach ist auch der potentielle Erfolgsfaktor C (Technologieführerschaft) als einer der wichtigsten zu berücksichtigen. Daraus ergibt sich, dass die 4 genannten Erfolgsfaktoren die bedeutendsten sind und im weiteren Verlauf der Methodik als kritische Erfolgsfaktoren bezeichnet werden. Dabei handelt es sich auch um die Faktoren, die gemessen am Erfolg die ersten vier Ränge belegen.

Darüber hinaus wurde die Gewichtung, in Abhängigkeit der errechneten Erfolgswerte der vier kritischsten Erfolgsfaktoren, berechnet. Dies ergibt, dass die Lieferfähigkeit mit 27% vor der Produktionsqualität (26%), dem Ressourcenzugang (25%) und der Technologieführerschaft (22%) gewichtet wird.

Anschließend wurden die folgenden produktionsstrategischen Globalziele formuliert:

- Zur Sicherung der Technologieführerschaft werden die Investitionen in innovative Produktionstechnologien in den kommenden 4 Jahren um 20% erhöht.
- Qualitätsstandards werden bis 2019 vereinheitlicht und die Ausschuss- und Mehrkosten um 20% gesenkt. Die Investitionen in innovative Qualitätsprüfungstechnologien werden bis 2019 um 20% erhöht.
- Das Durchschnittsalter des Maschinenparks wird bis 2020 um 25% gesenkt. Gleichzeitig wird der Nutzungsgrad auf 80% und die technische Verfügbarkeit auf 98% erhöht.
- Die Produktionsplanung wird bis 2018 in allen Produktionsbereichen im ERP-System abgebildet.
- Die Kapazitäten werden in wachstumsstarken Produktionsbereichen bis 2020 um insgesamt 25% erhöht. Gleichzeitig werden Investitionen in Produktionsbereiche, die nicht zur technologischen Kernkompetenz gehören, bis 2016 zurückgefahren.

6.2 Validierung von Phase 2 der Methodik

Phase 2 der Methodik beinhaltet die Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder auf Basis der generischen Untersuchungssystematik, die in Abschnitt 5.3.3 auf Grundlage des allgemeinen Problemlösungszyklus von HABERFELLNER ET AL. (2012) abgeleitet wurde. Diese Untersuchungssystematik wird in Abschnitt 6.2 validiert.

Da die vorliegende Arbeit bereits am Beispiel der Triebwerksindustrie erarbeitet wurde, ist es nicht notwendig, auf die Module 2.A (Ermittlung industriespezifischer Einflussfaktoren), 2.B. (Identifizierung produktionsstrategischer Handlungsfelder unter Berücksichtigung von Branchenspezifika) und 2.D (Beschreibung industriebezogener Untersuchungsinhalte) einzugehen. Demzufolge kann in den folgenden Ausführungen auf die Validierung der in Abschnitt 5.3 entwickelten Untersuchungssystematik fokussiert werden.

Zu diesem Zweck wird exemplarisch die Anwendung der Untersuchungssystematik auf das Handlungsfeld Produktionstechnologie durchgeführt. Wie in Abschnitt 5.3.3

beschrieben, ist dieses Handlungsfeld in unterschiedliche Produktionstechnologiegruppen nochmals aufzuteilen (Gruppierung zweiter Ebene). Dies wurde auch im Rahmen der praktischen Validierung vorgenommen. Im Folgenden wird die Anwendung der Untersuchungssystematik auf die Analyse von thermischen und thermochemische Verfahren beschrieben, um für diese produktionsstrategische Ziele und Handlungsempfehlungen abzuleiten. Zu dieser Verfahrensgruppe gehören gemäß der Festlegung des Industriepartners die folgenden Produktionstechnologien:

- Beschichtungsverfahren
 - Alitieren
 - Inchromieren
- Wärmebehandlungsverfahren
 - konventionelles Einsatzhärten durch Aufkohlen oder im Salzbad
 - Wärmebehandlung im Vakuum-Ofen
- Lötverfahren
 - Hochtemperaturlöten

Darüber hinaus wurde festgelegt, dass bestimmte qualitäts- und standortbezogene Aspekte in die Untersuchungen im Rahmen des Handlungsfeldes Produktionstechnologie integriert werden. Wie bereits in Abschnitt 5.3.2 erläutert, haben qualitätsbezogene Untersuchungen eine Querschnittsfunktion und lassen sich somit im Rahmen des Handlungsfeldes Produktionstechnologie analysieren. Darüber hinaus finden die zu untersuchenden Verfahren lediglich an 2 Standorten des Industriepartners Anwendung, so dass die Integration der standortbezogenen Analysen möglich ist (vgl. Abschnitt 5.3.2). Eine vollumfängliche Untersuchung, wie bei einer separaten Analyse der entsprechenden Handlungsfelder, ist so nicht möglich.

Situationsanalyse

Zunächst sind die produktionsstrategischen Globalziele aus Phase 1 in die Situationsanalyse aufzunehmen. Die produktionsstrategischen Globalziele geben grundsätzliche strategische Leitlinien für die Produktion vor. Alle anderen Zielsetzungen und Handlungsempfehlungen, die im Rahmen der Untersuchungssystematik entwickelt werden, orientieren sich an diesen Zielen und tragen zu deren Erfüllung bei. Die produktionsstrategischen Globalziele sind in Abschnitt 6.1.3 aufgelistet.

Des Weiteren unterteilt sich die Situationsanalyse gemäß der in Abschnitt 5.3.3 entwickelten Untersuchungssystematik in die folgenden Elemente:

- Externe Situation
- Interne Situation

- Wettbewerb

Die Elemente lassen sich wiederum in quantitativ nicht monetäre, quantitativ monetäre und qualitative Faktoren gliedern (vgl. Abbildung 14).

Im Rahmen der quantitativen nicht monetären Untersuchungen der externen Anforderungen wurde zunächst eine Weltmarktanalyse aus Produktsicht erstellt. Hierfür wurden die zu erwartenden Produktionsmengen für Triebwerke kalkuliert und nach Beteiligung des Industriepartners unterteilt. Dabei zeigte sich, dass der erwartete Marktanteil und damit auch das Produktionsvolumen des Industriepartners sich bis zum Jahr 2021 signifikant erhöhen wird (+40%). Auf dieser Basis konnte untersucht werden, wie sich diese Stückzahlerhöhung auf die einzelnen Produktionstechnologien auswirken wird. Hierfür ergab sich ein differenziertes Bild, denn durch veränderte Triebwerkdesigns und neue technologische Anforderungen ist die erwartete Mengenverteilung auf die Verfahren unterschiedlich. Während das Volumen der Löt- und Beschichtungsverfahren bis 2021 abnimmt (-10%), wird das antizipierte Volumen für Wärmebehandlungen steigen (+30%).

Im nächsten Schritt wurde im Rahmen der quantitativ nicht monetären Untersuchungen die interne Situation analysiert. Dabei war insbesondere die Anlagenauslastung an den unterschiedlichen Standorten von Interesse. Für die untersuchten Produktionsverfahren betreibt der Industriepartner je einen Standort in Deutschland und im Ausland. Dabei zeigte sich zunächst, dass eine automatische Auswertung von ERP-Daten nicht möglich ist, da die Prozessstunden für diese Verfahren systemseitig nur unvollständig abgebildet werden. Darüber hinaus konnte berechnet werden, dass bei den Beschichtungsverfahren für den Auslandsstandort, auf Basis der prognostizierten Stückzahlen, eine massive Überauslastung zu erwarten ist. Der deutsche Standort hingegen weist eine Unterauslastung auf, die sich bis 2021 weiter verstärken wird.

In der Folge wurden die Wettbewerber dahingehend analysiert, wie viele Prozessstunden diese für die betrachteten Produktionsverfahren ableisten. Darüber hinaus wurden der Wettbewerber in die Kategorien Zulieferer und OEM-Hersteller unterteilt. Hierfür wurden Experten aus unterschiedlichen Abteilungen befragt, um für die betrachteten Produktionstechnologien eine umfassende Übersicht erstellen zu können.

Im Rahmen der qualitativen Analysen wurden technologische Trends in Bezug auf die untersuchten Produktionstechnologien zusammengestellt. Auch hierfür wurden Expertenbefragungen durchgeführt. Die Zusammenfassung der erfassten technologischen Veränderungen wurde in die Kategorien Prozesstechnik, Werkstoffe und Anlagentechnik gegliedert. Ein Beispiel für die technologische Veränderung im

Rahmen der Prozesstechnik ist das Bestreben nach computergestützten Simulationen. Für Wärmebehandlungsvorgänge wäre es von Vorteil, wenn der Bauteilverzug im Vorfeld virtuell simuliert werden könnte. Des Weiteren bestehen Bestrebungen, Lötverbindungen als Funktion unterschiedlicher Parameter beschreiben zu können. Auf dieser Basis ließe sich eine Simulationssoftware entwickeln, mit deren Hilfe kostenaufwendige Probenprogramme eingespart werden könnten. Im nächsten Schritt wurde die technische Ist-Situation beim Industriepartner erfasst. Hierfür wurden u.a. die technische Verfügbarkeit der Anlagen und deren Baujahr an den unterschiedlichen Standorten analysiert. Dabei konnte festgestellt werden, dass für Ersatzinvestitionen, insbesondere im Bereich der Wärmebehandlung, Bedarf besteht. Dem hohen Alter einiger Anlagen entsprechend ist auch der Automatisierungsgrad gering und der Energieverbrauch verhältnismäßig hoch. Die Analyse der Qualitätskennzahlen hat ergeben, dass vor allem bei den Lötverfahren und der Wärmebehandlung eine geringe DPM-Rate erzielt werden kann.

Darüber hinaus wurden im Rahmen der qualitativen Analysen die Wettbewerber dahingehend bewertet, welchen technischen Stand die Konkurrenten gegenüber dem Industriepartner für die einzelnen Verfahren haben. Hierbei wurde unter anderen in die Bereiche Anlagentechnik, Werkstoffe und Qualität unterschieden. Dabei konnte beispielsweise festgestellt werden, dass einige Wettbewerber eine einheitliche Qualitätzertifizierung (NADCAP for Users) verwenden, die der Industriepartner für die betrachteten Verfahren nicht anwendet.

Im Zusammenhang mit den quantitativ monetär bewertbaren Faktoren wurde zunächst untersucht, wie sich die Wertigkeit der betrachteten Verfahren in Bezug auf die Gesamt-Verfahrenskosten eines Triebwerks entwickeln. Dabei konnte festgestellt werden, dass die Wertigkeit der Beschichtungstechnologie in Zukunft steigen wird. Dies ist dadurch zu erklären, dass in modernen Triebwerken zunehmend höhere Temperaturen herrschen und die Anforderungen an die Lebensdauer der Triebwerke weiter steigt. Dies lässt sich durch aufwendigere Beschichtungen realisieren. Die Löttechnologie hingegen wird voraussichtlich in zukünftigen Triebwerken in Bezug auf die Wertigkeit des Verfahrens eine geringere Rolle spielen. Dies ist dadurch zu erklären, dass andere Verfahren (z.B. Schweißen) das Löten substituieren oder veränderte Triebwerksdesigns zu alternativen Produkten (z.B. Bürstendichtungen) führen, die keine Lötungen benötigen. Infolge der quantitativen monetär bewertbaren Unternehmensanalyse wurden wiederum qualitäts- und standortbezogene Analysen durchgeführt. Hierfür wurden die Ausschuss- und Mehrkosten für die einzelnen Verfahren betrachtet. Dabei konnte festgestellt werden, dass sich diese im Standortvergleich erheblich unterscheiden.

Im Rahmen der Situationsanalyse empfiehlt sich die Erstellung eines integrierten Markt-Technologieportfolios (vgl. Abschnitte 2.4 & 5.3.4), um Informationen über die marktmäßige und technologische Positionierung abbilden zu können. Die detaillierten Bewertungsergebnisse im Rahmen der Validierung können in Abschnitt 9.5 den Abbildung 51 bis Abbildung 54 entnommen werden.

An dieser Stelle soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass auch die Position der Produktionsverfahren im Markt-Technologieportfolio im Vergleich zu den im Industrieprojekt real ermittelten Positionen aus Geheimhaltungsgründen verändert wurden, wie auch andere Informationen im Validierungskapitel.

Dem in Abbildung 22 dargestellten Ergebnis zu Folge hat die höchste Priorität das Beschichten und sollte dementsprechend priorisiert behandelt und die entsprechenden Aktivitäten weiter ausgebaut werden. Wärmebehandlung stellt sich als ein zu überprüfendes Verfahren dar, während die Löttechnologie eher aufgegeben werden sollte. In Zusammenhang mit den hinterlegten Normstrategien ist festzuhalten, dass diese ein Indikator sein können, aber nicht zu einem Automatismus führen dürfen (GAUSEMEIER ET AL. 2009, S. 154).

Abbildung 22 stellt das Ergebnis der Analyse zusammenfassend dar.

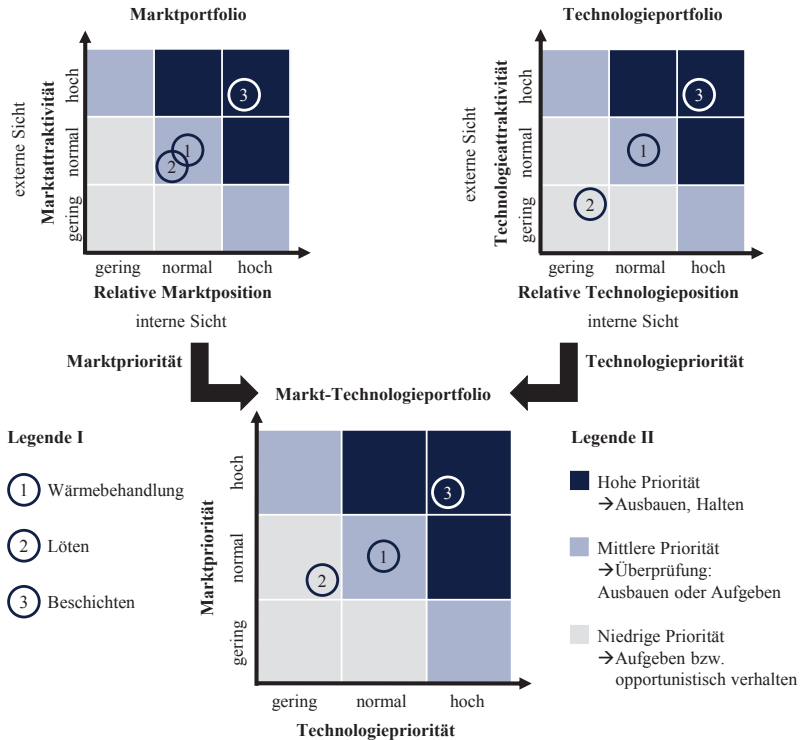


Abbildung 22: Ergebnis des Markt-Technologieportfolios (Daten aus Geheimhaltungsgründen verändert). Darstellung in Anlehnung an HAAG ET AL. (2011, S. 336)

Als weitere Analysemethode im Rahmen der Situationsanalyse ist die Branchenstrukturanalyse anzuwenden. Diese ist zur aggregierten Darstellung von Informationen zur Marktsituation und seiner Teilnehmer geeignet (vgl. Abschnitte 2.4 & 9.1; KERTH ET AL. 2011, S. 164).

Abbildung 23 zeigt das aggregierte Ergebnis der Branchenstrukturanalyse.



Abbildung 23: Ergebnis der Branchenstrukturanalyse

Für die Informationsgewinnung zur Befüllung der Branchenstrukturanalyse ist wiederum zu empfehlen, Experten aus unterschiedlichen Fachbereichen einzubeziehen.

Die Informationen, die aus dem integrierten Markt-Technologieportfolio und der Branchenstrukturanalyse gewonnen wurden, ergänzen und unterstützen die Erkenntnisse, die aus den übrigen Feldern der Situationsanalyse im Rahmen Untersuchungssystematik generiert wurden. Beide Analysen haben zudem den Vorteil, dass technische und ökonomische Fragestellungen verbunden werden. Dies entspricht auch der Struktur der Untersuchungssystematik mit quantitativ monetär nicht bewertbaren, qualitativen und quantitativ monetär bewertbaren Faktoren und entsprechenden Analysefeldern. Demzufolge erweitern diese Analysemethoden die Situationsanalyse in sinnvoller Weise.

Zielformulierung

Der nächste Prozessschritt infolge der in Abschnitt 5.3.3 entwickelten Untersuchungssystematik ist die Zielformulierung. Diese gliedert sich wiederum in die Zusammenfassung der in der Situationsanalyse gewonnenen Erkenntnisse mit Hilfe der SWOT-Analyse (vgl. Abschnitt 2.4) und der anschließenden Formulierung der erkannten

strategischen und operativen Lücken in Form der Gap-to-Close-Analyse (vgl. Abschnitt 5.3.3 und Abbildung 14).

Die Überführung der gewonnenen Erkenntnisse folgt der in Abbildung 12 dargestellten Logik. Dabei ist insbesondere zu berücksichtigen, dass die Stärken und Schwächen aus interner Unternehmenssicht und die Chancen und Risiken aus externer Marktsicht formuliert werden. Diese Unterscheidung in eine externe und interne Sichtweise korreliert wiederum mit den in der Situationsanalyse verwendeten Analysen (Branchenstrukturanalyse und integrierte Markt-Technologieportfolio), die in ähnlicher Form aufgeteilt sind.

Abbildung 24 zeigt eine abstrahierte Zusammenfassung der erstellten SWOT-Analyse.

internal Strengths		internal Weaknesses	
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> hohe Mitarbeiterqualifikation 	Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> Planung ohne Abbildung im ERP-System es besteht Forschungsbedarf bei der Verarbeitung neuer Werkstoffe Unterschiedliche Qualitätsstandards
Löten	<ul style="list-style-type: none"> hohe Qualität (geringe DPM-Rate) 	Löten	<ul style="list-style-type: none"> im Bereich Simulation Nachholbedarf
BS	<ul style="list-style-type: none"> sehr gute Markt- & Technologieposition 	BS	<ul style="list-style-type: none"> Investitionsbedarf bei Anlagentechnik Auslastungsverteilung zw. Standorten
WB	<ul style="list-style-type: none"> hohe Qualität (geringe DPM-Rate) 	WB	<ul style="list-style-type: none"> im Bereich Simulation Nachholbedarf alte Anlagentechnik
WB	<ul style="list-style-type: none"> wenig technologische Alternativen ansteigendes Volumen 	WB	<ul style="list-style-type: none"> keine
BS	<ul style="list-style-type: none"> Markt fordert hochwertige Beschichtungen (Wertigkeit steigt) 	BS	<ul style="list-style-type: none"> es bestehen Substitutionsverfahren
Löten	<ul style="list-style-type: none"> beim Verbau neuer Werkstoffe besteht hohes Potential 	Löten	<ul style="list-style-type: none"> mehrere Substitutionsverfahren & -produkte Wertigkeit in zukünftigen Triebwerken sinkt
Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> keine 	Allgemein	<ul style="list-style-type: none"> keine
external Opportunities		external Threats	

Legende: BS = Beschichten; WB = Wärmebehandlung; Allgemein = für alle Verfahren gültig
DPM = Defects per million (Qualitätskennzahl)

Abbildung 24: Ergebnisse der SWOT-Analyse

Auf die erneute Auflistung der produktionsstrategischen Globalziele in Abbildung 24 wurde aus Platzgründen verzichtet.

Im Rahmen der Zielformulierung sind im nächsten Schritt die Lücken zu identifizieren (Gap-to-Close Analyse). Gemäß Abschnitt 5.3.3 und Abbildung 13 sind hierbei Lücken

zu bestimmen, die sich zwischen den unternehmensinternen Kompetenzen und den Anforderungen des Marktumfeldes ergeben (vgl. PELZ 2004, S. 4 bzw. Abbildung 13). Im Zuge dessen ist es nicht unbedingt notwendig alle Punkte aus der SWOT-Analyse in eine Lückenbeschreibung zu integrieren. Die Experten können sich auf die aus ihrer Sicht wesentlichen Punkte beschränken. Es handelt sich demnach um eine weitere Selektionsstufe.

Abbildung 25 stellt das Ergebnis der Gap-to-Close Analyse dar.

Quantitativ nicht monetäre Lücken
<ul style="list-style-type: none"> • Für eine bessere Produktionsplanung fehlt die systemseitige Abbildung der Verfahren. • Für die signifikanten Volumensteigerungen (z.B. WB + 30%) besteht keine Planung. • Für die zu erwartenden Auslastungsdefizite beim Löten und Beschichten sind keine Maßnahmen definiert.
Qualitative Lücken
<ul style="list-style-type: none"> • Durch Vereinheitlichung der Qualitätsstandards bestehen Einsparpotentiale, die von anderen Wettbewerbern genutzt werden (z.B. NADCAP-Zertifizierung). • Im Bereich Simulation (WB & BS) bestehen Potentiale, die derzeit nicht verfolgt werden. • Im Bereich Verarbeitung neuer Werkstoffe besteht Forschungsbedarf. • Einige Anlagen sind alt und technisch überholt. • Die konventionelle WB erfüllt zunehmend nicht mehr die Anforderungen des Marktes. • Substitutionsverfahren werden derzeit nicht aktiv verfolgt. • Die gute strategische Positionierung beim Beschichten ist weiter ausbaufähig.
Quantitativ monetäre Lücken
<ul style="list-style-type: none"> • Die Ausschuss- und Mehrkosten differieren zwischen den Standorten stark.

Legende: BS = Beschichten; WB = Wärmebehandlung;
NADCAP = National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program

Abbildung 25: Ergebnis der Gap-to-Close Analyse

In den folgenden Schritten (Lösungssuche & Auswahl) können auf Basis der SWOT-Analyse und der identifizierten Lücken die strategischen Ziele für die betrachteten Produktionstechnologien formuliert werden.

Folgende strategische Ziele wurden formuliert:

- I. Bis 2020 wird für die betrachteten Verfahren ein durchschnittlicher Nutzungsgrad von 80% erreicht.
- II. Bis 2018 werden die Qualitätsstandards und damit verbundene Zertifikate und Audits vereinheitlicht.
- III. Die Ausschuss- und Mehrkosten werden bis 2019 um 40% gesenkt.
- IV. Die Anlagentechnik erreicht bis 2020 eine technische Verfügbarkeit von 98% und ist auf dem neuesten Stand der Technik.

- V. Technologische Defizite im Bereich der Simulation und Verarbeitung neuer Werkstoffe werden bis 2020 geschlossen.
- VI. Die Planung der Kapazitäten ist bis 2018 vollständig im ERP-System abgebildet.
- VII. Die Technologieführerschaft im Bereich der Beschichtungsverfahren wird weiter ausgebaut.

Im Anschluss an die Formulierung der strategischen Ziele werden im Rahmen der Lösungssuche (vgl. Abbildung 14) strategische Handlungsempfehlungen formuliert. Während die strategischen Ziele das „Was?“ einer Strategie spezifizieren, fokussieren sich die Handlungsempfehlungen auf das „Wie?“. Dabei sind verschiedene Optionen zu prüfen und die vielversprechendste auszuwählen. In der Praxis zeigt sich, dass dies nicht in jedem Fall notwendig ist. Sind die zu ergreifenden Handlungsempfehlungen klar und werden von keinem der beteiligten Experten Alternativen zur Diskussion hervorgebracht, so ist dieser Schritt nicht zwingend erforderlich. Demzufolge wird an dieser Stelle auf eine umfassende Darstellung der Ergebnisse der Chancen und Risiken Analyse verzichtet. In Abschnitt 9.5 wird beispielhaft eine Anwendung aus der Validierung dargestellt (vgl. Abbildung 55). Die im Rahmen der Validierung erarbeiteten Handlungsempfehlungen sind in Tabelle 6 und Tabelle 7 aufgelistet.

Mit Hilfe der in Abschnitt 5.3.3 beschriebenen Untersuchungssystematik können strategische Ziele und Handlungsempfehlungen in strukturierter Art und Weise erarbeitet werden. Im nächsten Schritt sind die strategischen Ziele und Handlungsempfehlungen aller untersuchten Handlungsfelder bzw. deren Untergruppen (vgl. Abschnitt 5.3.3) auf Wirkzusammenhänge zu untersuchen. Dies wird in der folgenden Phase der Methodik durchgeführt.

6.3 Validierung von Phase 3 der Methodik

Die Untersuchung der Wirkzusammenhänge und demzufolge auch die Validierung gliedert sich in die Module 3.A (Analyse von Wirkzusammenhängen erster Stufe) und 3.B (Analyse von Wirkzusammenhängen zweiter Stufe).

Bei der Untersuchung der Wirkzusammenhänge handelt es sich um einen komplexen Vorgang. Um die Durchführung dieser Phase für die Anwender einfacher und effizienter zu gestalten, wurden die Schritte dieser Phase in einem Microsoft® Excel® Tool abgebildet. Zudem ist es möglich, die zweidimensionalen Portfolios mit Hilfe der Software automatisch zu erzeugen. Auf die detaillierte Beschreibung von verwendeten Excel®-Funktionen oder des Programmiercodes des Tools wird verzichtet, da hierdurch für die Anwender kein direkter Mehrwert entsteht und zudem den Umfang der folgenden

Ausführungen unnötig ausweiten würde. Statt dessen wird im folgenden Abschnitt auf die Ergebnisse der Validierung und die Prüfung der Funktionstüchtigkeit der Methodik fokussiert. Um die vollständige Prüfung dieser Phase mit den in Abschnitt 5.4 beschriebenen Bausteinen durchführen zu können, wurde die Validierung mit operativen und strategischen Handlungsempfehlungen durchgeführt. Zur Sicherstellung der Verwendung eines breiten Spektrums an operativen und strategische Aussagen im Rahmen der Validierung, wurden aus drei Anwendungen der Untersuchungssystematik Handlungsempfehlungen verwendet. Konkret wurde eine Auswahl von Untersuchungsergebnissen der Konzepte zu „Additiven Fertigungsverfahren“, „Mess- & Prüfverfahren“ sowie „Thermische und thermochemische Verfahren“ eingesetzt. Da auch diese Elemente der Geheimhaltung des Industriepartners unterliegen, wurden die Formulierungen der Handlungsempfehlungen verändert und zum Teil ergänzt. Dabei wurde darauf geachtet, dass die Bedeutung nicht unzulässig verfälscht wurden. Auf eine detaillierte Erläuterung der Hintergründe zu den verwendeten Handlungsempfehlungen wird verzichtet, da dadurch für die Validierung der Phase kein zusätzlicher Nutzen entsteht. Wo eine Erläuterung notwendig ist, z.B. bei der Beschreibung eines Widerspruchs, ist diese in den Text integriert.

6.3.1 Analyse von Wirkzusammenhängen erster Stufe

Im folgenden Abschnitt wird die Validierung von Modul 3.A im Rahmen der dritten Phase der Methodik (vgl. Abbildung 8) beschrieben. Dieses beinhaltet die Bausteine A bis F (vgl. Abbildung 15) und fokussiert auf die Analyse der Wirkzusammenhänge erster Stufe.

Baustein A: Überprüfung der Relevanz der zu untersuchenden Elemente

Im ersten Baustein der Methodik werden die auf Wirkzusammenhänge zu untersuchenden Elemente in eine Tabelle eingetragen und weiter spezifiziert. Im Rahmen der Validierung wurden eine Handlungsempfehlung aus der Anwendung der Untersuchungssystematik auf „Additive Fertigungsverfahren“, acht Handlungsempfehlungen aus „Mess- & Prüfverfahren“ und sieben Handlungsempfehlungen aus „Thermische und thermochemische Verfahren“ ausgewählt. Zehn Handlungsempfehlungen wurden als „strategisch“ und sechs als „operativ“ deklariert.

Die folgenden 2 Tabellen listen die untersuchten Handlungsempfehlungen und die zugehörigen Informationen auf, die im Anschluss beschrieben werden.

Tabelle 6: Übersicht der in Phase 3 der Validierung verwendeten Handlungsempfehlungen (Teil 1)

Nr.	Titel des Elements	HF		Art	Einstufung	Noch relevant?
		Typ	Name			
1	Anfertigung einer Machbarkeitsstudie zur Erhöhung der verarbeitbaren Materialien mit additiven Fertigungsverfahren um 50% bis 2017	ProT	AddV	QA	strat.	nicht relevant
2	Integration der im ERP-System integrierten Kapazitätsplanung um die zerstörungsfreien Prüfverfahren bis 6/2015	ProT	M&P	QnM	operativ	relevant
3	Ausarbeitung eines standardisierten Qualifikationsprofils für Fachpersonal im Bereich der Oberflächenprüfung bis 6/2015	ProT	M&P	QnM	operativ	relevant
4	Erstellung einer Roadmap zur Kapazitätserweiterung des maximalen jährlichen Prüfvolumens um 30% im Bereich Oberflächenprüfung bis 6/2017	ProT	M&P	QnM	operativ	relevant
5	Szenariobetrachtung zerstörungsfreie Oberflächenprüfung bis 06/2015 erarbeiten	ProT	M&P	QA	operativ	relevant
6	Erstellung eines Maßnahmenkataloges zur einheitlichen Zertifizierung der zerstörungsfreien Prüfverfahren durch NADCAP bis 6/2017	ProT	M&P	QnM	strat.	relevant
7	Entwicklung eines Konzepts zur Automatisierung des Bauteilhandlings im Bereich Oberflächenprüfung bis 6/2016	ProT	M&P	QA	strat.	relevant
8	Erarbeitung von mind. 5 Forschungsskizzen zur technologischen Weiterentwicklung des Oberflächenprüfverfahrens bis 6/2016	ProT	M&P	QA	strat.	relevant

Legende: AddV = Additive Fertigungsverfahren; M&P = Messen und Prüfen; ERP = Enterprise-Resource-Planning;

ProT = Produktionstechnologie; strat. = strategisch; mind. = mindestens; HF = Handlungsfeld; QA = qualitativ;

QnM = quantitativ nicht monetär; NADCAP = National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program

Tabelle 7: Übersicht der in Phase 3 der Validierung verwendeten Handlungsempfehlungen (Teil 2)

Nr.	Titel des Elements	HF		Art	Einstufung	Noch relevant?
		Typ	Name			
9	Entwicklung von mind. 3 unterschiedlichen Konzepten zur Integration von zerstörungsfreien Prüfverfahren in die Produktionslinien bis 6/2017	ProT	M&P	QM	strat.	relevant
10	Erarbeitung einer Vorgehensweise zur Integration der Kapazitätsplanung aller Fertigungsprozesse im ERP-System bis 6/2015	ProT	TTC	QnM	operativ	relevant
11	Erstellung eines Maßnahmenkatalogs zur Reduktion der Ausschuss- und Mehrkosten um 40% bei Beschichtungsverfahren am Standort A bis 9/2015	ProT	TTC	QM	operativ	relevant
12	Szenarioanalyse mit mind. 3 Varianten für eine mögliche Einführung neuer Beschichtungsverfahren für neuentwickelte Produkte bis 6/2016	ProT	TTC	QnM	strat.	relevant
13	Erstellung eines Projektplans zur Vereinheitlichung der Qualitätsstandards aller Beschichtungsverfahren nach NUCAP bis 6/2015	ProT	TTC	QA	strat.	relevant
14	Kapazitätserweiterung der Ressourcen im Bereich Prozessentwicklung für Beschichtungsverfahren um 20% bis 6/2017	ProT	TTC	QA	strat.	relevant
15	Erstellung einer Machbarkeitsstudie zu möglichen Kapazitätserweiterungsszenarien für WB-Verfahren an unterschiedlichen Standorten bis 6/2016	ProT	TTC	QM	strat.	relevant
16	Vorgehensweise zur Beendigung der konventionellen Wärmebehandlung bis 6/2016 erarbeiten	ProT	TTC	QM	strat.	relevant

Legende: M&P = Messen und Prüfen; ERP = Enterprise-Resource-Planning; WB = Wärmebehandlung; strat. = strategisch; mind. = mindestens; TTC = Thermische und thermochemische Verfahren; ProT = Produktionstechnologie; NUCAP = NADCAP Users Compliance and Audit Program; HF = Handlungsfeld; QA = qualitativ; QM = quantitative monetär; QnM = quantitative nicht monetär

Die tabellarische Aufnahme der zu untersuchenden Handlungsempfehlungen beinhaltet zunächst eine Nummerierung (Spalte 1) und den beschreibenden Titel des Elements (Spalte 2).

Darüber hinaus werden folgende Informationen festgehalten:

- Typisierung des Handlungsfelds (z.B. Produktionstechnologie) - Spalte 3
- Abkürzende Bezeichnung der Gruppierung zweiter Ebene des Handlungsfeldes (z.B. TTC = Thermische und thermochemische Verfahren; vgl. Abschnitt 5.3.3) - Spalte 4
- Art des Aussage (z.B. QM = quantitativ monetär) - Spalte 5
- Einstufung ob es sich um eine strategische oder operative Handlungsempfehlung handelt - Spalte 6
- Festlegung ob das Element noch als relevant erachtet wird - Spalte 7

Darüber hinaus haben die Anwender noch die Möglichkeit ein Feld zu nutzen, um einen Kommentar oder ein Erstellungsdatum einzutragen. Diese sind in den oben dargestellten Tabellen nicht abgebildet, da diese im Rahmen der Validierung nicht genutzt worden sind. Darüber hinaus wird in das Kommentarfeld eingetragen, wenn ein Element in Baustein C im Rahmen einer Widerspruchsauflösung gelöscht wird. In diesem Fall wird das Element aus der dargestellten „Ursprungsliste“ zum Zweck der Dokumentation nicht gelöscht, sondern lediglich durch einen Kommentar und eine Einfärbung markiert und in den folgenden Bausteinen nicht mehr aufgeführt.

Wird ein Element in Spalte 7 als „nicht relevant“ identifiziert (vgl. Handlungsempfehlung Nr. 1 in Tabelle 6), so wird es in den folgenden Schritten auch nicht weiter aufgelistet. Alle nicht relevanten Elemente werden in einer separaten Liste gespeichert.

Baustein B: Aufnahme von Wirkzusammenhängen der ersten Stufe

Baustein B ist der aufwendigste Teil der Phase. Ziel ist es, alle Wirkzusammenhänge der ersten und zweiten Stufe zu identifizieren, wenngleich die Zusammenhänge der zweiten Stufe später noch weiter zu bearbeiten sind. In Baustein B werden zunächst alle als „relevant“ identifizierten Handlungsempfehlungen in eine Einflussmatrix übertragen. Dies geschieht unter Zuhilfenahme des erstellten Excel[®]-Tools automatisch. Die Eintragungen in der Matrix werden zum Zweck der Übersichtlichkeit mit Hilfe von Abkürzungen vorgenommen.

Den Anwendern stehen die Auswahlmöglichkeiten Voraussetzung (Vo.), Widerspruch (Wi.) Beziehung (Be.), Synergie (Sy.) und Konkurrenz (Ko.) zur Verfügung. Die Wirkzusammenhänge „Voraussetzung“ und „Widerspruch“ entsprechen der I. Stufe und stehen demnach im Fokus dieses Moduls. Da aber ohnehin alle Felder der Einflussmatrix betrachtet werden müssen, sind die Wirkzusammenhänge der II. Stufe (Beziehung, Synergie, Konkurrenz) bereits in diesem Baustein zu identifizieren, um den Aufwand in den folgenden Bausteinen reduzieren zu können.

Tabelle 8 zeigt das Ergebnis der Bestimmung der Wirkzusammenhänge.

Tabelle 8: Aufnahme der Wirkzusammenhänge der ersten Stufe im Rahmen der Validierung

Pflicht	HE Nr.	Handlungsempfehlungen															
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	
nein	2		-	-	Vo.	-	-	-	-	Sy.	-	-	-	-	-	-	
nein	3	-		Vo.	-	-	Vo.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
nein	4	-	-		Sy.	-	-	-	Ko.	Sy.	-	-	-	-	Ko.	-	
nein	5	-	-	Sy.		-	-	-	-	Be.	-	-	-	-	-	-	
nein	6	-	-	-	-		-	-	-	-	-	-	Wi.	-	-	-	
nein	7	-	-	Ko.	Be.	-		Sy.	Vo.	-	-	-	-	-	-	-	
nein	8	-	-	-	-	-	Sy.		Sy.	-	-	-	-	-	-	-	
nein	9	Be.	-	Sy.	-	-	-	Sy.		Be.	-	-	-	-	-	-	
nein	10	Sy.	Be.	Be.	Be.	-	Sy.	Be.	Be.		Be.	Vo.	-	Vo.	Vo.	Be.	
nein	11	Sy.	-	-	-	-	-	-	-	Be.		Sy.	Be.	Be.	Vo.	-	
nein	12	-	-	-	-	-	-	-	-	Be.	-		-	Vo.	Be.	-	
nein	13	-	-	-	-	Sy.	-	-	-	-	-	-		-	-	-	
nein	14	-	-	-	-	-	-	-	-	Be.	Sy.	Be.	-		Sy.	-	
nein	15	-	-	-	-	-	-	-	-	Be.	Be.	Be.	-	Be.		-	
nein	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Legende:

Vo. = Voraussetzung; Wi. = Widerspruch; Be. = Beziehung; Sy. = Synergie; Ko. = Konkurrenz

Die Bestimmung der Wirkzusammenhänge wurde durch Experten des Industriepartners und der Unternehmensberatung ifp consulting vorgenommen. Ergänzend zur Angabe der Wirkzusammenhänge wurde festgelegt, dass es sich bei keiner der betrachteten Handlungsempfehlungen um eine „Pflicht-Handlungsempfehlung“ handelt.

Gemäß der Formel aus Abschnitt 5.4.1 sind 210 Felder zu prüfen gewesen. 51 Wirkzusammenhänge konnten identifiziert werden, was einem Anteil von 24,29% entspricht. Es konnten neun Voraussetzungen und ein Widerspruch im Rahmen der Identifizierung der Wirkzusammenhänge erster Stufe identifiziert werden. Darüber hinaus bestehen 41 Wirkzusammenhänge, die der zweiten Stufe zuzuordnen sind. Handlungsempfehlung Nr. 10 weist mit 20 Wirkzusammenhängen die meisten Beziehungen auf. An dieser Stelle wird nochmals deutlich, dass die Analyse der Wirkzusammenhänge ein wichtiger Bestandteil der Methodik darstellt, da eine Reihe von Wirkzusammenhängen besteht, die in den folgenden Bausteinen näher betrachtet

werden. Die Anzahl der Wirkzusammenhänge reduziert sich im Laufe der Validierung, da beispielsweise Widersprüche aufgelöst oder andere Wirkzusammenhänge in Baustein G als nicht relevant identifiziert werden.

Baustein C: Auflösung von Widersprüchen

Baustein C fokussiert auf die in Baustein B identifizierten Widersprüche. Das entwickelte Excel®-Tool sucht hierfür alle Widersprüche in der Einflussmatrix und listet die entsprechenden Elemente in einer Tabelle auf, die in Tabelle 9 dargestellt ist.

Tabelle 9: Tabelle zur Auflösung von Widersprüchen in Baustein C

Nr.	1. Element	vs.	Nr.	2. Element	Löschen
6	Erstellung eines Maßnahmenkataloges zur einheitlichen Zertifizierung der zerstörungsfreien Prüfverfahren durch NADCAP bis 6/2017	vs.	13	Erstellung eines Projektplans zur Vereinheitlichung der Qualitätsstandards aller Beschichtungsverfahren nach NUCAP bis 6/2015	HE 6

Legende: HE = Handlungsempfehlung;
 NADCAP = National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program
 NUCAP = NADCAP Users Compliance and Audit Program

Beide oben aufgeführten Handlungsempfehlungen empfehlen die Einführung einheitlicher Qualitätsstandards. Der Unterschied besteht u.a. darin, dass Handlungsempfehlung Nr. 6 eine NADCAP-Akkreditierung empfiehlt und Handlungsempfehlung Nr. 13 hingegen eine NUCAP-Akkreditierung vorsieht. Beide Standards werden durch das Performance Review Institute vergeben. Bei einer NUCAP-Zulassung müssen auch die wesentlichen Anforderungen von NADCAP erfüllt werden, allerdings entspricht es nicht einer offiziellen NADCAP-Akkreditierung. Auch für eine NUCAP-Zulassung muss ein Unternehmer NADCAP-Mitglied sein. Es handelt sich also um eine sehr ähnlichen Ansatz zur Vereinheitlichung der Qualitätsstandards (vgl. PERFORMANCE REVIEW INSTITUTE 2015A; PERFORMANCE REVIEW INSTITUTE 2015B). Die Zertifizierung nach beiden Standards (NADCAP und NUCAP) ist aber nicht sinnvoll, da hierdurch unnötige Mehraufwendungen entstehen würden, ohne einen weiteren Nutzen zu generieren. Aufgrund dessen stehen die oben genannten Handlungsempfehlungen in einem Widerspruch. Zur Auflösung von Widersprüchen bestehen zwei Möglichkeiten. Zum einen kann eine der Handlungsempfehlungen umformuliert werden und zum anderen kann ein Element gelöscht werden (vgl. HABERFELLNER ET AL. 2012, S. 232F und Abschnitt 5.4.1). Im Rahmen der Validierung wurde durch die Experten entschieden, dass Handlungsempfehlung Nr. 6 gelöscht werden soll (vgl. Spalte 6 in Tabelle 9). Das Excel®-Tool färbt in Folge dessen sowohl die entsprechende Zeile als auch die Spalte der Einflussmatrix gelb ein und entfernt alle zugehörigen

Wirkzusammenhänge. Anschließend wird automatisch geprüft, ob alle Widersprüche aufgelöst sind. Dies ist im Rahmen der Validierung der Fall, da nur ein Widerspruch bestand.

Baustein D: Überprüfung von stark abhängigen, strategischen Elementen

Baustein D dient zur Weiterverarbeitung der strategischen Handlungsempfehlungen, bei denen ein Element die Voraussetzung für ein anderes bildet. Zu diesem Zweck überprüft das Excel[®]-Tool alle Paarungen aus der Einflussmatrix, für die als Wirkzusammenhang eine Voraussetzung angegeben wurde und bei denen beide Handlungsempfehlungen als strategisch identifiziert worden sind und gibt diese in einer Tabelle aus (vgl. Tabelle 3). In der Folge bestehen mehrere Möglichkeiten für die Anwender weiter zu verfahren. Zum einen können die betroffenen Handlungsempfehlungen zu einer neuen Handlungsempfehlung kombiniert werden. Zum anderen können für die Handlungsempfehlungen auch Regeln bestimmt werden, die bei der Erstellung der strategischen Roadmap (Phase 4 der Methodik) zu berücksichtigen sind. Dabei gibt es die Möglichkeit einer „Abfolge“ oder „Parallelität“ (vgl. Abschnitt 5.4.1 und Tabelle 3). Darüber hinaus kann es in manchen Fällen notwendig sein, die Entscheidung erst bei der Erarbeitung der strategischen Roadmap zu treffen. In diesem Fall wird an dieser Stelle eine vorläufige Auswahl getroffen, die in Phase 4 nochmals zu prüfen ist. Wird für eine Paarung von strategischen Handlungsempfehlungen die Auswahl „Abfolge“ oder „Parallelität“ (vgl. Abschnitt 5.4.1 - Baustein D) vorgenommen, so wird dies automatisch durch das Excel[®]-Tool in einer separaten „Regel-Liste“ gespeichert. Wird durch die Anwender die Auswahl „Kombination“ (vgl. Abschnitt 5.4.1 - Baustein D) getroffen, so prüft das Excel[®]-Tool zunächst, ob eine der betroffenen Handlungsempfehlungen in der Liste der ausgegebenen Paarungen von sich voraussetzenden Handlungsempfehlungen mehrfach vorkommt. Ist dies der Fall, so bestünde die Möglichkeit der Kombination mehrerer Handlungsempfehlungen. Ist dies nicht der Fall, so wird die Kombination vorgenommen. Zu diesem Zweck werden die entsprechenden Zeilen bzw. Spalten in der Einflussmatrix (vgl. Baustein B) und der Ursprungsliste (vgl. Baustein A) grün markiert. Darüber hinaus wird in der Kommentarspalte der Ursprungsliste vermerkt, dass die entsprechenden Handlungsempfehlungen kombiniert worden sind. Anschließend wird sowohl die Ursprungsliste als auch die Einflussmatrix um die neue kombinierte Handlungsempfehlung erweitert. Wiederum wird dabei das Kommentarfeld der Ursprungsliste für die neue Handlungsempfehlung dafür genutzt, um zu dokumentieren, aus welchen Handlungsempfehlungen das neue Element kombiniert worden ist. Den Anwendern steht es zudem frei, die Formulierung anzupassen. In der Einflussmatrix werden darüber hinaus die identifizierten Wirkzusammenhänge der kombinierten Handlungsempfehlungen für die neue Handlungsempfehlung übernommen.

Im Rahmen der Validierung wurden 2 Paarungen als Voraussetzungen identifiziert, bei denen beide Elemente strategisch sind. Eine „Kombination“ dieser Elemente wurde ausgeschlossen. Für die Paarung zwischen den Handlungsempfehlungen Nr. 7 und Nr. 9 wurde durch das Expertenteam eine „Abfolge“ gewählt. Hingegen wurde für die Handlungsempfehlungen Nr. 12 und Nr. 14 eine parallele Erarbeitung als notwendig erachtet.

Prinzipiell wäre es an dieser Stelle möglich, mit Phase 4 der Methodik zu beginnen, da die folgenden Bausteine der Qualitätssicherung und der weiteren Detaillierung der Wirkzusammenhänge dienen, aber nicht absolut zwingend sind. Im Rahmen der Validierung wurde entschieden, dass diese Bausteine bearbeitet werden sollen.

Baustein E: Ermittlung von obligatorischen, operativen Handlungsempfehlungen

Bei Baustein E handelt es sich um einen Analyseprozess, bei dem keine manuellen Eingaben durch die Anwender notwendig sind. Das Excel®-Tool identifiziert die Paarungen aus der Einflussmatrix, bei denen ein Element operativ und ein Element strategisch ist und darüber hinaus das operative Element eine Voraussetzung für das strategische Element bildet. Bei den so identifizierten operativen Handlungsempfehlungen handelt es sich folglich um obligatorische operative Handlungsempfehlungen, da diese als Voraussetzung für ein strategisches Element die Basis für ein solches bilden und demnach priorisiert zu bearbeiten sind. Eine „Kombination“ der Elemente wie in Baustein D ist nicht vorgesehen, da es sich um unterschiedliche Einstufungen (operativ vs. strategisch) der Elemente handelt. Die so identifizierten operativen Elemente werden in einer Liste ausgegeben, damit Führungskräfte die Umsetzung dieser Handlungsempfehlungen in besonderem Maße unterstützen können. Als obligatorische operative Handlungsempfehlungen sind im Rahmen der Validierung die Handlungsempfehlungen Nr. 3, 10 und 11 identifiziert worden, da diese eine Voraussetzung für die strategischen Handlungsempfehlungen Nr. 7, 12, 14 und 15 darstellen. Für eine Visualisierung dieses Zusammenhangs wird auf Tabelle 17 in Abschnitt 9.5 verwiesen.

Baustein F: Überprüfung von stark abhängigen, operativen Handlungsempfehlungen

Baustein F fokussiert auf die Untersuchung stark abhängiger operativer Handlungsempfehlungen. Es handelt sich um einen optionalen Baustein, da die operativen Handlungsempfehlungen nicht im Fokus einer Produktionsstrategie stehen. Dennoch ist eine weitere Untersuchung sinnvoll, um auch die operativen Handlungsempfehlungen effizient und in einer sinnhaften Reihenfolge abarbeiten zu können.

Der Aufbau und die Funktionsweise von Baustein F unterscheidet sich im Prinzip nicht von Baustein D. Aufgrund dessen wird auf eine ausführlichere Beschreibung an dieser Stelle verzichtet. Die in der Validierung identifizierten Voraussetzungen zwischen operativen Handlungsempfehlungen sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 10: Identifizierte Voraussetzungen zw. operativen Handlungsempfehlungen im Rahmen der Validierung

Nr.	1. Element	&	Nr.	2. Element	Entscheidung
2	Integration der im ERP-System integrierten Kapazitätsplanung um die zerstörungsfreien Prüfverfahren bis 6/2015	&	5	Szenariobetrachtung zerstörungsfreie Oberflächenprüfung bis 06/2015 erarbeiten	Abfolge
3	Ausarbeitung eines standardisierten Qualifikationsprofils für Fachpersonal im Bereich der Oberflächenprüfung bis 6/2015	&	4	Erstellung einer Roadmap zur Kapazitätserweiterung des maximalen jährlichen Prüfvolumens um 30% im Bereich Oberflächenprüfung bis 6/2017	Parallelität

Im Rahmen der Validierung wurde für die Paarung der operativen Handlungsempfehlungen Nr. 2 und Nr. 5 entschieden, dass diese nacheinander, also in einer „Abfolge“ bearbeitet werden sollen. Die operativen Handlungsempfehlungen Nr. 3 und Nr. 4 hingegen sind gleichzeitig bzw. parallel zu bearbeiten. Mit Baustein F sind die Wirkzusammenhänge erster Stufe vollständig analysiert worden. Im Anschluss werden die Wirkzusammenhänge zweiter Stufe detaillierter betrachtet.

6.3.2 Analyse von Wirkzusammenhängen zweiter Stufe

Der folgende Abschnitt beschreibt die Validierungsergebnisse von Modul 3.B im Rahmen der dritten Phase der Methodik (vgl. Abbildung 8). Dieses beinhaltet die Bausteine G bis L und fokussiert auf die Analyse der Wirkzusammenhänge zweiter Stufe.

Baustein G: Detaillierte Bewertung der Wirkzusammenhänge

Mit Baustein G wird das Ziel verfolgt, die in Baustein B identifizierten Wirkzusammenhänge zweiter Stufe detaillierter zu spezifizieren. Als Grundlage hierfür dient die Einflussmatrix aus Baustein B (vgl. Tabelle 8). Im Unterschied zur Einflussmatrix aus Baustein B liegt der Fokus von Baustein G und der zugehörigen Einflussmatrix auf den Wirkzusammenhängen der zweiten Stufe. Dabei handelt es sich um die Verhältnisse „Beziehung“, „Konkurrenz“ und „Synergie“. Es werden auch die Voraussetzungen angezeigt, die im Rahmen der ersten Stufe untersucht worden sind, da

diese für die spätere Auswertung aller Wirkzusammenhänge relevant sind, wenngleich diese im Rahmen der Untersuchung der Wirkzusammenhänge der zweiten Stufe nicht im Fokus stehen. Darüber hinaus werden nur die Handlungsempfehlungen aufgeführt, die in den vorangegangenen Bausteinen nicht gelöscht worden sind. Die Überführung der entsprechenden Eintragung wird durch das Excel®-Tool automatisch vorgenommen. Zur detaillierteren Bewertung der Wirkzusammenhangsangaben zweiter Stufe wird eine Fuzzy-Skala mit den linguistischen Termen von „sehr deutlich positiv“ bis „sehr deutlich negativ“ verwendet (vgl. Abbildung 17). Tritt der Fall ein, dass bei einer detaillierteren Untersuchung eines Wirkzusammenhangs festgestellt wird, dass dieser nicht relevant ist, kann der Wirkzusammenhang nachträglich entfernt werden und wird entsprechend markiert. Tabelle 11 zeigt das Bewertungsergebnis in Form der beschriebenen Einflussmatrix.

Tabelle 11: Ergebnis der detaillierten Untersuchung der Wirkzusammenhänge zweiter Stufe im Rahmen von Baustein G

Pflicht	#	Handlungsempfehlungen															
		2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
nein	2		-	-	Vo.	-	-	-	5p	-	-	-	-	-	-		
nein	3	-		Vo.	-	Vo.	-	-	-	-	-	-	-	-			
nein	4	-	-		4p	-	-	!	!	-	-	-	-	!			
nein	5	-	-	4p		-	-	-	!	-	-	-	-	-			
nein	7	-	-	5n	!		5p	Vo.	-	-	-	-	-	-			
nein	8	-	-	-	-	5p		5p	-	-	-	-	-	-			
nein	9	!	-	4p	-	-	5p		!	-	-	-	-	-			
nein	10	5p	3p	3p	3p	4p	2p	4p		5p	Vo.	-	Vo.	Vo.			
nein	11	!	-	-	-	-	-	-	5p		3p	1p	3p	Vo.			
nein	12	-	-	-	-	-	-	-	3p	-		-	Vo.	3p			
nein	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-	-	-			
nein	14	-	-	-	-	-	-	-	!	4p	3p	-		4p			
nein	15	-	-	-	-	-	-	-	1p	!	!	-	4p				
nein	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				

Legende:

- | | |
|----------------------------|--|
| 5n = sehr deutlich negativ | 5p = sehr deutlich positiv |
| 4n = deutlich negativ | 4p = deutlich positiv |
| 3n = negativ | 3p = positiv |
| 2n = schwach negativ | 2p = schwach positiv |
| 1n = sehr schwach negativ | 1p = sehr schwach positiv |
| 0 = kein Wirkzusammenhang | ! = nachträglich entfernter Wirkzusammenhang |
| Vo. = Voraussetzung | |

Um die Einflussmatrix übersichtlich gestalten zu können, wurden Abkürzungen für die linguistischen Terme verwendet. Tabelle 11 kann entnommen werden, dass 12 Wirkzusammenhänge nachträglich entfernt worden sind. 28 Wirkzusammenhänge zweiter Stufe verbleiben. Ein Wirkzusammenhang wurde als stark negativer Zusammenhang identifiziert.

Baustein H: Überprüfung von Konkurrenzsituationen

Baustein H dient zur fokussierten Überprüfung von Konkurrenzsituationen. Zu diesem Zweck erstellt das Excel[®]-Tool eine Liste (vgl. Tabelle 4) mit den Paarungen, bei denen in der Matrix „Ko.“ für Konkurrenz eingetragen wurde.

Zur Bearbeitung der Konkurrenzsituationen bestehen die Möglichkeiten ein Element zu löschen, eine Bewertung abzuändern oder die Kennzeichnung der Konkurrenzsituation ohne diese aufzulösen. Wird die Auswahl getroffen ein Element zu löschen entspricht die Funktionsweise des Excel[®]-Tools Baustein C. Demnach wird infolge des Löschvorgangs die entsprechende Zeile als auch Spalte in der Einflussmatrix (vgl. Tabelle 8 und Tabelle 11) eingefärbt und alle entsprechenden Wirkzusammenhänge gelöscht. Zudem wird die Löschung in der Ursprungsliste der Handlungsempfehlungen (vgl. Tabelle 6F) vermerkt.

Im Rahmen der Validierung sind keine Konkurrenzsituationen verblieben. Ursprünglich wurden in Baustein B drei Wirkzusammenhänge als Konkurrenz identifiziert. Zwei der Konkurrenzsituationen (HE4 zu HE9 und HE4 zu HE15) wurden in Baustein G nachträglich entfernt. Die dann verbleibende Konkurrenzsituation zwischen den Handlungsempfehlungen Nr. 7 und Nr. 4 wurde in Baustein G als „sehr deutlich negativ“ bewertet (vgl. Tabelle 11) und ist somit als Grenzwert zu einem Wirkzusammenhang erster Stufe identifiziert worden, die in Baustein I näher betrachtet werden. Folglich verbleiben keine Konkurrenzsituationen, die in Baustein H betrachtet werden müssten.

Baustein I: Überprüfung von Extrem- und Grenzwerten der Wirkzusammenhänge

In Baustein I werden die sehr starken Wirkzusammenhänge (Grenzwerte mit Zahlenwerten auf der Fuzzy-Skala von 5 oder -5) und die sehr schwachen Wirkzusammenhänge (Extremwerte mit Zahlenwert auf der Fuzzy-Skala von 1 oder -1) nochmals betrachtet (vgl. Abbildung 18), um Fehleinschätzungen auszuschließen. Demzufolge handelt es sich um einen optionalen qualitätssichernden Baustein.

Das Excel[®]-Tool erstellt eine Liste der Extrem- und Grenzwerte auf Basis der Analyse der Einflussmatrix aus Baustein G. Die erstellte Liste dient den Anwendern zur Dokumentation der überprüften Grenz- und Extremwerte. Ist ein Extremwert nicht

relevant, so ist dieser in der Einflussmatrix in Baustein G zu eliminieren. Wird festgestellt, dass ein Grenzwert der ersten Stufe zuzuordnen ist, ist eine Iterationsschleife zu Baustein B notwendig, in dem die Einflussmatrix für die entsprechende Paarung von Handlungsempfehlungen anzupassen ist. Im Rahmen der Validierung wurden 11 Grenz- und Extremwerte ausgegeben und entsprechend überprüft. Für keine der Paarungen wurde eine Änderung als notwendig erachtet, so dass auch keine Iterationsschleife zu Baustein G oder B notwendig wurde. Eine Auflistung aller überprüften Grenz- und Extremwerte ist Tabelle 18 in Abschnitt 9.5 zu entnehmen.

Baustein J: Identifikation von Zyklen

Baustein J dient zur Identifizierung von Zyklen innerhalb der untersuchten Elemente mit den zugehörigen Wirkzusammenhängen. Ein Zyklus besteht dann, wenn die Wirkung eines Elements über mehrere Knoten wieder auf das Ursprungselement zurückgeführt werden kann (vgl. NEUMANN 1992, S. 17; SCHLINGLOFF 2008, S. 83; OCKER 2010, S. 91; WERNERS 2013, S. 185). Die Auflösung der Zyklen liegt im Ermessen der Anwender bzw. des Expertenteams. Eine Pflicht zur Auflösung der Zyklen wie bei KREBS (2012, S. 91 & S. 190) besteht nicht, da im Rahmen der Methodik nicht die Gefahr von Endlosschleifen besteht, wie es bei der Modellierung bei KREBS (2012) der Fall sein kann. Die von KREBS (2012, S. 190F) formulierten Anforderungen an einen Algorithmus zur Zyklensuche sind bei der Umsetzung beachtet worden. Zum einen wird der gesamte Graph durchsucht und alle Zyklen ausgegeben und zum anderen ist die Laufzeit des Algorithmus kurz.

Die Zyklensuche basiert auf dem von SCHLINGLOFF (2008, S. 83-93) entwickelten Algorithmus bzw. der Methode der Tiefensuche (vgl. "Zyklen in der Graphentheorie" im Anhang in Abschnitt 9.1). Als Basis für die Zyklensuche dient die in Baustein G erarbeitete Einflussmatrix (vgl. Tabelle 11). Die Umsetzung der Zyklensuche im Excel[®]-Tool erwies sich als komplex. Auf eine detaillierte Beschreibung der erarbeiteten Funktionen wird an dieser Stelle verzichtet.

Es konnten insgesamt 11 Zyklen identifiziert werden. Fünf der Zyklen besaßen die Länge 4, drei die Länge 5 und wiederum drei die Länge 6. Eine manuelle Suche dieser Zyklen wäre aufwendig gewesen. Auf eine Auflösung der Zyklen im Rahmen der Validierung wurde durch das Expertenteam verzichtet. Das Expertenteam wurde darauf hingewiesen, dass in diesem Fall der erste Knoten mit seinen zugehörigen Wirkzusammenhängen wiederum einen Einfluss auf sich selbst hat. Wie groß dieser ist wurde nicht bewertet. Eine vollständige Darstellung aller Zyklen kann Tabelle 19 entnommen werden.

Baustein K: Ermittlung der Ausprägungen der Wirkzusammenhänge

Baustein K dient zur Auswertung der in den vorangegangenen Bausteinen identifizierten Wirkzusammenhängen. Im Zuge dessen werden die Wirkzusammenhänge analysiert, aber nicht mehr abgeändert. Die Berechnungen werden vom Excel[®]-Tool übernommen, so dass eine effiziente und fehlerfreie Berechnung gewährleistet werden kann.

Zunächst werden für jedes Element sowohl für die Tiefen- als auch für die Breitenwirkung die arithmetischen Mittel der folgenden sechs Kennwerte berechnet:

- positive Einflussnahme
- negative Einflussnahme
- positive Beeinflussung
- negative Beeinflussung
- Gesamteinflussnahme
- Gesamtbeeinflussung

Auf den oben genannten Kennwerten basierend können die folgenden Kennzahlen (vgl. Baustein K in Abschnitt 5.4.2) errechnet werden, die zentraler Bestandteil der anschließenden Interpretation der Ergebnisse in Baustein L sind:

- Tiefenwirkung
- Breitenwirkung
- Vernetzungsgrad
- Aktivsumme
- Passivsumme
- Impulsindex

Die Breitenwirkung errechnet sich aus der Gesamteinflussnahme der Breitenwirkung und Gesamtbeeinflussung der Breitenwirkung. Würde man die Breitenwirkung aus der Summe der genannten Werte errechnen, so könnte diese theoretisch 200% betragen. Aufgrund dessen wird auch für die Ermittlung der Breitenwirkung das arithmetische Mittel berechnet. Auf diese Weise wird eine Normierung auf 100% erreicht.

Tabelle 12 zeigt die errechneten Werte aus der Validierung. Aus Gründen der Übersichtlichkeit und Lesbarkeit wurde auf die Darstellung der positiven und negativen Einflussnahme sowie Beeinflussung verzichtet.

In der ersten Spalte ist die Nummer der jeweiligen Handlungsempfehlung (vgl. Tabelle 6F) aufgeführt.

Tabelle 12: Auswertungsergebnisse der Wirkzusammenhänge aus Baustein K in Phase 3

#	TW	BW	VG	AS	PS	IPI
2	5,33	11,54%	0,62	11	5	2,20
3	5,00	11,54%	0,58	12	3	4,00
4	4,33	23,08%	1,00	4	22	0,18
5	4,25	15,38%	0,65	4	13	0,31
7	5,17	23,08%	1,19	16	15	1,07
8	4,40	19,23%	0,85	10	12	0,83
9	4,80	19,23%	0,92	9	15	0,60
10	3,81	57,69%	2,20	47	14	3,36
11	3,38	26,92%	0,91	18	9	2,00
12	4,00	23,08%	0,92	12	12	1,00
13	1,00	3,85%	0,04	0	1	nur passiv
14	3,75	26,92%	1,01	11	19	0,58
15	4,00	23,08%	0,92	5	19	0,26
16	0,00	0,00%	0,00	0	0	keine WZ

Legende: TW = Tiefenwirkung; BW = Breitenwirkung; VG = Vernetzungsgrad;
 AS = Aktivsumme; PS = Passivsumme; IPI = Impuls-Index;
 nur passiv = IPI wird nicht ausgewiesen, da HE ausschließlich beeinflusst wird;
 keine WZ = IPI wird nicht ausgewiesen (HE hat keinen Wirkzusammenhang);
 # = Nummerierung der Handlungsempfehlung

Die Tiefenwirkung in Spalte 2 zeigt die durchschnittliche Stärke der Wirkzusammenhänge eines Elements an. Die Wirkzusammenhänge von Handlungsempfehlung Nr. 2 haben beispielsweise eine durchschnittliche Stärke von 5,33 (vgl. Tabelle 12). In diesem Fall basiert dieser Wert auf drei Wirkzusammenhängen. Zunächst hat Handlungsempfehlung Nr. 2 einen stark positiven Einfluss (5p) auf Handlungsempfehlung Nr. 10 und stellt zudem eine Voraussetzung für Handlungsempfehlung Nr. 5 dar (vgl. Tabelle 11). Die Voraussetzung wird gemäß der verwendeten Fuzzy-Skala (vgl. Abbildung 18) mit der Stärke 6 einberechnet. Darüber hinaus wird Handlungsempfehlung Nr. 2 durch Handlungsempfehlung Nr. 10 stark positiv beeinflusst (5p). Demzufolge errechnet sich die Tiefenwirkung aus $(5 + 6 + 5) / 3 = 5,33$ (vgl. Formel Gl. 5-3).

In Spalte 3 von Tabelle 12 ist die auf 100% normierte Breitenwirkung abzulesen. Der Einfluss oder die Beeinflussung genau eines Elements entspricht 3,85%. Dieser Wert resultiert aus der Anzahl der analysierten Handlungsempfehlungen. In der Validierung von Baustein K wurden 14 Handlungsempfehlungen untersucht (vgl. Tabelle 12).

Demzufolge kann eine Handlungsempfehlung maximal 13 andere Handlungsempfehlungen beeinflussen und auch maximal von 13 Handlungsempfehlungen beeinflusst werden. Demnach weist eine Handlungsempfehlung maximal 26 Wirkzusammenhänge auf. Bei einer Normierung der Breitenwirkung auf 100% bedeutet dies, dass genau ein Wirkzusammenhang einer Breitenwirkung von 3,85% entspricht. Dementsprechend ist Handlungsempfehlung Nr. 13 genau mit einer Handlungsempfehlung vernetzt. In diesem Fall basiert der Wert auf einer sehr schwach positiven Beeinflussung durch Handlungsempfehlung Nr. 11 (vgl. Tabelle 11).

Der Vernetzungsgrad wird in Spalte 4 von Tabelle 12 aufgelistet. Dieser wird durch Multiplikation zwischen der Breiten- und der Tiefenwirkung gebildet und gibt an, in welchem Umfang ein Element mit seiner Umwelt in Beziehung steht (vgl. Abschnitt 5.4.2 - Baustein K und WLEKLINSKI 2001, S. 102 & 106; BALAZOVA 2004, S. 92). Demnach besteht bei Handlungsempfehlung Nr. 10 eine relativ große Vernetzung mit seiner Umwelt (vgl. Tabelle 12). Dementsprechend handelt es sich um ein systemrelevantes Element.

Die Aktiv- und Passivsummen in den Spalten 5 und 6 geben ungeachtet des Vorzeichens (positiv oder negativ) die Summe der Werte der Einflussnahme bzw. Beeinflussung an (BALAZOVA 2004, S. 87; WLEKLINSKI 2001, S. 110; ARNOLD 2005, S. 42; KOSOW ET AL. 2008, S. 38; GAUSEMEIER & PFÄNDER 2009, S. 142; GAUSEMEIER & PLASS 2014, S. 51F; GÄNG 2012, S. 45F). Somit lässt sich beispielsweise ablesen, dass Handlungsempfehlung Nr. 4 im Verhältnis zu den anderen Elementen am stärksten beeinflusst wird (vgl. Tabelle 12).

In der letzten Spalte zeigt der Impulsindex (IPI) an, ob sich ein Element eher aktiv oder eher passiv verhält. Die IPI wird durch Division Aktivsumme durch die Passivsumme gebildet (vgl. Abschnitt 5.4.2 - Baustein K). Dementsprechend gibt ein Wert größer als 1 an, dass die entsprechende Handlungsempfehlung sich eher aktiv verhält und mehrheitlich Einfluss auf andere Elemente nimmt. Demgegenüber gibt ein Wert kleiner als 1 an, dass sich das Element eher passiv verhält und überwiegend von anderen Elementen beeinflusst wird (vgl. BALAZOVA 2004, S. 87; WLEKLINSKI 2001, S. 110; ARNOLD 2005, S. 42). Beispielsweise beträgt bei Handlungsempfehlung Nr. 3 der IPI 4 (vgl. Tabelle 12). Demzufolge verhält sich diese größtenteils passiv.

Als Ergebnis von Baustein K liegen verschiedene Indizes vor, mit deren Hilfe die Handlungsempfehlungen in Bezug auf ihre Wirkzusammenhänge interpretiert werden können. Auf dieser Basis können die Ergebnisse in Baustein L visualisiert werden und entsprechende Schlussfolgerungen gezogen werden.

Baustein L: Visualisierung der ermittelten Kennzahlen

In Baustein L werden die Ergebnisse der Auswertungen aus Baustein K mit Hilfe von zwei- und dreidimensionalen Portfolios visualisiert. Die automatisierte Generierung dreidimensionaler Portfolios ist mit Excel® nicht möglich. Aufgrund dessen werden im Rahmen des Excel®-Tools lediglich zweidimensionale Portfolios erstellt. Die Aufteilung in zweidimensionale Darstellungen hat auch den Vorteil, dass eine fokussierte und detaillierte Interpretation der einzelnen Kennwerte möglich ist. Grundsätzlich können auf Basis der in Baustein K erhobenen Kennwerte eine Vielzahl an Portfolios erstellt werden. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird sich auf 3 zweidimensionale Darstellungen konzentriert, da diese die für die Methodik relevantesten Informationen in Bezug auf die Wirkzusammenhänge der Elemente abbilden. Folgende Portfolios werden nun diskutiert:

- Breitenwirkung vs. Tiefenwirkung (vgl. Abbildung 26)
- Breitenwirkung vs. Impulsindex (vgl. Abbildung 27)
- Impulsindex vs. Tiefenwirkung (vgl. Abbildung 28)

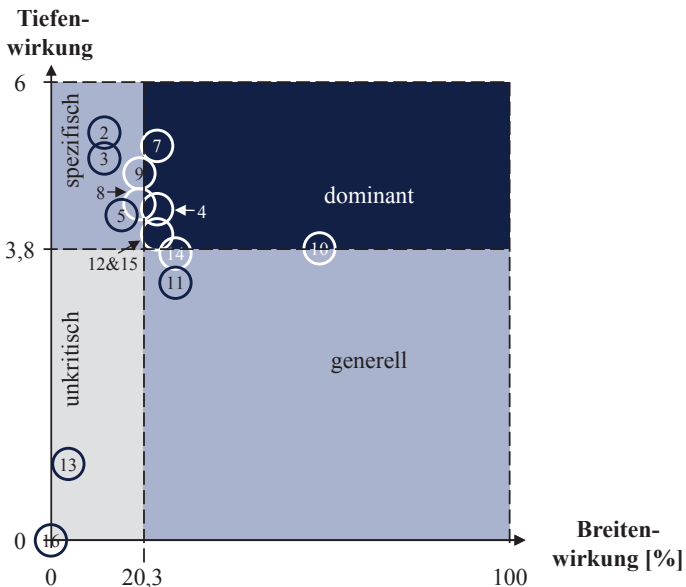


Abbildung 26: Ergebnisse der Portfolioanalyse der Breiten- und Tiefenwirkung

Die Zahlen in den folgenden Portfolios kennzeichnen die Nummerierung der jeweiligen Handlungsempfehlung (vgl. Tabelle 6F).

Die Grenzen zwischen den Bereichen ergeben sich, in dem der Durchschnitt des jeweiligen Kennwertes über alle Handlungsempfehlungen gebildet wird (vgl. HEINRICH 2001, S. 253F; GÄNG 2012, S. 46; HEINRICH & POMBERGER 2001, S. 9F; GAUSEMEIER ET AL. 1996, S. 199F & 212F; HEINRICH & STELZER 2011, S. 345).

Es zeigt sich, dass es 5 dominante Handlungsempfehlungen gibt, die sowohl eine überdurchschnittliche Breiten- als auch Tiefenwirkung aufweisen. Diese Elemente haben in Bezug auf die Wirkzusammenhänge eine besondere Bedeutung. Weitere 5 Handlungsempfehlungen zeigen verhältnismäßig starke Wirkzusammenhänge, allerdings sind diese nur mit relativ wenigen anderen Elementen vernetzt. Demzufolge sind diese als spezifische Handlungsempfehlungen zu bezeichnen.

Die Handlungsempfehlungen Nr. 11 und Nr. 14 weisen verhältnismäßig viele Wirkzusammenhänge auf, die aber unterdurchschnittlich stark ausgeprägt sind. Demnach handelt es sich um generelle Elemente. Die Handlungsempfehlungen Nr. 16 und Nr. 13 sind als unkritisch zu bezeichnen und bedürfen keiner besonderen Beachtung in Bezug auf die Wirkzusammenhänge. Dies ist nicht gleichbedeutend damit, dass die Handlungsempfehlungen nicht wichtig sind, sondern nur, dass diese weniger stark vernetzt sind.

In dem in Abbildung 26 dargestellten Portfolio kann nicht erkannt werden, ob die Elemente eher Einfluss auf andere Elemente nehmen oder eher selbst beeinflusst werden.

Im Gegensatz zu anderen Kennzahlen (z.B. Breitenwirkung) wird beim Impulsindex als Grenze zwischen den Bereichen (reaktiv vs. impulsiv) nicht der Durchschnitt aller errechneten Impulsindizes verwendet, da es eine logische Grenze bei 1 gibt (vgl. Abbildung 27). Ist der Impulsindex größer 1, so beeinflusst das Element überwiegend andere Elemente und verhält sich somit impulsiv (vgl. BALAZOVA 2004, S. 87; WLEKLINSKI 2001, S. 110; ARNOLD 2005, S. 42). Der Durchschnitt aller Impulsindizes liegt bei 1,17. Die darüber liegenden Elemente (Handlungsempfehlungen Nr. 2, Nr. 3, Nr. 10 und Nr. 11) sind demnach nicht nur impulsiv sondern auch überdurchschnittlich impulsiv (vgl. Tabelle 12).

Zu diesem Zweck dient die folgende Portfoliodarstellung (Abbildung 27).

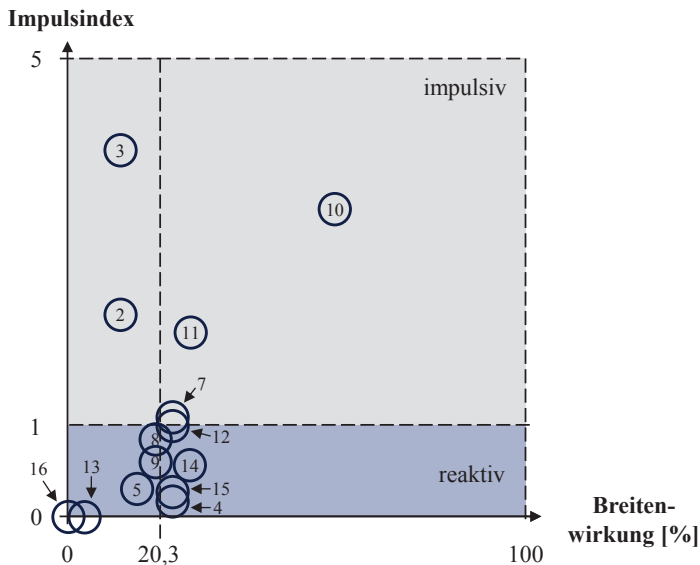


Abbildung 27: Ergebnisse der Portfolioanalyse der Breitenwirkung und des Impulsindex

In Abbildung 27 ist u.a. zu sehen, dass Handlungsempfehlung Nr. 10 eine verhältnismäßig hohe Anzahl an Wirkzusammenhängen hat, die überwiegend eine beeinflussende Wirkung haben. Demnach ist die Aktivsumme von Handlungsempfehlung Nr. 10 deutlich größer als die Passivsumme (vgl. Tabelle 12) und somit kann das Element als überwiegend beeinflussend oder impulsiv bezeichnet werden. Handlungsempfehlung Nr. 12 ist weder impulsiv noch reaktiv. Dieses Element verhält sich neutral, da die Aktivsumme gleich der Passivsumme ist. Demzufolge wird dieses Element gleichermaßen beeinflusst wie es Einfluss nimmt. Handlungsempfehlung Nr. 13 wird ausschließlich durch ein anderes Element beeinflusst und verhält sich somit vollständig reaktiv.

Abbildung 28 stellt den Impulsindex in Relation zur Tiefenwirkung.

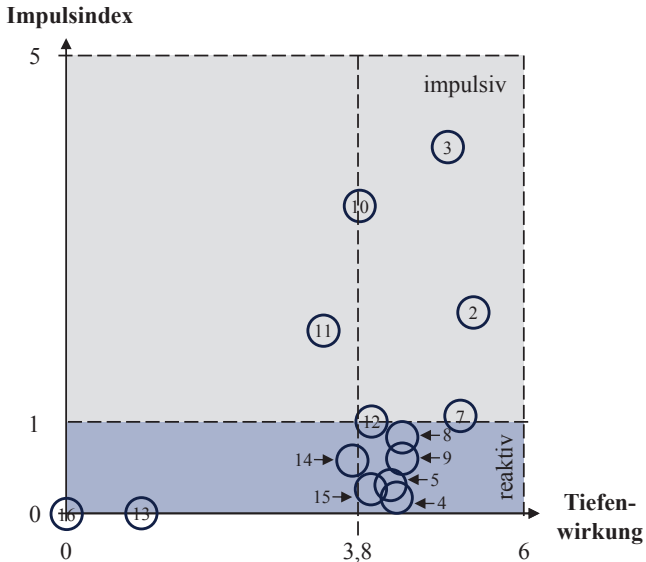


Abbildung 28: Ergebnisse der Portfolioanalyse der Tiefenwirkung und des Impulsindexes

Im Vergleich zu Abbildung 27 ist in Abbildung 28 zu sehen, dass beispielsweise die Impulsivität von Handlungsempfehlung Nr. 3 auf sehr starken Wirkzusammenhängen basiert, da auch die Tiefenwirkung überdurchschnittlich hoch ist. Handlungsempfehlung Nr. 12 hat verhältnismäßig viele Wirkzusammenhänge (vgl. Abbildung 27), die auch überdurchschnittlich stark ausgeprägt sind (vgl. Abbildung 28), sich aber so ausgleichen, dass der IPI gleich 1 ist (vgl. Abbildung 28). Demzufolge ist bei Handlungsempfehlung Nr. 12 die Aktivsumme gleich der Passivsumme und verhält sich somit neutral.

Am Beispiel von Handlungsempfehlung Nr. 2 zeigt sich erneut, dass für eine umfassende Interpretation der Wirkzusammenhänge eines Elements mehrere 2D-Portfolios betrachtet werden müssen. In Abbildung 28 ist zu erkennen, dass die Wirkzusammenhänge überdurchschnittlich stark sind und das Element sich aktiv, also beeinflussend, verhält. Nur in Verbindung mit Abbildung 27 oder Abbildung 26 kann erkannt werden, dass die starke Ausprägung der Tiefenwirkung auf nur wenigen Wirkzusammenhängen basiert.

Aufgrund dessen bietet sich eine dreidimensionale Darstellung an, wie in Abbildung 29 dargestellt.

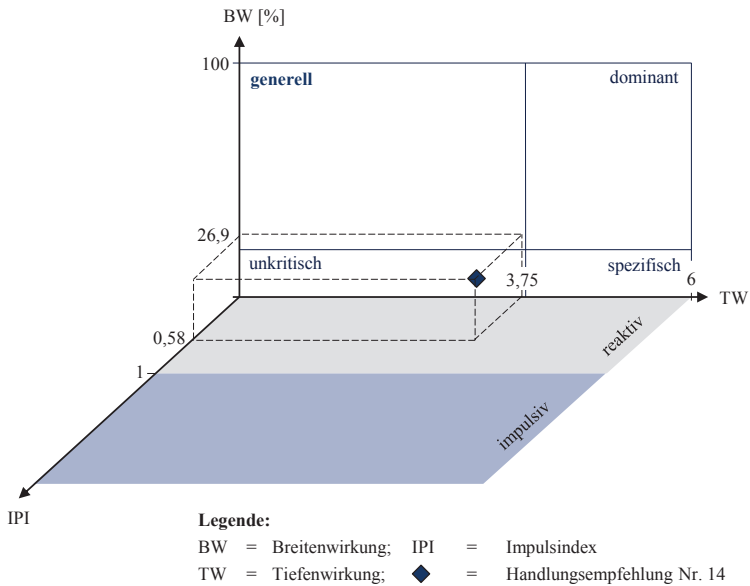


Abbildung 29: 3D-Portfolio zur Analyse der Wirkzusammenhänge von Handlungsempfehlung Nr. 14

Abbildung 29 betrachtend könnte Handlungsempfehlung Nr. 14 als ein „generell-reaktives Element“ bezeichnet werden. „Generell“, da die Breitenwirkung überdurchschnittlich ist, aber die Tiefenwirkung knapp unter dem arithmetischen Mittel aller Tiefenwirkungen liegt. Zudem kann die Handlungsempfehlung als „reaktiv“ bezeichnet werden, da das Element überwiegend durch andere Handlungsempfehlungen beeinflusst wird ($IPI < 1$).

Für die weitere Verarbeitung der Wirkzusammenhänge ist insbesondere interessant, wie systemrelevant ein Element ist. Zu diesem Zweck kann der Vernetzungsgrad herangezogen werden. Dieser ergibt sich aus der Multiplikation der Tiefenwirkung mit der Breitenwirkung.

Abbildung 30 stellt dem Vernetzungsgrad den Impulsindex gegenüber.

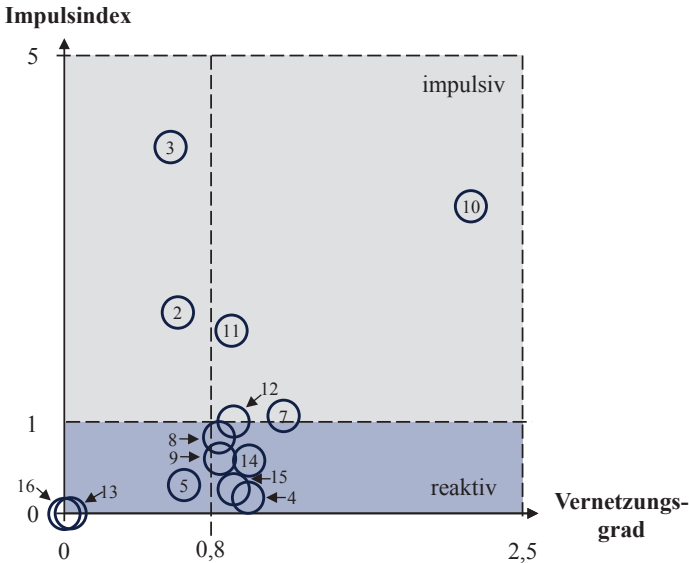


Abbildung 30: Ergebnisse der Portfolioanalyse des Vernetzungsgrades und des Impulsindexes

Sicherlich bringt die zusätzliche Verdichtung den Nachteil mit sich, dass beispielsweise nicht mehr unterschieden werden kann, ob ein höherer Vernetzungsgrad auf einer hohen Breitenwirkung oder einer hohen Tiefenwirkung basiert. Sind diese Informationen jedoch erforderlich, so können die detaillierteren Portfolios hinzugezogen werden. Besonders interessante Elemente sind in Abbildung 30 ebenso ersichtlich. Ein Beispiel hierfür ist Handlungsempfehlung Nr. 10, die in Bezug auf die Wirkzusammenhänge von besonderer Bedeutung ist. Diese weist einen überdurchschnittlich hohen Vernetzungsgrad auf. Demzufolge handelt es sich um ein Element mit einer hohen Systemrelevanz. Darüber hinaus verhält sich das Element überwiegend einflussnehmend auf andere Handlungsempfehlungen. Daraus lässt sich ableiten, dass die Umsetzung dieses Elements eine hohe Relevanz für den Erfolg der Produktionsstrategie hat.

6.4 Validierung von Phase 4 der Methodik

Im folgenden Abschnitt werden die Validierungsergebnisse der vierten Phase der Methodik beschrieben. Diese gliedert sich in die Module 4.A (Ableitung und Analyse

eines produktionsstrategischen Zielsystem) und 4.B (Ergänzung des produktionsstrategischen Zielsystems).

Auch die vierte Phase ist in einem Excel[®]-Tool umgesetzt worden, um so eine effiziente Anwendung gewährleisten zu können. Auf die detaillierte Beschreibung von verwendeten Excel[®]-Funktionen oder des Programmiercodes des Tools wird verzichtet, da hierdurch für die Anwender kein direkter Mehrwert entsteht und zudem den Umfang der folgenden Ausführungen unnötig ausweiten würde. Statt dessen wird im folgenden Abschnitt auf die Ergebnisse der Validierung und die Prüfung der Funktionstüchtigkeit der Methodik fokussiert.

Auch die Ergebnisse dieser Phase unterliegen der Geheimhaltung des Industriepartners, aufgrund dessen wurden die Bewertungsergebnisse zum Teil abstrahiert oder verändert. Dabei wurde darauf geachtet, dass keine Auswirkungen auf die Validierung der Methodik entstehen.

6.4.1 Ableitung des produktionsstrategischen Zielsystems

Zunächst sind die strategischen Ziele zu priorisieren. Als Bewertungskriterien dienen die in Phase 1 identifizierten und gewichteten kritischen Erfolgsfaktoren (KEF). Anhand dieser wird für jedes betrachtete Ziel der strategische Erfüllungsgrad (SEG_z) ermittelt (vgl. Abschnitt 5.5.1).

Das vierte strategische Ziel weist den höchsten strategischen Erfüllungsgrad ($SEG_{IV}=100\%$) auf. Demzufolge ist diesem Ziele ein hoher Stellenwert in der Produktionsstrategie und demnach auch im strategischen Zielsystem zuzuordnen. Dazu in Relation gesehen, tragen die übrigen strategischen Ziele ($SEG_I=58\%$; $SEG_{II}=66\%$; $SEG_{III}=66\%$; $SEG_V=57\%$; $SEG_{VI}=43\%$; $SEG_{VII}=63\%$) weniger stark zur Erfüllung der kritischen Erfolgsfaktoren der Produktion bei und sind demnach weniger relevant für eine erfolgreiche Produktionsstrategie. Von der Eliminierung eines strategischen Ziels wurde abgesehen, da es sich um eine überschaubare Anzahl handelt. Im Anhang (Abschnitt 9.5) ist die Tabelle (vgl. Tabelle 20) mit allen Bewertungsergebnissen einzusehen.

Abbildung 31 stellt exemplarisch ein produktionsstrategisches Zielsystem dar, welches auf Basis der formulierten strategischen Ziele aus Phase 1 und 2 erstellt wurde.

Handlungsfeld Produktionstechnologie	Handlungsfeld Standort	Handlungsfeld Qualität
<ul style="list-style-type: none"> • Die Anlagentechnik erreicht bis 2020 eine technische Verfügbarkeit von 98% und ist auf dem neuesten Stand der Technik. (sZ IV) • Die Technologieführerschaft im Bereich der Beschichtungsverfahren wird weiter ausgebaut. (sZ VII) • Bis 2020 wird für die betrachteten Verfahren ein durchschnittlicher Nutzungsgrad von 80% erreicht. (sZ I) • Technologische Defizite im Bereich der Simulation und Verarbeitung neuer Werkstoffe werden bis 2020 geschlossen. (sZ V) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bis 2020 wird für die betrachteten Verfahren ein durchschnittlicher Nutzungsgrad von 80% erreicht. (sZ I) • Die Planung der Kapazitäten ist bis 2018 vollständig im ERP-System abgebildet. (sZ VI) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bis 2018 werden die Qualitätsstandards und damit verbundene Zertifikate und Audits vereinheitlicht. (sZ II) • Die Ausschuss- und Mehrkosten werden bis 2019 um 40% gesenkt. (sZ III)

Legende:

sZ = strategisches Ziel

Abbildung 31: Produktionsstrategisches Zielsystem der Handlungsfelder

Im Rahmen der Anwendung der Untersuchungssystematik (Phase 2) auf das Handlungsfeld Produktionstechnologie (TTC-Verfahren) wurden außerdem qualitäts- und standortbezogene Aspekte untersucht. Dies spiegelt sich im Zielsystem insofern wider, dass die Ziele nach Handlungsfeldern strukturiert werden können. Innerhalb eines Handlungsfeldes sind die strategischen Ziele nach dem strategischen Erfüllungsgrad absteigend sortiert. Auf eine erneute Auflistung der produktionsstrategischen Globalziele (vgl. Abschnitt 6.1.3) wurde verzichtet.

6.4.2 Ergänzung des produktionsstrategischen Zielsystems

Das produktionsstrategische Zielsystem lässt sich durch weitere Analysen ergänzen. Auch die Handlungsempfehlungen werden anhand der kritischen Erfolgsfaktoren bewertet. Darüber hinaus sind die Analysen bezüglich der Handlungsempfehlungen durch eine Aufwand-Nutzen-Betrachtung zu ergänzen. Diese ist im Anschluss mit der Untersuchung der Wirkzusammenhänge kombinierbar. Zum Abschluss wird eine umfassende Roadmap erstellt, die zu einer effizienten Umsetzung der

Produktionsstrategie beiträgt (vgl. Abschnitt 5.5.2). Die ergänzenden Analysen sind grundsätzlich auch für die strategischen Ziele denkbar, allerdings ist der Abstraktionsgrad der strategischen Ziele höher und somit ist eine detaillierte Analyse nicht immer möglich oder es kann eine Scheingenaugigkeit suggeriert werden. Eine Anwendung auf strategische Ziele ist im Einzelfall zu prüfen. Prinzipiell ist die Vorgehensweise vergleichbar zu Phase 3. Im Rahmen der Validierung werden die Ergebnisse anhand der Handlungsempfehlungen in Anlehnung an die Validierung von Phase 3 dargestellt.

Auch die Handlungsempfehlungen (HE) sind zunächst in Bezug auf ihren Beitrag zu einer erfolgreichen Produktionsstrategie hin zu untersuchen. Darauf basierend kann eine Rangliste der „besten“ Handlungsempfehlungen erstellt werden. Zu diesem Zweck wird analog zur Bewertung der strategischen Ziele der strategische Erfüllungsgrad der Handlungsempfehlungen (SEG_h) berechnet (vgl. Abschnitt 5.5.2).

HE15 und HE16 weisen den höchsten strategischen Erfüllungsgrad ($SEG_{15,16}=58\%$) auf. HE7 ($SEG_7=34\%$) und HE12 ($SEG_{12}=33\%$) weisen die niedrigsten Werte auf. Alle Ergebnisse können Tabelle 21 in Abschnitt 9.5 entnommen werden.

Es bestünde auch hier die Möglichkeit die Handlungsempfehlungen zu eliminieren, die einen zu geringen Wert aufweisen. Hierfür ist der Mittelwert (46,1%) aller errechneter SEG_h zu verwenden (vgl. HEINRICH 2001, S. 253F; GANG 2012, S. 46; HEINRICH & POMBERGER 2001, S. 9F; GAUSEMEIER ET AL. 1996, S. 199F & 212F; HEINRICH & STELZER 2011, S. 345). Darauf wird an dieser Stelle verzichtet, da es sich um eine überschaubare Anzahl an Handlungsempfehlungen handelt und die folgende Analyse ergänzende Informationen liefert, auf deren Basis eine Entscheidung differenzierter getroffen werden kann.

Im nächsten Schritt sind die Handlungsempfehlungen in Bezug auf Aufwand und Nutzen zu bewerten. In der Diskussion mit dem Expertenteam wurde festgelegt, dass der Aufwand einer strategischen Handlungsempfehlung nur qualitativ bewertet werden kann. Aufgrund dessen wird für jede Handlungsempfehlung der Aufwandswert (AW_h) berechnet (vgl. Abschnitt 5.5.2). Alle bewerteten Aufwandskategorien (personell, finanziell & sachlich) sind gleich gewichtet worden (je 33%). Dies führt zu einem weniger differenzierten Ergebnis. HE8, HE13 und HE15 wurden mit einem hohen Aufwandswert ($AW_{8,13,15}=81\%$) als sehr ressourcenintensiv identifiziert. Auch HE7 und HE12 ($AW_{7,12}=71\%$) sind bei einem durchschnittlichen Aufwandswert von 69% als überdurchschnittlich aufwendig bewertet worden. Die übrigen Aufwandswerte liegen unterhalb des Durchschnitts ($AW_{9,16}=62\%$; $AW_{14}=43\%$) und sind somit in Bezug auf den zu erwartenden Umsetzungsaufwand geringer einzuschätzen. Die ausführliche Darstellung der Bewertungsergebnisse ist in Tabelle 22 (Abschnitt 9.5) dargestellt.

Betrachtet man den Nettonutzen so kann festgestellt werden, dass dieser mit $-0,23$ im negativen Bereich liegt. Demzufolge wurde das Aufwand-Nutzen-Verhältnis der betrachteten Elemente tendentiell eher negativ bewertet.

Auf Basis der oben beschriebenen Auswertungen kann das folgende Portfolio (vgl. Abbildung 32) erstellt werden.

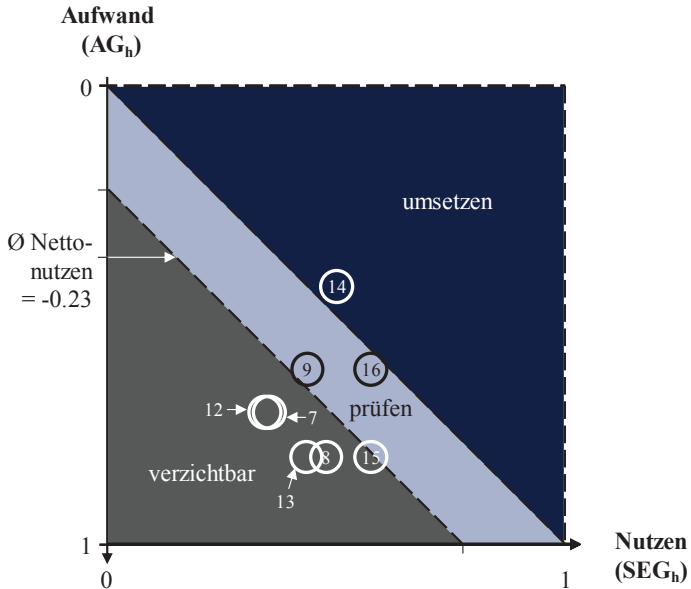


Abbildung 32: Ergebnisportfolio der Aufwand-Nutzen-Betrachtung

Die Zahlen in den Kreisen geben die Nummern der jeweiligen Handlungsempfehlung an (vgl. Tabelle 6 & Tabelle 7). Da der durchschnittliche Nettonutzen kleiner 0 ist ergeben sich die Felder verzichtbar, prüfen und umsetzen (vgl. Abbildung 20). Der Abbildung ist zu entnehmen, dass Handlungsempfehlung Nr. 14 das beste Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen bietet, da der Aufwand verhältnismäßig geringer eingeschätzt wurde, während der Nutzen relativ hoch bewertet wurde. Handlungsempfehlungen Nr. 9 und Nr. 16 haben einen negativen aber überdurchschnittlichen Nettonutzen. Diese Elemente sind im Einzelnen zu betrachten, ob sie bereits ohne die Betrachtung der Wirkzusammenhänge wirtschaftlich sind oder nur in Kombination mit der Betrachtung der Wirkzusammenhänge eine Umsetzung vertreten werden kann. Die übrigen Handlungsempfehlungen sind in Bezug auf den Nettonutzen negativ bewertet worden und somit kritisch in Bezug auf das gegebene Aufwand-Nutzen-Verhältnis zu

betrachten. Demzufolge sind diese Handlungsempfehlungen erst nach den übrigen umzusetzen. Diese Interpretation kann sich ändern, wenn die Wirkzusammenhänge der Elemente mitberücksichtigt werden.

Aufgrund dessen wird auf Basis der oben durchgeführten Analysen im Anschluss der auf 1 normierte Nettonutzen und der ebenso auf 1 normierte Vernetzungsgrad berechnet. Daraus wird durch Addition der vorgenannten Kennwerte der Signifikanzindex berechnet (vgl. Abschnitt 5.5.2).

Die Ergebnisse der Validierung sind in Tabelle 13 aufgelistet.

Tabelle 13: Ergebnisse der Ermittlung der Signifikanzindizes

	Strat. Erfüllungsgrad (SEG _h)	Aufwandswert (AW _h)	Normierter Nettonutzen (NN _{h,normiert})	Normierter Vernetzungsgrad (VG _{h,normiert})	Signifikanzindex (SKI _h)	Rang
HE 7	0,34	0,71	0,32	0,20	0,51	4
HE 8	0,48	0,81	0,34	0,14	0,48	6
HE 9	0,43	0,62	0,41	0,15	0,56	2
HE 12	0,33	0,71	0,31	0,15	0,46	7
HE 13	0,43	0,81	0,31	0,01	0,32	8
HE 14	0,50	0,43	0,53	0,17	0,70	1
HE 15	0,58	0,81	0,39	0,15	0,54	3
HE 16	0,58	0,62	0,48	0,00	0,48	5

Legende:

HE = Handlungsempfehlung; Rang = Rangfolge in Bezug auf Signifikanzindex

Auf Basis der errechneten Signifikanzindizes kann eine Rangfolge erstellt werden, die Handlungsempfehlungen anhand ihrer Bedeutung für eine erfolgreiche Umsetzung der Produktionsstrategie hierarchisch ordnet. Demzufolge ist Handlungsempfehlung Nr. 14 die Bedeutendste aller bewerteten Elemente für eine erfolgreiche Umsetzung der Produktionsstrategie. Handlungsempfehlung Nr. 14 ist überdurchschnittlich vernetzt und auch das Verhältnis von Aufwand zu Nutzen ist verhältnismäßig gut.

Die Ergebnisse in einem Portfolio mit Nettonutzen und Vernetzungsgrad dargestellt, ergibt das folgende Bild (vgl. Abbildung 33). Die Abgrenzung zwischen den Bereichen der geringen und hohen Signifikanz wurde durch das arithmetische Mittel aller untersuchten Elemente in Bezug auf den normierten Nettonutzen und den normierten Vernetzungsgrad errechnet. Beispielsweise ist das arithmetische Mittel aller betrachteten strategischen Handlungsempfehlungen in Bezug auf den normierten Vernetzungsgrad gleich 0,12. Die weitere Bereichsunterteilung beispielsweise zwischen

der untergeordneten und der geringen Signifikanz wurde durch die Halbierung des arithmetischen Mittels aller Elemente ermittelt.

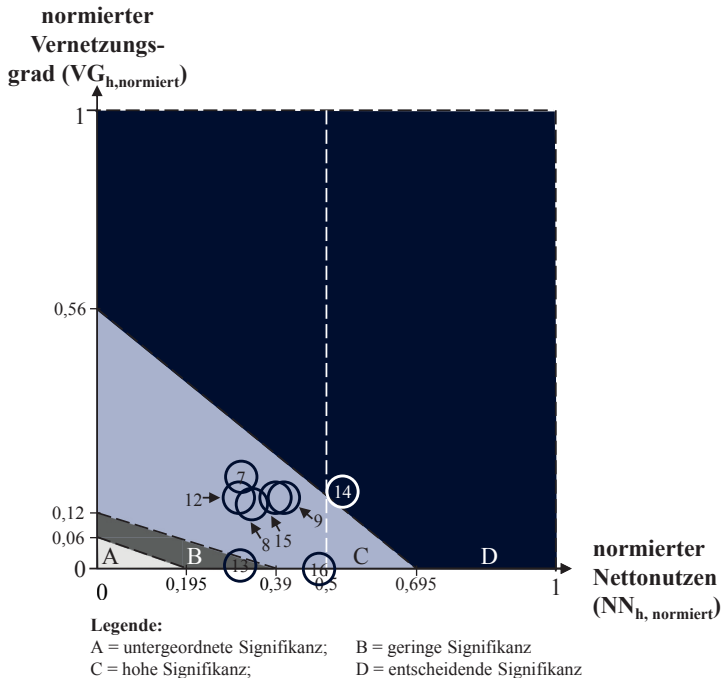


Abbildung 33: Ergebnis Nettonutzen-Vernetzungsgrad-Portfolio

Lediglich Handlungsempfehlung Nr. 14 befindet sich im Bereich D (entscheidende Signifikanz). Demzufolge ist dieses Element mit höchster Priorität zu verfolgen, da es nicht nur ein gutes Aufwand-Nutzen-Verhältnis aufweist, sondern auch einen verhältnismäßig hohen Vernetzungsgrad aufweist, woraus sich eine hohe Systemrelevanz ableiten lässt. Dieses Element ist demzufolge für sich genommen bereits nutzbringend und in Kombination mit der hohen Systemrelevanz von entscheidender Bedeutung.

Handlungsempfehlung Nr. 13 befindet sich im Bereich B (geringe Signifikanz), da sowohl der normierte Vernetzungsgrad als der normierte Nettonutzen unterdurchschnittlich ist. Demnach ist dieses Element für den Erfolg der Produktionsstrategie weniger bedeutend als die übrigen Handlungsempfehlungen.

Alle anderen Handlungsempfehlungen befinden sich im Bereich C (hohe Signifikanz). Daraus folgt eine hohe Relevanz für die Produktionsstrategie, wenngleich im Vergleich zu Handlungsempfehlung Nr. 14 keine entscheidende Bedeutung abgeleitet werden kann.

Dieses Vorgehen hat den Vorteil, dass die Interpretation der einzelnen Elemente immer in Bezug zum Ganzen gesehen wird. Dies hat auch zur Folge, dass beispielsweise tendenziell höhere Bewertungen bei der Aufwandsabschätzung im Vergleich zur Nutzenbewertung relativiert werden. Bei den rein qualitativen Bewertungen der Kennwerte ist dies vorteilhaft. Aufgrund dessen wurde die relative Sichtweise in Abbildung 33 gewählt. Dabei ist folgendes zu beachten: Es liegen auch Elemente im Bereich der hohen Signifikanz, die absolut berechnet einen negativen Nettonutzen aufweisen. Bei Elementen mit einem negativen Nettonutzen wurde der Aufwand höher bewertet als der Nutzen. Nur Elemente mit einem normierten Nettonutzen größer 0,5 weisen im Vergleich zum Aufwand einen höheren Nutzen auf. Kann bei der Bewertung sichergestellt werden, dass die Aufwands- und Nutzenbewertung vollständig vergleichbar sind, so müssen die Bereiche in Abbildung 33 in Bezug auf den Nettonutzen anders gewählt werden. In diesem Fall ist eine Trennung zwischen der geringen und hohen Signifikanz in den Bezug auf den Nettonutzen bei 0,5 vorzunehmen. Wie in Abbildung 33 zu sehen, weist lediglich Handlungsempfehlung Nr. 14 einen normierten Nettonutzen größer 0,5 auf.

Im Anschluss kann eine produktionsstrategische Roadmap aufgebaut werden. Diese gliedert sich entsprechend der Handlungsfelder und stellt die handlungsfeldspezifischen Ziele und Handlungsempfehlungen in einen zeitlichen Zusammenhang. Die Handlungsempfehlungen sind hierarchisch nach der Signifikanz geordnet.

Abbildung 34 stellt eine produktionsstrategische Roadmap exemplarisch dar, die im Rahmen der Arbeit erstellt wurde, aber keiner tatsächlichen Roadmap aus der Praxis des Industriepartners entspricht. Die Ziele sind mit der jeweiligen römischen Ziffer gekennzeichnet (vgl. Seite 135). Die Handlungsempfehlungen sind mit der jeweiligen arabischen Ziffer und einem verkürzten Beschreibungstext dargestellt. Die blau hinterlegten Felder symbolisieren den vorgesehenen Umsetzungszeitraum.

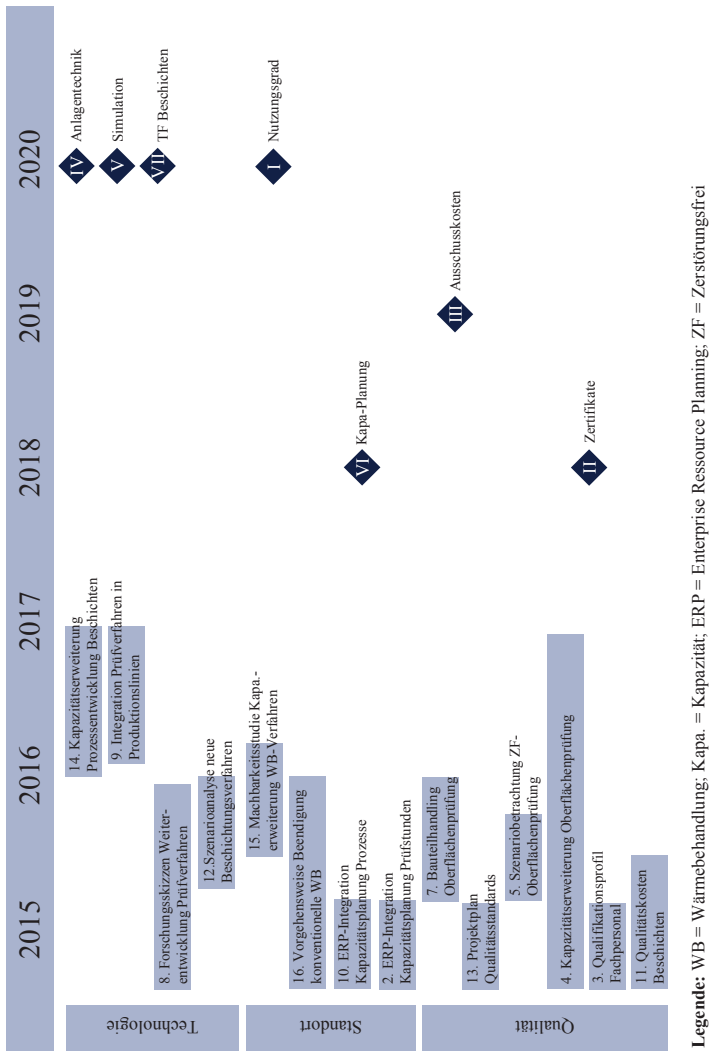


Abbildung 34: Produktionsstrategische Roadmap

Die in Phase 3 ausgewählten Handlungsempfehlungen aus unterschiedlichen Bereichen sind als Basis für die produktionsstrategische Roadmap verwendet worden (vgl. Tabelle 6 & Tabelle 7). Da es sich um eine Auswahl an Handlungsempfehlungen und Zielen

handelt, ist in Abbildung 34 keine vollständige unternehmensbezogene Roadmap dargestellt.

Insbesondere zu beachten bei der Erstellung der Roadmap sind die Wirkzusammenhänge als Ergebnis von Phase 3. Dadurch können sich Veränderungen bei den jeweils vorgesehenen Zeiträumen ergeben. Beispielsweise wurde in Baustein F festgelegt, dass Handlungsempfehlung Nr. 2 als Voraussetzung von Handlungsempfehlung Nr. 5 zuerst abzuschließen ist, bevor mit Handlungsempfehlung Nr. 5 begonnen werden kann (vgl. Tabelle 10). Beide Handlungsempfehlungen sollen bis 6/2015 abgeschlossen sein. Demzufolge muss Handlungsempfehlung Nr. 2 entweder schneller abgeschlossen werden oder Handlungsempfehlung Nr. 5 wird erst später beendet. Letzteres wurde in der in Abbildung 34 dargestellten Roadmap aufgenommen. Darüber hinaus sind auch die übrigen Voraussetzungen zu beachten. Unter Berücksichtigung der Wirkzusammenhänge entsteht eine umfassende Roadmap, die zur effizienten Umsetzung der erarbeiteten Produktionsstrategie beiträgt.

6.5 Bewertung der Methodik

Im folgenden Abschnitt wird die erarbeitete Methodik zunächst anhand der in Kapitel 4 formulierten Anforderungen bewertet. In diesem Zusammenhang wird zu Beginn auf die spezifischen Anforderungen eingegangen und anschließend die allgemeinen Anforderungen betrachtet. Darüber hinaus wird in Abschnitt 6.5.2 eine wirtschaftliche Betrachtung vorgenommen.

6.5.1 Bewertung anhand der Anforderungen

Die erste Anforderung an die Methodik ist die ganzheitliche Betrachtung der relevanten Handlungsfelder sowie die Möglichkeit weitere Handlungsfelder integrieren zu können. Insbesondere Phase 2 trägt zur Erfüllung dieser Anforderung bei. Es sind zunächst branchenspezifische Einflussfaktoren aufgezeigt worden und auf dieser Basis in Kombination mit den in der Literatur genannten Inhalten Handlungsfelder identifiziert worden sowie Untersuchungsinhalte umfassend beschrieben worden. Die Integration weiterer Handlungsfelder im Rahmen einer möglichen Anwendung in anderen Industriebereichen ist ohne weiteres möglich. Auch die anschließenden Phasen sind so gestaltet, dass weitere Elemente verarbeitet werden können.

Die Identifizierung der relevanten Handlungsfelder unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren der Triebwerksindustrie sowie die inhaltliche Beschreibung dieser trägt zur Berücksichtigung branchenspezifischer Besonderheiten bei. Eine vollständige Erfüllung dieser Anforderung kann nicht gewährleistet werden, da auch innerhalb einer

Branche verschiedene Unternehmen unterschiedliche Schwerpunkte setzen. Dies berücksichtigend kann es der Fall sein, dass bei anderen Anwendungsfällen eine abweichende Auswahl der Handlungsfelder getroffen wird.

Das in der Literatur am häufigsten genannte Defizit ist die mangelhafte Berücksichtigung von Wirkzusammenhängen. Einzig bei simulationsgestützten Ansätzen werden Wirkzusammenhänge zum Teil berücksichtigt. Die rein analytische Ableitung von Produktionsstrategien weist aber andere Nachteile auf (vgl. Abschnitt 3.4.2). Aber auch diese Beiträge weisen Lücken bei der umfassenden Analyse von Wirkzusammenhängen auf. In Phase 2 wurden methodische Elemente (z.B. SWOT-Analyse, Markt-Technologieportfolio) integriert, die Zusammenhänge sichtbar machen und eine strukturierte Analyse dieser ermöglichen. Insbesondere in Phase 3 wurde eine umfassende Vorgehensweise implementiert, die Wirkzusammenhänge der ersten und zweiten Stufe analysiert, bewertet und visualisiert. Die Ergebnisse dieser Analysen werden in Phase 4 berücksichtigt und weiterverarbeitet. Auf diese Weise wurde die Anforderung der Berücksichtigung von Wirkzusammenhängen vollständig erfüllt und ein wissenschaftlicher Mehrwert zur bestehenden Literatur erarbeitet.

Phase 1 entspricht eine klassischen Top-Down-Vorgehensweise. Diese wird in Phase 2 im Rahmen der Untersuchungssystematik mit einer Bottom-Up-Vorgehensweise kombiniert. Somit kann sichergestellt werden, dass die Produktionsstrategie sich in das System der betrieblichen Strategien einfügt und gleichzeitig produktionsnahe Detailanalysen dazu führen, die Produktionsstrategie zu ergänzen. In Phase 4 werden die Ergebnisse beider Phasen entsprechend ihrer Hierarchie dargestellt und weiterverarbeitet.

Die Methodik entspricht einer logischen Vorgehensweise zur Entwicklung einer Produktionsstrategie. Demzufolge ist ein Prozess im Sinne einer Vorgehensweise erarbeitet worden, der Iterationen zwischen den Elementen zulässt. Insbesondere in Phase 2 wurde im Rahmen der Untersuchungssystematik der Fokus auf eine Struktur zur Analyse eines Handlungsfeldes gelegt. In allen Phasen werden die Ergebnisse in Form von Zielen und Handlungsempfehlungen analysiert und strukturiert. Demzufolge wurden die Vorteile einer struktur- und prozessorientierten Vorgehensweise miteinander kombiniert.

In den Phasen 2 bis 4 sind mehrere Schritte eingebaut, die dazu dienen, die Anzahl der Ziele und Handlungsempfehlungen zu reduzieren und sich somit auf die wesentlichen Ergebnisse zu konzentrieren. Dies trägt entscheidend zur Komplexitätsbeherrschung bei. Darüber hinaus tragen die Analysemöglichkeiten (z.B. in Form von Portfolios) bei, die Ergebnisse übersichtlich darzustellen. Generell kann in Bezug auf die Methodik

festgehalten werden, dass mit steigender Komplexität des Anwendungsfalls, der Mehrwert durch die Verwendung der Methodik steigt. Dies gilt insbesondere für die Phasen 3 und 4. Je mehr Ziele und Handlungsempfehlungen in Phase 2 formuliert werden, desto sinnhafter ist die strukturierte Analyse und Priorisierung dieser.

Die Standardisierung der Untersuchungsstruktur in Phase 2 und die Weiterverarbeitung der daraus entstehenden Ergebnisse war ein Ziel der vorliegenden Arbeit. Die schrittweise aus einem allgemeinen Problemlösungszyklus abgeleitete Untersuchungssystematik bietet eine standardisierte Struktur zur Analyse der produktionsstrategischen Handlungsfelder. Auch die folgenden Schritte innerhalb von Phase 2 und in den folgenden Phasen stellen eine standardisierte Vorgehensweise zur Analyse der produktionsstrategischen Ergebnisse dar. Eine vollständige Standardisierung der Untersuchungsinhalte konnte nicht erreicht werden.

Bereits in den Phasen 1 bis 3 wurde darauf hingearbeitet, dass die Ergebnisse der Phasen später umsetzbar und kontrollierbar sind. Beispielsweise wurde festgelegt, dass die zu formulierenden Ziele den SMART-Regeln entsprechend formuliert werden. Darüber hinaus werden im Rahmen von Phase 3 Regeln erarbeitet, die die Reihenfolge, in der Ziele und Handlungsempfehlungen abgearbeitet sind, festlegt. Insbesondere Phase 4 trägt zur Umsetzungsfähigkeit bei, indem die Ergebnisse selektiert und priorisiert werden und zuletzt in einer produktionsstrategischen Roadmap abgebildet werden.

Nachdem die spezifischen Anforderungen diskutiert worden sind, wird im Folgenden auf die allgemeinen Anforderungen eingegangen. Die detaillierte Beschreibung der Vorgehensweise und die Formulierung der Untersuchungsinhalte trägt zur Anforderung der Praxistauglichkeit bei. Auch die erstellten Excel®-Tools, insbesondere in Phase 2 & 3, tragen zur einer schnelleren und effizienteren Anwendung der Methodik bei. Trotzdem handelt es sich um ein umfassendes und aufwendiges Verfahren. Zudem sind Kenntnisse über mehrere Methoden notwendig, die in die Methodik integriert wurden.

Die Methodik lässt sich grundsätzlich problemlos auf Anwendungsfälle in anderen Industrien transferieren. Die prinzipielle Vorgehensweise und auch die Untersuchungssystematik ist allgemeingültig und muss dementsprechend nicht angepasst werden. Allerdings sind in Phase 2 die Einflussfaktoren neu zu analysieren, die Wahl der Handlungsfelder zu überprüfen und die Untersuchungsinhalte anzupassen. Dementsprechend ist diese Anforderung nicht vollständig erfüllt. Durch die methodische Vorgehensweise und die klare Strukturierung sind die erarbeiteten Ergebnisse in allen Phasen nachvollziehbar. Auch im Rahmen der Untersuchungssystematik wurde darauf geachtet, dass klar definiert ist, welche Ergebnisse wo und wie weiterzuverarbeiten sind. Auch in den übrigen Teilen der Methodik wurde durch klar definierte Vorgehensweisen

und Bewertungsverfahren sowie mehrfache Visualisierung der Ergebnisse ein hohes Maß an Nachvollziehbarkeit geschaffen.

Für alle Phasen gilt, dass sie skalierbar sind und somit für größere Unternehmen angewendet werden können. Insbesondere bei Phase 2 ist dabei zu beachten, wie viele Handlungsfelder und zugehörige Untergruppierungen gebildet werden. Durch die Anzahl der Untersuchungsgruppen steigt auch der Aufwand an. Dies gilt auch für die nachfolgenden Phasen, denn je mehr Ziele und Handlungsempfehlungen in Phase 2 erarbeitet werden, desto größer ist auch der Aufwand in Phase 3 und 4.

Alle Phasen sind prinzipiell getrennt voneinander durchführbar. Demzufolge ist die Anforderung der Modularität gegeben. Auch die Integration weiterer Handlungsfelder stellt kein Problem dar. Insbesondere bei Phase 3 wäre eine Verwendung in einem anderen Zusammenhang von großem Interesse (vgl. Abschnitt 7.2).

Tabelle 14 fasst die Bewertung der spezifischen und allgemeinen Anforderungen zusammen. Die Darstellung und die Skala zur Beurteilung des Erfüllungsgrads orientiert sich an den Beiträgen von RIMPAU (2011, S. 91) und KREBS (2012, S. 58).

Tabelle 14: Beurteilung des Erfüllungsgrads der Anforderungen

Anforderungen		Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Erfüllungsgrad
spezifisch	Ganzheitliche Betrachtung		x	(x)	(x)	●
	Berücksichtigung branchenspezifischer Besonderheiten		x			◐
	Integration von Wirkzusammenhängen		(x)	x	(x)	●
	Kombination vertikaler Planungsrichtungen	x	x		(x)	●
	Integration von Struktur- und Prozessorientierung	(x)	x	(x)	(x)	●
	Komplexitätsbewältigung		x	x	x	●
	Standardisierung		x	(x)	(x)	◐
	Umsetzungsfähigkeit	(x)	(x)	(x)	x	●
allgemein	Praxistauglichkeit	(x)	x	(x)	(x)	◐
	Transferierbarkeit	x	(x)	x	x	◐
	Nachvollziehbarkeit	(x)	(x)	x	x	●
	Skalierbarkeit	x	(x)	(x)	(x)	●
	Flexibilität und Modularität	x	x	x	x	●

Legende der Erfüllungsgrade: x trägt zur Erfüllung voll bei (x) trägt zur Erfüllung teilweise bei
 ○ nahezu gar nicht ◐ kaum ● teilweise ◑ relativ gut ● nahezu vollständig

6.5.2 Wirtschaftliche Bewertung

Im Folgenden wird eine wirtschaftliche Bewertung der Methode vorgenommen. Eine genaue Kalkulation der Kosten für die Anwendung der Methodik kann nicht vorgenommen werden. Es hängt sehr stark vom Anwendungsfall und der Größe des Expertenkreises ab, wie hoch der Aufwand ist. Um trotzdem den Aufwand in etwa darstellen zu können, wird dieser auf Basis von Erfahrungswerten in Personentagen (PT) abgeschätzt. Grundsätzlich ist dabei zu unterscheiden zwischen dem Aufwand für einen Moderator und dem des Expertenteams. Der Moderator kennt die Methodik und die enthaltenen Elemente im Einzelnen. Er ist verantwortlich für die Vorbereitung, korrekte Durchführung und Nachbereitung der Methodik sowie die Dokumentation der Ergebnisse. Das Expertenteam erarbeitet unter Anleitung des Moderators die Ergebnisse. Es wird für die folgenden Abschätzungen davon ausgegangen, dass das Expertenteam aus 6 Teilnehmern besteht, wie es in der Validierungsphase meist der Fall war. Für Phase 1 werden für den Moderator und die 3 enthaltenen Module 9 PT veranschlagt. Für das Expertenteam wird ein Aufwand von insgesamt 18 PT kalkuliert. In Phase 2 besteht die höchste Unsicherheit den Aufwand betreffend, da es stark von der Anzahl der vorgenommenen Gruppierungen unterhalb der Handlungsfelder abhängt. Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die Handlungsfelder nicht weiter unterteilt werden. Darüber hinaus hängt in dieser Phase der Aufwand sehr stark von den vorhandenen Daten im Unternehmen ab. Der größte Anteil des Aufwandes liegt in dieser Phase beim Moderator. Lediglich in Phase 2.C ist das Expertenteam verstärkt einzubeziehen. In den anderen Modulen sind die Ergebnisse mit den Experten zu diskutieren. Demzufolge wird der Aufwand für den Moderator auf 65 PT geschätzt und für das Expertenteam auf insgesamt 105 PT. Phase 3 profitiert in besonderem Maße von dem programmierten Excel[®]-Tool. Auf der anderen Seite sind beispielsweise mit der Fuzzylogik oder den optionalen Elementen wie dem HOQ auch erklärungsbedürftige Methoden integriert worden. Der Aufwand für den Moderator wird mit 6 PT und für das Expertenteam mit 12 PT veranschlagt. In Phase 4 sind die zuvor erarbeiteten Ergebnisse zu bewerten und aufzubereiten sowie die Roadmap zu erstellen. Sowohl für den Moderator als auch für das Expertenteam werden 6 PT veranschlagt. Insgesamt entsteht demnach für den Moderator ein Gesamtaufwand von 86 PT und für die 6 Experten von 141 PT. Angenommen der Tagessatz für den Moderator liegt bei 1.000€ und für ein Expertenmitglied bei 2.000€ entstehen Gesamtkosten in Höhe von 368.000€. Der materielle Aufwand für benötigtes Equipment wird nicht kalkuliert, da davon auszugehen ist, dass diese zur Standardausstattung gehören. Die Gesamtkosten sind vor dem Hintergrund der erheblichen Tragweite einer falschen produktionsstrategischen Ausrichtung eines Unternehmens gerechtfertigt.

7 Zusammenfassung und Ausblick

7.1 Zusammenfassung

Der Druck auf das verarbeitende Gewerbe erhöht sich durch z.T. globale Veränderungen. Insbesondere die Triebwerksindustrie sieht sich vielfältigen Herausforderungen gegenüber. Gleichzeitig fehlt in vielen Unternehmen die Konzentration auf die strategische Ausrichtung der Produktionsbereiche. Im Hinblick auf die zentrale Bedeutung der Produktion ist die Entwicklung einer gesamtheitlichen Produktionsstrategie unabdingbar.

Eine umfassende Literaturstudie ergab, dass die Beiträge zur Entwicklung von Produktionsstrategien in struktur- und prozessorientierte Ansätze unterteilt werden können. Die strukturorientierten Beiträge beschreiben die möglichen Inhalte einer Produktionsstrategie und gliedern diese. Die prozessorientierten Beiträge hingegen beschreiben den Entwicklungs- und Erarbeitungsprozess von Produktionsstrategien.

Die analysierten Beiträge beinhalten zumeist nicht die Möglichkeit branchenspezifische Schwerpunkte zu setzen. Es besteht Weiterentwicklungsbedarf für ein strukturiertes und transparentes Vorgehen, welches es ermöglicht strategische Ziele und Handlungsempfehlungen schrittweise, insbesondere mit Bezug auf die Triebwerksindustrie, abzuleiten. Darüber hinaus ist die Möglichkeit zu schaffen, die erarbeiteten Ergebnisse zu priorisieren und zu selektieren. Eine wesentliche Lücke besteht in der umfassenden Analyse der Wirkzusammenhänge. Diese sind aber wesentlich, da strategische Entscheidungen nicht isoliert voneinander betrachtet werden können. Es konnte festgestellt werden, dass die bestehenden Beiträge entweder einen Top-Down- oder Bottom-Up-Ansatz verfolgen. Durch die Kombination dieser Ansätze lassen sich Vorteile für eine gesamtheitliche Produktionsstrategie realisieren.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde eine Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien erarbeitet, die sich in 4 Phasen gliedert. Phase 1 beschreibt die Formulierung einer Produktionsmission und letztlich die schrittweise Ableitung produktionsstrategischer Globalziele aus der übergeordneten strategischen Ebene. Phase 2 beinhaltet zunächst die Analyse branchenspezifischer Einflussfaktoren und die Identifizierung produktionsstrategischer Handlungsfelder. Darauf aufbauend wird aus einem allgemeinen Problemlösungszyklus schrittweise eine Vorgehensweise zur Ableitung von produktionsstrategischen Zielen und Handlungsempfehlungen hergeleitet. Im Anschluss werden mögliche Untersuchungsinhalte der Handlungsfelder beschrieben. Phase 3 fokussiert auf die umfassende Analyse der Wirkzusammenhänge zwischen strategischen Zielen und Handlungsempfehlungen. Phase 4 dient der

Ableitung eines produktionsstrategischen Zielsystems sowie der Ergänzung dieses durch weitere Analysemöglichkeiten und insbesondere einer strategischen Roadmap.

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit entwickelte Methodik trägt zur Schließung der oben genannten Lücken bei. Die Methode ermöglicht im Zuge der Entwicklung einer Produktionsstrategie die Berücksichtigung von Branchenspezifika. Durch die Herleitung einer Untersuchungssystematik aus einem allgemeinen Problemlösungszyklus, wird eine transparente und planvolle Vorgehensweise zur Entwicklung von strategischen Zielen und Handlungsempfehlungen hergeleitet. Die entwickelte Systematik ermöglicht die Kombination des Top-Down- und Bottom-Up-Prinzips. Darüber hinaus erlaubt die Methodik die nachvollziehbare Selektion und Priorisierung der resultierenden strategischen Elemente. Durch die umfassende Analyse der Wirkzusammenhänge wurde eine Lücke geschlossen, die in der Literatur häufig benannt wird. Trotz der vorgegebenen Systematik und umfassenden Untersuchung der Wirkzusammenhänge lässt die Methodik den Anwendern ausreichend Gestaltungsspielraum. Nur so kann sichergestellt werden, dass die entwickelten strategischen Elemente zu einem produktionsstrategischen Wettbewerbsvorteil führen. Dies stellt einen Mehrwert zu rein quantitativen Ansätzen dar. Die schrittweise Überführung der entwickelten Ziele und Handlungsempfehlungen in ein strategisches Zielsystem und letztlich in eine strategische Roadmap trägt zur Umsetzungsfähigkeit entscheidend bei.

Die Funktionstüchtigkeit der Methodik konnte im Rahmen von zwei umfangreichen Industrieprojekten in der Triebwerksindustrie bestätigt werden. Insbesondere die Untersuchungssystematik in Phase 2 konnte bereits mehrfach (>25 Anwendungen) validiert werden.

7.2 Ausblick

Um den Bearbeitungsaufwand und die Bedienerfreundlichkeit der in dieser Arbeit entwickelten Methodik noch weiter verbessern zu können, wäre eine Software hilfreich, die die Generierung von 3D-Portfolios ermöglicht. Darüber hinaus wäre die Abbildung aller Phasen in einem integrierten Tool nutzbringend.

Die Methodik wurde am Beispiel der Triebwerksindustrie beschrieben, umgesetzt und validiert. Die Anwendung in anderen Branchen wäre hilfreich, um Anpassungsbedarfe identifizieren zu können und die Methodik somit weiter zu optimieren und zu validieren. Im Zuge dessen könnten auch weitere Handlungsfelder inhaltlich detailliert werden, um die Anwendung in anderen Bereichen vorzubereiten.

Insbesondere Phase 3 der Methodik bietet die Möglichkeit Wirkzusammenhänge zwischen Elementen jedweder Art zu analysieren. Zudem werden in Baustein K der dritten Phase eine Reihe von Kennzahlen erhoben, die weitere Auswertungen zulassen. Hier ist zu prüfen, welche weiteren Auswertungen nutzbringend sein könnten. Eine weitere interessante Untersuchung im Rahmen von Phase 3 wäre, wie stark die Auswirkungen eines Elements auf sich selbst bei Existenz eines Zyklus sind.

Die Verwendung der Fuzzylogik in Phase 3 der Methodik erwies sich als sehr hilfreich bei den Expertenbefragungen. Die Ausweitung der Anwendung dieser Methode auf die übrigen Phasen würde einen Mehrwert darstellen. Beispielsweise könnte die Fuzzylogik im Rahmen der Identifizierung der kritischen Erfolgsfaktoren oder bei der Bewertung des strategischen Erfüllungsgrades in Phase 4 angewendet werden.

8 Literaturverzeichnis

ABELE & REINHART 2011

Abele, E; Reinhart, G.: Zukunft der Produktion - Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Carl Hanser 2011.
ISBN: 978-3-446-42595-8.

ADAM & SWAMIDASS 1989

Adam, E.; Swamidass, P.: Assessing operations management from a strategic perspective. *Journal of Management* 15 (1989) 2, S. 181-203.

AIRBUS 2012

Airbus S.A.S. (Hrsg.): Global Market Forecast 2012 - 2031 - Navigating the Future. Blagnac: September 2012.

AKAO 1990

Akao, Y.: Quality function deployment - Implementing customer requirements into product design. New York: Productivity Press 1990.
ISBN: 1-56327-313-6.

AKCA & ILAS 2005

Akca, N.; Ilas, A.: Produktionsstrategien - Überblick und Systematisierung. Arbeitsbericht Nr. 28 2005, Universität Duisburg-Essen. ISSN: 1614-0842.

ANDERSON ET AL. 1991

Anderson, J. C.; Schroeder, R. G.; Cleveland, G.: The Process of Manufacturing Strategy - Some Empirical Observations and Conclusions. *International Journal of Operations & Production Management* 11 (1991) 3, S. 86-110.

ANGERMEYER-NAUMANN 1985

Angermeyer-Naumann, R.: Szenarien und Unternehmenspolitik – Global-szenarien für die Evolution des unternehmenspolitischen Rahmens. Diss. Universität München (1985). Herrsching: Kirsch 1985. ISBN: 3-88232-107-5. (Planungs- und Organisationswissenschaftliche Schriften).

ARAGO 2011

Arago, O.: Eine Methode zur Abschätzung der produktionskostenbezogenen langfristigen Planungsziele ziviler Turboflugtriebwerke. Diss. Universität Stuttgart (2011).

ARNOLD 2005

Arnold, B.: Prognose von Schlüsselqualifikationen in IT-Serviceunternehmen - Ein umfeldorientierter Blick auf das Jahr 2015. Diss. Universität München (2004). Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. 2005. ISBN: 3-8244-8330-0. (Gabler Edition Wissenschaft: Markt- und Unternehmensentwicklung).

AURICH ET AL. 2007

Aurich, J. C.; Wolf, N.; Fuchs, C.: Strukturierte Standortplanung – Konzept zur systematischen Auswahl von Produktionsstandorten. Industrie-Management 23 (2007) 3, S. 43-46.

BALAZOVA 2004

Balazova, M.: Methode zur Leistungsbewertung und Leistungssteigerung der Mechatronikentwicklung. Diss. Universität Paderborn (2004). <<http://digital.ub.uni-paderborn.de/hs/download/pdf/3433>> - 16.01.2015.

BANKHOFER 2001

Bankhofer, U.: Industrielles Standortmanagement - Aufgabenbereiche, Entwicklungstendenzen und problemorientierte Lösungsansätze. Habil.-Schr. Universität Augsburg (2001). Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. 2001. ISBN: 3-8244-7511-1.

BASSLER 2010

Bassler, A.: Die Visualisierung von Daten im Controlling. Diss. Universität der Bundeswehr München. Lohmar: Eul 2010. ISBN: 978-3-89936-939-7. (Controlling 13).

BEA & HAAS 2013

Bea, F.; Haas, J.: Strategisches Management. 6. Aufl. Stuttgart: UVK 2013. ISBN: 978-3-8252-8498-5.

BEA ET AL. 2011

Bea, F. X.; Scheurer, S.; Hesselmann, S.: Projektmanagement. 2. Aufl. Konstanz: UVK 2011. ISBN: 978-3-8252-2388-5. (Grundwissen der Ökonomik: Betriebswirtschaftslehre).

BELLGRAN & SÄFTSEN 2010

Bellgran, M.; Säftsen, E. K.: Production Development - Design and Operation of Production Systems. London: Springer 2010. ISBN: 978-1-84882-494-2.

BLECKER & KALUZA 2003

Blecker, T.; Kaluza, B.: Forschung zu Produktionsstrategien - Ergebnisse und Entwicklungsperspektiven. Diskussionsbeitrag No. 2003/5. Universität Klagenfurt (2003). ISBN: 3-85496-024-7.

BLEICHER 2011

Bleicher K.: Das Konzept integriertes Management – Visionen, Missionen, Programme. 8. Aufl. Frankfurt: Campus 2011. ISBN: 978-3-593-39440-4.

BMW 2013

BMW AG (Hrsg.): Geschäftsbericht 2012.
<http://geschaeftsbericht2012.bmwgroup.com/bmwgroup/annual/2012/gb/German/pdf/bericht2012.pdf> - 07.10.2013.

BOOS ET AL. 2011

Boos, W.; Völker, M.; Schuh, G.: Grundlagen des Managements produzierender Unternehmen. In: Schuh, G.; Kampker, A. (Hrsg.): Strategie und Management produzierender Unternehmen. 2. Aufl. Heidelberg: Springer 2011. ISBN: 978-3-642-14502-5. (Handbuch Produktion und Management 1).

BOTHE 1998

Bothe, H.-H.: Neuro-Fuzzy-Methoden - Einführung in Theorie und Anwendungen. Berlin: Springer 1998. ISBN: 3-540-57966-4.

BRABLER 1999

Braßler, A.: Bewertung produktionsstrategischer Handlungsalternativen. Diss. Universität Ilmenau (1998). Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. 1999. ISBN: 3-8244-6899-9.

BRABLER & SCHNEIDER 2000

Braßler, A.; Schneider, H.: Strategisch-taktisches Produktionsmanagement. In: Schneider, H. et al. (Hrsg.): Produktionsmanagement in kleinen und mittleren Unternehmen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 2000, S. 21-88.
ISBN: 3-7910-1642-3.

BRESSER 2010

Bresser, R.: Strategische Managementtheorie. 2. Aufl. Stuttgart: W. Kohlhammer 2010. ISBN: 978-3-17-021589-4.

BROCKHAUS 1996

Brockhaus Enzyklopädie: Band 3 von 24. 20. Aufl. 1996.
ISBN: 3-7653-3103-1.

BROCKHAUS 1998A

Brockhaus Enzyklopädie: Band 14 von 24. 20. Aufl. 1998.
ISBN: 3-7653-3114-7.

BROCKHAUS 1998B

Brockhaus Enzyklopädie: Band 20 von 24. 20. Aufl. 1998.
ISBN: 3-7653-3120-1.

BROCKHAUS 1999

Brockhaus Enzyklopädie: Band 22 von 24. 20. Aufl. 1999.
ISBN: 3-7653-3122-8.

BROWN 1996

Brown, S.: Strategic Manufacturing for Competitive Advantage. London: Prentice Hall 1996. ISBN: 0-131-84-508-X

BULLINGER 1996

Bullinger, H.-J.: Technologiemanagement. In: Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management. 7. Aufl. Springer: Berlin 1996, S. 4-26 - 4-54. ISBN: 354-0-59360-8. (Betriebshütte Teil 1).

BURGHARDT 2012

Burghardt, M.: Projektmanagement - Leitfaden für die Planung, Überwachung und Steuerung von Projekten. 9. Aufl. Erlangen: Publicis Publishing 2012.
ISBN: 978-3-89578-399-9.

BURMANN 2002

Burmann, C.: Strategische Flexibilität und Strategiewechsel als Determinanten des Unternehmenswertes. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl 2002.
ISBN: 3-8244-9082-X.

BUXTON ET AL. 2006

Buxton, D.; Farr, R.; MacCarthy, B.: The Aero-Engine Value Chain under Future Business Environments: Using Agent-Based Simulation to Understand Dynamic Behaviour. 8th Int. Conference on The Modern Information Technology in the Innovation Processes of the Industrial Enterprises. Budapest, 11-12 September 2006.

CHAN ET AL. 2006

Chan, F. T. S.; Chan, H. K.; Chan, M. H.; Humphreys, P. K.: An integrated fuzzy approach for the selection of manufacturing technologies. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology 27 (2006) 7, S. 747-758.

CHANDLER 1998

Chandler, A.: Strategy and Structure - Chapters in the History of the American Industrial Enterprise. 20. Aufl. Cambridge: MIT Press 1998.
ISBN: 0-262-53009-0

CHAN & WU 2002

Chan, L.-K.; Wu, M.-L.: Quality function deployment: A literature review. European Journal of Operational Research 143 (2002) 3, S. 463-497.

CHRISTENSEN ET AL. 1987

Christensen, R.; Andrews, K.; Bower, J.; Hamermesh, R.; Porter, M.: Business Policy - Text and Cases. 6. Aufl. Homewood: Irwin 1987.
ISBN: 0-256-03358-7.

CLEAN SKY 2011

Dautriat, E. (Executive Director):
Clean Sky Homepage. <<http://www.cleansky.eu/>> - 11.09.2011.

CONRAD 1984

Conrad, P.: Der Produktionstechniker kennt alle Trümpfe - Zur Beherrschung der Schnittstelle Entwicklung und Fertigung. ZFO 53 (1984) 3, S. 197 - 201.

CORMEN ET AL. 2010

Cormen, T. H.; Leiserson, C. E.; Rivest, R.; Stein, C.: Algorithmen - Eine Einführung. 3. Aufl. München: Oldenbourg 2010. ISBN: 978-3-486-59002-9.

CROWE & CHENG 1996

Crowe, T. J.; Cheng, C.-C.: Using quality function deployment in manufacturing strategic planning. International Journal of Operations & Production Management 16 (1996) 4, S. 35-48.

DANGAYACH & DESHMUKH 2001

Dangayach, G.; Deshmukh, S.: Manufacturing strategy: Literature review and some issues. International Journal of Operations & Production Management 21 (2001) 7, S. 884-932.

DETL 2004

Deltl, J.: Strategische Wettbewerbsbeobachtung - So sind Sie Ihren Konkurrenten laufend einen Schritt voraus. Wiesbaden: Gabler 2004. ISBN: 3-409-12573-6.

DEVIRIM ICTENBAS & ERYILMAZ 2011

Devrim Ictenbas, B.; Eryilmaz, H.: Quality function deployment as a strategic planning tool. International Journal of Social Sciences and Humanity Studies 3 (2011) 2, S. 73-82

DIESTEL 2010

Diestel, R.: Graphentheorie. 4. Aufl. Heidelberg: Springer 2010. ISBN: 978-3-642-14911-5.

DIETRICH ET AL. 2007

Dietrich, E.; Schulze, A.; Weber, S.: Kennzahlensystem für die Qualitätsbeurteilung in der industriellen Produktion. München: Carl Hanser 2007. ISBN: 978-3446410534.

DIN 9000:2005

DIN 9000:2005: Qualitätsmanagementsysteme - Grundlagen und Begriffe. Berlin: Beuth 2005

DOM ET AL. 2008

Dom, M.; Hüffner, F.; Niedermeier, R.: Tiefensuche (Ariadne und Co.). In: Vöcking, B.; Alt, H.; Dietzfelbinger, M.; Reischuk, R.; Scheideler, C.; Vollmer, H.; Wagner, D. (Hrsg.): Taschenbuch der Algorithmen. Berlin: Springer 2008. S. 61-74. ISBN: 978-3-540-76393-2. (eXamen.press).

DÖRRER 2000

Dörrer, T.: Wissensbasierte Evaluierung zukünftiger Produktionsstrategien. Diss. Universität Clausthal (1999). Aachen: Shaker 2000. ISBN: 3-8265-7267-X. (Innovationen der Fabrikplanung und -organisation 1).

DUDEN 2011

Deutsches Universalwörterbuch: 7. Aufl. 2011. ISBN: 978-3-41105-507-4.

DUDEWICZ 1999

Dudewicz, E. J.: Basic Statistical Methods. In: Juran, M.J.; Godfrey, A.B. (Hrsg.): Juran's Quality Handbook. 5. Aufl. New York: McGraw-Hill 1999. S. 44.1-44.112. ISBN: 0-07-034003-X.

EIDENMÜLLER 1991

Eidenmüller, B.: Die Produktion als Wettbewerbsfaktor - Herausforderungen an das Produktionsmanagement. 2. Aufl. Zürich: Industrielle Organisation 1991. ISBN: 3-85743-942-4. (Leitfaden für Unternehmer und Führungskräfte).

EIKÖTTER 2011

Eikötter, M.: Synchronisation der Produkt-, Technologie-, und Fabrikplanung durch integratives Roadmapping. Diss. Universität Hannover (2011). Garbsen: PZH Produktionstechnisches Zentrum 2011. ISBN: 978-3-943104-21-9. (Berichte aus dem IFW, 09/2011)

ERICKSON ET AL. 1990

Erickson, T.; Magee, J.; Roussel, P.; Saad, K.: Managing Technology as a Business Strategy. Sloan Management Review 31 (Spring 1990) 3, S. 73-78.

EUROPEAN COMMISSION 2001

European Commission: European Aeronautics - A Vision for 2020. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg 2001

EVERSHEIM 2003

Eversheim, W.: Innovationsmanagement für technische Produkte. Berlin. Springer 2003. ISBN: 3-540-43425-9.

FANDEL ET AL. 1994

Fandel, G.; Dyckhoff, H.; Reese, J.: Industrielle Produktionsentwicklung: Eine empirisch-deskriptive Analyse ausgewählter Branchen. 2. Aufl. Berlin: Springer 1994. ISBN: 3-540-57847-1.

FIEBIG 2004

Fiebig, C.: Synchronisation von Fabrik- und Technologieplanung. Diss. Universität Hannover (2004). Düsseldorf: VDI-Verl. 2004. ISBN: 3-18-316516 3. (Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 16, Technik und Wirtschaft Nr. 165).

FINE & HAX 1985

Fine, C. H.; Hax, A. C.: Manufacturing strategy - A methodology and an illustration. Working Paper, Sloan school of Management, Cambridge (June 1985).

FLOTTAU 2011

Flottau, J.: Dünne Luft. München: Carl Hanser 2011. ISBN: 978-3-446-42683-2

FORRESTER 1968

Forrester, J.W.: Industrial Dynamics-After the First Decade. Management Science 14 (1968) 7, S. 398-415.

FORSCHNER 1998

Forschner, M.: Prozeßorientiertes Investitionscontrolling - Bewertung von Informationssystemen mit Hilfe der Fuzzy Logic. Diss. Universität Stuttgart (1996). Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. 1998. ISBN: 3-8244-6685-6. (Gabler Edition Wissenschaft).

FOSCHIANI 1995

Foschiani, S.: Strategisches Produktionsmanagement - Ein Modellsystem zur Unterstützung produktionsstrategischer Entscheidungen. Diss. Universität Stuttgart (1994). Frankfurt am Main : P. Lang 1995. ISBN: 3-631-48527-1. (Schriften zur Unternehmensplanung 31).

FREIBICHLER 2006

Freibichler, W.: Competitive Manufacturing Intelligence. Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. 2006.

FRONDEL ET AL. 2005

Frondel, M. (Hrsg.): Trends der Angebots- und Nachfragesituation bei mineralischen Rohstoffen. Essen: Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung (RWI), September 2005.

FULLÉR 2000

Fullér, R.: Introduction to Neuro-Fuzzy Systems. Heidelberg: Physica 2000. ISBN: 3-7908-1256-0. (Advances in Soft Computing).

GÄNG 2012

Gäng, J.: Berücksichtigung von Wechselwirkungen bei Zuverlässigkeitsanalysen. Diss. Universität Stuttgart (2011). Univ., Inst. für Maschinenelemente 2012. ISBN: 978-3-93610-037-2. (Berichte aus dem Institut für Maschinenelemente, Antriebstechnik, CAD, Dichtungen, Zuverlässigkeit 136).

GAUSEMEIER & PFÄNDER 2009

Gausemeier, J.; Pfänder, T.: Strategische Unternehmensführung mit Szenario-Management. In: Bullinger, H. J.; Spath, D.; Warnecke, H. J.; Westkämper, E. (Hrsg.): Handbuch Unternehmensorganisation – Strategien, Planung, Umsetzung. 3. Aufl. Berlin: Springer 2009. ISBN: 978-3-540-72136-9. (VDI-Buch).

GAUSEMEIER & PLASS 2014

Gausemeier, J.; Plass, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung - Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. 2. Aufl. München: Carl Hanser 2014. ISBN: 978-3-446-43842-2.

GAUSEMEIER ET AL. 1996

Gausemeier, J.; Fink, A.; Schlake, O.: Szenario-Management: Planen und Führen mit Szenarien. 2. Aufl. München: Carl Hanser 1996. ISBN: 3-446-18721-9.

GAUSEMEIER ET AL. 2000

Gausemeier, J.; Lindemann, U.; Reinhart, G.; Wiendahl, H.-P.: Kooperatives Produktengineering - Ein neues Selbstverständnis des ingenieurmäßigen Wirkens. Paderborn: Heinz-Nixdorf-Institut 2000. ISBN: 3-931466-78-7. (HNI-Verlagsschriftenreihe 79).

GAUSEMEIER ET AL. 2009

Gausemeier, J.; Plass, C.; Wenzelmann, C.: Zukunftsorientierte Unternehmensgestaltung - Strategien, Geschäftsprozesse und IT-Systeme für die Produktion von morgen. München. Carl Hanser 2009. ISBN: 978-3-446-41055-8.

GERLOFF 2010

Gerloff, S: Herausforderungen an die spanende Bearbeitung moderner Flugtriebwerkskomponenten. In: Zerspanen im modernen Produktionsprozess. Dortmund, 15.07.2010. (Präsentationsfolien zum Konferenzvortrag)

GHANDFOROUSH ET AL. 1985

Ghandforoush, P.; Huang, P.; Taylor, B.: A multi-criteria decision model for the selection of a computerized manufacturing control system. International Journal of Production Research 23 (1985) 1, S. 117-128.

GIENKE & KÄMPF 2007

Gienke H.; Kämpf, R. (Hrsg.): Handbuch Produktion - Innovatives Produktionsmanagement: Organisation, Konzepte, Controlling. München: Carl Hanser 2007. ISBN: 978-3-44641-025-1.

GOETSCH & DAVIS 2006

Goetsch, D.; Davis, S.: Quality Management - Introduction to Total Quality Management for Production, Processing, and Services. 5. Aufl. New Jersey: Pearson Prentice Hall 2006. ISBN: 013-1-18-929-8.

GÖTZE 1993

Götze, U.: Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. Diss. Universität Göttingen (1990). 2. Aufl. Wiesbaden: DUV 1993. ISBN: 3-8244-0166-5.

GÖTZFRIED 2013

Götzfried, A.: Analyse und Vergleich fertigungstechnischer Prozessketten für Flugzeugtriebwerks-Rotoren. Diss. TU München (2013). München: Utz 2013. ISBN: 978-3-8316-4310-3. (Forschungsberichte IWB 277).

GRÖGER 1992

Gröger, M.: CIM und strategisches Management. Diss. Universität Augsburg (1991). Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. 1992. ISBN: 3-8244-0099-5

GRUNDIG 2009

Grundig, C.: Fabrikplanung - Planungssystematik, Methoden, Anwendungen. 3. Aufl. München: Carl Hanser 2009. ISBN: 978-3-446-41411-2.

GÜNTHER & TEMPELMEIER 2012

Günther, H.-O.; Tempelmeier, H.: Produktion und Logistik. 9. Aufl. Heidelberg: Springer 2012. ISBN: 978-3-642-25164-1. (Springer-Lehrbuch).

GUTENBERG 1990

Gutenberg, E.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. Wiesbaden: Gabler 1990. ISBN: 3-409-88011-9. (Gablers Lehrbuch, Die Wirtschaftswissenschaften)

HAAG ET AL. 2011

Haag, C.; Schuh, G.; Kreysa, J.; Schmelter, K.: Technologiebewertung. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. 2. Aufl. Heidelberg: Springer 2011. ISBN: 978-3-642-12530-0. (Handbuch Produktion und Management 2).

HAAS 1987

Haas E. A.: In der Produktion fallen die Würfel: Den operativen Tunnelblick überwinden. Harvard Business Manager (1987) 4, S. 24-29.

HABERFELLNER ET AL. 1999

Haberfellner, R.; Nagel, P.; Becker, M.; Büchel, A.; von Massow, H.: Systems Engineering - Methodik und Praxis. 10. Aufl. Zürich: Industrielle Organisation 1999. ISBN: 3-857-43-998-X.

HABERFELLNER ET AL. 2012

Haberfellner, R.; de Weck, O.; Fricke, E.; Vössner, S.; Büchel, A.; Nagel, P.; von Massow, H.; Becker, M.: Systems Engineering - Grundlagen und Anwendung. 12. Aufl. Zürich: Orell Füssli 2012. ISBN: 978-3-28004-068-3.

HALL 1962

Hall, A.: A Methodology for Systems Engineering. Princeton: D. van Nostrand 1962.

HAMEL & PRAHALAD 1991

Hamel, G.; Prahalad, C. K.: Corporate imagination and expeditionary marketing. Harvard Business Review 69 (1991) 4. S. 81-92.

HANSMANN 1983

Hansmann, K.: Kurzlehrbuch Prognoseverfahren. Wiesbaden: Gabler 1983. ISBN: 3-409-13444-1. (Gablers Kurzlehrbücher).

HAYES & WHEELWRIGHT 1984

Hayes, R.; Wheelwright, S.: Restoring our competitive edge. New York: John Wiley & Sons 1984. ISBN: 0-471-05159-4.

HEINRICH & POMBERGER 2001

Heinrich, L. J.; Pomberger, G.: Erfolgsfaktorenanalyse - Instrument für das strategische IT-Controlling. HMD- Praxis der Wirtschaftsinformatik 217 (2001) 2.

HEINRICH & STELZER 2011

Heinrich, L.; Stelzer, D.: Informationsmanagement - Grundlagen, Aufgaben, Methoden. 10. Aufl. München: Oldenbourg 2011. ISBN: 978-3-486-70253-8.

HEINRICH 2001

Heinrich, L. J.: Wirtschaftsinformatik - Einführung und Grundlegung. 2. Aufl. München: Oldenbourg 2001. ISBN: 3-468-25752-8.

HENRICH 2002

Henrich, C.: Strategische Gestaltung von Produktionssystemen in der Automobilindustrie. Diss. Universität Augsburg (2002). Aachen: Shaker 2002. ISBN: 3-8322-0785-6. (Berichte aus der Betriebswirtschaft)

HERING ET AL. 2003

Hering, E.; Triemel, J.; Blank, H. (Hrsg.): Qualitätsmanagement für Ingenieure. 5. Aufl. Berlin: Springer 2003. ISBN: 3-540-65092-X.

HERRMANN & FRITZ 2011

Herrmann, J.; Fritz, H.: Qualitätsmanagement - Lehrbuch für Studium und Praxis. München: Carl Hanser 2011. ISBN: 978-3-446-42938-3.

HERRMANN 2010

Herrmann, C.: Ganzheitliches Life Cycle Management - Nachhaltigkeit und Lebenszyklusorientierung in Unternehmen. Heidelberg: Springer 2010. ISBN: 978-3-642-01420-8.

HILL & HILL 2009

Hill, A.; Hill, T.: Manufacturing operations strategy. 3. Aufl. Houndmills. Palgrave Macmillan 2009. ISBN: 978-0-230-52091-2.

HILL 1985

Hill, T.: Manufacturing Strategy - The strategic management of the manufacturing function. Houndmills: Macmillan 1985. ISBN: 0-333-39478-X.

HINSCH 2012

Hinsch, M.: Industrielles Luftfahrtmanagement - Technik und Organisation luftfahrttechnischer Betriebe. 2. Aufl. Berlin: Springer Vieweg 2012. ISBN: 978-3-64230-569-6

HINTERHUBER 1989

Hinterhuber, H.: Strategische Unternehmensführung II - Strategisches Handeln. 4. Aufl. Berlin: Walter de Gruyter 1989. ISBN: 3-11-012075-5.

HUNGENBERG 2011

Hungenberg, H.: Strategisches Management in Unternehmen - Ziele, Prozesse, Verfahren. 6. Aufl. Wiesbaden: Gabler 2011. ISBN: 978-3-8349-2546-6.

JACOB & MEYER 2006

Jacob, F.; Meyer, T.: Einleitung: Globalisierung und globale Produktion. In: Abele, E.; Kluge, J.; Näher, U. (Hrsg.): Handbuch globale Produktion. München: Hanser 2006. S. 2-35. ISBN: 3-446-40610-7.

JIA & BAI 2011

Jia, G.; Bai, M.: An approach for manufacturing strategy development based on fuzzy-QFD. Computers & Industrial Engineering 60 (2011) 3, S. 445-454.

JOCHEM & RAßFELD 2014

Jochem, R.; Raßfeld, C.: Qualitätsbezogene Kosten. In: Pfeifer, T.; Schmitt, R. (Hrsg.): Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 6. Aufl. München: Carl Hanser 2014. S. 92-102. ISBN: 978-3-446-43992-4.

JOCHEM 2010

Jochem, R.: Was kostet Qualität? - Wirtschaftlichkeit von Qualität ermitteln. München: Carl Hanser 2010. ISBN: 978-3-446-42182-0.

KELPIN 2007

Kelpin, R. (Ansprechpartner): Prognose der deutschlandweiten Verkehrsverflechtungen 2025. München/Freiburg: Forschungsbericht (FE-Nr. 96.0857/2005). Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt 2007.

KERTH ET AL. 2011

Kerth, K.; Asum, H.; Stich, V.: Die besten Strategietools in der Praxis - Welche Werkzeuge brauche ich? Wie wende ich sie an? Wo liegen die Grenzen?. 5. Aufl. München: Carl Hanser 2011. ISBN: 978-3-446-42705-1.

KINKEL ET AL. 2009

Kinkel, S. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Standortplanung - In- und ausländische Standorte richtig bewerten. 2. Aufl. Berlin: Springer 2009. ISBN: 978-3-540-88471-2.

KLEINALTENKAMP & SAAB 2009

Kleinaltenkamp, M.; Saab, S.: Technischer Vertrieb - Eine praxisorientierte Einführung in das Business-to-Business-Marketing. Heidelberg: Springer 2009. ISBN: 978-3-540-79533-9.

KOSOW ET AL. 2008

Kosow, H.; Gaßner, R.; Erdmann, L.; Luber, B.-J.: Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse - Überblick, Bewertung und Auswahlkriterien. Berlin: IZT 2008. ISBN: 978-3-941374-03-4. (Werkstattbericht Nr. 103 / Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung).

KREBS 2012

Krebs, P.: Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten. Diss. TU München (2012). München: Herbert Utz 2012. ISBN: 978-3-8316-4156-7. (Forschungsberichte IWB 255).

KREIKEBAUM 1997

Kreikebaum, H.: Strategische Unternehmensplanung. 6. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer 1997. ISBN: 3-17-014282-8.

KREIKEBAUM ET AL. 2011

Kreikebaum, H.; Gilbert, D.; Behnam, M.: Strategisches Management. 7. Aufl. Stuttgart: Kohlhammer 2011. ISBN: 9-783-17019-597-4.

KUMPE & BOLWIJN 1988

Kumpe, T.; Bolwijn, P.: Manufacturing - The New Case for Vertical Integration. Harvard Business Review. März-April (1988) 2. S. 75-81.

KUNERT ET AL. 2007

Kunert, C.; Röben, H.; Seidel, H.: Entscheidungen zur Produktionsverlagerung - Neben den Kosten zählt auch die Logistik. wt Werkstattstechnik online 97 (2007) 4, S. 298-299.

KUSTER ET AL. 2011

Kuster, J.; Huber, E.; Lippmann, R.; Schmid, A.; Schneider, E.; Witschi, U.; Wüst, R.: Handbuch Projektmanagement. 3. Aufl. Heidelberg: Springer 2011. ISBN: 978-3-642-21243-7.

LACKES 1988

Lackes, R.: Die Nutzwertanalyse zur Beurteilung qualitativer Investitionseigenschaften. 17Jg. WISU (1988) 7, S. 385-390.

LINDEMANN 2009

Lindemann, U.: Methodische Entwicklung technischer Produkte - Methoden flexibel und situationsgerecht anwenden. 3. Aufl. Heidelberg: Springer 2009. ISBN: 978-3-642-01422-2.

LINß 2011

Linß, G.: Qualitätsmanagement für Ingenieure. 3 Aufl. München: Carl Hanser 2011. ISBN: 978-3-446-41784-7.

LIPPE 2006

Lippe, W.-M.: Soft-Computing mit Neuronalen Netzen, Fuzzy-Logic und Evolutionären Algorithmen. Berlin: Springer 2006. ISBN: 978-3-540-20972-0. (eXamen.press).

MÄHLCK & PANSKUS 1995

Mählick, H.; Pankus, G.: Herausforderung Lean Production - Möglichkeiten zur wettbewerbsgerechten Erneuerung von Unternehmen. 2. Aufl. Düsseldorf: VDI 1995. ISBN: 3-18-401439-8.

MASSAD ET AL. 2008

Massad, E.; Siqueira Ortega, N. R.; Carvalho de Barros, L.; Struchiner, C. J.: Fuzzy logic in action - Applications in Epidemiology and Beyond. Berlin: Springer 2008. ISBN: 978-3-540-69092-4. (Studies in fuzziness and soft computing 232).

MATHIEU 2004

Mathieu, A.: Strategie in High-Velocity-Märkten - Eine empirische Analyse zur Konzeptionalisierung, Operationalisierung und Erfolgswirkung bei Unternehmen der Informations- und Kommunikationstechnologie. Diss. Universität Witten-Herdecke (2004). Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl 2004. ISBN: 3-8244-8174-x.

McKINSEY & COMPANY 2009

McKinsey & Company (Hrsg.): Made in Germany - Zukunftsperspektiven für die Produktion in Deutschland. Düsseldorf: 2009.

MEEKER ET AL. 1999

Meeker, W. Q.; Escobar, L. A.; Doganaksoy, N.; Hahn, G. J.: Reliability Concepts and Data Analysis. In: Juran, J.; De Feo, J. (Hrsg.): Juran's Quality Handbook. 5. Aufl. New York: McGraw-Hill 1999. S. 48.1-48.36. ISBN: 0-07-034003-X.

MENDE 2006

Mende, M.: Strategische Planung im Beschwerdemanagement. Diss. Universität Eichstätt-Ingolstadt (2006). Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. 2006. ISBN: 978-3-8350-0564-8. (Focus Dienstleistungsmarketing).

MERTEN 1985

Merten, P.: Know-How Transfer durch multinationale Unternehmen in Entwicklungsländer - Ein System Dynamics Modell zur Erklärung und Gestaltung von Internationalisierungsprozessen der Montageindustrien. Berlin: Erich Schmidt 1985. ISBN: 3-503-02518-9. (Technological economics 14).

METTERNICH 2001

Metternich, J.: Wissen als Grundlage von Wettbewerbsstrategien - Ein Modell zur Analyse und Planung von Wissensstrategien. Diss. Technische Universität Darmstadt (2001). Aachen: Shaker 2001. ISBN: 3-8265-8906-8. (Darmstädter Forschungsberichte für Konstruktion und Fertigung).

MICHAELI & REINHART 2013

Michaeli, P.; Reinhart, G.: Entwicklung von Produktionsstrategien in der Triebwerksindustrie. ZWF 108 (2013) 5, S. 291-294.

MICHAELI ET AL. 2014

Michaeli, P.; Rauch, J.; Reinhart, G.: Systematik zur Analyse produktionsstrategischer Handlungsfelder. ZWF 109 (2014) 3, S. 142-146.

MILLER & HAYSLIP 1989

Miller, J.; Hayslip, W.: Implementing Manufacturing Strategic Planning. Planning Review 17 (1989) 4, S. 22-48.

MILTENBURG 2005

Miltenburg, J.: Manufacturing strategy - How to Formulate and Implement a Winning Plan. 2. Aufl. Productivity Press, New York 2005. ISBN: 1-56327-317-9.

MINTZBERG 1978

Mintzberg, H.: Patterns in Strategy Formation. Management Science 24 (1978) 9, S. 934-948.

MINTZBERG 1979

Mintzberg, H.: The Structuring of Organizations. Englewood Cliffs: Prentice Hall 1979. ISBN: 0-13-855270-3.

MINTZBERG ET AL. 2009

Mintzberg, H.; Ahlstrand, B.; Lampel, J.: Strategy Safari. 2. Aufl. Harlow: Prentice Hall 2009. ISBN: 978-0-27371-958-8.

MÖHRLE & ISENMANN 2008

Möhrle, M. G.; Isenmann, R.: Grundlagen des Technologie-Roadmapping. In: Möhrle, M. G.; Isenmann, R. (Hrsg.): Technologie-Roadmapping – Zukunftsstrategien für Technologieunternehmen. 3. Aufl. Berlin: Springer 2008, S. 1-16. ISBN: 978-3-540-74754-3.

MÖNIG 2008

Mönig, R.: Sparsame, leise und emissionsarme Flugzeuge - Wunschtraum oder bald Realität? In: Arbeitskreis Luftverkehr der Technischen Universität in Darmstadt (Hrsg.): Fünfzehntes Kolloquium Luftverkehr an der Technischen Universität Darmstadt. Darmstadt, 2008.

MORECROFT 1985

Morecroft J.D.W.: Learning from Behavioral Modeling and Simulation of Business Policy (What the Experienced Modeler Learns). Working Paper (WP-1678-85), Alfred P. Sloan School of Management (Massachusetts Institute of Technology), Cambridge (1985).

MOSTERT 2007

Mostert, C.: Fabrik-Umfeld Simulationsmodell zur kennzahlenbasierten Bewertung von Produktionsstrategien. Diss. Universität Kassel (2007). Kassel: Univ. Press 2007. ISBN: 978-3-89958-332-8. (Produktion & Energie 2).

MTU AERO ENGINES 2011

MTU Aero Engines Holding AG (Hrsg.): Geschäftsbericht 2011. München: 2011.

MTU AERO ENGINES 2014

MTU Aero Engines AG (Hrsg.): Company Presentation. München: 2014
<http://www.mtu.de/de/investorrelations/company_profile/MTU_Company_Presentation_Feb_2014.pdf> - 11.05.2014.

MÜLLER 2010

Müller, H.: Unternehmensführung: Strategien - Konzepte - Praxisbeispiele. München: Oldenbourg 2010. ISBN: 978-3-486-59729-5.

MÜLLER-STEWENS & LECHNER 2011

Müller-Stewens, G.; Lechner, C.: Strategisches Management - Wie strategische Initiativen zum Wandel führen. 4. Aufl. Stuttgart: Schäfer-Poeschel 2011. ISBN: 978-3-7910-2789-0.

NAUCK ET AL. 1994

Nauck, D.; Klawonn, F.; Kruse, R.: Neuronale Netze und Fuzzy-Systeme - Grundlagen des Konnektionismus, Neuronaler Fuzzy-Systeme und der Kopplung mit wissensbasierten Methoden. Braunschweig: Vieweg 1994. ISBN: 3-528-05265-1. (Artificial Intelligence; Künstliche Intelligenz).

NEUMANN 1992

Neumann, K.: Graphen und Netzwerke. In: Gal, T. (Hrsg.): Grundlagen des Operations Research 2. 3. Aufl. Berlin: Springer 1992, S. 1-164. ISBN: 3-540-55294-4.

NIEHOFF & REITZ 2001

Niehoff, W.; Reitz, G.: Going Global - Strategien, Methoden und Techniken des Auslandsgeschäfts. Berlin: Springer 2001. ISBN: 3-540-67501-9.

OCKER 2010

Ocker, D.: Unschärfe Risikoanalyse strategischer Ereignisrisiken. Diss. Universität Frankfurt a. d. Oder (2009). Frankfurt a. M.: Lang 2010. ISBN: 978-3-631-59752-1. (Schriften zur Unternehmensplanung 83).

PACK ET AL. 2000

Pack, J.; Buck, H.; Kistler, E.; Mendius, H.; Morschhäuser, M.; Wolff, H.: Zukunftsreport demographischer Wandel - Innovationsfähigkeit einer alternden Gesellschaft. Bonn: Bundesministerium für Bildung und Forschung 2000. ISBN: 3-88135-328-3.

PELZ 2004

Pelz, W.: SWOT-Analyse - Beispiele, Geschichte und Tipps zur Durchführung. <<http://www.wpelz.de/ress/swot.pdf>> - 11.05.2014.

PENDLEBURY 1987

Pendlebury, J.: Creating a manufacturing strategy to suit your business. Long Range Planning 20 (1987) 6, S. 35-44.

PERFORMANCE REVIEW INSTITUTE 2015A

Performance Review Institute: NADCAP.
<<http://de.pri-network.org/nadcap/about-nadcap/>> - 27.01.2015.

PERFORMANCE REVIEW INSTITUTE 2015B

Performance Review Institute: NUCAP.
<<http://de.pri-network.org/nadcap/nucap/>> - 27.01.2015.

PFEIFER & SCHMITT 2014

Pfeifer, T.; Schmitt, R. (Hrsg.): Masing - Handbuch Qualitätsmanagement. 6. Aufl. München: Carl Hanser 2014. ISBN: 978-3-446-43992-4.

PFEIFFER 1980

Pfeiffer, W.: Innovationsmanagement als Know-How-Management. In: Hahn, D. (Hrsg.): Führungsprobleme industrieller Unternehmung. Berlin: de Gruyter 1980. S. 421-452.

PINHEIRO DE LIMA ET AL. 2009

Pinheiro de Lima, E.; Gouvêa da Costa, S. E.; Reis de Faria, A.: Taking operations strategy into practice - Developing a process for defining priorities and performance measures. International Journal of Production Economics 122 (2009) 1, S. 403-418.

PLATTS & GREGORY 1990

Platts, K.; Gregory, M.: Manufacturing Audit in the Process of Strategy Formulation, International Journal of Operations & Production Management, 10 (1990) 9, S. 5-26.

PORTER 2013

Porter, M.: Wettbewerbsstrategie (Competitive Strategy) - Methoden zur Analyse von Branchen und Konkurrenten. 12. Aufl. Frankfurt: Campus 2013. ISBN: 978-3-59339-844-0.

REICH 2009

Reich, D.: Supply the Sky - Visionäre Logistiklösung erfolgreich realisiert. In: Göpfert, I. (Hrsg.): Logistik der Zukunft. 5. Aufl. Wiesbaden: Gabler 2009. ISBN: 978-3-83491-085-1.

REICHEL 2005

Reichel, O.: Strategische Neupositionierung von Unternehmungen - Erklärung eines erfolgreichen Wechsels in neue strategische Geschäftsfelder am Beispiel Preussag/TUI und Mannesmann. Diss. Technische Universität Köln (2005). Köln: Kölner Wissenschaftsverlag 2005. ISBN: 3-937404-17-1.

REINHART ET AL. 1996

Reinhart, G.; Lindemann, U.; Heinzl, J.: Qualitätsmanagement - Ein Kurs fürs Studium und Praxis. Berlin: Springer 1996. ISBN: 3-540-61078-2.

RIMPAU 2011

Rimpau, C.: Wissensbasierte Risikobewertung in der Angebotskalkulation für hochgradig individualisierte Produkte. Diss. TU München (2010). München: Herbert Utz 2011. ISBN: 978-3831640157. (Forschungsberichte IWB 239).

ROLAND BERGER 2008

Schwenker, B.; Bernardo, A. (Hrsg.); Oltmanns, T. (Gesamtverantwortung); Clüver, C. (Projektmanagement): Die Regeln des globalen Wettbewerbs verändern sich. Hamburg: Januar 2008. <www.rolandberger.de> - 28.01.2014

ROMMELFANGER & EICKEMEIER 2002

Rommelfänger, H. J.; Eickemeier, S. H.: Entscheidungstheorie – Klassische Konzepte und Fuzzy-Erweiterungen. Berlin: Springer 2002. ISBN: 3-540-42465-2.

ROMMELFANGER 1994

Rommelfanger, H.: Fuzzy Decision Support-Systeme - Entscheiden bei Unschärfe. 2. Aufl. Berlin: Springer-Verlag 1994. ISBN: 3-540-57793-9. (Springer-Lehrbuch).

ROSS 2010

Ross, T. J.: Fuzzy logic with engineering applications. 3. Aufl. Chichester (U.K.): John Wiley & Sons 2010. ISBN: 978-0-470-74376-8.

SCHACK 2008

Schack, R. J.: Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik. Diss. TU München (2007). München: Utz 2008. ISBN: 978-3-8316-0748-8. (IWB Forschungsberichte 207).

SCHEUSS 2008

Scheuss, R.: Handbuch der Strategien - 220 Konzepte der weltbesten Vordenker. Frankfurt: Campus 2008. ISBN: 978-3-59338-712-3.

SCHEWE 1998

Schewe, G.: Strategie und Struktur - Eine Re-Analyse empirischer Befunde und Nicht-Befunde. Tübingen: Mohr Siebeck 1998. ISBN: 3-161-46920-8.

SCHLINGLOFF 2008

Schlingloff, H.: Zyklensuche in Graphen. In: Vöcking, B.; Alt, H.; Dietzfelbinger, M.; Reischuk, R.; Scheideler, C.; Vollmer, H.; Wagner, D. (Hrsg.): Taschenbuch der Algorithmen. Berlin: Springer 2008. S. 83-93. ISBN: 978-3-540-76393-2. (eXamen.press).

SCHMIDT 1992

Schmidt, D.: Strategisches Management komplexer Systeme - die Potentiale computergestützter Simulationsmodelle als Instrumente eines ganzheitlichen Managements - dargestellt am Beispiel der Planung und Gestaltung komplexer Instandhaltungssysteme. Diss. Universität Stuttgart (1991). Frankfurt a. M.: P. Lang 1992. ISBN: 3-631-44831-7. (Schriften zur Unternehmensplanung 22)

SCHROEDER & LAHR 1990

Schroeder, R.; Lahr, T.; Development of manufacturing strategy - A proven process. In: Ettl, J. et al. (Hrsg.): Manufacturing strategy - The research agenda for the next decade, Proceedings of the Joint Industry University Conference on Manufacturing Strategy. Ann Harbor, 8.-9. Januar. Norwell: Kluwer 1990. S. 3-14. ISBN: 0-7923-9065-2.

SCHULTE-GEHRMANN ET AL. 2011

Schulte-Gehrmann, A.; Klappert, S.; Schuh, G.; Hoppe, M.: Technologiestrategie. In: Schuh, G.; Klappert, S. (Hrsg.): Technologiemanagement. 2. Aufl. Heidelberg: Springer 2011. S. 55-88. ISBN: 978-3-642-12530-0. (Handbuch Produktion und Management 2).

SCHULZ 2002

Schulz, G.: Regelungstechnik - Mehrgrößenregelung, Digitale Regelungstechnik, Fuzzy-Regelung. München: Oldenbourg 2002. ISBN: 3-486-25858-3. (Oldenbourg-Lehrbücher für Ingenieure).

SCHUMANN & MÜLLER 2000

Schumann, H.; Müller, W.: Visualisierung – Grundlagen und allgemeine Methoden. Berlin: Springer 2000. ISBN: 3-540-64944-1.

SCHWAB 2008

Schwab, A.: Managementwissen für Ingenieure - Führung, Organisation, Existenzgründung. 4. Aufl. Berlin: Springer 2008. ISBN: 978-3-540-78408-1.

SEGHEZZI ET AL. 2007

Seghezzi, H. D.; Fahrni, F.; Herrmann, F.: Integriertes Qualitätsmanagement - Der St. Galler Ansatz. 3. Aufl. München: Carl Hanser 2007. ISBN: 978-3-446-40622-3.

SEIWERT 1979

Seiwert, L.: Mitbestimmung und Zielsystem der Unternehmung. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 1979. ISBN: 3-525-12721-9. (Organisation und Management 2)

SIEBER ET AL. 2003

Sieber, J.; Broichhausen, K.; Scheugenpflug, H.; Steinhardt, E.; Welling, M.: Zukunftssicherung der deutschen Triebwerksindustrie durch Innovationen. In: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) (Hrsg.): Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2003. München, 17.-20.11.2003.

SKINNER 1969

Skinner, W.: Manufacturing - missing link in corporate strategy. Harvard Business Review 47 (1969) 3, S.136-145.

SKINNER 1983

Skinner, W.: Operations technology - Blind Spot in Strategic Management. Interfaces 14 (1983) 1, S. 116-125.

SKINNER 1985

Skinner, W.: Manufacturing - The formidable competitive weapon. New York: John Wiley & Sons 1985. ISBN: 0-471-81739-2.

SKINNER 1986

Skinner, W.: The Productivity Paradox. Harvard Business Review 64 (1986) 4, S. 55 - 59.

STAUDACHER ET AL. 2002

Staudacher, S.; Habeck, M.; Skudelny, C.: Kostenoptimierte Produktion in der Luft- und Raumfahrt. In: Deutsche Gesellschaft für Luft- und Raumfahrt (DGLR) (Hrsg.): Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress 2002. Stuttgart, 23.-26.09.2002.

STEFFENS & HOLLMEIER 2013

Steffens, K.; Hollmeier, S.: Triebwerksindustrie - Neue Wege ins neue Jahrhundert. <https://www.mtu.de/de/technologies/engineering_news/others/Steffens_Triebwerksindustrie_neue_Wege.pdf> - (08.10.2013). (Technikberichte auf der MTU Aero Engines Website)

STERZENBACH & CONRADY 2003

Sterzenbach, R.; Conrady, R.: Luftverkehr. 3. Aufl. München: Oldenbourg 2003. ISBN: 3-486-27419-8.

STEVEN 2012

Steven, M.: *BWL für Ingenieure*. 4. Aufl. München: Oldenbourg 2012.
ISBN: 978-3-486-70686-4.

STOCKHOFF 2010

Stockhoff, B.: *Continuous Process-Based Organizations: Quality Is a Continuous Operation*. In: Juran, J.; De Feo, J. (Hrsg.): *Juran's Quality Handbook*. 6. Aufl. New York: McGraw-Hill 2010. S. 789-832. ISBN: 978-0-07-162973-7.

SWAMIDASS & DARLOW 2000

Swamidass, P.; Darlow, N.: *Manufacturing Strategy*. In: Swamidass, P.: *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*. Boston, Dordrecht, London: Kluwer 2000, S. 417-422.

SWINK & WAY 1995

Swink, M., Way, M.: *Manufacturing strategy - Propositions, current research, renewed directions*. *International Journal of Operations and Production Management* 15 (1995) 7, S. 4-26.

THONEMANN 2009

Thonemann, U.: *Operations management – Konzepte, Methoden und Anwendungen*. 2. Aufl. München: Pearson Education 2009.
ISBN: 978-3-8273-7316-8. (Pearson Studium - Economic BWL).

TONCHEV & TONCHEV 2010

Tonchev, A.; Tonchev, C.: *Self-Service Based Organizations - Assuring Quality in a Nanosecond*. In: Juran, J.; De Feo, J. (Hrsg.): *Juran's Quality Handbook*. 6. Aufl. New York: McGraw-Hill 2010. S. 713-756.
ISBN: 978-0-07-162973-7.

TURAU 2004

Turau, V.: *Algorithmische Graphentheorie*. 2. Aufl. München: Oldenbourg 2004. ISBN: 3-486-20038-0.

UN 2012

United Nations Statistics Division (Hrsg.): Gross Value Added by Kind of Economic Activity at current prices - National currency.
<http://data.un.org/Data.aspx?d=SNA&f=group_code%3A203#SNA> - 23.01.2014. (Selections: Country = Germany & Year = 2012).

VESTER 2012

Vester, F.: Die Kunst vernetzt zu denken - Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. 9. Aufl. München: Deutscher Taschenbuch 2012. ISBN: 978-3-423-33077-0. (dtv Wissen).

VOSS 1992

Voss, C.: Manufacturing strategy formulation as a process. In: Voss, C. (Hrsg.): Manufacturing strategy - Process and content. London: Chapman & Hall 1992. ISBN: 0-412-43660-4.

VSEK 2015

Kalmar, R. (Red.): Verfahren - Interne Validierung von Maßen.
<<http://www.software-kompetenz.de/servlet/is/10597/?print=true>> - 21.01.2015.

WARNECKE ET AL. 1993

Warnecke, H.J.; Bullinger, H.-J.; Hichert, R.; Voegelé A.: Kostenrechnung für Ingenieure. München: Carl Hanser 1993. ISBN: 3-446-17534-2. (Hanser-Studienbücher).

WELGE & AL-LAHAM 2012

Welge, M.; Al-Laham, A.: Strategisches Management - Grundlagen, Prozess, Implementierung. 6. Aufl. Wiesbaden: Gabler 2012. ISBN: 978-3-8349-2476-6.

WERNERS 2013

Werners, B.: Grundlagen des Operations Research - Mit Aufgaben und Lösungen. 3. Aufl. Berlin: Springer 2013. ISBN: 978-3-642-40102-2.

WIENDAHL ET AL. 2009

Wiendahl, H.-P.; Reichardt, J.; Nyhuis, P.: Handbuch Fabrikplanung - Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten. München: Carl Hanser 2009. ISBN: 978-3-446-22477-3.

WILDEMANN 1987

Wildemann, H.: Strategische Investitionsplanung - Methoden zur Bewertung neuer Produktionstechnologien. Wiesbaden: Gabler 1987. ISBN: 3-409-13715 7.

WILDEMANN 1997

Wildemann, H.: Fertigungsstrategien. 3. Aufl. München: Transfer-Centrum 1997. ISBN: 3-929918-89-7.

WILDEMANN 2005

Wildemann, H.: Unternehmensstandort Deutschland. München: TCW Transfer-Centrum 2005. ISBN: 978-3-93723-612-4.

WITTE 2007

Witte, H.: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre - Lebensphasen des Unternehmens und betriebliche Funktion. München: Oldenbourg 2007. ISBN: 978-3-48658-223-9

WITTENSTEIN 2011

Wittenstein, M.: Vorwort zum Buch „Zukunft der Produktion“. In: Abele, E.; Reinhart, G. (Hrsg.): Zukunft der Produktion - Herausforderungen, Forschungsfelder, Chancen. München: Carl Hanser 2011, S. IX. ISBN: 978-3-446-42595-8

WLEKLINSKI 2001

Wleklinski, C.: Methode zur Effektivitäts- und Effizienzbewertung der Entwicklung maschinenbaulicher Anlagen. Diss. Universität Paderborn (2001). Paderborn: Heinz-Nixdorf-Institut 2001. ISBN: 3-935433-09-3. (HNI-Verlagsschriftenreihe 100).

WOLFRUM 1991

Wolfrum, B.: Strategisches Technologiemanagement. Wiesbaden: Gabler 1991. ISBN: 3-409-18717-0. (Neue betriebswirtschaftliche Forschung Band 77).

WOLSTENHOLME 1985

Wolstenholme, E. F.: A Methodology for Qualitative System Dynamics. In: Warkentin, M.E. (Hrsg.): Proceedings of the 1985 International Conference of the System Dynamics Society. Keystone (Colorado) / USA, 2.-5. Juli 1985, S. 1049-1057.

ZADEH 1965

Zadeh, L. A.: Fuzzy sets. Information and Control 8 (1965) 3, S. 338-353.

ZAHN 1986

Zahn, E.: Innovations- und Technologiemanagement - Eine strategische Schlüsselaufgabe der Unternehmen. In: Zahn, E.: Technologie- und Innovationsmanagement - Festgabe für Gert v. Kortzfleisch zum 65. Geburtstag. Berlin: Duncker & Humblot 1986. S. 9-48. ISBN: 3-428-06096-2. (Abhandlungen aus dem Industrieseminar der Universität Mannheim - Heft 33).

ZAHN 1987

Zahn, E.: Produktionstechnologien als Element internationaler Wettbewerbsstrategien. In: Dichtl, E.; Gerke, W.; Kieser, A. (Hrsg.): Innovation und Wettbewerbsfähigkeit. Mannheim: Gabler 1987. ISBN: 3-409-13911-7.

ZAHN 1988

Zahn, E.: Produktionsstrategie. In: Henzler, H. (Hrsg.): Handbuch strategische Führung. Wiesbaden: Gabler 1988, S. 515-542. ISBN: 3-409-19910-1.

ZAHN 1992

Zahn, E.: Konzentration auf Kompetenz - ein Paradigmawechsel im strategischen Management?. In: Zahn et al. (Hrsg.): Erfolg durch Kompetenz - Strategie der Zukunft. Stuttgart: Schäffer-Poeschel 1992. S. 1-38. ISBN: 3-7910-0634-7.

ZAHN 1994

Zahn, E.: Produktion als Wettbewerbsfaktor. In: Corsten, H. (Hrsg.):
Handbuch Produktionsmanagement - Strategie, Führung, Technologie,
Schnittstellen. Wiesbaden: Gabler 1994, S. 241 - 258. ISBN: 3-40919-959-4.

ZÄPFEL 2000

Zäpfel, G.: Strategisches Produktions-Management. 2. Aufl. München:
Oldenbourg 2000. ISBN: 3-486-25-450-2.

9 Anhang

9.1 Produktionsstrategische Kernmethoden

Im Folgenden werden die Methoden detaillierter beschrieben, die in Abschnitt 2.4 als produktionsstrategische Kernmethoden bezeichnet werden. Dabei handelt es sich um die folgenden Methoden:

- SWOT-Analyse
- Branchenstrukturanalyse
- Markt-Technologieportfolio
- Kritische Erfolgsfaktorenanalyse
- Fuzzylogik

SWOT-Analyse

In der von MINTZBERG ET AL. (2009, S. 23-48) beschriebenen „design school“ steht die SWOT-Analyse im Zentrum eines formalisierten Strategieentwicklungsprozesses. Eine der größten Stärken dieser Analyse ist die sehr flexible Einsetzbarkeit für verschiedene Fragestellungen und die Anpassungsfähigkeit in Bezug auf die Detaillierungsebene. Die SWOT-Analyse ist sehr gut geeignet, um komplexe Analyseergebnisse zusammenzufassen und strukturiert darzustellen (KERTH ET AL. 2011, S. 168F). Aus der Analyse der Felder lassen sich sogenannte Normstrategien ableiten. Dabei handelt es sich nicht um konkrete Strategien, sondern um Denkanstöße (KERTH ET AL. 2011, S. 206), wie die Felder zu interpretieren sind.

Die oben beschriebenen Eigenschaften qualifizieren die SWOT-Analyse, um in Phase 2, die wesentlichsten Analyseergebnisse eines produktionsstrategischen Handlungsfeldes zusammenzufassen und zu analysieren.

Abbildung 35 zeigt die Normstrategien einer SWOT-Analyse.

		Interne Analyse	
		Strengths (Stärken)	Weaknesses (Schwächen)
Externe Analyse	Opportunities (Chancen)	SO-Strategien - Wahrnehmung der Chancen unter Einsatz der Stärken - Expansion/Investition - Nutzung von Trends durch vorhandene Ressourcen	WO-Strategien - Abbau von Unternehmensschwächen, um Chancen zu nutzen - Beispielsweise Abbau einer Schwäche, um reaktionsschneller zu sein sowie die Chancen des Marktes nutzen zu können
	Threats (Schwächen)	ST-Strategien - Stärken ausnutzen, um Umweltrisiken auszugleichen bzw. zu lindern - Einsetzen von Beziehungen, um Umweltbedingungen zu beeinflussen	WT-Strategien - Schwächen abbauen, um Risiken zu reduzieren - Deinvestitionsstrategien

Abbildung 35: Normstrategien einer SWOT-Analyse nach KERTH ET AL. (2011, S. 206)

Branchenstrukturanalyse

Wie bereits in Abschnitt 2.4 ausgeführt, umfasst die von PORTER 2013 beschriebene Branchenstrukturanalyse die folgenden fünf Felder:

- Potentielle neue Konkurrenten
- Wettbewerb in der Branche
- Substitutionsprodukte
- Verhandlungsstärke der Lieferanten
- Verhandlungsstärke der Kunden

Alle oben genannten Elemente werden dabei einzeln untersucht (vgl. PORTER 2013, S. 37ff). Somit werden die Anwender zu einer mehrdimensionalen Sichtweise angehalten. Zur genaueren Beschreibung der Untersuchungsinhalte lassen sich folgende Fragen ableiten:

- Wie groß ist die Bedrohung durch neue Anbieter?
- Wie hoch ist der Wettbewerbsdruck unter den Marktteilnehmern?

- Besteht eine Gefahr durch alternative Produkte?
- Wie stark ist die Verhandlungsposition der Lieferanten?
- Welchen Einfluss haben die Kunden auf die Branche?

Die Beantwortung der Fragen kann durch weitere Analysen unterstützt werden (vgl. KERTH ET AL. 2011, S. 160). Demnach kann die Branchenstrukturanalyse ähnlich wie die SWOT-Analyse zur aggregierten Darstellung verschiedener Analyseergebnisse verwendet werden.

Markt-Technologieportfolio

Wie der Name bereits andeutet, setzt sich diese Methode aus einem Marktportfolio und einem Technologieportfolio zusammen. Diese werden zunächst getrennt voneinander erstellt und anschließend zusammengeführt. Das Marktportfolio setzt sich aus der Untersuchung der relativen Marktposition und der Marktattraktivität zusammen. Das Technologieportfolio ergibt sich aus der Analyse der relativen Technologieposition sowie der Technologieattraktivität. Die Bewertung der einzelnen Achsen basiert auf einer Reihe durch den Anwender festzulegender Kriterien, die anschließend gewichtet werden können.

Abbildung 36 verdeutlicht, wie das Markt- und das Technologieportfolio zu dem integrierten Markt-Technologieportfolio zusammengeführt werden.

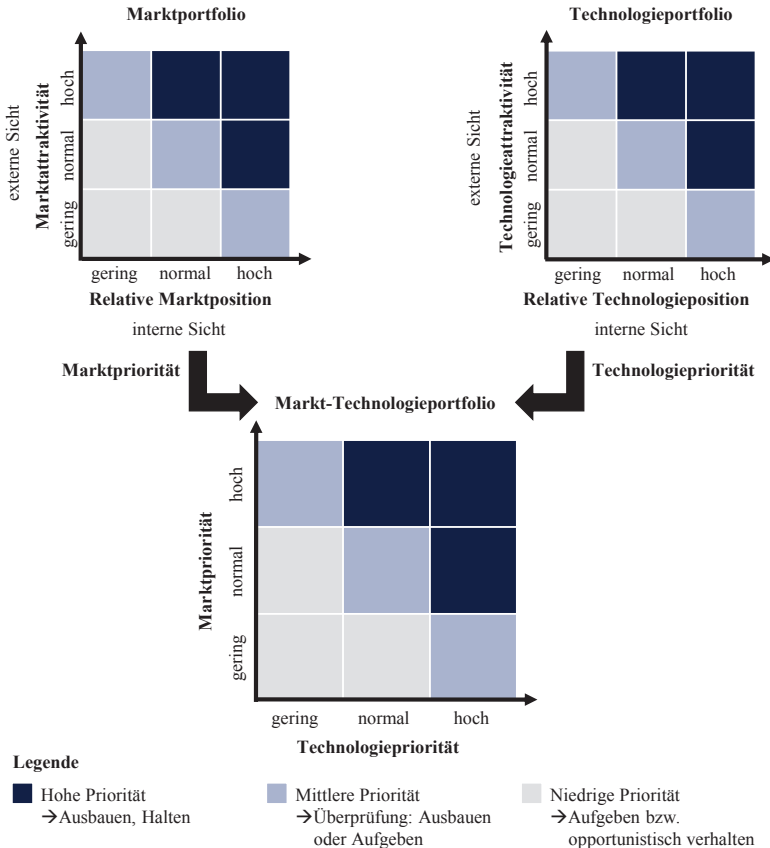


Abbildung 36: Das integrierte Markt-Technologieportfolio in Anlehnung an HAAG ET AL. (2011, S. 336)

Das integrierte Portfolio beinhaltet nunmehr die Dimensionen Markt- und Technologiepriorität. Zudem lassen sich den Feldern des Portfolios Normstrategien zuordnen, die einen Anhaltspunkt geben, wie mit dem bewerteten Objekt umgegangen werden soll.

Eine wesentliche Ergänzung des integrierten Markt-Technologieportfolios stellt das Modell des Technologielebenszyklus dar. Dieses gliedert eine Technologie idealtypisch

in die vier Phasen „Entstehung“, „Wachstum“, „Reife“ und „Alter“. Mit Hilfe verschiedener Indikatoren kann eine Einschätzung vorgenommen werden, in welcher Phase die betrachtete Technologie sich befindet (GAUSEMEIER ET AL. 2009, S. 152-155).

Abbildung 37 stellt das Modell mit den entsprechenden Phasen und den zugehörigen Indikatoren dar:

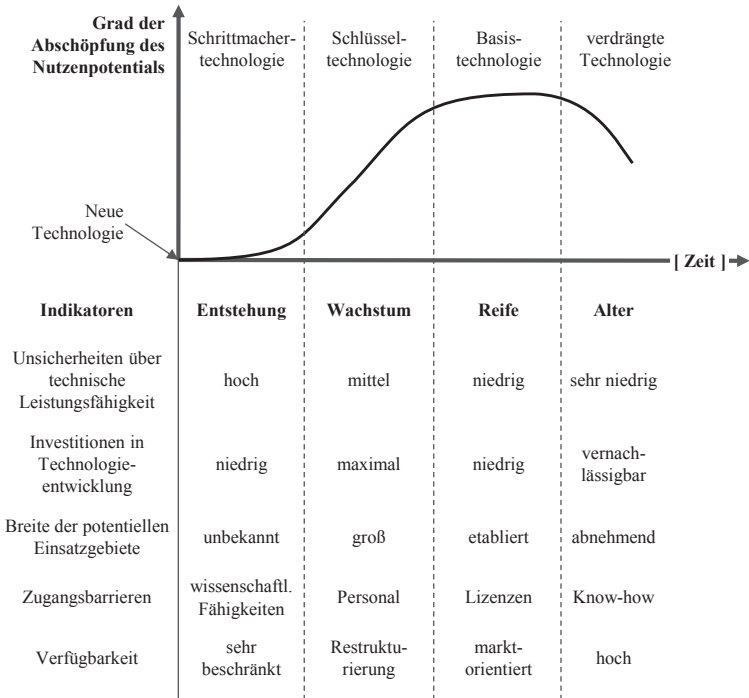


Abbildung 37: Phasenmodell des Technologielebenszyklus in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. (2009, S. 155)

Eine „neue Technologie“ steht am Beginn des Lebenszyklus und besitzt noch keine wirtschaftliche Anwendung. Auch die „Schrittmachertechnologie“ befindet sich noch im frühen Entwicklungsstadium und erfährt eine erste Verbreitung in Nischenbereichen. „Schlüsseltechnologien“ zeichnen sich dadurch aus, dass sie die Wettbewerbssituation entscheidend beeinflussen und zu signifikanten Wettbewerbsvorteilen führen. Sobald alle Wettbewerber eine Technologie beherrschen wird diese als „Basistechnologie“ bezeichnet. Eine Technologie am Ende des Lebenszyklus kann durch eine neue

Technologie ersetzt werden und wird demzufolge als „verdrängte Technologie“ benannt (GAUSEMEIER ET AL. 2009, S. 154F).

Erfolgsfaktorenanalyse

Die Erfolgsfaktorenanalyse ist ein wichtiger Bestandteil, um die strategische Zielausrichtung eines Unternehmens zu bestimmen (WILDEMANN 1997, S. 51). Zu diesem Zweck unterscheiden GAUSEMEIER & PLASS (2014, S. 139) zwischen den folgenden Erfolgsfaktoren:

- Kritische Erfolgsfaktoren.
- Ausgeglichene Erfolgsfaktoren.
- Überbewertete Erfolgsfaktoren.

HEINRICH & STELZER (2011, S. 343) definieren folgende Vorgehensweise zur Identifizierung und Auswahl der kritischen Erfolgsfaktoren:

- Identifikation der Erfolgsfaktoren,
- Festlegen der Teilnehmer an der Befragung,
- Formulieren des Fragebogens,
- Durchführung der Datenerhebung,
- Auswertung der Erhebungsdaten und Darstellen der Erhebungsergebnisse,
- Interpretation der Erhebungsergebnisse und
- Präsentieren der Befunde. (HEINRICH & STELZER 2011, S. 343)

Zunächst werden in einem Arbeitskreis potentielle Erfolgsfaktoren identifiziert und diskutiert, bevor der Teilnehmerkreis für die Befragung festgelegt werden kann. Es ist darauf zu achten, dass die potentiellen Erfolgsfaktoren nicht zu allgemein gewählt worden sind und sich insbesondere auf die Produktion beziehen (WILDEMANN 1997, S. 51). Im Anschluss kann ein Fragebogen aufgesetzt werden. In diesem sind für jeden potentiellen Erfolgsfaktor zwei Bewertungskategorien vorzusehen. Zum einen wird die „Priorität“ (P_k) und zum anderen die „Leistung“ (L_k) des potentiellen Erfolgsfaktors (k) bewertet. „Priorität“ bezeichnet in diesem Zusammenhang die Bedeutung, die dem potentiellen Erfolgsfaktor zugemessen wird. Es wird demnach die Frage der Wichtigkeit des Faktors für den Erfolg der Produktion gestellt. Die „Leistung“ bestimmt das ausgeschöpfte Potential des potentiellen Erfolgsfaktors. Es wird der bisher tatsächlich erreichte Beitrag zum Erfolg der Produktion eingeschätzt (HEINRICH & STELZER 2011, S. 342F).

Für die Bewertung können in Anlehnung an HEINRICH & STELZER (2011, S. 342) folgende Skalen verwendet werden:

$P_k = 1$: irrelevant $L_k = 1$: sehr schlecht $P_k = 3$: evtl. nützlich $L_k = 3$: ausreichend $P_k = 5$: wichtig $L_k = 5$: gut $P_k = 7$: sehr entscheidend $L_k = 7$: ausgezeichnet

Der so entstandene Fragebogen wird dem Teilnehmerkreis zugeschickt und dieser führt die Bewertung durch. HEINRICH & STELZER (2011, S. 342F) empfehlen zur Auswertung den Erfolg E_k eines potentiellen Erfolgsfaktors k zu berechnen. E_k wird nach der folgenden Formel errechnet:

$$E_k = \frac{\sum_{t=1}^r (P_{k,t} * L_{k,t})}{\sum_{t=1}^r P_{k,t}}, \quad t = 1,2, \dots, r \quad k = 1,2, \dots, u \quad \text{Gl. 9-1}$$

mit

E_k = Erfolgswert eines potentiellen Erfolgsfaktors (k)

$P_{k,t}$ = Prioritätsbewertung des Teilnehmers (t) in Bezug auf Erfolgsfaktor (k)

$L_{k,t}$ = Leistungsbewertung des Teilnehmers (t) in Bezug auf Erfolgsfaktor (k)

Die Formel verdeutlicht, dass der Erfolg von der Höhe der Priorität und Leistung abhängt. Nach HEINRICH & STELZER (2011, S. 342F) müssen beide Werte groß sein, damit ein Erfolgsfaktor als erfolgsentscheidend angesehen wird. GAUSEMEIER ET AL. (2009, S. 159) hingegen bezeichnet die Erfolgsfaktoren als „kritisch“, bei denen die Priorität hoch und die Leistung niedrig ist. Darüber hinaus verwendet GAUSEMEIER ET AL. (2009, S. 159) den Begriff der „überbewerteten Erfolgsfaktoren“ für die Erfolgsfaktoren, die eine hohe Leistung aufweisen, aber eine geringe Priorität.

Zur Ermittlung der wesentlichsten Erfolgsfaktoren bestehen demnach zwei Möglichkeiten. Zum einen kann auf Basis des errechneten Erfolgs (E_k) nach HEINRICH & STELZER (2011, S. 342F) eine Rangliste der wichtigsten Erfolgsfaktoren erstellt werden.

Zum anderen kann das arithmetische Mittel der Prioritäts- und Leistungsbewertungen aller Teilnehmer für jeden potentiellen Erfolgsfaktor errechnet werden. Ist sowohl der durchschnittliche Prioritätswert des jeweiligen potentiellen Erfolgsfaktors über dem Durchschnitt aller errechneten Prioritätswerte und der durchschnittliche Leistungswert des jeweiligen potentiellen Erfolgsfaktors über dem Durchschnitt aller betrachteten Leistungswerte, so handelt es sich um einen kritischen Erfolgsfaktor. Anschließend kann dies in einem Portfolio abgebildet werden (vgl. HEINRICH & POMBERGER 2001; HEINRICH 2001, S. 253F).

Beide Ansätze haben ihre Berechtigung und werden in der vorliegenden Arbeit berücksichtigt.

Der Logik von HEINRICH & STELZER (2011, S. 342F) folgend, dass es sich bei den Erfolgsfaktoren um die entscheidendsten und damit kritischsten handelt, die sowohl eine hohe Priorität als auch eine hohe Leistung und demzufolge auch einen hohen Erfolgswert aufweisen, lässt sich das folgende Portfolio (vgl. Abbildung 38) darstellen.

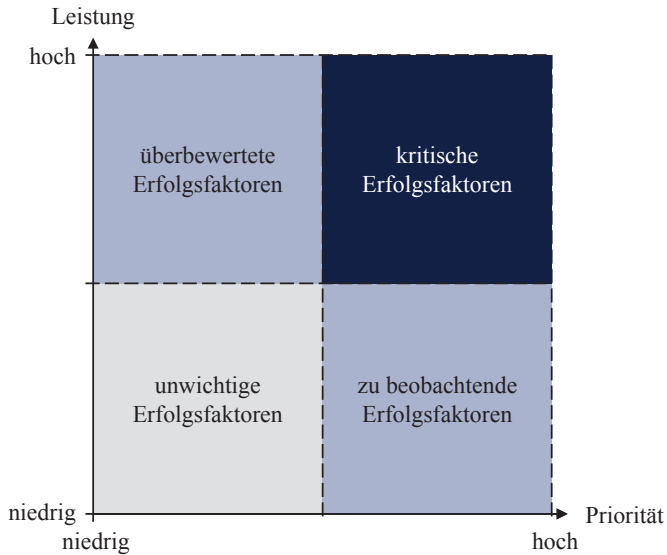


Abbildung 38: Portfolio zur kritischen Erfolgsfaktorenanalyse in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. (2009, S. 158F) und HEINRICH & STELZER (2011, S. 342FF)

Dabei wurden für die Sektorenbezeichnungen die Begriffe nach GAUSEMEIER ET AL. (2009, S. 158F) der „kritischen“ und „überbewerteten“ Erfolgsfaktoren in die Darstellung mit aufgenommen. Des Weiteren werden die Sektoren mit geringerer Leistung als „unwichtige“ und „zu beobachtende“ Sektoren bezeichnet. Die Wertebereiche der Achsen, nach denen sich die Sektoren aufteilen, sind individuell vom Expertenteam festzulegen. Zu diesem Zweck ist der Durchschnitt der errechneten Prioritäts- und Leistungsbewertungen zu bilden und diese als Grenzwerte für die Sektoren zu verwenden. Auf diese Weise werden die verhältnismäßig kritischsten Erfolgsfaktoren identifiziert (vgl. HEINRICH 2001, S. 253F; GÄNG 2012, S. 46; HEINRICH & POMBERGER 2001, S. 9F; GAUSEMEIER ET AL. 1996, S. 199F & 212F; HEINRICH & STELZER 2011, S. 345).

Darüber hinaus ist der errechnete Erfolg in einen Gewichtungswert (GW_k) in Abhängigkeit des ausgewählten Erfolgsfaktors zu errechnen:

$$GW_k = \frac{E_k}{\sum_{k=1}^m E_k}, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad \text{Gl. 9-2}$$

mit

GW_k = Gewichtungswert des Erfolgsfaktors (k), $0 \leq GW_k \leq 1$

E_k = Erfolgswert des Erfolgsfaktors (k)

Auf diese Weise kann in Abhängigkeit von der Anzahl der Faktoren und der errechneten Erfolgswerte ein Gewichtungsprozentsatz ermittelt werden. Dieser hängt nicht mehr nur von der absoluten Bewertung der Priorität und Leistung ab, sondern auch von der Anzahl der ausgewählten Erfolgsfaktoren. Demzufolge ergibt sich eine relative Gewichtung für den jeweiligen Erfolgsfaktor im Verhältnis zu den anderen Erfolgsfaktoren.

Fuzzylogik

In der klassischen Mengenlehre gilt, dass ein Element „ x “ Teil der Menge „ M “ ($x \in M$) oder nicht Teil der Menge „ M “ ($x \notin M$) ist (BOTHE 1998, S. 17; ROMMELFANGER & EICKEMEIER 2002, S. 35; ROMMELFANGER 1994, S. 7; LIPPE 2006, S. 248; OCKER 2010, S. 306-309). Aufgrund dieser klaren Trennung werden die oben beschriebenen Mengen auch als „scharfe Mengen“ bezeichnet, da sie der binären Logik folgend nur die Aussagen „wahr“ oder „falsch“ zulassen (vgl. ROMMELFANGER 1994, S. 7f). Diese binäre Logik ist bei der Verwendung von Expertenwissen und den damit einhergehenden linguistischen Beschreibungen nicht ausreichend (LIPPE 2006, S. 259). Auf diese Problematik stoßend führte ZADEH (1965, S. 338-353) die „Fuzzylogik“ (engl. "fuzzy logic") und die damit verbundenen „unscharfen Mengen“ (engl. „fuzzy sets“) ein (ROMMELFANGER 1994, S. 7f; BOTHE 1998, S. 14; ROMMELFANGER & EICKEMEIER 2002, S. 35; LIPPE 2006, S. 247; OCKER 2010, S. 306). Die Fuzzylogik erweitert dabei die klassische, binäre Mengenlehre (LIPPE 2006, S. 245). In der Lehre der unscharfen Mengen kann ein Element „ x “ auch nur teilweise einer Menge zugeordnet werden (NAUCK ET AL. 1994, S. 238). Dieser Zustand wird durch eine „Zugehörigkeitsfunktion“ beschrieben. Diese weist den einzelnen Elementen einer Grundmenge einen bestimmten Zugehörigkeitswert zu. Dieser bestimmt in welchem Maße das Element in einer unscharfen Menge enthalten ist oder eine Eigenschaft durch das Element erfüllt ist (FORSCHNER 1998, S. 54f; KREBS 2012, S. 42).

Die folgende Formel beschreibt diesen Sachverhalt mathematisch:

$$\mu_M: \Omega \rightarrow [0,1] \qquad \text{Gl. 9-3}$$

mit

μ_M = Zugehörigkeitswert zur Menge M

Ω = Grundmenge

M = unscharfe Menge

Dabei wird für das Element „x“ durch die Zugehörigkeitsfunktion ein Kontinuum von Graden der Zugehörigkeit mit Hilfe eines Zugehörigkeitswerts zwischen 0 und 1 bestimmt (ZADEH 1965, S. 339).

Abbildung 39 verdeutlicht den Unterschied zwischen scharfen und unscharfen Mengen in Anlehnung an KREBS (2012, S. 43) anschaulich.

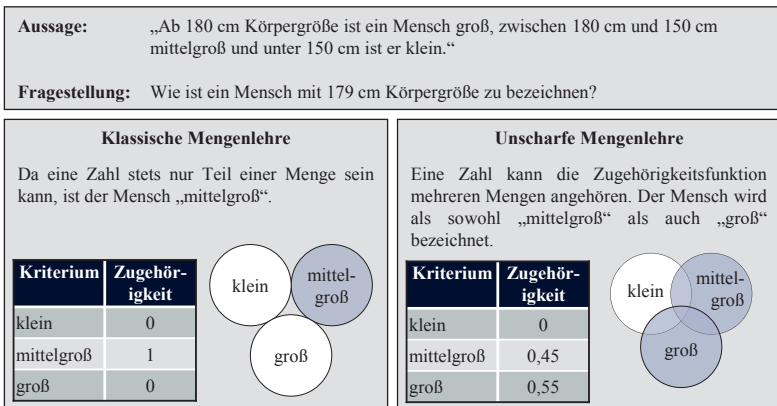


Abbildung 39: Unterschied zwischen scharfen und unscharfen Mengen in Anlehnung an KREBS (2012, S. 43)

Wie in Abbildung 39 dargestellt, können sich mehrere Zugehörigkeitsfunktionen überschneiden. Auf Basis des Beispiels aus Abbildung 39 veranschaulicht Abbildung 40 die Zugehörigkeit zu verschiedenen unscharfen Mengen durch die Darstellung von Dreiecksmengen.

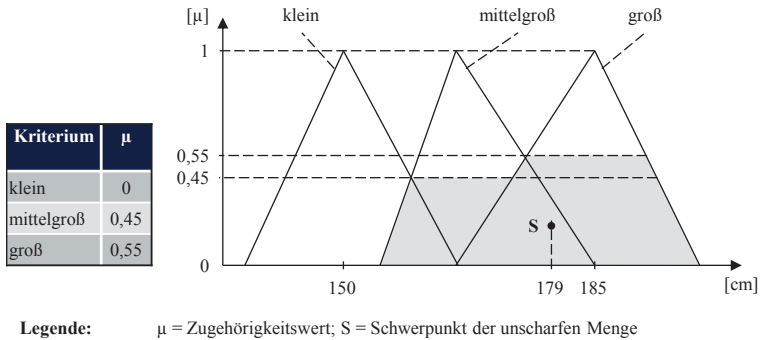


Abbildung 40: Fuzzy Sets in Anlehnung an KREBS (2012, S. 44)

Den Zugehörigkeitsfunktionen sind die linguistischen Terme (klein, mittelgroß, groß) zugeordnet (KREBS 2012, S. 76). Die Bewertung der Elemente erfolgt durch die Nutzung von Expertenwissen und deren Einschätzung zu welcher unscharfen Menge das Element zuzuordnen ist. Um diese unscharfen Angaben der Experten transformieren zu können, muss eine sogenannte „Defuzzifizierung“ vorgenommen werden (ROMMELFANGER & EICKEMEIER 2002, S. 226; KREBS 2012, S. 75; ROSS 2010, S. 95). Im Gegensatz dazu wird die Umwandlung von „scharfen Werten“ in „unscharfe Werte“ als „Fuzzifizierung“ bezeichnet (KREBS 2012, S. 75; ROSS 2010, S. 93).

Bevor mit der weiteren Beschreibung fortgefahren werden kann, muss zwischen den Begriffen „linguistische Terme“ und „linguistische Variablen“ unterschieden werden. Eine linguistische Variable ist der zu beschreibende Kennwert (z.B. Körpergröße). Linguistische Terme beschreiben die möglichen Ausprägungen einer linguistischen Variable (z.B. klein, mittelgroß, groß) (ROMMELFANGER 1994, S. 66; BOTHE 1998, S. 25; SCHULZ 2002, S. 328; LIPPE 2006, S. 311).

Im Rahmen der Fuzzifizierung wird eine linguistische Variable in einen Vektor von Zugehörigkeitswerten zu linguistischen Termen überführt. Ist eine Person beispielsweise 150 cm groß, so ließe sich das mathematisch, auf Basis des verwendeten Beispiels in den vorangegangenen Abbildungen, wie folgt beschreiben:

$$\mu_{\text{Körpergröße}} = \begin{pmatrix} \mu_{\text{klein}} \\ \mu_{\text{mittelgroß}} \\ \mu_{\text{groß}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad \text{Gl. 9-4}$$

Demzufolge ist diese Person eindeutig dem linguistischen Term „klein“ zuzuordnen. Ist die Person 179 cm, so wäre dies dem linguistischen Term „mittelgroß“ zuzuordnen (vgl. Abbildung 39).

Zur Defuzzifizierung können verschiedene Methoden angewendet werden (FULLÉR 2000, S. 78F). Im Folgenden wird die Mittelwert-Max- (engl. „mean-of-max“) und die Flächenschwerpunktmethode („center-of-gravity“) beschrieben.

Mit Hilfe der Mittelwert-Max-Methode wird ein scharfer Wert dadurch errechnet, indem das arithmetische Mittel der lokalen Maxima berechnet wird, wie in der folgenden Formel beschrieben:

$$x_{ermittelt} = \frac{1}{MM} * \sum_{x_i \in MM} x_i \tag{Gl. 9-5}$$

mit

MM = Menge der Maxima

x_{ermittelt} = errechneter "scharfer" Wert

Bei der Flächenschwerpunktmethode wird auf Basis der Darstellung von Dreiecksmengen (vgl. Abbildung 40) der scharfe Wert mit Hilfe der umschlossenen Teile der unscharfen Mengen als zusammenhängende Fläche ermittelt (BOTHE 1998, S. 50F; FULLÉR 2000, S. 79; MASSAD ET AL. 2008, S. 123F; KREBS 2012, 78F).

Abbildung 41 stellt dies auf Basis des bereits zuvor verwendeten Beispiels anschaulich dar.

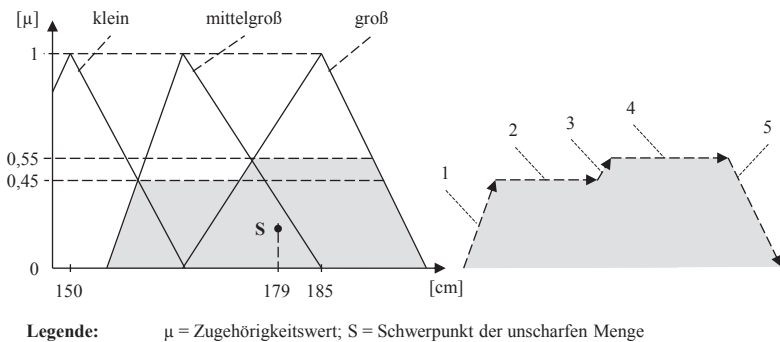


Abbildung 41: Defuzzifizierung mittels Flächenschwerpunktmethode

Die Ränder der zusammenhängenden Fläche werden durch die Zugehörigkeitsfunktion beschrieben. Die zur Flächenschwerpunktsermittlung zu berechnenden Integrale ergeben sich aus den Geradengleichungen der Ränder, wie in Abbildung 41 veranschaulicht.

Mit Hilfe der folgenden Formel kann der Flächenschwerpunkt und damit der „scharfe Wert“ errechnet werden:

$$x_{ermittelt} = \frac{\int_x \mu_A(x) * x dx}{\int_x \mu_A(x) dx} \quad \text{Gl. 9-6}$$

mit

$x_{ermittelt}$ = errechneter "scharfer" Wert

$\mu_A(x)$ = Zugehörigkeitsfunktion von x zur unscharfen Menge A

In dem in Abbildung 41 dargestellten Beispiel wird die Fläche von 5 Geraden umschlossen. Dementsprechend würde die Berechnung von Zähler und Nenner bei der Berechnung aus 5 Integralen bestehen.

9.2 Produktionsstrategische Unterstützungsmethoden

Im Folgenden werden die Methoden näher erläutert, die für die Lösung von Einzelproblemen im Rahmen der Methodik angewendet werden können (vgl. Abschnitt 2.4). Dabei handelt es sich um die folgenden Methoden:

- Multi-Kriterien-Modell
- QFD-Methode
- Zyklensuche in der Graphentheorie

Multi-Kriterien-Modell

Mit dem Multi-Kriterien-Modell nach GHANDFOROUSH ET AL. (1985) lassen sich verschiedene Optionen unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Bewertungsfaktoren evaluieren. Dabei werden die folgenden Faktoren unterschieden:

- Kritische Faktoren (CFM): Diese sind unbedingt zu erfüllen, damit eine Option überhaupt in Frage kommen kann.
- Objektive Faktoren (OFM): Dabei handelt es sich um quantifizierbare Faktoren wie z.B. eine Menge.
- Subjektive Faktoren (SFM): Diese lassen sich nicht quantifizieren und basieren oftmals auf der Einschätzung von Personen.

Demnach berechnet sich der Leistungswert (PM_i) für eine Option i wie folgt:

$$PM_i = CFM_i [X \cdot OFM_i + (1 - X) \cdot SFM_i], \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{Gl. 9-7}$$

mit

PM_i = Leistungskennwert für Option i , $0 \leq PM_i < 1$

CFM_i = Wert für kritischen Leistungsfaktor der Option i , $CFM_i = 1$ oder 0

OFM_i = Wert für objektiven Leistungsfaktor der Option i ,

$0 \leq OFM_i \leq 1$ und $\sum_{i=1}^n OFM_i = 1$

SFM_i = Wert für subjektiven Leistungsfaktor der Option i ,

$0 \leq SFM_i \leq 1$ und $\sum_{i=1}^n SFM_i = 1$

X = Gewichtung des objektiven Faktorenwerts, $0 \leq X \leq 1$

n = Anzahl der zu bewertenden Optionen

Das Ergebnis besteht aus einem abstrakten Leistungskennwert (PM_i), der zwischen 0 und 1 liegen kann. Dieser drückt den Erfüllungsgrad aller Faktoren aus. Entscheidend für das Ergebnis ist zunächst der Kennwert der kritischen Faktoren (CFM_i) der entweder 0 oder 1 sein kann. Ist dieser 0 und somit einer der kritischen Faktoren nicht erfüllt, so ist automatisch der Leistungskennwert ebenso 0 und die Option wird nicht weiter berücksichtigt. Ist dieser nicht 0 so sind die Werte der objektiven (OFM_i) und subjektiven (SFM_i) Faktoren entscheidend. Darüber hinaus kann durch den Faktor (X) eine Gewichtung zwischen der objektiven und subjektiven Bewertung vorgenommen werden (GHANDFOROUSH ET AL. 1985).

Der Wert für die objektiven Faktoren (OFM_i) der einzelnen Optionen berechnet sich wie folgt:

$$OFM_i = \frac{1}{OFC_i \cdot \sum_{i=1}^n (1/OFC_i)}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{Gl. 9-8}$$

mit

OFC_i = Gesamtwert der objektiven Kriterien für Option i

Da es sich um objektive Faktoren handelt können objektive Kriterien z.B. Kosten in Euro angegeben werden. Als Ergebnis ergibt sich ein Wert zwischen 0 und 1. Dabei ist der Wert für den objektiven Faktor (OFM_i) umso kleiner je höher die Gesamtwert der objektiven Kriterien (OFC_i) ist. Anders ausgedrückt bedeutet dies, dass je höher die Kosten für eine Alternative sind, desto geringer ist der Wert für die objektiven Faktoren (GHANDFOROUSH ET AL. 1985).

Die Berechnung des Wertes des subjektiven Faktors einer Option i (SFM_i) besteht aus dem relativen Gewicht ($\overline{SF\overline{W}_k}$) eines jeden subjektiven Faktors k im Verhältnis zu den übrigen subjektiven Faktoren und dem relativen Gewicht ($\overline{SP\overline{W}_{ik}}$) der Option i im Verhältnis zu allen anderen Optionen in Bezug auf den subjektiven Faktor k (GHANDFOROUSH ET AL. 1985).

Folgendermaßen wird der Wert des subjektiven Faktors (SFM_i) für Option i berechnet:

$$SFM_i = \sum_{k=1}^m \overline{SP\overline{W}_{ik}} \cdot \overline{SF\overline{W}_k}, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{und} \quad k = 1, 2, \dots, m \quad \text{Gl. 9-9}$$

mit

$\overline{SP\overline{W}_{ik}}$ = Gewicht der Option i relativ zu den übrigen Optionen für Faktor k

$\overline{SF\overline{W}_k}$ = Gewicht des subjektiven Faktors k relativ zu den übrigen subjektiven Faktoren

Die subjektiven Kriterien ($\overline{SP\overline{W}_{ik}}$, $\overline{SF\overline{W}_k}$) werden zuvor normiert. Dies wird durch die Division der für ein Kriterium vergebenen Punkte durch die Gesamtpunktzahl erreicht. Die Vergabe der Punkte für ein Kriterium kann durch die Normierung unterschiedlich sein und wird durch die Anwender definiert.

Entsprechend lauten die Formeln:

$$\overline{SP\overline{W}_{ik}} = \frac{SPW_{ik}}{\sum_{i=1}^n SPW_{ik}} \quad \text{und} \quad \overline{SF\overline{W}_k} = \frac{SF\overline{W}_k}{\sum_{k=1}^m SF\overline{W}_k}, \quad k = 1, 2, \dots, m \quad \text{Gl. 9-10}$$

Als Ergebnis resultieren die normierten Faktoren, die zwischen 0 und 1 liegen (GHANDFOROUSH ET AL. 1985).

Das Multi-Kriterien-Modell nach GHANDFOROUSH ET AL. (1985) ist eigentlich dafür gedacht Optionen nach ihrer Leistung zu bewerten und die beste Option auszuwählen. Dementsprechend ergibt sich für eine sehr gute Option ein Leistungskennwert nahe 1 und für eine sehr schlechte Option ein Leistungskennwert nahe 0. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sollen aber auch Optionen bezüglich des reinen Aufwandes bewertet werden. Wird das Modell für eine Aufwandsbetrachtung verwendet, so sind einige Aspekte zu berücksichtigen.

Der Leistungskennwert (PM_i) entspricht bei der Anwendung zur Aufwandsbetrachtung einem Aufwandskennwert (EM_i). Dieser soll nahe 1 sein, wenn der Aufwand sehr niedrig ist und nahe 0, wenn der Aufwand sehr hoch ist. Dies ist bei der Interpretation des Aufwandskennwertes von entscheidender Bedeutung und unbedingt zu beachten.

Der Wert für die objektiven Faktoren der Option i wird im Rahmen der Aufwandskennwertberechnung mit $OFME_i$ bezeichnet. Dieser kann unverändert berechnet werden, da dieser auch bei der Leistungskennwertberechnung bereits niedrig (nahe 0) ist, wenn der Aufwand (Kosten) sehr hoch ist. Dementsprechend trägt er zum gewünschten Gesamtergebnis bereits bei.

Bei den subjektiven Faktoren ist zu beachten, dass die Werte korrekt interpretiert werden. Bei der Berechnung des Leistungskennwerts einer Option (PM_i) ist es von Bedeutung, dass die Optionen den höchsten qualitativen Bewertungswert (SPW_{ik}) eines Kriterium erhalten, die am besten zur Leistung der jeweiligen Option beitragen. Folgendes Beispiel verdeutlicht den Zusammenhang. Bekommt eine Option B für das subjektive Kriterium Qualität auf einer Skala von 1 (sehr schlecht) bis 5 (sehr gut) eine hohe Wertung, so wirkt sich dies letztendlich positiv auf den Leistungskennwert der Option B (PM_B) aus. Entsprechend muss bei der Verwendung der subjektiven Werte im Rahmen der Aufwandskennwertberechnung darauf geachtet werden, dass die Optionen einen niedrigen Wert erhalten, für die ein hoher Aufwand erwartet wird. Als Beispiel kann der Flächenbedarf genannt werden, der bei strategischen Bewertungen oftmals nur qualitativ abgeschätzt werden kann, da eine genaue Kalkulation meist nicht möglich ist. Für die Berechnung des Aufwandswerts ist ein niedriger Wert zu vergeben, wenn der Flächenbedarf groß ist. Zur Unterscheidung wird der Wert für die subjektiven Faktoren der Option i im Rahmen der Aufwandskennwertberechnung als $SFME_i$ bezeichnet.

Auch bei den kritischen Faktoren, die im Rahmen der Aufwandskennwertberechnung einer Option i als $CFME_i$ bezeichnet werden, ist eine korrekte Interpretation von Bedeutung. Eine Option, die aufgrund eines nicht vertretbar hohem Aufwand nicht weiter betrachtet werden soll, wird mit 0 bewertet, so dass diese Option insgesamt als sehr schlecht oder nicht durchführbar interpretiert werden kann. Nur wenn der kritische Faktor 1 ist, kommt es demnach auf die quantitativen und subjektiven Faktoren an.

Dementsprechend berechnet sich der Aufwandskennwert (EM_i) wie folgt:

$$EM_i = CFME_i [X \cdot OFME_i + (1 - X) \cdot SFME_i], \quad i = 1, 2, \dots, n \quad \text{Gl. 9-11}$$

mit

$EM_i =$ Aufwandskennwert für Option i , $0 \leq EM_i < 1$

$CFME_i =$ Wert für kritischen Aufwandsfaktor der Option i , $CFME_i = 1$ oder 0

$OFME_i =$ Wert für objektiven Aufwandsfaktor der Option i ,

$0 \leq OFME_i \leq 1$ und $\sum_{i=1}^n OFME_i = 1$

$SFME_i =$ Wert für subjektiven Aufwandsfaktor der Option i ,

$0 \leq SFME_i \leq 1$ und $\sum_{i=1}^n SFME_i = 1$

$X =$ Gewichtung des objektiven Faktorenwerts, $0 \leq X \leq 1$

$n =$ Anzahl der zu bewertenden Optionen

Demzufolge ist die Berechnung deckungsgleich mit der Berechnung des Leistungskennwertes. Nur die Interpretation der subjektiven und kritischen Faktoren ist zu beachten. Bei der Verwendung z.B. bei einer Portfoliodarstellung sind die Achsen entsprechend festzulegen.

Das Multi-Kriterien-Modell wird optional zur Bewertung des Aufwandes strategischer Elemente im Rahmen der vorliegenden Arbeit verwendet.

Quality Function Deployment

Das „Quality Function Deployment“ wird abkürzend auch als QFD-Methode bezeichnet und wurde bereits 1966 durch den Japaner YOJI AKAO (AKAO 1990, S. 3) entwickelt. Der Grundgedanke dieser Methode ist, dass bei einem Produkt diejenigen Produktmerkmale umzusetzen sind, die die meisten und wesentlichsten Kundenanforderungen erfüllen. Auf diese Weise soll verhindert werden, dass nicht das technisch denkbare umgesetzt wird, sondern die Produktmerkmale integriert werden, die für den Kunden den höchsten Nutzen generieren (KERTH ET AL. 2011, S. 250).

Im Mittelpunkt der QFD-Methode steht das „House of Quality“ (HOQ) (BEA ET AL. 2011, S. 332). Die Methode besteht im Wesentlichen aus einer Matrix, die in mehreren Schritten erweitert werden kann (BURGHARDT 2012, S. 70-72). In der Literatur sind Ansätze beschrieben, die bis zu 23 Erweiterungen beinhalten (KERTH ET AL. 2011, S. 250-260).

Im Folgenden wird der Aufbau des HOQ nach SEGHEZZI ET AL. (2007, S. 331-333) beschrieben. Diese beschreiben die Erarbeitung des HOQ in den folgenden zehn Schritten (SEGHEZZI ET AL. 2007, S. 331-333; BEA ET AL. 2011, S. 333):

1. Ermittlung der Kundenanforderungen (Was möchte der Kunde?)
2. Gewichtung der Kundenanforderungen
3. Bewertung des eigenen Unternehmens und der Konkurrenz in Bezug auf die Erreichung der Kundenanforderungen aus Kundensicht
4. Übertragung der Kundenanforderungen in technische Merkmale (Wie adressieren wir die Kundenanforderungen?)
5. Angabe der Verknüpfungen zwischen den Kundenanforderungen und den technischen Merkmalen anhand einer Einflussmatrix
6. Berechnung der Bedeutung einzelner technischer Merkmale durch Multiplikation der Angaben aus der Einflussmatrix mit der jeweiligen

Gewichtung der Kundenanforderungen und Addition über sämtliche Anforderungen

7. Bewertung des eigenen Unternehmens und der Konkurrenz aus technischer Sicht
8. Abschätzung des Schwierigkeitsgrades einer technischen Umsetzung
9. Ableitung von Zielen und Kennwerten für Neuentwicklungen auf Grundlage der Konkurrenzvergleiche
10. Herstellung der Korrelation zwischen technischen Merkmalen (Qualitätsmerkmalen)

Um alle notwendigen Informationen zur Erarbeitung des HOQ generieren zu können, kann es notwendig sein, weitere Analysemethoden einzusetzen (KERTH ET AL. 2011, S. 251F).

Abbildung 42 zeigt ein Beispiel für ein HOQ in Anlehnung an SEGHEZZI ET AL. (2007, S. 332). Die gestrichelten Linien und damit verbundenen Ziffern verdeutlichen in welchen der oben genannte Schritte die jeweiligen Felder ausgefüllt bzw. ergänzt werden.

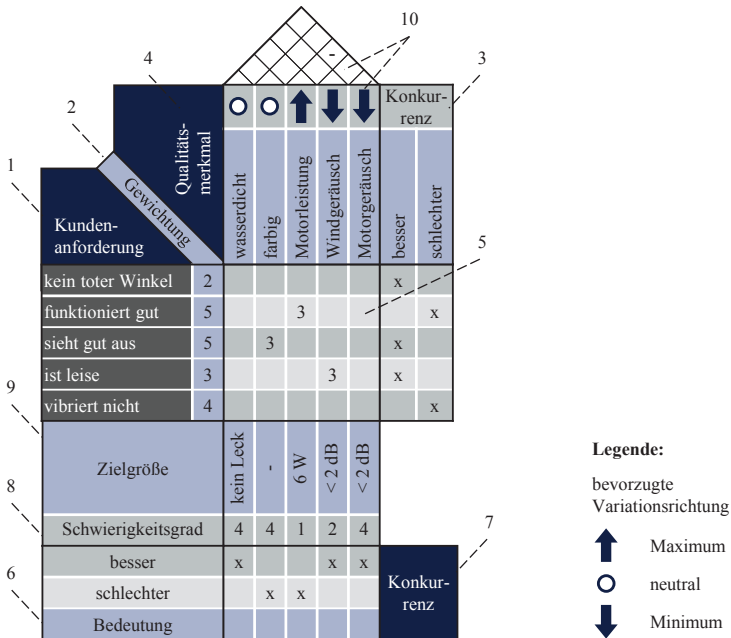


Abbildung 42: Beispiel für ein ausgefülltes HOQ für die Entwicklung eines Außenspiegels in Anlehnung an SEGHEZZI ET AL. (2007, S. 332)

Das HOQ bietet neben einer Reihe von Vorteilen und auch einige Nachteile, die in Anlehnung an KERTH ET AL. (2011, S. 257) und BURGHARDT (2012, S. 72) in Tabelle 15 aufgeführt werden.

Tabelle 15: *Vor- und Nachteile des HOQ nach KERTH ET AL. (2011, S. 257) und BURGHARDT (2012, S. 72)*

Vorteile	Nachteile
Logisch gegliederte Methodenschritte	Hoher zeitlicher und personeller Aufwand bei der Erstellung
Konflikte zwischen Kundenforderungen und Produktmerkmalen werden früh erkannt	Lange Einarbeitungszeit notwendig
Sicherstellung der Kundenzufriedenheit	Übertragung von Kundenwünschen auf technische Merkmale schwierig
Kundenanforderungen werden ideal abgedeckt	HOQ kann sehr umfangreich werden
Entscheidungen sind nachvollziehbar	-
Transparente Darstellung	-
Schneller Beginn der Entwicklung und kurze Produktionszeit	-

Das HOQ findet in unterschiedlichen Funktionsbereichen und Industriezweigen Anwendung. Neben dem Einsatz in der Produktentwicklung wird es auch in der Strategie- und auch Produktionsstrategieentwicklung eingesetzt (vgl. CROWE & CHENG 1996; CHAN & WU 2002, S. 467-474; SCHACK 2008, S. 53; DEVRIM ICTENBAS & ERYILMAZ 2011, S. 78-81).

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird es zur Analyse der Wirkzusammenhänge zwischen einzelnen Handlungsempfehlungen verwendet.

Zyklensuche in der Graphentheorie

Im Rahmen der Wirkzusammenhangsanalyse werden Zyklen identifiziert und aufgelöst. Im Folgenden werden die begrifflichen und methodischen Grundlagen hierfür erläutert.

Mit Hilfe der Graphentheorie können Systeme, die aus mehreren Elementen bestehen und miteinander durch Wirkzusammenhänge verbunden sind, abgebildet werden (KREBS 2012, S. 191). Dabei werden Elemente als „Knoten“ und die Wirkzusammenhänge als „Kanten“ bezeichnet (NEUMANN 1992, S. 7; TURAU 2004, S. 17f; DIESTEL 2010, S. 2; KREBS 2012, S. 191). Besteht ein System aus zwei oder mehr Knoten und sind diese mit Kanten verbunden, so wird dies als Graph

bezeichnet (NEUMANN 1992, S. 8; DIESTEL 2010, S. 2). Ist für die Kanten eines Graphen keine Richtung des Wirkzusammenhangs bekannt, so wird dieser als „ungerichteter Graph“ bezeichnet. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit sind die Wirkzusammenhänge auch in Bezug auf die Richtung spezifiziert und diese Graphen werden demzufolge als „gerichtete Graphen“ bezeichnet (TURAU 2004, S. 17f; WERNERS 2013, S. 177-188). Die Kanten eines Graphen können auch bewertet werden. In diesem Fall wird von einem „bewerteten Graphen“ gesprochen (NEUMANN 1992, S. 9f; WERNERS 2013, S. 196-199).

Abbildung 43 stellt beispielhaft einen gerichteten Graph mit bewerteten Kanten aus drei Elementen dar.

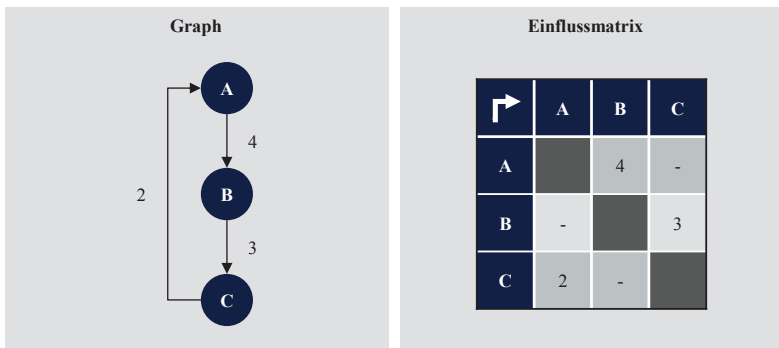


Abbildung 43: Wirkzusammenhänge zwischen drei Elementen als Graph und als Einflussmatrix dargestellt

Wie in Abbildung 43 gezeigt, können Wirkzusammenhänge auch als Einflussmatrix dargestellt werden. Die Aussagen dabei sind identisch. Bei der Einflussmatrix ist lediglich festzulegen, wie diese zu lesen ist. In diesem Fall von Zeile nach Spalte. Das bedeutet, dass immer das Zeilenelement einen bestimmten Einfluss auf das Spaltenelement ausübt. Eine Matrix aus unbewerteten Kanten wird als „Adjazenzmatrix“ bezeichnet (NEUMANN 1992, S. 21). Im Gegensatz dazu wird eine Matrix aus bewerteten Kanten (vgl. Abbildung 43) als „Einfluss- oder Bewertungsmatrix“ bezeichnet (vgl. WERNERS 2013, S. 197; GAUSEMEIER ET AL. 2009, S. 67f). Darüber hinaus enthält der in Abbildung 43 dargestellte Graph einen „Zyklus“ oder „Kreis“ von Element A über B und C zurück auf Element A. Als Zyklus wird bezeichnet, wenn ein Element über anderen Elemente wieder auf sich selbst zurückzuführen ist (vgl. NEUMANN 1992, S. 17; SCHLINGLOFF 2008, S. 83; OCKER 2010, S. 91; WERNERS 2013, S. 185ff). Als „Länge“ eines Zyklus ist die Anzahl der Knoten definiert, aus denen der Zyklus besteht (OCKER 2010, S. 91).

Zyklen sind im Rahmen der Wirkzusammenhangsanalyse deswegen interessant, weil ein Element über andere Elemente eine Wirkung auf sich selbst haben kann.

KREBS (2012, S. 194) empfiehlt Zyklen zu eliminieren und formuliert hierfür die folgenden Regeln:

1. Es ist die Wirkung zu eliminieren, welche den geringsten Einfluss auf das System hat.
2. Ein Wirkzusammenhang darf nicht eliminiert werden, falls es der einzige Wirkzusammenhang eines Elements ist, da das betroffene Element sonst keinen Einfluss auf das System mehr besitzt.

Die Identifikation von Zyklen, insbesondere in größeren Graphen, ist ein komplexer Vorgang. Aufgrund dessen empfiehlt es sich, diese computergestützt durchzuführen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wird hierfür Microsoft® Excel® verwendet. Als Methode zur Zyklensuche wird die „Tiefensuche“ von SCHLINGLOFF (2008, S. 84-90) verwendet. Bei der Tiefensuche werden von einem Startpunkt aus die Graphen einzeln weiterverfolgt und analysiert, solange bis keine Kante mehr weiterführt (DOM ET AL. 2008, 63-65; SCHLINGLOFF 2008, S. 84-90; CORMEN ET AL. 2010, S. 613-622). Anschließend wird ein alternativer Pfad untersucht.

Im Gegensatz zur reinen Tiefensuche muss bei der Zyklensuche, der bereits untersuchte Pfad gespeichert werden. Zu diesem Zweck werden die Knoten mit den Begriffen „in Bearbeitung“, „noch nicht begonnen“ und „abgeschlossen“ markiert (SCHLINGLOFF 2008, S. 87F). Dabei werden mit „noch nicht begonnen“, die Knoten markiert, die noch nicht untersucht worden sind. Mit „in Bearbeitung“ sind die Knoten markiert, bei denen noch nicht alle zugehörigen Kanten untersucht worden sind. Als „abgeschlossen“ werden die Knoten bezeichnet, bei denen alle Kanten analysiert worden sind.

Der auf der Tiefensuche basierende Algorithmus zur Zyklensuche von SCHLINGLOFF (2008, S. 88) ist in Form eines Pseudocodes in Abbildung 44 ausgeführt.

Zeile	Pseudocode
1	procedure Zyklensuche (Knoten x)
2	begin
3	if Markierung (x) = „in Bearbeitung“ then
4	Zyklus gefunden
5	alle Knoten auf dem aktuellen Pfad ab x liegen auf dem Zyklus
6	else if Markierung (x) = „noch nicht begonnen“ then
7	Markierung (x) = „in Bearbeitung“
8	Verlängere den aktuellen Suchpfad um x
9	for all Nachfolgerknoten y von x do Zyklensuche (y) endfor
10	Markierung (x) = „abgeschlossen“
11	Entferne x (das letzte Element) aus dem aktuellen Pfad
12	endif
13	end

Abbildung 44: Algorithmus zur Zyklensuche von SCHLINGLOFF (2008, S. 88)

Es handelt sich dabei um einen rekursiven Algorithmus. Ein Zyklus ist gefunden, wenn ein Knoten erreicht wird, der mit „in Bearbeitung“ markiert ist (Zeile 3 und 4). Demzufolge liegen alle Knoten, die auf dem aktuellen Untersuchungspfad liegen, in dem gefundenen Zyklus (Zeile 5). Ist dies nicht der Fall, so werden weitere Knoten untersucht, die mit „noch nicht begonnen“ markiert sind (Zeile 6) und durch die Kennzeichnung mit „in Bearbeitung“ in den aktuellen Suchpfad integriert (Zeile 7). Auf diese Weise wird der aktuelle Suchpfad schrittweise erweitert (Zeile 8). Sind alle Nachfolgeknoten eines Knotens „x“ durchsucht worden, so wird dieser als „abgeschlossen“ markiert (Zeile 10). Selbiges wird vorgenommen wenn ein Knoten erreicht wird, der keine Nachfolgeknoten hat. Anschließend ist dieser Knoten aus dem aktuellen Pfad zu entfernen (Zeile 11), so dass zu dem vorherigen Knoten zurückgekehrt werden kann, um zu prüfen, ob dieser noch weitere Nachfolgeknoten hat. Dies entspricht wiederum der Logik der Tiefensuche, da immer erst ein Pfad vollständig weiterverfolgt wird, bevor zu einer Abzweigung zurückgekehrt wird (SCHLINGLOFF 2008, S. 87-90).

9.3 Weitere Begriffsdefinitionen

Im folgenden werden Begriffe definiert, die im Rahmen der vorliegenden Arbeit von Bedeutung sind, gemäß der üblichen Definition in der einschlägigen Literatur verwendet werden und nicht in Abschnitt 2.5 beschrieben worden sind.

Break-Even-Point

Der Break-Even-Point wird auch als Gewinnschwelle bezeichnet. Diese ergibt sich aus dem Schnittpunkt der Gesamterlös- und -kostenkurve. Das bedeutet, dass die Kosten ohne Gewinn soeben von den Erlösen getragen werden können (WARNECKE ET AL. 1993, S. 19F).

Make-or-Buy

Make-or-Buy bezeichnet die Entscheidungsalternative zwischen der Eigen- und Fremdfertigung. Dabei kann es sich um Sachgüter, Dienstleistungen und Produktionsfaktoren handeln. Entscheidungskriterien können beispielsweise Kapazitätsauslastung, Kosteneinsparung oder Qualitätsanforderungen sein (BROCKHAUS 1998A, S. 84).

Methode und Methodik

Eine Methode wird im BROCKHAUS (1998A, S. 566) als ein nach

“(...) nach Gegenstand und Ziel planmäßiges (method.) Verfahren (...)“

beschrieben. Weiter wird ausgeführt, dass es sich bei einer Methode um

„(...) die Kunstfertigkeit einer Technik zur Lösung praktischer und theoretischer Aufgaben (...)“

handelt. Als Methodik wird die Kombination verschiedener Einzelmethoden bezeichnet. Die Abgrenzung zwischen einer Methode und einer Methodik ist dabei nicht genau definiert. Auch eine Methode kann aus mehreren Einzelschritten bestehen. Beispielsweise ist die Bezeichnung der QFD-Methode (vgl. Abschnitt 9.1 im Anhang) eigentlich irreführend, da sie eine Kombination aus verschiedenen Methoden (Kundenbefragung, Benchmarking, Verknüpfungsmatrix) bildet (LINDEMANN 2009, S. 58).

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit vorgestellte Vorgehensweise wird als Methodik bezeichnet, da eine Reihe anderer Methoden integriert werden. Diese Einordnung schließt die im BROCKHAUS (1998A, S. 566) vorgenommene Definition zum Begriff Methode nicht aus. Demzufolge handelt es sich bei der vorliegenden Arbeit um die

Entwicklung einer Kombination planmäßiger Verfahren, die im Gesamtzusammenhang als Methodik wiederum ein planmäßiges Verfahren bilden.

Qualität und Qualitätsmanagement

Für den Begriff Qualität existieren in der Literatur eine Vielzahl an Definitionen (REINHART ET AL. 1996, S. 5ff). Nach der DIN EN ISO 9000:2005 wird Qualität als:

„Grad, in dem ein Satz inhärenter Merkmale Anforderungen erfüllt“.

Inhärent bedeutet in diesem Zusammenhang als „einer Einheit innewohnend“ (DIN 9000:2005, S. 18). REINHART ET AL. (1996, S. 7) weisen auf den subjektiven Charakter des Wortes Qualität hin und stellen fest, dass eine für alle Anwendungsfälle gültige Definition problematisch ist. Vielmehr ist das einheitliche Verständnis von Qualität innerhalb der Unternehmung von Bedeutung (REINHART ET AL. 1996, S. 7).

Unter Qualitätsmanagement wird nach DIN EN ISO 9000:2005 folgendes verstanden:

„aufeinander abgestimmte Tätigkeiten zum Leiten und Lenken einer Organisation bezüglich Qualität“ (DIN 9000:2005, S. 21).

REINHART ET AL. (1996, S. 13f) leiten zur weiteren Leistungsbeschreibung des Qualitätsmanagements folgende Fragen ab:

- *„Was wollen die Kunden und was heißt für sie Qualität?“*
- *„Wie können die inneren Qualitätsziele daraus abgeleitet werden?“*
- *„Wie können die inneren Qualitätsziele verwirklicht werden?“*
- *„Wie können die inneren Qualitätsziele verifiziert und aktualisiert werden?“*

System Dynamics

System Dynamics ist ein systematisches Modellierungs- und Analysekonzept. Ziel ist es, schlecht strukturierte Entscheidungsprozesse in komplexen dynamischen Systemen zu optimieren (DÖRRER 2000, S. 66; MERTEN 1985, S. 387f). Dies wird mit Hilfe der Untersuchung der Systemstruktur, der Analyse des zeitlichen Systemverhaltens und der Erzeugung alternativer Zukunftsprojektionen durchgeführt. Auf diese Weise wird ein Verständnis über die Vernetzung der Einflussfaktoren untereinander hergestellt (DÖRRER 2000, S. 66f; MORECROFT 1985; WOLSTENHOLME 1985). Die Grundelemente des System Dynamics Ansatzes sind die Theorie der Informationsrückkopplung, die Entscheidungstheorie und die experimentelle Simulation komplexer Systeme (DÖRRER 2000, S. 66f; FORRESTER 1968, S. 399). Unterstützt wird die Durchführung durch Computersimulationen (DÖRRER 2000, S. 66f).

Szenario-Technik

Als Szenario wird die Umschreibung der zukünftigen Entwicklung eines Betrachtungsgegenstands unter Berücksichtigung verschiedener Rahmenbedingungen bezeichnet (HANSMANN 1983, S. 18).

Bei der Szenario-Technik wird nicht mehr allein die Vergangenheit in die Zukunft fortgeschrieben, sondern es werden verschiedene „Zukunftsbilder“ entworfen. Dabei werden neben den am wahrscheinlichsten eintretenden Szenarien auch bewusst sogenannte Extremszenarien betrachtet, die beispielsweise durch unerwartete „Störgrößen“ eintreten können (ANGERMEYER-NAUMANN 1985, S. 117FF; KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 253F, GAUSEMEIER & PLASS 2014, S. 46FF). Auch werden nicht allein quantitative Daten, sondern ebenso qualitative Daten berücksichtigt (KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 254). Die Szenario-Technik ist eine anerkannte Analysemethode im Rahmen der strategischen Planung (GAUSEMEIER & PLASS 2014, S. 44; GÖTZE 1993, S. 254FF; KREIKEBAUM ET AL. 2011, S. 253F).

Top-Down- und Bottom-Up-Methode

Im BROCKHAUS (1999, S. 184F) wird eine Top-Down-Planung als eine „retrograde Form der Unternehmensplanung“ bezeichnet, bei der der Planungsprozess die hierarchischen Ebenen von oben nach unten durchläuft. Ergänzend dazu wird eine Top-Down-Methode im DUDEN (2011, S. 1758) beschrieben mit:

„Methode, bei der man schrittweise von allgemeinen, umfassenden Strukturen zu immer spezielleren Details übergeht“.

Im Gegensatz dazu wird im DUDEN (2011, S. 341) die Bottom-Up-Methode definiert als:

„Methode, bei der man von speziellen Details ausgeht u. schrittweise über immer umfassendere Strukturen die Gesamtstruktur eines Systems errichtet“.

Vernetztes Denken

Der Begriff „Vernetztes Denken“ bezeichnet eine Vorgehensweise, die auf systemtheoretischen Ansätzen basiert. Ziel der Methode ist die Analyse dynamischer Strukturen. Im Rahmen der Methode sollen komplexe Systeme ganzheitlich in einem Netzwerk betrachtet werden. Dabei werden Wechselwirkungen zwischen Elementen abgebildet und darüber hinaus die Wirkungsrichtung, das Zeitverhalten und die Wirkungsintensität erfasst. Darauf aufbauend und basierend auf einem festzulegenden Zeithorizont werden mit Hilfe von identifizierten Schlüsselfaktoren Veränderungsmöglichkeiten in mehreren Alternativszenarien erfasst und analysiert. Im letzten Schritt der Methodik werden Lenkungsmöglichkeiten abgeleitet. Zu diesem Zweck werden

Größen ermittelt, die einen Einfluss auf das System haben können. Diese werden mit Hilfe zu bestimmender Indikatoren ermittelt. Zum Schluss werden die Wirkungen der Lenkungsmaßnahmen untersucht (DÖRRER 2000, S. 64f).

Zielsystem

SEIWERT (1979, S. 34) beschreibt ein Zielsystem als:

„Eine geordnete und strukturierte Menge von Zielen (Zielelementen), die durch Beziehungen miteinander verbunden sind (...).

Weiter wird das Zielsystem einer Unternehmung als:

„die für eine oder mehrere Perioden gleichzeitig verfolgten, handlungsbestimmenden Ziele, die bei einer rationalen Entscheidungsfindung zu berücksichtigen sind“ (SEIWERT 1979, S. 34).

WITTE (2007, S. 48ff) unterteilt ein Zielsystem in hierarchische Ebenen und weist auf den zunehmenden Konkretisierungsgrad von den oberen zu den unteren Ebenen. Darüber hinaus tragen die Ziele einer untergeordneten Ebene zur Realisierung der übergeordneten Ebene bei.

Abbildung 45 stellt schematisch ein Zielsystem dar.

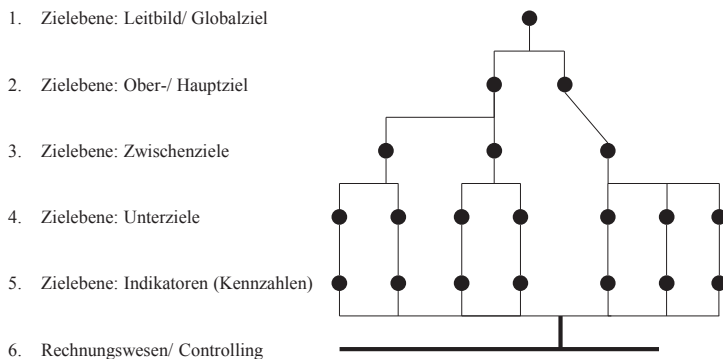


Abbildung 45: Schematische Darstellung eines Zielsystems in Anlehnung an WITTE (2007, S. 50)

9.4 Detaillierter Programmablaufplan Phase 3

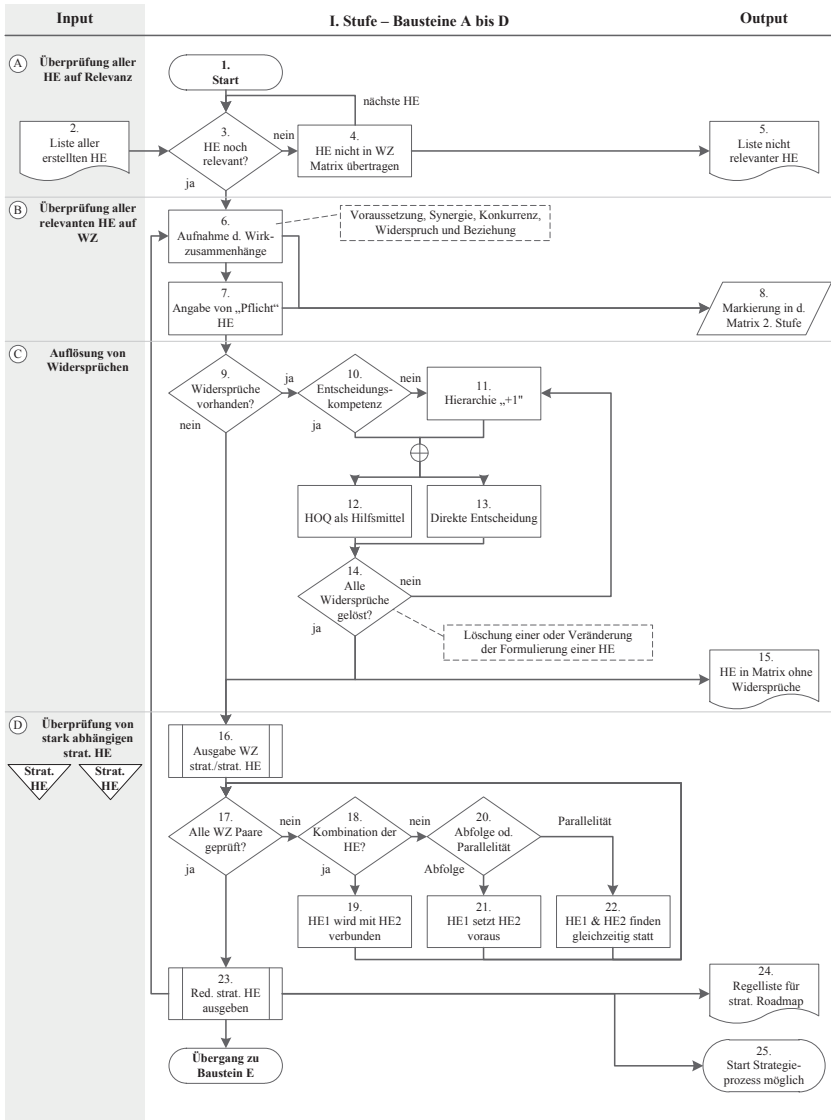


Abbildung 46: Programmablaufplan Phase 3 (Wirkzusammenhangsanalyse) für Baustein A bis D der I. Stufe

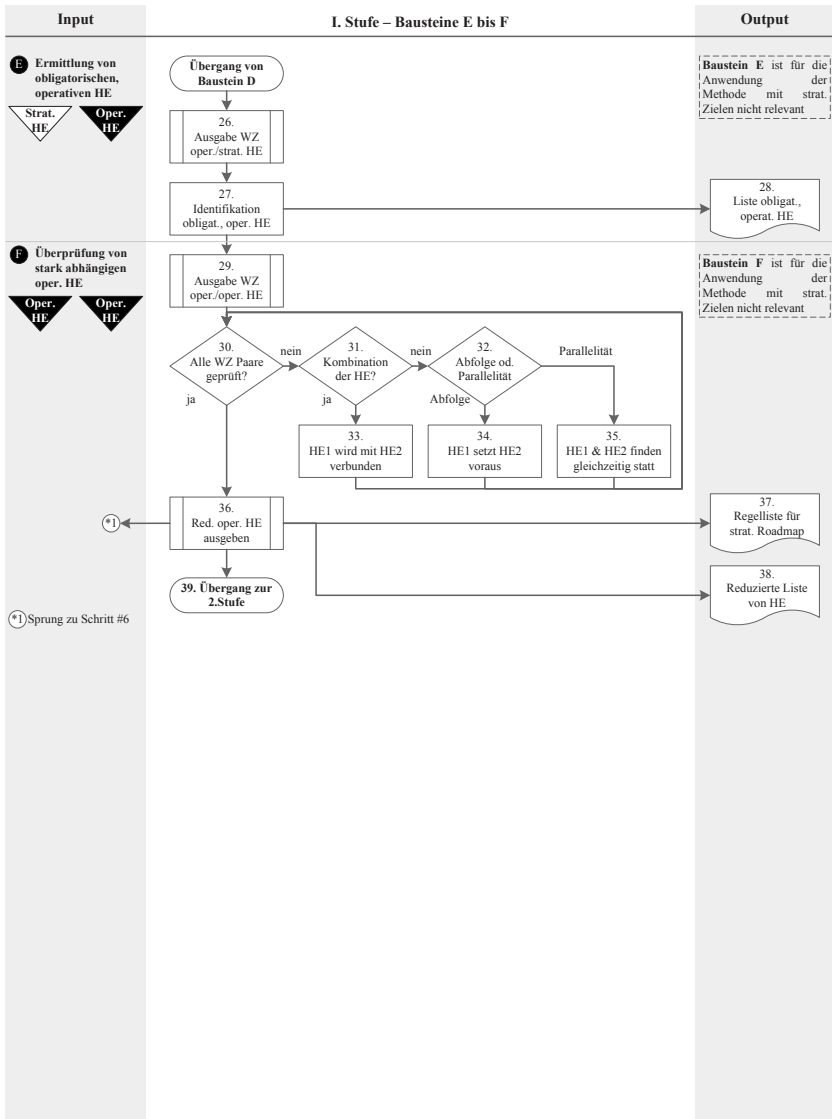


Abbildung 47: Programmablaufplan Phase 3 (Wirkzusammenhangsanalyse) für Baustein E bis F der I. Stufe

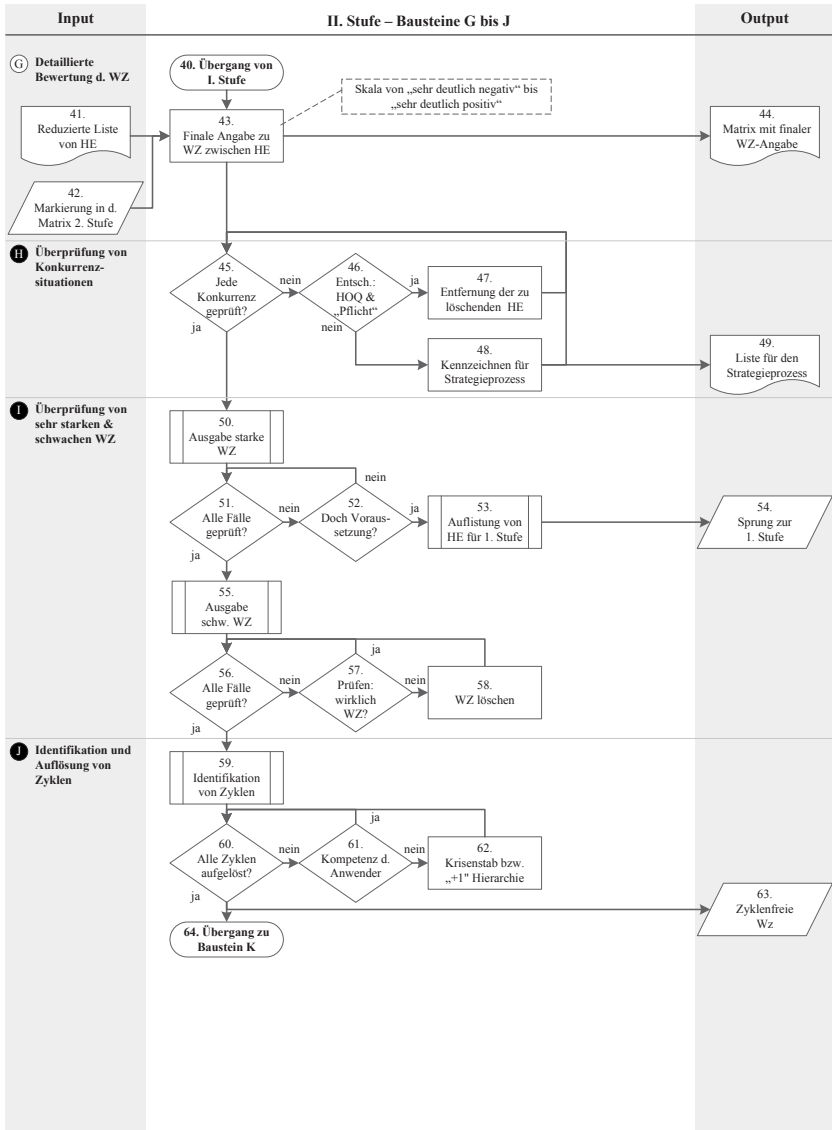


Abbildung 48: Programmablaufplan Phase 3 (Wirkzusammenhangsanalyse) für Baustein G bis J der II. Stufe

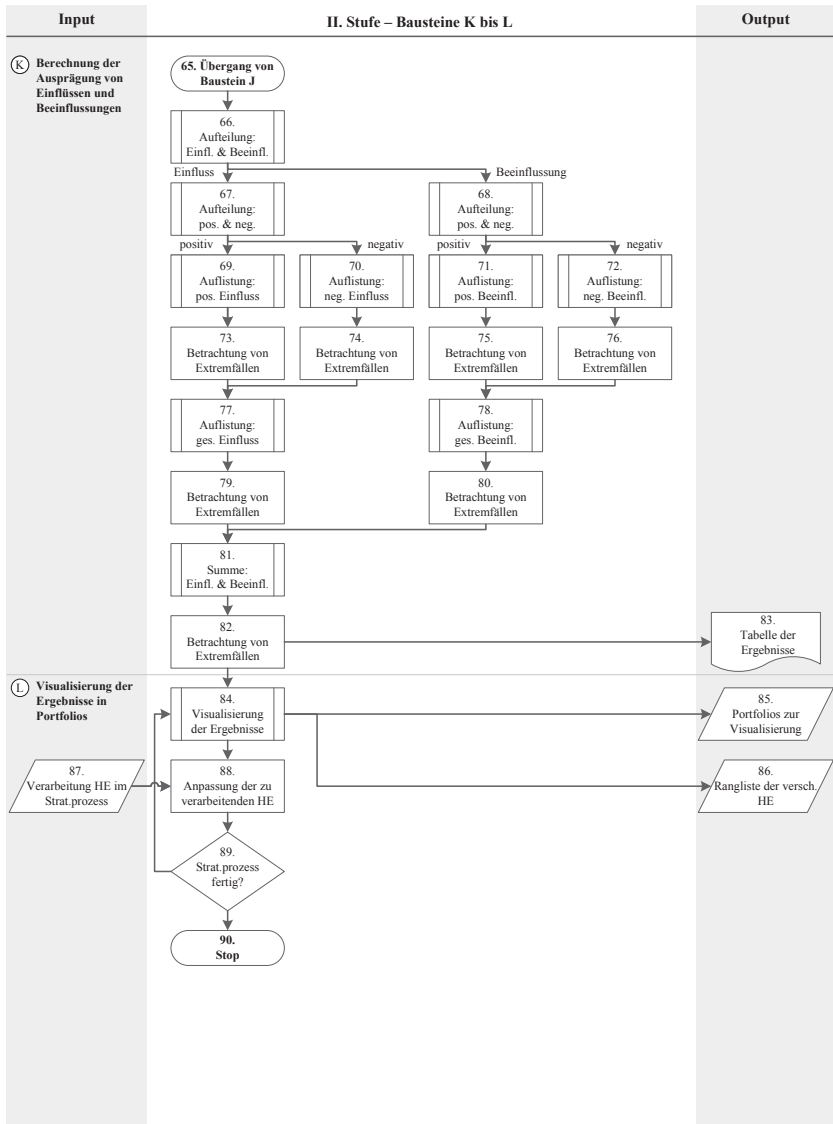


Abbildung 49: Programmablaufplan Phase 3 (Wirkzusammenhangsanalyse) für Baustein K bis L der II. Stufe

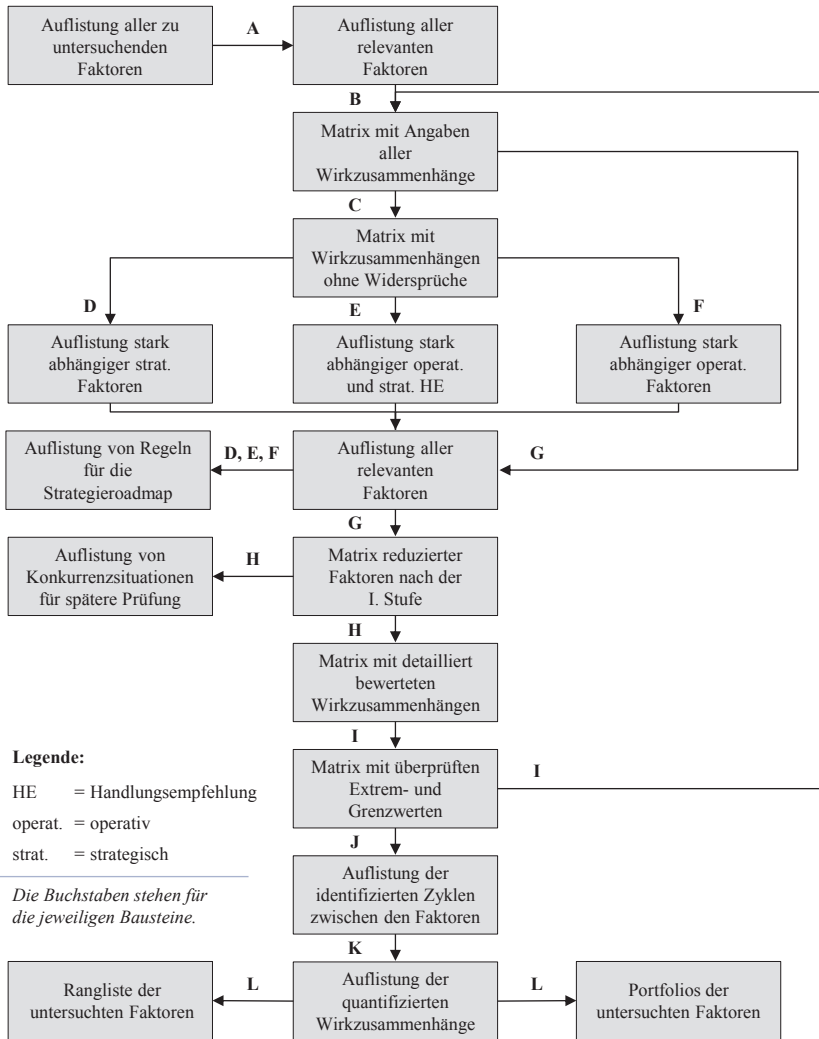


Abbildung 50: Zusammenfassung von Phase 3 (Wirkzusammenhangsanalyse) mit allen Bausteinen und zugehörigen Zwischenergebnissen

9.5 Detaillierte Auswertungsergebnisse im Rahmen der Validierung

An dieser Stelle soll nochmals darauf hingewiesen werden, dass auch die Position der Produktionsverfahren im Markt-Technologieportfolio im Vergleich zu den im Industrieprojekt real ermittelten Positionen aus Geheimhaltungsgründen verändert wurden.

Auch wurden im Rahmen der Validierung strategische Informationen verarbeitet und entwickelt, die der strengen Geheimhaltung des Industriepartners unterliegen. Aufgrund dessen mussten die Daten und Auswertungen anonymisiert und zum Teil abstrahiert oder abgeändert werden. Dabei wird darauf geachtet, dass die Aussagekraft der Methodik uneingeschränkt gültig bleibt.

Tabelle 16: Bewertungsergebnisse in Bezug auf die potentiellen Erfolgsfaktoren

PEF	Priorität							Leistung								Auswertung	
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	MW	T1	T2	T3	T4	T5	T6	MW	E(K)	RA	
A	5	5	5	5	5	3	4,7	5	3	5	5	5	5	4,7	4,64	6	
B	7	5	7	7	7	7	6,7	5	7	7	5	5	7	6,0	5,95	2	
C	5	3	5	5	5	3	4,3	5	5	5	5	5	5	5,0	5,00	4	
D	7	5	5	5	5	7	5,7	5	3	5	5	5	5	4,7	4,71	5	
E	5	5	5	5	7	5	5,3	5	5	7	3	3	3	4,3	4,25	8	
F	7	3	5	7	7	5	5,7	5	5	7	7	5	7	6,0	6,00	1	
G	7	5	5	7	7	7	6,3	5	5	7	5	5	7	5,7	5,63	3	
H	5	3	5	5	5	5	4,7	3	1	5	3	5	7	4,0	4,21	9	
I	5	7	7	5	5	5	5,7	5	3	5	5	5	3	4,3	4,29	7	
MW	5,9	4,6	5,4	5,7	5,9	5,2	5,4	4,8	4,1	5,9	4,8	4,8	5,4	5,0	5,0	-	
Σ	53	41	49	51	53	47	49	43	37	53	43	43	49	45	45	-	

Legende:

PEF = potentieller Erfolgsfaktor; T# = Teilnehmer im Expertenteam; MW = Mittelwert;

E(K) = Erfolg; RA = Rang

Technologieattraktivität		
Kriterien/Bewertung	Beschreibung	Gewichtung
1. Technologielebenszyklus 3 = Schrittmachertechnologie 2 = Schlüsseltechnologie 1 = Basistechnologie 0 = verdrängte Technologie	Bewertung der Leistungsfähigkeit der Technologie in Abhängigkeit der Lebenszyklusphase.	20%
2. Techn. Eintrittsbarrieren 3 = praktisch nicht vorhanden 2 = niedrig 1 = mittel 0 = hoch	Einschätzung der Komplexität des Verfahrens. Welcher Aufwand muss zum Erlernen und Anwenden der Technologie betrieben werden?	10%
3. Anwendungsbreite 3 = hoch 2 = mittel 1 = niedrig 0 = praktisch nicht vorhanden	Anzahl möglicher Anwendungsbereiche und deren Absatzmengen.	30%
4. Umfeldauswirkungen 3 = keinen Einfluss 2 = niedriger Einfluss 1 = moderater Einfluss 0 = starker Einfluss	Auswirkungen auf Anwender und Umfeld wie z.B. gesundheitsgefährdende Stoffe oder hohe körperliche Belastungen.	5%
5. Wertsteigerung durch Technologie 3 = hoch 2 = mittel 1 = niedrig 0 = praktisch nicht vorhanden	Grad der Wertschöpfung, die durch den Einsatz der Technologie erreicht werden kann.	35%

Abbildung 51: Bewertungskriterien und Gewichtung zur Beurteilung der Technologieattraktivität (Daten aus Geheimhaltungsgründen verändert) in Anlehnung an GAUSEMEIER & PLASS (2014, S. 131)

Relative Technologieposition		
Kriterien/Bewertung	Beschreibung	Gewichtung
1. TQ-Beherrschungsgrad 3 = viel besser 2 = besser 1 = schlechter 0 = deutlich schlechter	Produktionstechnisches Wissen über die Technologie im Serienbetrieb. Einschätzung über die Stabilität der Prozesse.	50%
2. Ressourcenpotential 3 = viel besser/mehr 2 = besser 1 = schlechter 0 = deutlich schlechter	Umfang zur Verfügung stehender finanzieller, personeller und sachlicher Ressourcen.	17%
3. Reaktionsgeschwindigkeit 3 = viel besser/schneller 2 = besser/schneller 1 = schlechter/langsamer 0 = deutlich schlechter/langsamer	Geschwindigkeit der Ausschöpfung von Potentialen im Vergleich zur Konkurrenz.	8%
4. Entwicklungsstatus 3 = großer Vorsprung 2 = Vorsprung 1 = Rückstand 0 = deutlicher Rückstand	Einschätzung über den Status der F&E-Aktivitäten und Erfolge. Entwicklungsvorsprung oder -rückstand?	25%

Legende: TQ = Technisch-Qualitativer

Abbildung 52: Bewertungskriterien und Gewichtung zur Beurteilung der relativen Technologieposition (Daten aus Geheimhaltungsgründen verändert) in Anlehnung an GAUSEMEIER & PLASS (2014, S. 131)

Marktattraktivität		
Kriterien/Bewertung	Beschreibung	Gewichtung
1. Marktvolumen 3 = hoch 2 = mittel 1 = niedrig 0 = praktisch nicht vorhanden	Das Marktvolumen ist die Gesamtheit der in einem bestimmten Markt in einem definierten Zeitraum abgesetzten Produkte bzw. geleistete Verfahrensstunden.	25%
2. Marktwachstum 3 = starker Anstieg 2 = moderater Anstieg 1 = konstant 0 = rückläufig	Zu erwartende Entwicklung des Marktvolumens.	35%
3. Verfahrensrentabilität 3 = hoch 2 = mittel 1 = niedrig 0 = praktisch nicht vorhanden	Verhältnis von Ertrag zu Aufwand in Bezug auf das betrachtete Verfahren. Einschätzung, ob dieses Verfahren gewinnbringend am Markt angeboten werden könnte.	30%
4. Energiepreisentwicklung 3 = keinen Einfluss 2 = niedriger Einfluss 1 = moderater Einfluss 0 = starker Einfluss	Einschätzung über den Grad der Einflussnahme einer Energiepreisveränderung.	5%
5. Hilfsstoffpreisentwicklung 3 = keinen Einfluss 2 = niedriger Einfluss 1 = moderater Einfluss 0 = starker Einfluss	Einschätzung über den Grad der Einflussnahme einer Preisveränderung bei benötigten Hilfsstoffen.	5%

Abbildung 53: *Bewertungskriterien und Gewichtung zur Beurteilung der Marktattraktivität (Daten aus Geheimhaltungsgründen verändert) in Anlehnung an GAUSEMEIER & PLASS (2014, S. 150FF)*

Relative Marktposition		
Kriterien/Bewertung	Beschreibung	Gewichtung
1. Relativer Marktanteil 3 = viel höher 2 = höher 1 = niedriger 0 = praktisch nicht vorhanden	Verhältnis des eigenen Absatzvolumens zum Marktvolumen.	42%
2. Mitarbeiterqualifikation 3 = viel besser 2 = besser 1 = schlechter 0 = deutlich schlechter	Ausbildungsgrad und Erfahrung des Personals.	8%
3. Alleinstellungsmerkmale 3 = sehr viele 2 = viele 1 = wenige 0 = keine	Herausragende Eigenschaft (Differenzierungsmerkmal) eines Verfahrens inkl. vor- und nachgeschalteter Bereiche ggü. dem Wettbewerb.	8%
4. Relatives Marktwachstum 3 = viel besser 2 = besser 1 = schlechter 0 = deutlich schlechter	Zu erwartende Entwicklung des eigenen Absatzvolumens im Verhältnis zum Marktvolumen.	42%

Abbildung 54: Bewertungskriterien und Gewichtung zur Beurteilung der relativen Marktposition (Daten aus Geheimhaltungsgründen verändert) in Anlehnung an GAUSEMEIER ET AL. (2009, S. 150FF)

Option 1: Zusätzliche Prozessstunden werden vollständig extern vergeben.	
<p>Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • günstigere Herstellungskosten (HK) 	<p>Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • hohe Qualifizierungsaufwände • dauerhafte Betreuungsaufwände • Verlust von Produktions-Know-How • ggf. Invest beim Zulieferer notwendig
<p>Bewertung: Der Chance stehen eine Reihe von Risiken gegenüber.</p> <p>Empfehlung: Handlungsoption wird nicht empfohlen.</p>	
Option 2: Kapazitäten werden vollständig intern abgebildet.	
<p>Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • keine Vergabe von Know-How • Reduzierung der Durchlaufzeit • Qualitätssicherung über gesamten Fertigungsprozess gegeben 	<p>Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • erhöhte Herstellungskosten • Investitionsbedarf
<p>Bewertung: Den finanziellen Risiken stehen vielversprechende Chancen gegenüber.</p> <p>Empfehlung: Handlungsoption ist zweite Wahl.</p>	
Option 3: Prozessstunden werden teilweise intern und teilweise extern abgebildet.	
<p>Chancen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Schutz wichtiger Kernkompetenzen • günstigere HK für einfache Anwendungen • interne Auslastungserhöhung ohne Gebäudeinvestitionen • gute interne Qualitätssicherung möglich 	<p>Risiken:</p> <ul style="list-style-type: none"> • erhöhte Durchlaufzeit • dauerhafte Betreuungsaufwände • ggf. Invest beim Zulieferer notwendig
<p>Bewertung: Diese Option bietet die größten Chancen bei gut kalkulierbaren Risiken.</p> <p>Empfehlung: Handlungsoption wird empfohlen.</p>	

Legende: HK = Herstellungskosten

Abbildung 55: Bewertung der Chancen und Risiken verschiedener Handlungsoptionen

Tabelle 17: Ergebnis der Validierung von Baustein E in Phase 3

1. Handlungsempfehlung			2. Handlungsempfehlung	
#	Titel		#	Titel
3	Ausarbeitung eines standardisierten Qualifikationsprofils für Fachpersonal im Bereich der Oberflächenprüfung bis 6/2015.	▶	7	Entwicklung eines Konzepts zur Automatisierung des Bauteilhandlings im Bereich Oberflächenprüfung bis 6/2016.
10	Erarbeitung einer Vorgehensweise zur Integration der Kapazitätsplanung aller Fertigungsprozesse im ERP-System bis 6/2015	▶	12	Szenarioanalyse mit mind. 3 Varianten für eine mögliche Einführung neuer Beschichtungsverfahren für neuentwickelte Produkte bis 6/2016.
		▶	14	Kapazitätserweiterung der Ressourcen im Bereich Prozessentwicklung für Beschichtungsverfahren um 20% bis 6/2017.
		▶	15	Erstellung einer Machbarkeitsstudie zu möglichen Kapazitätserweiterungsszenarien für Beschichtungsverfahren an unterschiedlichen Standorten bis 6/2016.
11	Erstellung eines Maßnahmenkatalogs zur Reduktion der Ausschuss- & Mehrkosten um 40% bei Beschichtungsverfahren am Standort A bis 9/2015.	▶		

Legende: operative Handlungsempfehlung

Voraussetzung für
(z.B. #3 ist Voraussetzung für #7)

Tabelle 18: Überprüfte Grenz- und Extremwerte im Rahmen der Validierung von Phase 3

1. Handlungsempfehlung	beeinflusst	2. Handlungsempfehlung	Gepüft?
2	sehr deutlich positiv	10	ja
7	sehr deutlich negativ	4	ja
7	sehr deutlich positiv	8	ja
8	sehr deutlich positiv	7	ja
8	sehr deutlich positiv	9	ja
9	sehr deutlich positiv	8	ja
10	sehr deutlich positiv	2	ja
10	sehr deutlich positiv	11	ja
11	sehr deutlich positiv	10	ja
11	sehr schwach positiv	13	ja
15	sehr schwach positiv	10	ja

Tabelle 19: Im Rahmen der Validierung identifizierte Zyklen

	1. Knoten	2. Knoten	3. Knoten	4. Knoten	5. Knoten	6. Knoten
Zyklus Nr. 1	8	7	9	8		
Zyklus Nr. 2	9	8	7	9		
Zyklus Nr. 3	10	11	12	10		
Zyklus Nr. 4	10	11	12	14	15	10
Zyklus Nr. 5	11	10	12	14	11	
Zyklus Nr. 6	12	10	11	12		
Zyklus Nr. 7	12	10	11	14	12	
Zyklus Nr. 8	14	11	10	12	14	
Zyklus Nr. 9	14	11	10	12	15	14
Zyklus Nr. 10	14	11	10	14		
Zyklus Nr. 11	15	10	11	12	14	15

Legende: ## = Die Zahlen entsprechen der jeweiligen Nr. der Handlungsempfehlung

Tabelle 20: Validierungsergebnisse der Bewertung der strategischen Ziele

Bezeichnung KEF	Lieferfähigkeit	Produktionsqualität	Ressourcenzugang	Technologieführerschaft	SEG _z
Buchstabe des KEF	F	B	G	C	
Gewichtung des KEF	27%	26%	25%	22%	
Strategisches Ziel I	7	3	3	3	58%
Strategisches Ziel II	5	7	3	3	66%
Strategisches Ziel III	5	7	3	3	66%
Strategisches Ziel IV	7	7	7	7	100%
Strategisches Ziel V	3	5	3	5	57%
Strategisches Ziel VI	5	3	1	3	43%
Strategisches Ziel VII	3	5	3	7	63%

Legende:

KEF = kritischer Erfolgsfaktor; SEG_z = Strategischer Erfüllungsgrad der strategischen Ziele

Tabelle 21: Validierungsergebnisse der Bewertung der strategischen Handlungsempfehlungen

Bezeichnung KEF	Lieferfähigkeit	Produktionsqualität	Ressourcenzugang	Technologieführerschaft	SEG _h
Buchstabe des KEF	F	B	G	C	
Gewichtung des KEF	27%	26%	25%	22%	
HE 7	1	3	1	5	34%
HE 8	1	5	1	7	48%
HE 9	3	5	1	3	43%
HE 12	1	1	1	7	33%
HE 13	1	7	1	3	43%
HE 14	7	1	1	5	50%
HE 15	7	1	7	1	58%
HE 16	7	1	7	1	58%

Legende:

KEF = kritischer Erfolgsfaktor; SEG_h = Strategischer Erfüllungsgrad der Handlungsempfehlungen
HE = Handlungsempfehlung

Tabelle 22: Validierungsergebnisse der Aufwandsbewertung

Aufwandskategorie	Personell	Finanziell	Sachlich	AW _h
Gewichtung	33%	33%	33%	
HE 7	5	5	5	71%
HE 8	3	7	7	81%
HE 9	3	5	5	62%
HE 12	3	5	7	71%
HE 13	3	7	7	81%
HE 14	1	3	5	43%
HE 15	3	7	7	81%
HE 16	3	5	5	62%
Mittelwert	3,0	5,5	6,0	69,0%

Legende:AW_h = Aufwandswert bezogen auf die jeweilige Handlungsempfehlung;

HE = Handlungsempfehlung

9.6 Betreute Studienarbeiten

Im Rahmen dieser Dissertation entstanden u.a. am Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der Technischen Universität München (TUM) unter wesentlicher wissenschaftlicher, fachlicher und inhaltlicher Anleitung des Autors die im Folgenden aufgeführten studentischen Arbeiten, in welchen verschiedene Fragestellungen im Rahmen der Entwicklung von Produktionsstrategien untersucht wurden. Deren Ergebnisse sind in Teilen in die vorliegende Arbeit eingeflossen. Der Autor dankt allen Studierenden für ihr Engagement bei der Unterstützung dieser wissenschaftlichen Arbeit.

Nachfolgend sind die Studienarbeiten chronologisch aufgelistet:

Plitt, M.: Entwicklung einer Methode zur Gestaltung von Produktionsstrategien unter den Anforderungsprämissen der Triebwerksbranche. Diplomarbeit 2011. Eingeflossen in Abschnitte 2.3 bis 2.5, 3.2 bis 3.4, 5.3, 9.1 bis 9.3.

Rauch, J. M.: Methode zur Entwicklung von Qualitäts- und Standortstrategien in der Triebwerksindustrie. Diplomarbeit 2012. Eingeflossen in Abschnitte 2.3, 2.5, 3.2 bis 3.4, 5.3, 6.2, 9.1 bis 9.3, 9.5.

Waldeck, S.: Entwicklung einer Methode zur Konsolidierung von Produktionsstrategiekonzepten. Masterarbeit 2012 (Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Produktionssysteme). Eingeflossen in Abschnitte 2.3 bis 2.5, 3.2 bis 3.4, 5.2, 5.5, 6.1, 6.4, 9.1 bis 9.3.

Kürig, M. K.: Entwicklung einer Methode zur Analyse, Bewertung und Darstellung von Wirkzusammenhängen innerhalb von Produktionsstrategien in der Triebwerksindustrie. Diplomarbeit 2014. Eingeflossen in Abschnitte 2.2 bis 2.5, 3.2 bis 3.4, 5.4, 6.3, 9.1 bis 9.5.

9.7 Genutzte Softwareprodukte

Microsoft® Office Excel® 2013: Tabellenkalkulation (Microsoft Corporation)

9.8 Genannte Firmen

AIRBUS S.A.S., 31707 Blagnac Cedex, France

BMW Group, Petuelring 130, 80788 München

ifp - Prof. Dr.-Ing. Joachim Milberg Institut für Produktion und Logistik GmbH & Co. KG (ifp consulting), Parkring 17, 85748 Garching b. München

Seminarberichte IWB

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh,
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Seminarberichte IWB sind erhältlich im Buchhandel oder beim
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, info@utzverlag.de, www.utzverlag.de

- 1 **Innovative Montagesysteme - Anlagengestaltung, -bewertung und -überwachung**
115 Seiten - ISBN 3-931327-01-9
- 2 **Integriertes Produktmodell - Von der Idee zum fertigen Produkt**
82 Seiten - ISBN 3-931327-02-7
- 3 **Konstruktion von Werkzeugmaschinen - Berechnung, Simulation und Optimierung**
110 Seiten - ISBN 3-931327-03-5
- 4 **Simulation - Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungsberichte**
134 Seiten - ISBN 3-931327-04-3
- 5 **Optimierung der Kooperation in der Produktentwicklung**
95 Seiten - ISBN 3-931327-05-1
- 6 **Materialbearbeitung mit Laser - von der Planung zur Anwendung**
86 Seiten - ISBN 3-931327-06-0
- 7 **Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen**
80 Seiten - ISBN 3-931327-07-9
- 8 **Qualitätsmanagement - der Weg ist das Ziel**
130 Seiten - ISBN 3-931327-08-7
- 9 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Analysen und Konzepte**
120 Seiten - ISBN 3-931327-09-5
- 10 **3D-Simulation - Schneller, sicherer und kostengünstiger zum Ziel**
90 Seiten - ISBN 3-931327-10-8
- 11 **Unternehmensorganisation - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
110 Seiten - ISBN 3-931327-11-6
- 12 **Autonome Produktionssysteme**
100 Seiten - ISBN 3-931327-12-4
- 13 **Planung von Montageanlagen**
130 Seiten - ISBN 3-931327-13-2
- 14 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 15 **Flexible fluide Kleb-/Dichtstoffe - Dosierung und Prozeßgestaltung**
80 Seiten - ISBN 3-931327-15-9
- 16 **Time to Market - Von der Idee zum Produktionsstart**
80 Seiten - ISBN 3-931327-16-7
- 17 **Industriekeramik in Forschung und Praxis - Probleme, Analysen und Lösungen**
80 Seiten - ISBN 3-931327-17-5
- 18 **Das Unternehmen im Internet - Chancen für produzierende Unternehmen**
165 Seiten - ISBN 3-931327-18-3
- 19 **Leittechnik und Informationslogistik - mehr Transparenz in der Fertigung**
85 Seiten - ISBN 3-931327-19-1
- 20 **Dezentrale Steuerungen in Produktionsanlagen – Plug & Play – Vereinfachung von Entwicklung und Inbetriebnahme**
105 Seiten - ISBN 3-931327-20-5
- 21 **Rapid Prototyping - Rapid Tooling - Schnell zu funktionalen Prototypen**
95 Seiten - ISBN 3-931327-21-3
- 22 **Mikrotechnik für die Produktion - Greifbare Produkte und Anwendungspotentiale**
95 Seiten - ISBN 3-931327-22-1
- 24 **EDM Engineering Data Management**
195 Seiten - ISBN 3-931327-24-8
- 25 **Rationelle Nutzung der Simulationstechnik - Entwicklungstrends und Praxisbeispiele**
152 Seiten - ISBN 3-931327-25-6
- 26 **Alternative Dichtungssysteme - Konzepte zur Dichtungsmontage und zum Dichtmittelauftrag**
110 Seiten - ISBN 3-931327-26-4
- 27 **Rapid Prototyping - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
111 Seiten - ISBN 3-931327-27-2
- 28 **Rapid Tooling - Mit neuen Technologien schnell vom Entwurf zum Serienprodukt**
154 Seiten - ISBN 3-931327-28-0
- 29 **Installationstechnik an Werkzeugmaschinen - Abschlussseminar**
156 Seiten - ISBN 3-931327-29-9
- 30 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 31 **Engineering Data Management (EDM) - Erfahrungsberichte und Trends**
183 Seiten - ISBN 3-931327-31-0
- 32 **Nicht erschienen – wird nicht erscheinen**
- 33 **3D-CAD - Mehr als nur eine dritte Dimension**
181 Seiten - ISBN 3-931327-33-7
- 34 **Laser in der Produktion - Technologische Randbedingungen für den wirtschaftlichen Einsatz**
102 Seiten - ISBN 3-931327-34-5
- 35 **Ablaufsimulation - Anlagen effizient und sicher planen und betreiben**
129 Seiten - ISBN 3-931327-35-3
- 36 **Moderne Methoden zur Montageplanung - Schlüssel für eine effiziente Produktion**
124 Seiten - ISBN 3-931327-36-1
- 37 **Wettbewerbsfaktor Verfügbarkeit - Produktivitätssteigerung durch technische und organisatorische Ansätze**
95 Seiten - ISBN 3-931327-37-X
- 38 **Rapid Prototyping - Effizienter Einsatz von Modellen in der Produktentwicklung**
128 Seiten - ISBN 3-931327-38-8
- 39 **Rapid Tooling - Neue Strategien für den Werkzeug- und Formenbau**
130 Seiten - ISBN 3-931327-39-6
- 40 **Erfolgreich kooperieren in der produzierenden Industrie - Flexibel und schneller mit modernen Kooperationen**
160 Seiten - ISBN 3-931327-40-X
- 41 **Innovative Entwicklung von Produktionsmaschinen**
146 Seiten - ISBN 3-89675-041-0
- 42 **Stückzahlflexible Montagesysteme**
139 Seiten - ISBN 3-89675-042-9
- 43 **Produktivität und Verfügbarkeit - ...durch Kooperation steigern**
120 Seiten - ISBN 3-89675-043-7
- 44 **Automatisierte Mikromontage - Handhaben und Positionieren von Mikrobautteilen**
125 Seiten - ISBN 3-89675-044-5
- 45 **Produzieren in Netzwerken - Lösungsansätze, Methoden, Praxisbeispiele**
173 Seiten - ISBN 3-89675-045-3
- 46 **Virtuelle Produktion - Ablaufsimulation**
108 Seiten - ISBN 3-89675-046-1

- 47 Virtuelle Produktion - Prozeß- und Produktsimulation
131 Seiten - ISBN 3-89675-047-X
- 48 Sicherheitstechnik an Werkzeugmaschinen
106 Seiten - ISBN 3-89675-048-8
- 49 Rapid Prototyping - Methoden für die reaktionsfähige Produktentwicklung
150 Seiten - ISBN 3-89675-049-6
- 50 Rapid Manufacturing - Methoden für die reaktionsfähige Produktion
121 Seiten - ISBN 3-89675-050-X
- 51 Flexibles Kleben und Dichten - Produkt- & Prozeßgestaltung, Mischverbindungen, Qualitätskontrolle
137 Seiten - ISBN 3-89675-051-8
- 52 Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung von Klein- und Prototypenserien
124 Seiten - ISBN 3-89675-052-6
- 53 Mischverbindungen - Werkstoffauswahl, Verfahrensauswahl, Umsetzung
107 Seiten - ISBN 3-89675-054-2
- 54 Virtuelle Produktion - Integrierte Prozess- und Produktsimulation
133 Seiten - ISBN 3-89675-054-2
- 55 e-Business in der Produktion - Organisationskonzepte, IT-Lösungen, Praxisbeispiele
150 Seiten - ISBN 3-89675-055-0
- 56 Virtuelle Produktion – Ablaufsimulation als planungsbegleitendes Werkzeug
150 Seiten - ISBN 3-89675-056-9
- 57 Virtuelle Produktion – Datenintegration und Benutzerschnittstellen
150 Seiten - ISBN 3-89675-057-7
- 58 Rapid Manufacturing - Schnelle Herstellung qualitativ hochwertiger Bauteile oder Kleinserien
169 Seiten - ISBN 3-89675-058-7
- 59 Automatisierte Mikromontage - Werkzeuge und Fügetechnologien für die Mikrosystemtechnik
114 Seiten - ISBN 3-89675-059-3
- 60 Mechatronische Produktionssysteme - Genauigkeit gezielt entwickeln
131 Seiten - ISBN 3-89675-060-7
- 61 Nicht erschienen – wird nicht erscheinen
- 62 Rapid Technologien - Anspruch – Realität – Technologien
100 Seiten - ISBN 3-89675-062-3
- 63 Fabrikplanung 2002 - Visionen – Umsetzung – Werkzeuge
124 Seiten - ISBN 3-89675-063-1
- 64 Mischverbindungen - Einsatz und Innovationspotenzial
143 Seiten - ISBN 3-89675-064-X
- 65 Fabrikplanung 2003 – Basis für Wachstum - Erfahrungen Werkzeuge Visionen
136 Seiten - ISBN 3-89675-065-8
- 66 Mit Rapid Technologien zum Aufschwung - Neue Rapid Technologien und Verfahren, Neue Qualitäten, Neue Möglichkeiten, Neue Anwendungsfelder
185 Seiten - ISBN 3-89675-066-6
- 67 Mechatronische Produktionssysteme - Die Virtuelle Werkzeugmaschine: Mechatronisches Entwicklungsvorgehen, Integrierte Modellbildung, Applikationsfelder
148 Seiten - ISBN 3-89675-067-4
- 68 Virtuelle Produktion - Nutzenpotenziale im Lebenszyklus der Fabrik
139 Seiten - ISBN 3-89675-068-2
- 69 Kooperationsmanagement in der Produktion - Visionen und Methoden zur Kooperation – Geschäftsmodelle und Rechtsformen für die Kooperation – Kooperation entlang der Wertschöpfungskette
134 Seiten - ISBN 3-98675-069-0
- 70 Mechatronik - Strukturndynamik von Werkzeugmaschinen
161 Seiten - ISBN 3-89675-070-4
- 71 Klebtechnik - Zerstörungsfreie Qualitätssicherung beim flexibel automatisierten Kleben und Dichten
ISBN 3-89675-071-2 - vergriffen
- 72 Fabrikplanung 2004 Erfolgsfaktor im Wettbewerb - Erfahrungen – Werkzeuge – Visionen
ISBN 3-89675-072-0 - vergriffen
- 73 Rapid Manufacturing Vom Prototyp zur Produktion - Erwartungen – Erfahrungen – Entwicklungen
179 Seiten - ISBN 3-89675-073-9
- 74 Virtuelle Produktionssystemplanung - Virtuelle Inbetriebnahme und Digitale Fabrik
133 Seiten - ISBN 3-89675-074-7
- 75 Nicht erschienen – wird nicht erscheinen
- 76 Berührungslose Handhabung - Vom Wafer zur Glaslinse, von der Kapsel zur aseptischen Ampulle
95 Seiten - ISBN 3-89675-076-3
- 77 ERP-Systeme - Einführung in die betriebliche Praxis - Erfahrungen, Best Practices, Visionen
153 Seiten - ISBN 3-89675-077-7
- 78 Mechatronik - Trends in der interdisziplinären Entwicklung von Werkzeugmaschinen
155 Seiten - ISBN 3-89675-078-X
- 79 Produktionsmanagement
267 Seiten - ISBN 3-89675-079-8
- 80 Rapid Manufacturing - Fertigungsverfahren für alle Ansprüche
154 Seiten - ISBN 3-89675-080-1
- 81 Rapid Manufacturing - Heutige Trends – Zukünftige Anwendungsfelder
172 Seiten - ISBN 3-89675-081-X
- 82 Produktionsmanagement - Herausforderung Variantenmanagement
100 Seiten - ISBN 3-89675-082-8
- 83 Mechatronik - Optimierungspotenzial der Werkzeugmaschine nutzen
160 Seiten - ISBN 3-89675-083-6
- 84 Virtuelle Inbetriebnahme - Von der Kür zur Pflicht?
104 Seiten - ISBN 978-3-89675-084-6
- 85 3D-Erfahrungsforschung - Innovation im Werkzeug- und Formenbau
375 Seiten - ISBN 978-3-89675-085-3
- 86 Rapid Manufacturing - Erfolgreich produzieren durch innovative Fertigung
162 Seiten - ISBN 978-3-89675-086-0
- 87 Produktionsmanagement - Schlank im Mittelstand
102 Seiten - ISBN 978-3-89675-087-7
- 88 Mechatronik - Vorsprung durch Simulation
134 Seiten - ISBN 978-3-89675-088-4
- 89 RFID in der Produktion - Wertschöpfung effizient gestalten
122 Seiten - ISBN 978-3-89675-089-1
- 90 Rapid Manufacturing und Digitale Fabrik - Durch Innovation schnell und flexibel am Markt
100 Seiten - ISBN 978-3-89675-090-7
- 91 Robotik in der Kleinserienproduktion – Die Zukunft der Automatisierungstechnik
ISBN 978-3-89675-091-4
- 92 Rapid Manufacturing - Ressourceneffizienz durch generative Fertigung im Werkzeug- und Formenbau
ISBN 978-3-89675-092-1
- 93 Handhabungstechnik - Innovative Greiftechnik für komplexe Handhabungsaufgaben
136 Seiten - ISBN 978-3-89675-093-8
- 94 iwB Seminarreihe 2009 Themengruppe Werkzeugmaschinen
245 Seiten - ISBN 978-3-89675-094-5
- 95 Zuführtechnik - Herausforderung der automatisierten Montage!
111 Seiten - ISBN 978-3-89675-095-2
- 96 Risikobewertung bei Entscheidungen im Produktionsumfeld - Seminar »Risiko und Chance«
151 Seiten - ISBN 978-3-89675-096-9
- 97 Seminar Rapid Manufacturing 2010 - Innovative Einsatzmöglichkeiten durch neue Werkstoffe bei Schichtbauverfahren
180 Seiten - ISBN 978-3-89675-097-6

- 98 Handhabungstechnik · Der Schlüssel für eine automatisierte Herstellung von Composite-Bauteilen
260 Seiten · ISBN 978-3-89675-098-3
- 99 Abschlussveranstaltung SimuSint 2010 · Modulares Simulationssystem für das Strahlenschmelzen
270 Seiten · ISBN 978-3-89675-099-0
- 100 Additive Fertigung: Innovative Lösungen zur Steigerung der Bauteilqualität bei additiven Fertigungsverfahren
200 Seiten · ISBN 978-3-8316-4114-7
- 101 Mechatronische Simulation in der industriellen Anwendung
91 Seiten · ISBN 978-3-8316-4149-9
- 102 Wissensmanagement in produzierenden Unternehmen
ISBN 978-3-8316-4169-7
- 103 Additive Fertigung: Bauteil- und Prozessauslegung für die wirtschaftliche Fertigung
ISBN 978-3-8316-4188-8
- 104 Ressourceneffizienz in der Lebensmittelkette
ISBN 978-3-8316-4192-5
- 105 Werkzeugmaschinen: Leichter schwer zerspanen! · Herausforderungen und Lösungen für die Zerspanung von Hochleistungswerkstoffen
120 Seiten · ISBN 978-3-8316-4217-5
- 106 Batterieproduktion – Vom Rohstoff bis zum Hochvoltspeicher
108 Seiten · ISBN 978-3-8316-4221-2
- 107 Batterieproduktion – Vom Rohstoff bis zum Hochvoltspeicher
150 Seiten · ISBN 978-3-8316-4249-6

Forschungsberichte IWB Band 1–121

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. J. Milberg und Prof. Dr.-Ing. G. Reinhart,
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Band 1–121 sind im Springer Verlag, Berlin, Heidelberg erschienen.

- 1 Streifinger, E.: Beitrag zur Sicherung der Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit moderner Fertigungsmittel
1986 · 72 Abb. · 167 Seiten · ISBN 3-540-16391-3
- 2 Fuchsberger, A.: Untersuchung der spanenden Bearbeitung von Knochen
1986 · 90 Abb. · 175 Seiten · ISBN 3-540-16392-1
- 3 Maier, C.: Montageautomatisierung am Beispiel des Schraubens mit Industrieroboter
1986 · 77 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-16393-X
- 4 Summer, H.: Modell zur Berechnung verzweigter Antriebsstrukturen
1986 · 74 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-16394-8
- 5 Simon, W.: Elektrische Vorschubantriebe an NC-Systemen
1986 · 141 Abb. · 198 Seiten · ISBN 3-540-16693-9
- 6 Büchs, S.: Analytische Untersuchungen zur Technologie der Kugelbearbeitung
1986 · 74 Abb. · 173 Seiten · ISBN 3-540-16694-7
- 7 Hunzinger, J.: Schneiderodierte Oberflächen
1986 · 79 Abb. · 162 Seiten · ISBN 3-540-16695-5
- 8 Pilland, U.: Echtzeit-Kollisionsschutz an NC-Drehmaschinen
1986 · 54 Abb. · 127 Seiten · ISBN 3-540-17274-2
- 9 Barthelmeß, P.: Montagegerechtes Konstruieren durch die Integration von Produkt- und Montageprozeßgestaltung
1987 · 70 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18120-2
- 10 Reithofer, N.: Nutzungssicherung von flexibel automatisierten Produktionsanlagen
1987 · 84 Abb. · 176 Seiten · ISBN 3-540-18440-6
- 11 Diess, H.: Rechnerunterstützte Entwicklung flexibel automatisierter Montageprozesse
1988 · 56 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-18799-5
- 12 Reinhart, G.: Flexible Automatisierung der Konstruktion und Fertigung elektrischer Leitungszäse
1988 · 112 Abb. · 197 Seiten · ISBN 3-540-19003-1
- 13 Bürstner, H.: Investitionsentscheidung in der rechnerintegrierten Produktion
1988 · 74 Abb. · 190 Seiten · ISBN 3-540-19099-6
- 14 Groha, A.: Universelles Zellenrechnerkonzept für flexible Fertigungssysteme
1988 · 74 Abb. · 153 Seiten · ISBN 3-540-19182-8
- 15 Riese, K.: Klipsmontage mit Industrierobotern
1988 · 92 Abb. · 150 Seiten · ISBN 3-540-19183-6
- 16 Lutz, P.: Leitsysteme für rechnerintegrierte Auftragsabwicklung
1988 · 44 Abb. · 144 Seiten · ISBN 3-540-19260-3
- 17 Klippel, C.: Mobiler Roboter im Materialfluß eines flexiblen Fertigungssystems
1988 · 86 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-50468-0
- 18 Rascher, R.: Experimentelle Untersuchungen zur Technologie der Kugelherstellung
1989 · 110 Abb. · 200 Seiten · ISBN 3-540-51301-9
- 19 Heusler, H.-J.: Rechnerunterstützte Planung flexibler Montagesysteme
1989 · 43 Abb. · 154 Seiten · ISBN 3-540-51723-5
- 20 Kirchknopf, P.: Ermittlung modaler Parameter aus Übertragungsfrequenzgängen
1989 · 57 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51724-3
- 21 Sauerer, Ch.: Beitrag für ein Zerspanprozeßmodell Metallbandsägen
1990 · 89 Abb. · 166 Seiten · ISBN 3-540-51868-1
- 22 Karstedt, K.: Positionsbestimmung von Objekten in der Montage- und Fertigungsautomatisierung
1990 · 92 Abb. · 157 Seiten · ISBN 3-540-51879-7
- 23 Peiker, St.: Entwicklung eines integrierten NC-Planungssystems
1990 · 66 Abb. · 180 Seiten · ISBN 3-540-51880-0
- 24 Schugmann, R.: Nachgiebige Werkzeugaufhängungen für die automatische Montage
1990 · 71 Abb. · 155 Seiten · ISBN 3-540-52138-0
- 25 Wrba, P.: Simulation als Werkzeug in der Handhabungstechnik
1990 · 125 Abb. · 178 Seiten · ISBN 3-540-52231-X
- 26 Eibelhäuser, P.: Rechnerunterstützte experimentelle Modalanalyse mittels gestufter Sinusanregung
1990 · 79 Abb. · 156 Seiten · ISBN 3-540-52451-7
- 27 Prasch, J.: Computerunterstützte Planung von chirurgischen Eingriffen in der Orthopädie
1990 · 113 Abb. · 164 Seiten · ISBN 3-540-52543-2

- 28 Teich, K.: **Prozeßkommunikation und Rechnerverbund in der Produktion**
1990 - 52 Abb. - 158 Seiten - ISBN 3-540-52764-8
- 29 Pfang, W.: **Rechnergestützte und graphische Planung manueller und teilautomatisierter Arbeitsplätze**
1990 - 59 Abb. - 153 Seiten - ISBN 3-540-52829-6
- 30 Tauber, A.: **Modellbildung kinematischer Strukturen als Komponente der Montageplanung**
1990 - 93 Abb. - 190 Seiten - ISBN 3-540-52911-X
- 31 Jäger, A.: **Systematische Planung komplexer Produktionssysteme**
1991 - 75 Abb. - 148 Seiten - ISBN 3-540-53021-5
- 32 Hartberger, H.: **Wissensbasierte Simulation komplexer Produktionssysteme**
1991 - 58 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-53326-5
- 33 Tuzcek, H.: **Inspektion von Karosserieteilen auf Risse und Einschnürungen mittels Methoden der Bildverarbeitung**
1992 - 125 Abb. - 179 Seiten - ISBN 3-540-53965-4
- 34 Fischbacher, J.: **Planungsstrategien zur stömungstechnischen Optimierung von Reinraum-Fertigungsgeräten**
1991 - 60 Abb. - 166 Seiten - ISBN 3-540-54027-X
- 35 Moser, O.: **3D-Echtzeitkollisionsschutz für Drehmaschinen**
1991 - 66 Abb. - 177 Seiten - ISBN 3-540-54076-8
- 36 Naber, H.: **Aufbau und Einsatz eines mobilen Roboters mit unabhängiger Lokomotions- und Manipulationskomponente**
1991 - 85 Abb. - 139 Seiten - ISBN 3-540-54216-7
- 37 Kupec, Th.: **Wissensbasiertes Leitsystem zur Steuerung flexibler Fertigungsanlagen**
1991 - 68 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-54260-4
- 38 Maulhardt, U.: **Dynamisches Verhalten von Kreissägen**
1991 - 109 Abb. - 159 Seiten - ISBN 3-540-54365-1
- 39 Götz, R.: **Strukturierte Planung flexibel automatisierter Montagesysteme für flächige Bauteile**
1991 - 86 Abb. - 201 Seiten - ISBN 3-540-54401-1
- 40 Koepfer, Th.: **3D-grafisch-interaktive Arbeitsplanung - ein Ansatz zur Aufhebung der Arbeitsteilung**
1991 - 74 Abb. - 126 Seiten - ISBN 3-540-54436-4
- 41 Schmidt, M.: **Konzeption und Einsatzplanung flexibel automatisierter Montagesysteme**
1992 - 108 Abb. - 168 Seiten - ISBN 3-540-55025-9
- 42 Burger, C.: **Produktionsregelung mit entscheidungsunterstützenden Informationssystemen**
1992 - 94 Abb. - 186 Seiten - ISBN 3-540-55187-5
- 43 Hoßmann, J.: **Methodik zur Planung der automatisierten Montage von nicht formstabilen Bauteilen**
1992 - 73 Abb. - 168 Seiten - ISBN 3-540-5520-0
- 44 Petry, M.: **Systematik zur Entwicklung eines modularen Programmabkaskens für robotergeführte Klebprozesse**
1992 - 106 Abb. - 139 Seiten - ISBN 3-540-55374-6
- 45 Schönecker, W.: **Integrierte Diagnose in Produktionszellen**
1992 - 87 Abb. - 159 Seiten - ISBN 3-540-55375-4
- 46 Bick, W.: **Systematische Planung hybrider Montagesysteme unter Berücksichtigung der Ermittlung des optimalen Automatisierungsgrades**
1992 - 70 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-55377-0
- 47 Gebauer, L.: **Prozßuntersuchungen zur automatisierten Montage von optischen Linsen**
1992 - 84 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-55378-9
- 48 Schrüfer, N.: **Erstellung eines 3D-Simulationssystems zur Reduzierung von Rüstzeiten bei der NC-Bearbeitung**
1992 - 103 Abb. - 161 Seiten - ISBN 3-540-55431-9
- 49 Wisbacher, J.: **Methoden zur rationellen Automatisierung der Montage von Schnellbefestigungselementen**
1992 - 77 Abb. - 176 Seiten - ISBN 3-540-55512-9
- 50 Garnich, F.: **Laserbearbeitung mit Robotern**
1992 - 110 Abb. - 184 Seiten - ISBN 3-540-55513-7
- 51 Eubert, P.: **Digitale Zustandsregelung elektrischer Vorschubantriebe**
1992 - 89 Abb. - 159 Seiten - ISBN 3-540-44441-2
- 52 Glaas, W.: **Rechnerintegrierte Kabelsatzfertigung**
1992 - 67 Abb. - 140 Seiten - ISBN 3-540-55749-0
- 53 Helm, H.J.: **Ein Verfahren zur On-Line Fehlererkennung und Diagnose**
1992 - 60 Abb. - 153 Seiten - ISBN 3-540-55750-4
- 54 Lang, Ch.: **Wissensbasierte Unterstützung der Verfügbarkeitsplanung**
1992 - 75 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-55751-2
- 55 Schuster, G.: **Rechnergestütztes Planungssystem für die flexibel automatisierte Montage**
1992 - 67 Abb. - 135 Seiten - ISBN 3-540-55830-6
- 56 Bomm, H.: **Ein Ziel- und Kennzahlensystem zum Investitionscontrolling komplexer Produktionssysteme**
1992 - 87 Abb. - 195 Seiten - ISBN 3-540-55964-7
- 57 Wendt, A.: **Qualitätssicherung in flexibel automatisierten Montagesystemen**
1992 - 74 Abb. - 179 Seiten - ISBN 3-540-56044-0
- 58 Hansmaier, H.: **Rechnergestütztes Verfahren zur Geräuschminderung**
1993 - 67 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-56053-2
- 59 Dilling, U.: **Planung von Fertigungssystemen unterstützt durch Wirtschaftssimulationen**
1993 - 72 Abb. - 146 Seiten - ISBN 3-540-56307-5
- 60 Strohmayr, R.: **Rechnergestützte Auswahl und Konfiguration von Zubringeinrichtungen**
1993 - 80 Abb. - 152 Seiten - ISBN 3-540-56652-X
- 61 Glas, J.: **Standardisierter Aufbau anwendungsspezifischer Zellenrechnersoftware**
1993 - 80 Abb. - 145 Seiten - ISBN 3-540-56890-5
- 62 Stetter, R.: **Rechnergestützte Simulationswerkzeuge zur Effizienzsteigerung des Industrierobotersinsatzes**
1994 - 91 Abb. - 146 Seiten - ISBN 3-540-56889-1
- 63 Dirndorfer, A.: **Robotersysteme zur förderbandsynchronen Montage**
1993 - 76 Abb. - 144 Seiten - ISBN 3-540-57031-4
- 64 Wiedemann, M.: **Simulation des Schwingungsverhaltens spanender Werkzeugmaschinen**
1993 - 81 Abb. - 137 Seiten - ISBN 3-540-57177-9
- 65 Woenckhaus, Ch.: **Rechnergestütztes System zur automatisierten 3D-Layoutoptimierung**
1994 - 81 Abb. - 140 Seiten - ISBN 3-540-57284-8
- 66 Kummesteiner, G.: **3D-Bewegungssimulation als integratives Hilfsmittel zur Planung manueller Montagesysteme**
1994 - 62 Abb. - 146 Seiten - ISBN 3-540-57535-9
- 67 Kugelmann, F.: **Einsatz nachgiebiger Elemente zur wirtschaftlichen Automatisierung von Produktionssystemen**
1993 - 76 Abb. - 144 Seiten - ISBN 3-540-57549-9
- 68 Schwarz, H.: **Simulationsgestützte CAD/CAM-Kopplung für die 3D-Laserbearbeitung mit integrierter Sensorik**
1994 - 96 Abb. - 148 Seiten - ISBN 3-540-57577-4
- 69 Wiethen, U.: **Systematik zum Prüfen in flexiblen Fertigungssystemen**
1994 - 70 Abb. - 142 Seiten - ISBN 3-540-57794-7
- 70 Seehuber, M.: **Automatische Inbetriebnahme geschwindigkeitsadaptiver Zustandsregler**
1994 - 72 Abb. - 155 Seiten - ISBN 3-540-57896-X
- 71 Amann, W.: **Eine Simulationsumgebung für Planung und Betrieb von Produktionssystemen**
1994 - 71 Abb. - 129 Seiten - ISBN 3-540-57924-9
- 72 Schöpf, M.: **Rechnergestütztes Projektförderungs- und Koordinationssystem für das Fertigungsvorfeld**
1997 - 63 Abb. - 130 Seiten - ISBN 3-540-58052-2
- 73 Welling, A.: **Effizienter Einsatz bildgebender Sensoren zur Flexibilisierung automatisierter Handhabungsvorgänge**
1994 - 66 Abb. - 139 Seiten - ISBN 3-540-580-0
- 74 Zetmayer, H.: **Verfahren zur simulationsgestützten Produktionsregelung in der Einzel- und Kleinstserienproduktion**
1994 - 62 Abb. - 143 Seiten - ISBN 3-540-58134-0

- 75 Lindl, M.: Auftragsleittechnik für Konstruktion und Arbeitsplanung
1994 - 66 Abb. - 147 Seiten - ISBN 3-540-58221-5
- 76 Zipper, B.: Das integrierte Betriebsmittelwesen - Baustein einer flexiblen Fertigung
1994 - 64 Abb. - 147 Seiten - ISBN 3-540-58222-3
- 77 Raith, P.: Programmierung und Simulation von Zellenabläufen in der Arbeitsvorbereitung
1995 - 51 Abb. - 130 Seiten - ISBN 3-540-58223-1
- 78 Engel, A.: Strömungstechnische Optimierung von Produktionssystemen durch Simulation
1994 - 69 Abb. - 160 Seiten - ISBN 3-540-58258-4
- 79 Zäh, M. F.: Dynamisches Prozessmodell Kreissägen
1995 - 95 Abb. - 186 Seiten - ISBN 3-540-58624-5
- 80 Zwanzler, N.: Technologisches Prozessmodell für die Kugelschleifbearbeitung
1995 - 65 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-58634-2
- 81 Romanow, P.: Konstruktionsbegleitende Kalkulation von Werkzeugmaschinen
1995 - 66 Abb. - 151 Seiten - ISBN 3-540-58771-3
- 82 Kahlenberg, R.: Integrierte Qualitätssicherung in flexiblen Fertigungszellen
1995 - 71 Abb. - 136 Seiten - ISBN 3-540-58772-1
- 83 Huber, A.: Arbeitsfolgenplanung mehrstufiger Prozesse in der Hartbearbeitung
1995 - 87 Abb. - 152 Seiten - ISBN 3-540-58773-X
- 84 Birkel, G.: Aufwandsminimierter Wissenserwerb für die Diagnose in flexiblen Produktionszellen
1995 - 64 Abb. - 137 Seiten - ISBN 3-540-58869-8
- 85 Simon, D.: Fertigungsregelung durch zielgrößenorientierte Planung und logistisches Störungsmanagement
1995 - 77 Abb. - 132 Seiten - ISBN 3-540-58942-2
- 86 Nedeljkovic-Groha, V.: Systematische Planung anwendungsspezifischer Materialflußsteuerungen
1995 - 94 Abb. - 188 Seiten - ISBN 3-540-58953-8
- 87 Rockland, M.: Flexibilisierung der automatischen Teilbereitstellung in Montageanlagen
1995 - 83 Abb. - 168 Seiten - ISBN 3-540-58999-6
- 88 Linner, St.: Konzept einer integrierten Produktentwicklung
1995 - 67 Abb. - 168 Seiten - ISBN 3-540-59016-1
- 89 Eder, Th.: Integrierte Planung von Informationssystemen für rechnergestützte Produktionssysteme
1995 - 62 Abb. - 150 Seiten - ISBN 3-540-59084-6
- 90 Deutschle, U.: Prozeborientierte Organisation der Auftragsentwicklung in mittelständischen Unternehmen
1995 - 80 Abb. - 188 Seiten - ISBN 3-540-59337-3
- 91 Dieterle, A.: Recyclingintegrierte Produktentwicklung
1995 - 68 Abb. - 146 Seiten - ISBN 3-540-60120-1
- 92 Hechl, Chr.: Personalorientierte Montageplanung für komplexe und variantenreiche Produkte
1995 - 73 Abb. - 158 Seiten - ISBN 3-540-60325-5
- 93 Albertz, F.: Dynamikgerechter Entwurf von Werkzeugmaschinen - Gestellstrukturen
1995 - 83 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-60608-8
- 94 Trunzer, W.: Strategien zur On-Line Bahnplanung bei Robotern mit 3D-Konturfolgensensoren
1996 - 101 Abb. - 164 Seiten - ISBN 3-540-60961-X
- 95 Fichtmüller, N.: Rationalisierung durch flexible, hybride Montagesysteme
1996 - 83 Abb. - 145 Seiten - ISBN 3-540-60960-1
- 96 Trucks, V.: Rechnergestützte Beurteilung von Getriebestrukturen in Werkzeugmaschinen
1996 - 64 Abb. - 141 Seiten - ISBN 3-540-60599-8
- 97 Schäffer, G.: Systematische Integration adaptiver Produktionssysteme
1996 - 71 Abb. - 170 Seiten - ISBN 3-540-60958-X
- 98 Koch, M. R.: Autonome Fertigungszellen - Gestaltung, Steuerung und integrierte Störungsbehandlung
1996 - 67 Abb. - 138 Seiten - ISBN 3-540-61104-5
- 99 Moctezuma de la Barrera, J. L.: Ein durchgängiges System zur Computer- und rechnergestützten Chirurgie
1996 - 99 Abb. - 175 Seiten - ISBN 3-540-61145-2
- 100 Geuer, A.: Einsatzpotential des Rapid Prototyping in der Produktentwicklung
1996 - 84 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-61495-8
- 101 Ebner, C.: Ganzheitliches Verfügbarkeits- und Qualitätsmanagement unter Verwendung von Felddaten
1996 - 67 Abb. - 132 Seiten - ISBN 3-540-61678-0
- 102 Pischelstrieder, K.: Steuerung autonomer mobiler Roboter in der Produktion
1996 - 74 Abb. - 171 Seiten - ISBN 3-540-61714-0
- 103 Köhler, R.: Disposition und Materialbereitstellung bei komplexen variantenreichen Kleinprodukten
1997 - 62 Abb. - 177 Seiten - ISBN 3-540-62024-9
- 104 Feldmann, Ch.: Eine Methode für die integrierte rechnergestützte Montageplanung
1997 - 71 Abb. - 163 Seiten - ISBN 3-540-62059-1
- 105 Lehmann, H.: Integrierte Materialfluß- und Layoutplanung durch Kopplung von CAD- und Ablaufsimulationssystemen
1997 - 96 Abb. - 191 Seiten - ISBN 3-540-62202-0
- 106 Wagner, M.: Steuerungsintegrierte Fehlerbehandlung für maschinennahe Abläufe
1997 - 94 Abb. - 164 Seiten - ISBN 3-540-62656-5
- 107 Lorenzen, J.: Simulationsgestützte Kostenanalyse in produktorientierten Fertigungsstrukturen
1997 - 63 Abb. - 129 Seiten - ISBN 3-540-62794-4
- 108 Krönert, U.: Systematik für die rechnergestützte Ähnlichkeitsuche und Standardisierung
1997 - 53 Abb. - 127 Seiten - ISBN 3-540-63338-3
- 109 Pfersdorf, I.: Entwicklung eines systematischen Vorgehens zur Organisation des industriellen Service
1997 - 74 Abb. - 172 Seiten - ISBN 3-540-63615-3
- 110 Kuba, R.: Informations- und kommunikationstechnische Integration von Menschen in der Produktion
1997 - 77 Abb. - 155 Seiten - ISBN 3-540-63642-0
- 111 Kaiser, J.: Vernetztes Gestalten von Produkt und Produktionsprozeß mit Produktmodellen
1997 - 67 Abb. - 139 Seiten - ISBN 3-540-63999-3
- 112 Geyer, M.: Flexibles Planungssystem zur Berücksichtigung ergonomischer Aspekte bei der Produkt- und Arbeitssystemgestaltung
1997 - 85 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-64195-5
- 113 Martin, C.: Produktionsregelung - ein modularer, modellbasierter Ansatz
1998 - 73 Abb. - 162 Seiten - ISBN 3-540-64401-6
- 114 Löffler, Th.: Akustische Überwachung automatisierter Fügeprozesse
1998 - 85 Abb. - 136 Seiten - ISBN 3-540-64511-X
- 115 Lindermaier, R.: Qualitätsorientierte Entwicklung von Montagesystemen
1998 - 84 Abb. - 164 Seiten - ISBN 3-540-64686-8
- 116 Koehrer, J.: Prozeborientierte Teamstrukturen in Betrieben mit Großserienfertigung
1998 - 75 Abb. - 185 Seiten - ISBN 3-540-65037-7
- 117 Schuller, R. W.: Leitfäden zum automatisierten Auftrag von hochviskosen Dichtmassen
1999 - 76 Abb. - 162 Seiten - ISBN 3-540-65320-1
- 118 Debuschewitz, M.: Integrierte Methodik und Werkzeuge zur herstellungsorientierten Produktentwicklung
1999 - 104 Abb. - 169 Seiten - ISBN 3-540-65350-3

- 119 Bauer, L.: Strategien zur rechnergestützten Offline- Programmierung von 3D-Laseranlagen
1999 - 98 Abb. - 145 Seiten - ISBN 3-540-65382-1
- 120 Pfoh, E.: Modellgestützte Arbeitsplanung bei Fertigungsmaschinen
1999 - 69 Abb. - 154 Seiten - ISBN 3-540-65525-5
- 121 Spitznagel, J.: Erfahrungsgeleitete Planung von Laseranlagen
1999 - 63 Abb. - 156 Seiten - ISBN 3-540-65896-3

Forschungsberichte IWB ab Band 122

herausgegeben von Prof. Dr.-Ing. Gunther Reinhart und Prof. Dr.-Ing. Michael Zäh,
Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften der Technischen Universität München

Forschungsberichte IWB ab Band 122 sind erhältlich im Buchhandel oder beim
Herbert Utz Verlag, München, Fax 089-277791-01, info@utzverlag.de, www.utzverlag.de

- 122 *Burghard Schneider*: Prozesskettenorientierte Bereitstellung nicht formstabiler Bauteile
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-559-9
- 123 *Bernad Goldstein*: Modellgestützte Geschäftsprozessgestaltung in der Produktentwicklung
170 Seiten - ISBN 978-3-89675-546-9
- 124 *Helmut E. Mößner*: Methode zur simulationsbasierten Regelung zeitvarianter Produktionssysteme
164 Seiten - ISBN 978-3-89675-585-8
- 125 *Ralf-Gunter Gräser*: Ein Verfahren zur Kompensation temperaturinduzierter Verformungen an Industrierobotern
167 Seiten - ISBN 978-3-89675-603-9
- 126 *Hans-Jürgen Trossin*: Nutzung der Ähnlichkeitstheorie zur Modellbildung in der Produktionstechnik
162 Seiten - ISBN 978-3-89675-614-5
- 127 *Doris Kugelmann*: Aufgabenorientierte Offline-Programmierung von Industrierobotern
168 Seiten - ISBN 978-3-89675-615-2
- 128 *Rolf Diesch*: Steigerung der organisatorischen Verfügbarkeit von Fertigungszellen
160 Seiten - ISBN 978-3-89675-618-3
- 129 *Werner E. Lulay*: Hybrid-hierarchische Simulationsmodelle zur Koordination teilautonomer Produktionsstrukturen
190 Seiten - ISBN 978-3-89675-620-6
- 130 *Otto Murr*: Adaptive Planung und Steuerung von integrierten Entwicklungs- und Planungsprozessen
178 Seiten - ISBN 978-3-89675-636-7
- 131 *Michael Macht*: Ein Vorgehensmodell für den Einsatz von Rapid Prototyping
170 Seiten - ISBN 978-3-89675-638-1
- 132 *Bruno H. Mehler*: Aufbau virtueller Fabriken aus dezentralen Partnerverbänden
152 Seiten - ISBN 978-3-89675-645-9
- 133 *Knut Heltmann*: Sichere Prognosen für die Produktionsptimierung mittels stochastischer Modelle
146 Seiten - ISBN 978-3-89675-675-6
- 134 *Stefan Blessing*: Gestaltung der Materialfußsteuerung in dynamischen Produktionsstrukturen
160 Seiten - ISBN 978-3-89675-690-9
- 135 *Can Abay*: Numerische Optimierung multivariater mehrstufiger Prozesse am Beispiel der Hartbearbeitung von Industriekeramik
159 Seiten - ISBN 978-3-89675-697-8
- 136 *Stefan Brandner*: Integriertes Produktdaten- und Prozeßmanagement in virtuellen Fabriken
172 Seiten - ISBN 978-3-89675-715-9
- 137 *Arnd G. Hirschberg*: Verbindung der Produkt- und Funktionsorientierung in der Fertigung
165 Seiten - ISBN 978-3-89675-729-6
- 138 *Alexandra Reek*: Strategien zur Fokusspositionierung beim Laserstrahlschweißen
193 Seiten - ISBN 978-3-89675-730-2
- 139 *Khalid-Alexander Sabbah*: Methodische Entwicklung störungstoleranter Steuerungen
148 Seiten - ISBN 978-3-89675-739-5
- 140 *Klaus U. Schilffebacher*: Konfiguration virtueller Wertschöpfungsketten in dynamischen, heterarchischen Kompetenznetzwerken
187 Seiten - ISBN 978-3-89675-754-8
- 141 *Andreas Sprengel*: Integrierte Kostenkalkulationsverfahren für die Werkzeugmaschinenentwicklung
144 Seiten - ISBN 978-3-89675-757-9
- 142 *Andreas Gallasch*: Informationstechnische Architektur zur Unterstützung des Wandels in der Produktion
150 Seiten - ISBN 978-3-89675-781-4
- 143 *Ralf Cuiper*: Durchgängige rechnergestützte Planung und Steuerung von automatisierten Montagevorgängen
174 Seiten - ISBN 978-3-89675-783-8
- 144 *Christian Schneider*: Strukturmechanische Berechnungen in der Werkzeugmaschinenkonstruktion
180 Seiten - ISBN 978-3-89675-789-0
- 145 *Christian Jonas*: Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten Planung von Montageanlagen
183 Seiten - ISBN 978-3-89675-870-5
- 146 *Ulrich Willnecker*: Gestaltung und Planung leistungsorientierter manueller Fließmontagen
194 Seiten - ISBN 978-3-89675-891-0
- 147 *Christof Lehner*: Beschreibung des Nd:YAG-Laserstrahlschweißprozesses von Magnesiumdruckguss
205 Seiten - ISBN 978-3-8316-0004-5
- 148 *Frank Rick*: Simulationsgestützte Gestaltung von Produkt und Prozess am Beispiel Laserstrahlschweißen
145 Seiten - ISBN 978-3-8316-0008-3
- 149 *Michael Höhn*: Sensorgeführte Montage hybrider Mikrosysteme
185 Seiten - ISBN 978-3-8316-0012-0

- 150 **Jörn Böhl:** Wissensmanagement im Klein- und mittelständischen Unternehmen der Einzel- und Kleinserienfertigung
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0020-5
- 151 **Robert Bürgel:** Prozessanalyse an spanenden Werkzeugmaschinen mit digital geregelten Antrieben
185 Seiten - ISBN 978-3-8316-0021-2
- 152 **Stephan Dürrschmidt:** Planung und Betrieb wandlungsfähiger Logistiksysteme in der variantenreichen Serienproduktion
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-0023-6
- 153 **Bernhard Eich:** Methode zur prozesskettenorientierten Planung der Teilebereitstellung
136 Seiten - ISBN 978-3-8316-0028-1
- 154 **Wolfgang Rudarfer:** Eine Methode zur Qualifizierung von produzierenden Unternehmen für Kompetenznetzwerke
207 Seiten - ISBN 978-3-8316-0037-3
- 155 **Hans Meier:** Verteilte kooperative Steuerung maschinenaher Abläufe
166 Seiten - ISBN 978-3-8316-0044-1
- 156 **Gerhard Nowak:** Informationstechnische Integration des industriellen Service in das Unternehmen
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0055-7
- 157 **Martin Werner:** Simulationsgestützte Reorganisation von Produktions- und Logistikprozessen
191 Seiten - ISBN 978-3-8316-0058-8
- 158 **Bernhard Lenz:** Finite Elemente-Modellierung des Laserstrahlweißens für den Einsatz in der Fertigungsplanung
162 Seiten - ISBN 978-3-8316-0094-6
- 159 **Stefan Grunwald:** Methode zur Anwendung der flexiblen integrierten Produktentwicklung und Montageplanung
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-0095-3
- 160 **Josef Gartner:** Qualitätssicherung bei der automatisierten Applikation hochviskoser Dichtungen
165 Seiten - ISBN 978-3-8316-0096-0
- 161 **Wolfgang Zeller:** Gesamtheitliches Sicherheitskonzept für die Antriebs- und Steuerungstechnik bei Werkzeugmaschinen
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0100-4
- 162 **Michael Loferer:** Rechnergestützte Gestaltung von Montagesystemen
178 Seiten - ISBN 978-3-8316-0118-9
- 163 **Jörg Führer:** Ganzheitliche Optimierung des indirekten Metall-Lasersinterprozesses
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0124-0
- 164 **Jürgen Höppner:** Verfahren zur berührungslosen Handhabung mittels leistungsstarker Schallwandler
144 Seiten - ISBN 978-3-8316-0125-7
- 165 **Hubert Götte:** Entwicklung eines Assistenzrobotersystems für die Knieendoprothetik
258 Seiten - ISBN 978-3-8316-0126-4
- 166 **Martin Weissenberger:** Optimierung der Bewegungsdynamik von Werkzeugmaschinen im rechnergestützten Entwicklungsprozess
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-0138-7
- 167 **Dirk Jacob:** Verfahren zur Positionierung unterseitenstrukturierter Bauelemente in der Mikrosystemtechnik
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0142-4
- 168 **Ulrich Raßgoderer:** System zur effizienten Layout- und Prozessplanung von hybriden Montageanlagen
175 Seiten - ISBN 978-3-8316-0154-7
- 169 **Robert Klingel:** Anziehfverfahren für hochfeste Schraubenverbindungen auf Basis akustischer Emissionen
164 Seiten - ISBN 978-3-8316-0174-5
- 170 **Paul Jens Peter Ross:** Bestimmung des wirtschaftlichen Automatisierungsgrades von Montageprozessen in der frühen Phase der Montageplanung
144 Seiten - ISBN 978-3-8316-0191-2
- 171 **Stefan von Praun:** Toleranzanalyse nachgiebiger Baugruppen im Produktentstehungsprozess
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-0202-5
- 172 **Florian von der Hagen:** Gestaltung kurzfristiger und unternehmensübergreifender Engineering-Kooperationen
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-0208-7
- 173 **Oliver Kramer:** Methode zur Optimierung der Wertschöpfungskette mittelständischer Betriebe
212 Seiten - ISBN 978-3-8316-0211-7
- 174 **Winfried Dohmen:** Interdisziplinäre Methoden für die integrierte Entwicklung komplexer mechatronischer Systeme
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0214-8
- 175 **Oliver Anton:** Ein Beitrag zur Entwicklung telepräsenter Montagesysteme
158 Seiten - ISBN 978-3-8316-0215-5
- 176 **Welf Broser:** Methode zur Definition und Bewertung von Anwendungsfeldern für Kompetenznetzwerke
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-0217-9
- 177 **Frank Breitinge:** Ein ganzheitliches Konzept zum Einsatz des indirekten Metall-Lasersinterns für das Druckgießen
156 Seiten - ISBN 978-3-8316-0227-8
- 178 **Johann von Pieveling:** Ein Vorgehensmodell zur Auswahl von Konturfertigungsverfahren für das Rapid Tooling
163 Seiten - ISBN 978-3-8316-0230-8
- 179 **Thomas Baudisch:** Simulationsumgebung zur Auslegung der Bewegungsdynamik des mechatronischen Systems Werkzeugmaschine
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0249-0
- 180 **Heinrich Schieferstein:** Experimentelle Analyse des menschlichen Kaustems
132 Seiten - ISBN 978-3-8316-0251-3
- 181 **Joachim Berlak:** Methodik zur strukturierten Auswahl von Auftragsabwicklungssystemen
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0258-2
- 182 **Christian Meierloh:** Konzept zur rechnergestützten Integration von Produktions- und Gebäudeplanung in der Fabrikgestaltung
181 Seiten - ISBN 978-3-8316-0292-6
- 183 **Volker Weber:** Dynamisches Kostenmanagement in kompetenzzentrierten Unternehmensnetzwerken
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-0330-5
- 184 **Thomas Bongardt:** Methode zur Kompensation betriebsabhängiger Einflüsse auf die Absolutgenauigkeit von Industrierobotern
170 Seiten - ISBN 978-3-8316-0332-9
- 185 **Tim Angerer:** Effizienzsteigerung in der automatisierten Montage durch aktive Nutzung mechatronischer Produktkomponenten
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0336-7
- 186 **Alexander Krüger:** Planung und Kapazitätsabstimmung stückzahlflexibler Montagesysteme
197 Seiten - ISBN 978-3-8316-0371-8
- 187 **Matthias Meindl:** Beitrag zur Entwicklung generativer Fertigungsverfahren für das Rapid Manufacturing
236 Seiten - ISBN 978-3-8316-0465-4
- 188 **Thomas Fusch:** Betriebsbegleitende Prozessplanung in der Montage mit Hilfe der Virtuellen Produktion am Beispiel der Automobilindustrie
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-0467-8
- 189 **Thomas Mosandl:** Qualitätssteigerung bei automatisiertem Klebstoffauftrag durch den Einsatz optischer Konturfolgesysteme
182 Seiten - ISBN 978-3-8316-0471-5
- 190 **Christian Patron:** Konzept für den Einsatz von Augmented Reality in der Montageplanung
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0474-6
- 191 **Robert Cisek:** Planung und Bewertung von Rekonfigurationsprozessen in Produktionssystemen
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0475-3

- 192 **Florian Auer:** Methode zur Simulation des Laserstrahlschweißens unter Berücksichtigung der Ergebnisse vorangegangener Umformsimulationen
160 Seiten - ISBN 978-3-8316-0485-2
- 193 **Carsten Selke:** Entwicklung von Methoden zur automatischen Simulationsmodellgenerierung
137 Seiten - ISBN 978-3-8316-0495-1
- 194 **Markus Seefried:** Simulation des Prozessschrittes der Wärmebehandlung beim Indirekten-Metall-Lasersintern
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-0503-3
- 195 **Wolfgang Wagner:** Fabrikplanung für die standortübergreifende Kostensenkung bei marktnaher Produktion
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0586-6
- 196 **Christopher Ulrich:** Erhöhung des Nutzungsgrades von Laserstrahlquellen durch Mehrfach-Anwendungen
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0590-3
- 197 **Johann Härtl:** Prozessgasfluss beim Schweißen mit Hochleistungsdiodenlasern
148 Seiten - ISBN 978-3-8316-0611-5
- 198 **Bernd Hartmann:** Die Bestimmung des Personalbedarfs für den Materialfluss in Abhängigkeit von Produktionsfläche und -menge
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-0615-3
- 199 **Michael Schilp:** Auslegung und Gestaltung von Werkzeugen zum berührungslosen Greifen kleiner Bauteile in der Mikromontage
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0631-3
- 200 **Florian Manfred Grätz:** Teilautomatische Generierung von Stromlauf- und Fluidplänen für mechatronische Systeme
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0643-6
- 201 **Dieter Eireiner:** Prozessmodelle zur statischen Auslegung von Anlagen für das Friction Stir Welding
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-0650-4
- 202 **Gerhard Volkwein:** Konzept zur effizienten Bereitstellung von Steuerungsfunktionalität für die NC-Simulation
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-0668-9
- 203 **Sven Roeren:** Komplexitätsvariable Einflussgrößen für die bauteilbezogene Struktursimulation thermischer Fertigungsprozesse
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-0680-1
- 204 **Henning Rudolf:** Wissensbasierte Montageplanung in der Digitalen Fabrik am Beispiel der Automobilindustrie
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0697-9
- 205 **Stella Clarke-Griebisch:** Overcoming the Network Problem in Telepresence Systems with Prediction and Inertia
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0701-3
- 206 **Michael Ehrenstraßer:** Sensoreinsatz in der telepräsen- ten Mikromontage
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0743-3
- 207 **Rainer Schack:** Methodik zur bewertungsorientierten Skalierung der Digitalen Fabrik
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0748-8
- 208 **Wolfgang Sudhoff:** Methodik zur Bewertung standortübergreifender Mobilität in der Produktion
300 Seiten - ISBN 978-3-8316-0749-5
- 209 **Stefan Müller:** Methodik für die entwicklungs- und planungsbegleitende Generierung und Bewertung von Produktionsalternativen
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0750-1
- 210 **Ulrich Kohler:** Methodik zur kontinuierlichen und kostenorientierten Planung produktionstechnischer Systeme
246 Seiten - ISBN 978-3-8316-0753-2
- 211 **Klaus Schlicknieder:** Methodik zur Prozessoptimierung beim automatisierten elastischen Kleben großflächiger Bauteile
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0776-1
- 212 **Niklas Müller:** Bestimmung der Wirtschaftlichkeit wandlungsfähiger Produktionssysteme
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0778-5
- 213 **Daniel Siedl:** Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen während Verfahrenbewegungen
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0779-2
- 214 **Dirk Ansorge:** Auftragsabwicklung in heterogenen Produktionsstrukturen mit spezifischen Planungsfreiräumen
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0785-3
- 215 **Georg Würnsch:** Methoden für die virtuelle Inbetriebnahme automatisierter Produktionssysteme
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-0795-2
- 216 **Thomas Oertli:** Strukturmechanische Berechnung und Regelungssimulation von Werkzeugmaschinen mit elektromechanischen Vorschubantrieben
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-0798-3
- 217 **Bernd Petzold:** Entwicklung eines Operatorarbeitsplatzes für die telepräsen- te Mikromontage
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-0805-8
- 218 **Lucas Papadakis:** Simulation of the Structural Effects of Welded Frame Assemblies in Manufacturing Process Chains
260 Seiten - ISBN 978-3-8316-0813-3
- 219 **Mathias Mörtl:** Ressourcenplanung in der variantenreichen Fertigung
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-0820-1
- 220 **Sebastian Weig:** Konzept eines integrierten Risikomanagements für die Ablauf- und Strukturgestaltung in Fabrikplanungsprojekten
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-0823-2
- 221 **Tobias Hornfeck:** Laserstrahlbiegen komplexer Aluminiumstrukturen für Anwendungen in der Luftfahrtindustrie
150 Seiten - ISBN 978-3-8316-0826-3
- 222 **Hans Egermeier:** Entwicklung eines Virtual-Reality-Systems für die Montagesimulation mit kraftrückkoppelnden Handschuhen
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-0833-1
- 223 **Matthäus Sigl:** Ein Beitrag zur Entwicklung des Elektronenstrahlstahns
200 Seiten - ISBN 978-3-8316-0841-6
- 224 **Mark Harfensteller:** Eine Methodik zur Entwicklung und Herstellung von Radiumtargets
198 Seiten - ISBN 978-3-8316-0849-2
- 225 **Jochen Werner:** Methode zur roboterbasieren förderbandsynchronen Fließmontage am Beispiel der Automobilindustrie
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-0857-7
- 226 **Florian Hagemann:** Ein formflexibles Werkzeug für das Rapid Tooling beim Spritzgießen
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-0861-4
- 227 **Haitham Rashidy:** Knowledge-based quality control in manufacturing processes with application to the automotive industry
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0862-1
- 228 **Wolfgang Vogl:** Eine interaktive räumliche Benutzerschnittstelle für die Programmierung von Industrierobotern
248 Seiten - ISBN 978-3-8316-0869-0
- 229 **Sonja Schedl:** Integration von Anforderungsmanagement in den mechatronischen Entwicklungsprozess
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0874-4
- 230 **Andreas Trautmann:** Bifocal Hybrid Laser Welding - A Technology for Welding of Aluminium and Zinc-Coated Steels
314 Seiten - ISBN 978-3-8316-0876-8
- 231 **Patrick Neise:** Managing Quality and Delivery Reliability of Suppliers by Using Incentives and Simulation Models
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-0878-2
- 232 **Christian Habicht:** Einsatz und Auslegung zeitenfensterbasierter Planungssysteme in unterbetrieblichen Wertschöpfungsketten
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-0891-1
- 233 **Michael Spitzweg:** Methode und Konzept für den Einsatz eines physikalischen Modells in der Entwicklung von Produktionsanlagen
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0931-4

- 234 **Ulrich Munzert:** Bahnplanungsalgorithmen für das robotergestützte Remote-Laserstrahlschweißen
176 Seiten - ISBN 978-3-8316-0948-2
- 235 **Georg Völlner:** Rührreißschweißen mit Schwerlast-Industrierobotern
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-0955-0
- 236 **Nils Müller:** Modell für die Beherrschung und Reduktion von Nachfrageschwankungen
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-0992-5
- 237 **Franz Decker:** Unternehmensspezifische Strukturierung der Produktion als permanente Aufgabe
180 Seiten - ISBN 978-3-8316-0996-3
- 238 **Christian Lau:** Methodik für eine selbstoptimierende Produktionssteuerung
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-4012-6
- 239 **Christoph Rimpau:** Wissensbasierte Risikobewertung in der Angebotskalkulation für hochgradig individualisierte Produkte
268 Seiten - ISBN 978-3-8316-4015-7
- 240 **Michael Loy:** Modulare Vibrationswendelförderer für flexiblen Teilezuführung
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-4027-0
- 241 **Andreas Eursch:** Konzept eines immersiven Assistenzsystems mit Augmented Reality zur Unterstützung manueller Aktivitäten in radioaktiven Produktionsumgebungen
226 Seiten - ISBN 978-3-8316-4029-4
- 242 **Florian Schwarz:** Simulation der Wechselwirkungen zwischen Prozess und Struktur bei der Drehbearbeitung
282 Seiten - ISBN 978-3-8316-4030-0
- 243 **Martin Georg Prasch:** Integration leistungsgewandelter Mitarbeiter in die variantenreiche Serienmontage
261 Seiten - ISBN 978-3-8316-4033-1
- 244 **Johannes Schilp:** Adaptive Montagesysteme für hybride Mikrosysteme unter Einsatz von Telepräsenz
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4063-8
- 245 **Stefan Lutzmann:** Beitrag zur Prozessbeherrschung des Elektronenstrahlschmelzens
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4070-6
- 246 **Gregor Branner:** Modellierung transienter Effekte in der Struktursimulation von Schichtbauverfahren
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-4071-3
- 247 **Josef Ludwig Zimmermann:** Eine Methodik zur Gestaltung berührungslos arbeitender Handhabungssysteme
186 Seiten - ISBN 978-3-8316-4091-1
- 248 **Clemens Pörnbacher:** Modellgetriebene Entwicklung der Steuerungssoftware automatisierter Fertigungssysteme
280 Seiten - ISBN 978-3-8316-4108-6
- 249 **Alexander Lindworsky:** Teilautomatische Generierung von Simulationsmodellen für den entwicklungsbegleitenden Steuerungstest
294 Seiten - ISBN 978-3-8316-4125-3
- 250 **Michael Mauderer:** Ein Beitrag zur Planung und Entwicklung von rekonfigurierbaren mechatronischen Systemen – am Beispiel von starren Fertigungssystemen
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4126-0
- 251 **Roland Mark:** Qualitätsbewertung und -regelung für die Fertigung von Karosserieteilen in Presswerken auf Basis Neuronaler Netze
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4127-7
- 252 **Florian Reichl:** Methode zum Management der Kooperation von Fabrik- und Technologieplanung
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4128-4
- 253 **Paul Gebhard:** Dynamisches Verhalten von Werkzeugmaschinen bei Anwendung für das Rührreißschweißen
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4129-1
- 254 **Michael Heinz:** Modellunterstützte Auslegung berührungsloser Ultraschallgreifsysteme für die Mikrosystemtechnik
302 Seiten - ISBN 978-3-8316-4147-5
- 255 **Pascal Krebs:** Bewertung vernetzter Produktionsstandorte unter Berücksichtigung multidimensionaler Unsicherheiten
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4156-7
- 256 **Gerhard Straßer:** Greiftechnologie für die automatisierte Handhabung von technischen Textilien in der Faserverbundfertigung
290 Seiten - ISBN 978-3-8316-4161-1
- 257 **Frédéric-Felix Lacour:** Modellbildung für die physikbasierte Virtuelle Inbetriebnahme materialflusintensiver Produktionsanlagen
222 Seiten - ISBN 978-3-8316-4162-8
- 258 **Thomas Hensel:** Modellbasierter Entwicklungsprozess für Automatisierungslösungen
184 Seiten - ISBN 978-3-8316-4167-3
- 259 **Sherif Zaidan:** A Work-Piece Based Approach for Programming Cooperating Industrial Robots
212 Seiten - ISBN 978-3-8316-4175-8
- 260 **Hendrik Schellmann:** Bewertung kundenspezifischer Mengenflexibilität im Wertschöpfungsnetz
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4189-5
- 261 **Marwan Rad:** Workspace scaling and haptic feedback for industrial telepresence and teleaction systems with heavy-duty teleoperators
172 Seiten - ISBN 978-3-8316-4195-6
- 262 **Markus Ruhstorfer:** Rührreißschweißen von Rohren
206 Seiten - ISBN 978-3-8316-4197-0
- 263 **Rüdiger Daub:** Erhöhung der Nahttiefe beim Laserstrahl-Wärmelitungsschweißen von Stählen
182 Seiten - ISBN 978-3-8316-4199-4
- 264 **Michael Ott:** Multimaterialverarbeitung bei der additiven strahl- und pulverbettbasierten Fertigung
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4201-4
- 265 **Martin Ostgathe:** System zur produktbasierten Steuerung von Abläufen in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage
278 Seiten - ISBN 978-3-8316-4206-9
- 266 **Imke Nora Kellner:** Materialsysteme für das pulverbettbasierte 3D-Drucken
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4223-6
- 267 **Florian Oefele:** Remote-Laserstrahlschweißen mit brillanten Laserstrahlquellen
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-4224-3
- 268 **Claudia Anna Ehinger:** Automatisierte Montage von Faserverbund-Vorformlingen
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-4233-5
- 269 **Tobias Zeilinger:** Laserbasierte Bauteillagebestimmung bei der Montage optischer Mikrokomponenten
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4234-2
- 270 **Stefan Krug:** Automatische Konfiguration von Robotersystemen (Plug&Produce)
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4243-4
- 271 **Marc Lotz:** Erhöhung der Fertigungsgenauigkeit beim Schwungrad-Reißschweißen durch modellbasierte Regelungsverfahren
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4245-8
- 272 **William Brice Tekouo Mouthicho:** A New Programming Approach for Robot-based Flexible Inspection systems
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4247-2
- 273 **Matthias Waibel:** Aktive Zusatzsysteme zur Schwingungsreduktion an Werkzeugmaschinen
158 Seiten - ISBN 978-3-8316-4250-2
- 274 **Christian Eschey:** Maschinenspezifische Erhöhung der Prozessfähigkeit in der additiven Fertigung
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-4270-0
- 275 **Florian Aull:** Modell zur Ableitung effizienter Implementierungsstrategien für Lean-Production-Methoden
270 Seiten - ISBN 978-3-8316-4283-0
- 276 **Marcus Hennauer:** Entwicklungsbegleitende Prognose der mechatronischen Eigenschaften von Werkzeugmaschinen
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4306-6

- 277 **Alexander Götzfried:** Analyse und Vergleich fertigungstechnischer Prozessketten für Flugzeugtriebwerks-Rotoren
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4310-3
- 278 **Saskia Reinhardt:** Bewertung der Ressourceneffizienz in der Fertigung
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4317-2
- 279 **Fabian J. Meling:** Methodik für die Rekombination von Anlagentechnik
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4319-6
- 280 **Jörg Egbers:** Identifikation und Adaption von Arbeitsplätzen für leistungsgewandelte Mitarbeiter entlang des Montageplanungsprozesses
192 Seiten - ISBN 978-3-8316-4328-8
- 281 **Max von Bredow:** Methode zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit und des Risikos unternehmensübergreifender Wertschöpfungskonfigurationen in der Automobilindustrie
204 Seiten - ISBN 978-3-8316-4337-0
- 282 **Tobias Philipp:** RFID-gestützte Produktionssteuerungsverfahren für die Herstellung von Bauteilen aus Faserverbundkunststoffen
142 Seiten - ISBN 978-3-8316-4346-2
- 283 **Stefan Rainer Johann Braunreuther:** Untersuchungen zur Lasersicherheit für Materialbearbeitungsanwendungen mit brillanten Laserstrahlquellen
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4348-6
- 284 **Johannes Pohl:** Adaption von Produktionsstrukturen unter Berücksichtigung von Lebenszyklen
202 Seiten - ISBN 978-3-8316-4358-5
- 285 **Mathy Wiesbeck:** Struktur zur Repräsentation von Montagesequenzen für die situationsorientierte Werkerführung
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-4369-1
- 286 **Sonja Huber:** In-situ-Legierungsbestimmung beim Laserstrahlschweißen
206 Seiten - ISBN 978-3-8316-4370-7
- 287 **Robert Wiedenmann:** Prozessmodell und Systemtechnik für das laserunterstützte Fräsen
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4384-4
- 288 **Thomas Irenhauser:** Bewertung der Wirtschaftlichkeit von RFID im Wertschöpfungsnetz
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4404-9
- 289 **Jens Hatwig:** Automatisierte Bahnplanung für Industrieroboter und Scanneroptiken bei der Remote-Laserstrahlbearbeitung
196 Seiten - ISBN 978-3-8316-4405-6
- 290 **Matthias Baur:** Aktives Dämpfungssystem zur Ratterunterdrückung an spanenden Werkzeugmaschinen
210 Seiten - ISBN 978-3-8316-4408-7
- 291 **Alexander Schober:** Eine Methode zur Wärmequellenkalibrierung in der Schweißstruktursimulation
198 Seiten - ISBN 978-3-8316-4415-5
- 292 **Matthias Glonegger:** Berücksichtigung menschlicher Leistungsschwankungen bei der Planung von Variantenfließmontagesystemen
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4419-3
- 293 **Markus Kahmert:** Scanstrategien zur verbesserten Prozessführung beim Elektronenstrahlschmelzen (EBM)
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4416-2
- 294 **Sebastian Schindler:** Strategische Planung von Technologieketten für die Produktion
220 Seiten - ISBN 978-3-8316-4434-6
- 295 **Tobias Fockerer:** Methode zur rechnergestützten Prozessgestaltung des Schleifhärtens
128 Seiten - ISBN 978-3-8316-4448-3
- 296 **Rüdiger Spillner:** Einsatz und Planung von Roboterassistenz zur Berücksichtigung von Leistungswandlungen in der Produktion
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-4450-6
- 297 **Daniel Schmid:** Rührreibschweißen von Aluminiumlegierungen mit Stählen für die Automobilindustrie
300 Seiten - ISBN 978-3-8316-4452-0
- 298 **Florian Karl:** Bedarfsermittlung und Planung von Rekonfigurationen an Betriebsmitteln
222 Seiten - ISBN 978-3-8316-4458-2
- 299 **Philipp Ronald Engelhardt:** System für die RFID-gestützte situationsbasierte Produktionssteuerung in der auftragsbezogenen Fertigung und Montage
246 Seiten - ISBN 978-3-8316-4472-8
- 300 **Markus Graßl:** Bewertung der Energieflexibilität in der Produktion
202 Seiten - ISBN 978-3-8316-4476-6
- 301 **Thomas Kirchmeier:** Methode zur Anwendung der berührungslosen Handhabung mittels Ultraschall im automatisierten Montageprozess
196 Seiten - ISBN 978-3-8316-4478-0
- 302 **Oliver Rösch:** Steigerung der Arbeitsgenauigkeit bei der Fräsbearbeitung metallischer Werkstoffe mit Industrierobotern
214 Seiten - ISBN 978-3-8316-4486-5
- 303 **Christoph Sieben:** Entwicklung eines Prognosemodells zur prozessbegleitenden Beurteilung der Montagequalität von Kolben dichtungen
194 Seiten - ISBN 978-3-8316-4510-7
- 304 **Philipp Alexander Schmidt:** Laserstrahlschweißen elektrischer Kontakte von Lithium-Ionen-Batterien in Elektro- und Hybridfahrzeugen
190 Seiten - ISBN 978-3-8316-4519-0
- 305 **Yi Shen:** System für die Mensch-Roboter-Koexistenz in der Fließmontage
230 Seiten - ISBN 978-3-8316-4520-6
- 306 **Thomas Bonin:** Moderne Ordnungsreduktionsverfahren für die Simulation des dynamischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen
274 Seiten - ISBN 978-3-8316-4522-0
- 307 **Jan Daniel Musiol:** Remote-Laserstrahl-Abtragschneiden
168 Seiten - ISBN 978-3-8316-4523-7
- 308 **Emin Genc:** Frühwarnsystem für ein adaptives Störungsmanagement
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-4525-1
- 309 **Mirko Langhorst:** Beherrschung von Schweißverzug und Schweißteigenspannungen
252 Seiten - ISBN 978-3-8316-4524-2
- 310 **Markus Schweiße:** Simulative und experimentelle Untersuchungen zum Laserschweißen mit Strahloszillation
284 Seiten - ISBN 978-3-8316-4536-7
- 311 **Florian Geiger:** System zur wissensbasierten Maschinenbelegungsplanung auf Basis produktspezifischer Auftragsdaten
224 Seiten - ISBN 978-3-8316-4537-4
- 312 **Peter Schnellbach:** Methodik zur Reduzierung von Energieverschwendung unter Berücksichtigung von Zielgrößen Ganzheitlicher Produktionssysteme
236 Seiten - ISBN 978-3-8316-4540-4
- 313 **Stefan Schwarz:** Prognosefähigkeit dynamischer Simulationen von Werkzeugmaschinenstrukturen
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4542-8
- 314 **Markus Pröpster:** Methodik zur kurzfristigen Ausrüstung variantenreicher Montagelinien am Beispiel des Nutzfahrzeugbaus
238 Seiten - ISBN 978-3-8316-4547-3
- 315 **Dominik David Simon:** Automatisierte flexible Werkzeugsysteme zum Umformen und Spannen von Kunststoffscheiben und -schalen
234 Seiten - ISBN 978-3-8316-4548-0
- 316 **Stefan Maurer:** Frühaufklärung kritischer Situationen in Versorgungsprozessen
242 Seiten - ISBN 978-3-8316-4554-1

- 317 **Tobias Maier:** Modellierungssystematik zur aufgabenbasierten Beschreibung des thermoelastischen Verhaltens von Werkzeugmaschinen
274 Seiten - ISBN 978-3-8316-4561-9
- 318 **Klemens Konrad Niehues:** Identifikation linearer Dämpfungsmodelle für Werkzeugmaschinenstrukturen
286 Seiten - ISBN 978-3-8316-4568-8
- 319 **Julian Christoph Sebastian Backhaus:** Adaptierbares aufgabenorientiertes Programmiersystem für Montagesysteme
264 Seiten - ISBN 978-3-8316-4570-1
- 320 **Sabine G. Zitzlsberger:** Flexibles Werkzeug zur Umformung von Polycarbonatplatten unter besonderer Beachtung der optischen Qualität
228 Seiten - ISBN 978-3-8316-4573-2
- 321 **Christian Thiemann:** Methode zur Konfiguration automatisierter thermografischer Prüfsysteme
244 Seiten - ISBN 978-3-8316-4574-9
- 322 **Markus Westermeier:** Qualitätsorientierte Analyse komplexer Prozessketten am Beispiel der Herstellung von Batteriezellen
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4586-2
- 323 **Thorsten Klein:** Agiles Engineering im Maschinen- und Anlagenbau
284 Seiten - ISBN 978-3-8316-4598-5
- 324 **Markus Wiedemann:** Methodik zur auslastungsorientierten Angebotsterminierung für hochvariante Produkte mit kundenindividuellen Leistungsanteilen
216 Seiten - ISBN 978-3-8316-4599-2
- 325 **Harald Krauss:** Qualitätssicherung beim Laserstrahlschmelzen durch schichtweise thermografische In-Process-Überwachung
304 Seiten - ISBN 978-3-8316-4628-9
- 326 **Stefan Krottil:** Online-Simulation von fluidischen Prozessen in der frühen Phase der Maschinen- und Anlagenentwicklung
208 Seiten - ISBN 978-3-8316-4636-4
- 327 **Andreas Roth:** Modellierung des Rührreißschweißens unter besonderer Berücksichtigung der Spalttoleranz
232 Seiten - ISBN 978-3-8316-4639-5
- 328 **Philipp Benjamin Michaeli:** Methodik zur Entwicklung von Produktionsstrategien am Beispiel der Triebwerksindustrie
288 Seiten - ISBN 978-3-8316-4642-5

