

Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen des Mittelstandes

Von der Fakultät für Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von

Lars Alexander Aldinger

aus Stuttgart

Hauptberichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. E.h. Dr.-Ing. E.h. Dr. h.c. mult.
E. Westkämper

Mitberichter: Prof. Dr. rer. pol.
E. Zahn

Tag der Einreichung: 16.07.2008

Tag der mündlichen Prüfung: 05.05.2009

Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb der Universität Stuttgart

2009

IPA-IAO Forschung und Praxis

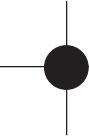
Berichte aus dem
Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und
Automatisierung (IPA), Stuttgart,
Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und
Organisation (IAO), Stuttgart,
Institut für Industrielle Fertigung und
Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart
und Institut für Arbeitswissenschaft und
Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

Herausgeber:

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. e.h. Dr.-Ing. e.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper
und

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. mult. Dr. h.c. mult. Hans-Jörg Bullinger
und

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dieter Spath

 Lars Alexander Aldinger

Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen des Mittelstandes

Nr. 491

Dr.-Ing. Lars Alexander Aldinger

Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Prof. e.h. Dr.-Ing. e.h. Dr. h.c. mult. Engelbert Westkämper

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Stuttgart

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. E.h. mult. Dr. h.c. mult. Hans-Jörg Bullinger

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, München

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dieter Spath

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO), Stuttgart

D 93

ISBN (10) 3-939890-52-9, ISBN (13) 978-3-939890-52-2

Jost Jetter Verlag, Heimsheim

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils gültigen Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

© Jost-Jetter Verlag, Heimsheim 2009.

Printed in Germany.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Druck: printsystem GmbH, Heimsheim

Geleitwort der Herausgeber

Über den Erfolg und das Bestehen von Unternehmen in einer marktwirtschaftlichen Ordnung entscheidet letztendlich der Absatzmarkt. Das bedeutet, möglichst frühzeitig absatzmarktorientierte Anforderungen sowie deren Veränderungen zu erkennen und darauf zu reagieren.

Neue Technologien und Werkstoffe ermöglichen neue Produkte und eröffnen neue Märkte. Die neuen Produktions- und Informationstechnologien verwandeln signifikant und nachhaltig unsere industrielle Arbeitswelt. Politische und gesellschaftliche Veränderungen signalisieren und begleiten dabei einen Wertewandel, der auch in unseren Industriebetrieben deutlichen Niederschlag findet.

Die Aufgaben des Produktionsmanagements sind vielfältiger und anspruchsvoller geworden. Die Integration des europäischen Marktes, die Globalisierung vieler Industrien, die zunehmende Innovationsgeschwindigkeit, die Entwicklung zur Freizeitgesellschaft und die übergreifenden ökologischen und sozialen Probleme, zu deren Lösung die Wirtschaft ihren Beitrag leisten muss, erfordern von den Führungskräften erweiterte Perspektiven und Antworten, die über den Fokus traditionellen Produktionsmanagements deutlich hinausgehen.

Neue Formen der Arbeitsorganisation im indirekten und direkten Bereich sind heute schon feste Bestandteile innovativer Unternehmen. Die Entkopplung der Arbeitszeit von der Betriebszeit, integrierte Planungsansätze sowie der Aufbau dezentraler Strukturen sind nur einige der Konzepte, welche die aktuellen Entwicklungsrichtungen kennzeichnen. Erfreulich ist der Trend, immer mehr den Menschen in den Mittelpunkt der Arbeitsgestaltung zu stellen - die traditionell eher technokratisch akzentuierten Ansätze weichen einer stärkeren Human- und Organisationsorientierung. Qualifizierungsprogramme, Training und andere Formen der Mitarbeiterentwicklung gewinnen als Differenzierungsmerkmal und als Zukunftsinvestition in *Human Resources* an strategischer Bedeutung.

Von wissenschaftlicher Seite muss dieses Bemühen durch die Entwicklung von Methoden und Vorgehensweisen zur systematischen Analyse und Verbesserung des Systems Produktionsbetrieb einschließlich der erforderlichen Dienstleistungsfunktionen unterstützt werden. Die Ingenieure sind hier gefordert, in enger Zusammenarbeit mit anderen Disziplinen, z. B. der Informatik, der Wirtschaftswissenschaften und der Arbeitswissenschaft, Lösungen zu erarbeiten, die den veränderten Randbedingungen Rechnung tragen.

Die von den Herausgebern langjährig geleiteten Institute, das

- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA),
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO),
- Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF), Universität Stuttgart,
- Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), Universität Stuttgart

arbeiten in grundlegender und angewandter Forschung intensiv an den oben aufgezeigten Entwicklungen mit. Die Ausstattung der Labors und die Qualifikation der Mitarbeiter haben bereits in der Vergangenheit zu Forschungsergebnissen geführt, die für die Praxis von großem Wert waren. Zur Umsetzung gewonnener Erkenntnisse wird die Schriftenreihe „IPA-IAO - Forschung und Praxis“ herausgegeben. Der vorliegende Band setzt diese Reihe fort. Eine Übersicht über bisher erschienene Titel wird am Schluss dieses Buches gegeben.

Dem Verfasser sei für die geleistete Arbeit gedankt, dem Jost Jetter Verlag für die Aufnahme dieser Schriftenreihe in seine Angebotspalette und der Druckerei für saubere und zügige Ausführung. Möge das Buch von der Fachwelt gut aufgenommen werden.

Engelbert Westkämper Hans-Jörg Bullinger Dieter Spath

Vorwort des Autors

*„Das Glück besteht nicht darin, dass du tun kannst, was du willst,
sondern darin, dass du immer willst, was du tust.“*

Lew Nikolajewitsch Graf Tolstoi

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb. Prof. Dr. Engelbert Westkämper danke ich für seine wohlwollende Unterstützung und für die Vielzahl visionärer Gedanken, die meine Arbeit am Institut nachhaltig geprägt haben. Prof. Dr. Erich Zahn bin ich für seine wertvollen fachlichen Impulse, sowie für die Übernahme des Mitberichts sehr verbunden.

Für ihre stetige Förderung, operative Betreuung und kritische Durchsicht der Arbeit bin ich Frau Dr. Vera Hummel und Herrn Prof. Dr. Andreas Scheibe zu großem Dank verpflichtet. Die äußerst freundschaftliche und fruchtbare Art ihrer fachlichen und organisatorischen Führung war mir stets eine große Unterstützung.

Meinen KollegInnen Dr. Rita Kreuzhage, Alexandra Sautter, Dr. Carmen Constantinescu, Dipl.-Ing. M.Sc. Thomas Rönnecke, Dipl.-Ing. Philipp Riffelmacher, Dipl.-Ing. Stefan Kluge und Ralf Kapp aus dem Fachgebiet advanced Industrial Engineering danke ich neben ihrer ständigen Diskussionsbereitschaft vor allem für ihre große Kollegialität und die Freude, die uns gerade in turbulenten Zeiten angetrieben hat. Für manch freundschaftlichen Rat und kritische Diskussion während meiner Zeit am Institut möchte ich mich an dieser Stelle auch bei Dr. Christian Gerth, Dr. Christian Kohler und Dr. Jörg Niemann bedanken.

Stellvertretend für alle studentischen Hilfskräfte, Studien- und Diplomarbeiter, die mich während meiner Zeit am Institut unterstützt haben, gilt mein Dank Dipl.-Kffr. techn. Simone Grothe, Dipl.-Ing. Michael Wolf und Dipl.-Ing. Stefan Maurer.

Herrn Dipl.-Kfm. techn. Eric Roßmeißl danke ich für seine Bereitschaft meine Gedanken kritisch zu hinterfragen und die in der Arbeit entstandene Methode mit der Praxis zu konfrontieren. Frau Bettina Frank danke ich für die Durchsicht des Manuskripts.

Vor allem jedoch ist es die Familie, die einem den Rückhalt gibt, die Berge im Leben zu meistern. Meinen Eltern Waltraud und Dr. Fritz Aldinger danke ich für ihre unermüdliche Motivation, liebevolle Unterstützung und Förderung. Meiner Frau Dr. Anna-Katharina Wittenstein danke ich für ihren fachlichen Rat und für die Geduld, die sie mit mir während der Zeit der Promotion hatte. Zusammen haben wir die akademischen Hürden gemeistert und werden auch die kommenden Herausforderungen meistern! Darauf freue ich mich!

Inhaltsübersicht

1	Einleitung.....	1
1.1	Produktion im Spannungsfeld zwischen Turbulenz und Strategie.....	1
1.2	Defizite aktueller Ansätze zur Planung der Produktionsleistung im turbulenten Umfeld	5
1.3	Zielsetzung und daraus abgeleitete Aufgabenstellung der Arbeit	6
1.4	Vorgehensweise zur Bearbeitung der Aufgabenstellung	9
2	Definitionen und Eingrenzung des Untersuchungsbereiches	10
2.1	Produzierender Mittelstand im Kontext der Wandlungsfähigkeit	10
2.2	Strategische Planung	14
2.3	Produktionssystem im Unternehmen	19
2.4	Leistungsplanung der Produktion.....	27
2.5	Strategische Leistungsplanung und Fabrikplanung	33
2.6	Fazit der begrifflichen Grundlagen und der Eingrenzung des Untersuchungsbereichs	37
3	Diskussion verfügbarer Ansätze zur Unterstützung der strategischen Leistungsplanung.....	40
3.1	Strategische Planung im turbulenten Umfeld.....	40
3.2	Verfahren und Methoden zur langfristigen Gestaltung der Produktion	51
3.3	Bestehende Modellierungsansätze zur Unterstützung der Bildung von Partialmodellen	75
3.4	Fazit zum Stand der Technik	90
4	Lösungsbausteine der Methode zur strategischen Leistungsplanung.....	92
4.1	Planungsfälle und Prämissen der Methode	92
4.2	Wirkmodell der Lösungsbausteine	96
4.3	Partialmodelle der strategischen Leistungsplanung	97
4.4	Referenzstrukturen zur Erfassung der Ausgangssituation.....	113
4.5	Künftige Veränderungen	120
4.6	Kernmodell	122
4.7	Verfahren zur Leistungsprognose	131
4.8	Bewertung alternativer Szenarien	150
5	Phasenmodell der Methode zur strategischen Leistungsplanung	153
5.1	Festlegen des Untersuchungsgegenstandes und der Rahmenparameter	154
5.2	Abbildung des betrachteten Ausschnitts des Produktionssystems.....	155
5.3	Erfassen und Strukturieren der künftigen Veränderungen.....	157
5.4	Zusammenführen und Systematisieren der Einzelfällen.....	158
5.5	Prognose der Veränderung der Produktionsleistung	160
5.6	Synthese der Einzelprognosen und Rückführung in Produktionsstrukturen.....	163
5.7	Bewerten der Szenarien	165
5.8	Formulieren der Strategie zur Leistungsgestaltung	166
6	Validierung der Methode zur strategischen Leistungsplanung	167
6.1	Vorgehen	167
6.2	Anwendung der Methode	169
6.3	Erkenntnisse aus der Anwendung - Expertenbefragung zur Verifizierung	176
6.4	Erkenntnisse aus der Expertenbefragung zur Validierung.....	177
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	179
7.1	Zusammenfassung	179
7.2	Ausblick	182
	Summary	184

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsübersicht	IX
Inhaltsverzeichnis	X
Abbildungsverzeichnis	XIV
Abkürzungsverzeichnis	XVI
1 Einleitung	1
1.1 Produktion im Spannungsfeld zwischen Turbulenz und Strategie	1
1.2 Defizite aktueller Ansätze zur Planung der Produktionsleistung im turbulenten Umfeld	5
1.3 Zielsetzung und daraus abgeleitete Aufgabenstellung der Arbeit	6
1.4 Vorgehensweise zur Bearbeitung der Aufgabenstellung	9
2 Definitionen und Eingrenzung des Untersuchungsbereiches	10
2.1 Produzierender Mittelstand im Kontext der Wandlungsfähigkeit	10
2.1.1 Definitorische Abgrenzung produzierender Unternehmen des deutschen Mittelstandes	10
2.1.2 Wandlungsfähigkeit von Produktionsstrukturen	12
2.2 Strategische Planung	14
2.2.1 Begriffsabgrenzung Strategie und Planung	14
2.2.2 Strategische Potenzialplanung im produzierenden Unternehmen	16
2.2.3 Produktionsstrategie	18
2.3 Produktionssystem im Unternehmen	19
2.3.1 Systemtheoretische Beschreibung der Produktion	20
2.3.2 Erfolgspotenziale der Produktion	22
2.3.2.1 Produkte	22
2.3.2.2 Technologie, Technik und Technologie-Innovation	23
2.3.2.3 Produktionstechnik	25
2.3.3 Direkte und indirekte Leistungsprozesse im Produktionssystem	26
2.4 Leistungsplanung der Produktion	27
2.4.1 Leistung im Kontext eines Produktionssystems	27
2.4.1.1 Leistungspotenzial und Kapazität	28
2.4.1.2 Leistung als Arbeitseinsatz	30
2.4.1.3 Leistung als Ergebnis	31
2.4.1.4 Definition der Produktionsleistung und der strategischen Leistungsplanung	32
2.4.2 Kontinuierliche und diskontinuierliche Einflussfaktoren	33
2.5 Strategische Leistungsplanung und Fabrikplanung	33
2.5.1 Fabrikplanung und Fabrikleistungsplanung	33
2.5.2 Zeitliche und inhaltliche Skalierung der Leistungsplanung	36
2.6 Fazit der begrifflichen Grundlagen und der Eingrenzung des Untersuchungsbereichs	37
2.6.1 Übersicht zur Eingrenzung des Untersuchungsbereichs	37
2.6.2 Anforderungen an die Methode	39

3	Diskussion verfügbarer Ansätze zur Unterstützung strategischer Leistungsplanung	40
3.1	Strategische Planung im turbulenten Umfeld	40
3.1.1	Strategisches Management	40
3.1.2	Dynamische Strategieansätze für ein turbulentes Umfeld	42
3.1.3	Zukunftsforschung und Prognosen als Basis von Strategien	45
3.1.4	Entscheidungsmodelle und Bewertungsverfahren der strategischen Planung	49
3.1.5	Fazit: Strategische Planung	51
3.2	Verfahren und Methoden zur langfristigen Gestaltung der Produktion	51
3.2.1	Strukturierung und Planung des Produktprogramms	52
3.2.1.1	Strukturierung des Produktprogramms	52
3.2.1.2	Planung des Produktprogramms	52
3.2.1.3	Fazit: Produktprogramm	53
3.2.2	Gestaltung der Produktionsstrukturen	53
3.2.2.1	Gestaltung direkt wertschöpfender Bereiche	53
3.2.2.2	Gestaltung produktionsnaher indirekter Bereiche	57
3.2.2.3	Fazit: Produktionsstrukturen	58
3.2.3	Gestaltung der Eigenfertigungstiefe	58
3.2.3.1	Quantitative Verfahren	59
3.2.3.2	Qualitative Verfahren	59
3.2.3.3	Fazit: Eigenfertigungstiefe	60
3.2.4	Technologische Gestaltung der Produktion	60
3.2.4.1	Strategisches Technologiemanagement	61
3.2.4.2	Technologieroadmapping und Technologiekalender	62
3.2.4.3	Fazit: Technologische Gestaltung	63
3.2.5	Gestaltung der Kostensituation	64
3.2.5.1	Strategisches Kostenmanagement	65
3.2.5.2	Werkzeuge des strategischen Kostenmanagements	65
3.2.5.3	Fazit: Kostensituation	66
3.2.6	Klassifizierung und Beschreibung von Veränderungen	66
3.2.6.1	Ansätze zur Klassifizierung	67
3.2.6.2	Quantifizierung diskontinuierlicher Veränderungen	68
3.2.6.3	Quantifizierung kontinuierlicher Veränderungen	70
3.2.6.4	Fazit: Veränderungen	71
3.2.7	Unterstützung der strategischen Leistungsplanung durch Simulation	72
3.2.7.1	Ablaufsimulation	73
3.2.7.2	System Dynamics	74
3.2.7.3	Fazit: Simulation	75
3.3	Bestehende Modellierungsansätze zur Unterstützung der Bildung von Partialmodellen	75
3.3.1	Modellierung von Produkten	76
3.3.1.1	Generische Aspekte der Produktmodellierung	76
3.3.1.2	Markt- und technologieorientierte Ansätze der Produktmodellierung	78
3.3.1.3	Fertigungsorientierte Ansätze der Produktmodellierung	79
3.3.1.4	Integrierte Produktmodelle	80
3.3.1.5	Fazit: Modellierung von Produkten	81

3.3.2 Modellierung von Produktionstechnik	81
3.3.2.1 Prozessorientierte Ansätze zur Modellierung der Produktionstechnik	82
3.3.2.2 Funktionsorientierte Ansätze zur Modellierung der Produktionstechnik	82
3.3.2.3 Fazit: Modellierung von Produktionstechnik.....	84
3.3.3 Modellierung produktionsnaher indirekter Bereiche.....	84
3.3.3.1 Ansätze aus dem Unternehmensmanagement.....	85
3.3.3.2 Ansätze aus dem Produktionsmanagement	85
3.3.3.3 Fazit: Modellierung produktionsnaher indirekter Bereiche	86
3.3.4 Modellierung von Kosten	86
3.3.4.1 Entscheidungsrelevante Kosten.....	87
3.3.4.2 Verfahren der Investitionsrechnung	87
3.3.4.3 Fazit: Modellierung von Kosten.....	90
3.4 Fazit zum Stand der Technik	90
4 Lösungsbausteine der Methode zur strategischen Leistungsplanung	92
4.1 Planungsfälle und Prämissen der Methode	92
4.1.1 Unterstützte Entscheidungsprobleme und Planungsfälle	92
4.1.2 Prämissen und Grundannahmen.....	94
4.2 Wirkmodell der Lösungsbausteine	96
4.3 Partialmodelle der strategischen Leistungsplanung.....	97
4.3.1 Produktmodell.....	98
4.3.2 Technikmodell.....	101
4.3.3 Kostenmodell	106
4.3.4 Modell produktionsnaher indirekter Bereiche	110
4.3.4.1 Auswahl zu betrachtender produktionsnaher indirekter Bereiche	111
4.3.4.2 Verbindung der direkten Bereiche mit den indirekten Bereichen	112
4.4 Referenzstrukturen zur Erfassung der Ausgangssituation.....	113
4.4.1 Produktprogramm nach Referenzprodukten.....	113
4.4.2 Planungsrelevante Produktkomponenten	115
4.4.3 Planungsrelevante Betriebsmittel	116
4.4.4 Betriebsmittel nach Technologie-Clustern	116
4.4.5 Mengengerüst.....	117
4.4.6 Produktionsleistung	118
4.5 Künftige Veränderungen	120
4.6 Kernmodell.....	122
4.6.1 Kausalmodell der Produktionsleistung.....	123
4.6.2 Zeitabhängige Darstellung aller leistungsbeeinflussenden Veränderungen	126
4.6.3 Entflechtung der Gesamtentwicklung in Einzelfälle	127
4.6.4 Systematisierung der Veränderungen in Produkt und Produktionstechnik.....	128
4.7 Verfahren zur Leistungsprognose	131
4.7.1 Bestimmung diskontinuierlicher Leistungsveränderungen.....	133
4.7.1.1 Grundverfahren 1	134
4.7.1.2 Grundverfahren 2	137
4.7.1.3 Grundverfahren 3	138
4.7.1.4 Grundverfahren 4	139

4.7.1.5 Unterstützung durch Vernetztes Denken	140
4.7.2 Bestimmung kontinuierlicher Leistungsveränderungen	142
4.7.3 Generierung von Szenarien	147
4.7.4 Ergebnisse der Leistungsprognose	148
4.8 Bewertung alternativer Szenarien	150
5 Phasenmodell der Methode zur strategischen Leistungsplanung	153
5.1 Festlegen des Untersuchungsgegenstandes und der Rahmenparameter	154
5.2 Abbildung des betrachteten Ausschnitts des Produktionssystems	155
5.3 Erfassen und Strukturieren der künftigen Veränderungen	157
5.4 Zusammenführen und Systematisieren der Einzelfällen	158
5.5 Prognose der Veränderung der Produktionsleistung	160
5.6 Synthese der Einzelprognosen und Rückführung in Produktionsstrukturen	163
5.7 Bewerten der Szenarien	165
5.8 Formulieren der Strategie zur Leistungsgestaltung	166
6 Validierung der Methode zur strategischen Leistungsplanung	167
6.1 Vorgehen	167
6.2 Anwendung der Methode	169
6.2.1 Anwendung der Methode zur sLP am Fallbeispiel	169
6.2.2 Ergebnisse der Methodenanwendung am Fallbeispiel	173
6.3 Erkenntnisse aus der Anwendung - Expertenbefragung zur Verifizierung	176
6.4 Erkenntnisse aus der Expertenbefragung zur Validierung	177
7 Zusammenfassung und Ausblick	179
7.1 Zusammenfassung	179
7.2 Ausblick	182
Summary	184
Anhang A – Zentrale Arbeitsblätter der Methode	187
Anhang B – Ergebnisse der Methodenanwendung am Fallbeispiel	193
Anhang C – Ergebnisse der Expertenbefragung	211
Anhang D – Weiterführende Abbildungen zum Stand der Technik	214
Literatur	215

Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1-1:	STRATEGISCHE LEISTUNGSPLANUNG DER PRODUKTION	6
ABBILDUNG 1-2:	AUFBAU DER ARBEIT	9
ABBILDUNG 2-1:	MITTELSTAND NACH QUANTITATIVEN UND QUALITATIVEN DEFINITIONSMERKMALEN	11
ABBILDUNG 2-2:	ASPEKTE DER WANDLUNGSFÄHIGKEIT	14
ABBILDUNG 2-3:	EINORDNUNG DER ARBEIT IN DIE ABHÄNGIGKEITEN IN DER STRATEGISCHEN POTENZIALPLANUNG	16
ABBILDUNG 2-4:	PRINZIPIELLER AUFBAU DER UNTERNEHMENSPLANUNG EINES PRODUKTIONSUNTERNEHMENS ...	17
ABBILDUNG 2-5:	GEGENÜBERSTELLUNG VERSCHIEDENER ANSÄTZE ZUR PRODUKTIONSSTRATEGIE	19
ABBILDUNG 2-6:	ALLGEMEINE LENKUNGSZUSAMMENHÄNGE EINES LEBENSFÄHIGEN SYSTEMS	20
ABBILDUNG 2-7:	RAUM- UND ZEITDIMENSION DER PRODUKTION	21
ABBILDUNG 2-8:	PRODUKTGESTALT ALS ZENTRALES ELEMENT	23
ABBILDUNG 2-9:	MORPHOLOGIE DES TECHNOLOGIEBEGRIFFS	24
ABBILDUNG 2-10:	BESCHREIBUNG EINES TECHNISCHEN SYSTEMS MITTELS SYSTEM- UND KOMONENTENTECHNOLOGIE	24
ABBILDUNG 2-11:	ASPEKTE DES LEISTUNGSBEGRIFFES	28
ABBILDUNG 2-12:	MORPHOLOGIE DES KAPAZITÄTSBEGRIFFS	29
ABBILDUNG 2-13:	KOMPONENTEN DES LEISTUNGSBEGRIFFS IN DER PRODUKTION UND DEFINITION DER LEISTUNGSPLANUNG	32
ABBILDUNG 2-14:	GRUNDMODELL DER FABRIKLEISTUNGSPLANUNG NACH <i>WESTKÄMPER</i>	35
ABBILDUNG 2-15:	HIERARCHISCHE SKALIERUNG DER LEISTUNGSPLANUNG	36
ABBILDUNG 2-16:	ÜBERSICHT ZUR EINGRENZUNG DES UNTERSUCHUNGSBEREICHES	38
ABBILDUNG 3-1:	PROZESS DER STRATEGISCHEN FÜHRUNG	41
ABBILDUNG 3-2:	GEGENÜBERSTELLUNG SZENARIEN UND PROGNOSEN	47
ABBILDUNG 3-3:	KOOPERATIVE FABRIK- UND TECHNOLOGIEPLANUNG	55
ABBILDUNG 3-4:	MORPHOLOGIE ZUR ANALYSE DER KOSTENSITUATION IN UNTERNEHMEN	64
ABBILDUNG 3-5:	NEUHEITSGRAD TECHNOLOGISCHER INNOVATIONEN – DER INNOVATIONSWÜRFEL	68
ABBILDUNG 3-6:	LERN- UND ERFAHRUNGSKURVE IN DER PRODUKTION	71
ABBILDUNG 3-7:	SIMULATION IN VERSCHIEDENEN EBENEN PRODUZIERENDER UNTERNEHMEN	73
ABBILDUNG 3-8:	MODULE UND SCHNITTSTELLEN EINES BEARBEITUNGSSYSTEMS	83
ABBILDUNG 4-1:	VON DER METHODE ZUR SLP UNTERSTÜTZTE PLANUNGSFÄLLE	94
ABBILDUNG 4-2:	WIRKMODELL DER LÖSUNGSBAUSTEINE	97
ABBILDUNG 4-3:	PRODUKTGESTALT ALS BINDEGLIED ZWISCHEN EXTERNEN PRODUKTANFORDERUNGEN UND INTERNER WIRKUNG AUF DIE PRODUKTION	99
ABBILDUNG 4-4:	UML-SCHEMA DES PRODUKTMODELLS DER STRATEGISCHEN LEISTUNGSPLANUNG	101
ABBILDUNG 4-5:	SUBSYSTEME DES TECHNIKSYSTEMS – FUNKTIONSMODELL	102
ABBILDUNG 4-6:	CHARAKTERISTISCHE TÄTIGKEITEN UND ZEITANTEILE DER PRODUKTIONSLEISTUNG	103
ABBILDUNG 4-7:	KOMPONENTEN DES TECHNIKSYSTEMS UND DEREN EINFLUSS	104
ABBILDUNG 4-8:	UML-SCHEMA DES TECHNIKMODELLS	105
ABBILDUNG 4-9:	RECHENSHEMA ZUR ERMITTLUNG DER ENTSCHEIDUNGSRELEVANTEN KOSTEN	107
ABBILDUNG 4-10:	KOSTENMODELL DER STRATEGISCHEN LEISTUNGSPLANUNG	109
ABBILDUNG 4-11:	MODELL PRODUKTIONSNAHER INDIREKTER BEREICHE	111
ABBILDUNG 4-12:	BESTIMMUNG VON REFERENZPRODUKTEN	114
ABBILDUNG 4-13:	ERMITTLUNG DER TECHNOLOGIE-CLUSTER	116
ABBILDUNG 4-14:	ABBILDUNG DER AUSGANGSSITUATION DER PRODUKTIONSLEISTUNG	119
ABBILDUNG 4-15:	MATRIXDARSTELLUNG DER AUSGANGSSITUATION DER PRODUKTIONSLEISTUNG	120
ABBILDUNG 4-16:	ERWEITERTER TECHNOLOGIEKALENDER	121
ABBILDUNG 4-17:	FAKTOREN UND ASPEKTE DER PRODUKTIONSLEISTUNG	123
ABBILDUNG 4-18:	KAUSALMODELL DER STRATEGISCHEN LEISTUNGSPLANUNG	125

ABBILDUNG 4-19: ERWEITERTER TECHNOLOGIEKALENDER ALLER LEISTUNGSBEEINFLUSSENDE VERÄNDERUNGEN	126
ABBILDUNG 4-20: ENTFLECHTUNG DER EINZELFÄLLE	127
ABBILDUNG 4-21: DEFINITION DER ABSTUFUNGEN ZUR SYSTEMATISIERUNG KÜNFTIGER VERÄNDERUNGEN	129
ABBILDUNG 4-22: SYSTEMATISIERUNG DER VERÄNDERUNGEN IN PRODUKT UND PRODUKTIONSTECHNIK	130
ABBILDUNG 4-23: BESTIMMUNG DER NACHGEFRAGTEN PRODUKTIONSLEISTUNG JE PRODUKT (-KOMPONENTE), TECHNOLOGIE-CLUSTER UND PERIODE	131
ABBILDUNG 4-24: EFFEKT KONTINUIERLICHER UND DISKONTINUIERLICHER VERÄNDERUNGEN AUF DEN ZEITLICHEN FERTIGUNGS-AUFWAND JE STÜCK	132
ABBILDUNG 4-25: ÜBERSICHT DER GRUNDVERFAHREN ZUR BESTIMMUNG DER AUSWIRKUNG DISKONTINUIERLICHER VERÄNDERUNGEN IN BEZUG AUF DIE PRODUKTIONSLEISTUNG	134
ABBILDUNG 4-26: VERGLEICHSMATRIX ZUR BESTIMMUNG DISKONTINUIERLICHER LEISTUNGSVERÄNDERUNGEN, HERVORGERUFEN DURCH EINE ÄNDERUNG DES PRODUKTS (BEISPIEL)	136
ABBILDUNG 4-27: EINFLUSSMATRIX ZUR ERMITTLUNG DER KAUSALZUSAMMENHÄNGE (BEISPIEL)	141
ABBILDUNG 4-28: KAUSALDIAGRAMM ZU BESTIMMUNG DISKONTINUIERLICHER ENTWICKLUNGEN DER PRODUKT- IONSLEISTUNG (BEISPIEL)	142
ABBILDUNG 4-29: PRINZIPDARSTELLUNG DER LERN- UND ERFAHRUNGSKURVE INKL. CHARAKTERISTISCHER PHASEN	144
ABBILDUNG 4-30: ENTWICKLUNG DES DEGRESSIONSFAKTORS	145
ABBILDUNG 4-31: ZUORDNUNG DER PHASEN ZU DEN FELDERN DER SYSTEMATISIERUNG	146
ABBILDUNG 4-32: LEISTUNGSDIAGRAMM (BEISPIEL)	149
ABBILDUNG 4-33: SCORING-VERFAHREN ZUR BEWERTUNG DER SZENARIEN	150
ABBILDUNG 4-34: SCORING-VERFAHREN ZU BEWERTUNG DES KRITERIUMS "STRATEGISCHER FIT"	151
ABBILDUNG 4-35: BESTIMMUNG DES ERWARTUNGSWERTES FÜR GLOBALE SZENARIEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG ALTERNATIVER UMFELDZUSTÄNDE	152
ABBILDUNG 5-1: VERBINDUNG VON WIRK- & PHASENMODELL DER METHODE ZUR SLP	153
ABBILDUNG 5-2: GLIEDERUNG DES PHASENMODELLS IN TEILPROZESSE, ALTERNATIVE PROZESSSCHRITTE UND AKTIVITÄTEN	154
ABBILDUNG 5-3: PHASE 1 – TEILPROZESSE UND AKTIVITÄTEN	155
ABBILDUNG 5-4: PHASE 2 - TEILPROZESSE UND AKTIVITÄTEN	156
ABBILDUNG 5-5: PHASE 3 – TEILPROZESSE UND AKTIVITÄTEN	158
ABBILDUNG 5-6: PHASE 4 – TEILPROZESSE UND AKTIVITÄTEN	159
ABBILDUNG 5-7: PHASE 5 – TEILPROZESSE, ALTERNATIVE PROZESSSCHRITTE UND AKTIVITÄTEN	160
ABBILDUNG 5-8: PHASE 6 – TEILPROZESSE UND AKTIVITÄTEN	163
ABBILDUNG 5-9: PHASE 7 - TEILPROZESSE UND AKTIVITÄTEN	165
ABBILDUNG 5-10: PHASE 8 - TEILPROZESSE	166
ABBILDUNG 6-1: AUSGANGSSITUATION DES FALLBEISPIELS	171
ABBILDUNG 6-2: BEISPIEL KAUSALDIAGRAMM	173
ABBILDUNG 6-3: GLOBALE SZENARIEN (TREND): VERLAUF DER PRODUKTIONSLEISTUNG	174
ABBILDUNG 6-4: GLOBALE SZENARIEN (TREND): VERLAUF DER FIXKOSTENBELASTUNG	174
ABBILDUNG 6-5: GLOBALE SZENARIEN (TREND): VERLAUF DES AUFWANDES IN DEN PRODUKTIONSNAHEN INDIREKTEN BEREICHEN (BEISPIEL QUALITÄTSSICHERUNG)	175
ABBILDUNG 6-6: GLOBALE SZENARIEN (TREND): VERLAUF DES AUFWANDES IN DEN PRODUKTIONSNAHEN INDIREKTEN BEREICHEN (BEISPIEL LOGISTIK)	175

Abkürzungsverzeichnis

A	Anlage/Arbeitsplatz
AP	Arbeitspaket
AV	Arbeitsvorbereitung
BDE	Betriebsdatenerfassung
BKT	Betriebskalender Tage
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMWI	Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie
BTU	Brandenburgische Technische Universität
CAD	Computer Aided Design
CAP	Computer Aided Planning
CAQ	Computer Aided Quality Assurance
CIM	Computer Integrated Manufacturing
DIN	Deutsches Institut für Normung e.V.
DLZ	Durchlaufzeit
E	Erfüllungswert
ERP	Enterprise Resource Planning
EU	Europäische Union
EW	Erwartungswert
GE	Geldeinheit
I	Investitionsausgabe
i	Kalkulationszinssatz
IE	Industrial Engineering
IFF	Institut für industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb
IFM	Institut für Mittelstandsforschung
IPA	Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
IRB	Fraunhofer-Informationszentrum für Raum und Bau
K	Kapazität
KK	Kriterium Kostenmodell
KMU	kleine und mittlere Unternehmen
KP	Kriterium Produktmodell
KT	Kriterium Technikmodell
LCC	Life Cycle Costing bzw. Life Cycle Controlling
L	Leistung
MDE	Maschinendatenerfassung
MES	Manufacturing Execution System
MP	Masterprodukt
MTM	Methods-Time Measurement
NACE	Nomenclature générale des activités économiques dans les Communautés Européennes

NC	Numerical Control
NW	Nutzwert
P	Prozessschritt
p	Eintrittswahrscheinlichkeit
pK	planungsrelevante Komponente
PL	Produktionsleistung
PLC	Product Life Cycle
PLM	Product Life Cycle Management
PPS	Produktionsplanung und –steuerung
PrA	Produktart
PrG	Produktgruppe
PrL	Produktlinie
PrV	Produktvariante
QS	Qualitätssicherung
R	Rest- oder Widerveräußerungswert
REFA	Verband für Arbeitsgestaltung, Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung
RNP	Referenz-Neuprodukt
RP	Referenzprodukt
S	Produktionssegment
s	Schwelle der variablen Abschreibung
SD	System Dynamics
sLP	strategische Leistungsplanung
SPP	Verbundprojekt Strategische Produkt- und Prozessplanung
STEP	Standard for the Exchange of Product Model Data
SUM	Stuttgarter Unternehmensmodell
TC	Technologie-Cluster
UML	Unified Modeling Language
V	Verwertungs- und Rückbaukosten
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VDMA	Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.
W	Wirkung
Z	Produktionszelle

1 Einleitung

Das Ende der Planbarkeit in den Unternehmen erreicht [vgl. SCHUH 2004, S.9]!? Diese provokante These scheint in Zeiten zunehmender Diskontinuitäten einen gewissen Wahrheitsgehalt aufzuweisen. Dass jedoch ein vornehmlich reaktives Handeln die Antwort auf diese Frage ist, darf bezweifelt werden. Es stellt sich daher die Frage: Wie viel und welche Art der langfristigen Vorausschau und Planung lässt ein wandlungsfähiges System sinnvoll zu, bzw. bedarf es, um dieses wandlungsfähig gestalten zu können?

1.1 Produktion im Spannungsfeld zwischen Turbulenz und Strategie

Produzierende Unternehmen sehen sich aktuell diesem Problem gegenüber. Die mit dem Begriff des „turbulenten Handlungsumfeldes“ umschriebene Entwicklung, die über die letzten Dekaden hinweg zunehmend stärker wird, markiert das Ende der wirtschaftlichen Stabilität. Als Treiber dieser Entwicklung können beispielhaft mikroelektronische Revolution und Digitalisierung, Deregulierung, makroökonomische Ungleichgewichte, die Entstehung neuer Branchen, das Aufstreben neuer Industrieländer und die zunehmende internationale Verflechtung des Handels genannt werden [vgl. ZAHN 2006, S.47]. Die per se komplexe und vielfältige Verknüpfung der Unternehmen mit ihrer Makroumwelt ist durch diese gestiegene Dynamik und die steigende Zahl der Trendbrüche noch anspruchsvoller geworden.

Um die Komplexität auf ein für die Unternehmensplanung zu verarbeitendes Maß zu reduzieren, ist es eine zentrale Aufgabe des Managements, durch Identifikation der ausschlaggebenden Bezugsgruppen und Umfeldaspekte das relevante Umfeld zu konstruieren [vgl. MÜLLER-STEWENS/LECHNER 2005, S.25]. Betrachtet man die Entwicklung einzelner für produzierende Unternehmen besonders relevanter Bezugsgruppen genauer, wird deutlich, welche Herausforderungen auf die Unternehmen zukommen und welche internen Auswirkungen auf die Planungsgegenstände Produkte, Prozesse und Ressourcen dadurch zu beobachten sind.

So vollzieht sich beispielsweise im **sozio-kulturellen** Umfeld westlicher Industriestaaten eine dramatische Verschiebung der demographischen Struktur. Gleichzeitig sind zunehmend die Interessen verschiedenster Kundengruppen zu berücksichtigen. Diese Trends schlagen sich in einer Individualisierung der Nachfrage nieder [vgl. WESTKÄMPER et al. 2000, S.22]. Indizien hierfür sind die anhaltende Verkürzung der Lebenszyklen eines Produkts von Markteintritt bis zur Ablösung oder die zunehmende Diversifikation der Produkte mit immer mehr Varianten [vgl. WIENDAHL, H.-P. 2002, S.122].

Das **politisch-rechtliche** Umfeld ist geprägt von Internationalisierung und Deregulierung, die neue Absatz- und Beschaffungsmärkte, aber auch neue Fronten des Wettbewerbs schaffen. Das simultane Auftreten von Konkurrenz und Kooperation (Koopkurrenz) ist ein neuer Wettbewerbstypus, für den das „grenzenlose Unternehmen“, „Geschäftsmigrationen“ und koevolutive Entwicklungen charakteristische Merkmale sind [vgl. WESTKÄMPER et al. 2000, S.22].

Im **technologischen** Umfeld führen rapide Fortschritte bei Produkt- und Prozesstechnologien, getrieben auch durch die rasante Entwicklung der Informations- und Kommunikationstechnologien, zu drastisch verkürzten Innovationszyklen sowie zu häufigen Diskontinuitäten in den Leistungsangeboten und somit auch in den Systemen der Leistungserstellung [vgl. WESTKÄMPER et al. 2000, S.22]. Neue Werkstoffe, Fertigungsverfahren etc. verändern Produkte und Produktionsstrukturen nachhaltig [vgl. WIENDAHL, H.-P. 2002, S. 122]. Die Bedeutung des Themas Technologie wird

klar, wenn man beachtet, dass einige Autoren den globalen Wettbewerb als Rennen um die Technologievorherrschaft betrachten [vgl. ZAHN 2004, S.126].

Im **ökonomischen** Umfeld hat die Globalisierung der Kapitalmärkte die Konkurrenz um das Kapital verschärft. Gerade an mittelständische Unternehmen werden seit der Bankenreform 2007 („Basel II“) Kredite nur noch unter strengen Auflagen vergeben. Darüber hinaus belasten Überkapazitäten, die aufgebaut werden, um der Turbulenz zu trotzen, die Margen [vgl. SCHUH 2002, S. 2]. Investitionen werden schwieriger zu finanzieren und müssen somit noch intensiver durchleuchtet werden. Daher wird auch eine wirtschaftlich sinnvolle Gestaltung der Eigenfertigungstiefe ein immer wichtigerer Betrachtungsgegenstand der produzierenden Unternehmen. Durch Kooperationen und langfristige Lieferantenbeziehungen in Netzwerken wird angestrebt, Kapazitäten nur dort selbst aufzubauen, wo die eigenen Kernkompetenzen liegen. Dies verringert die eigene Kapitalbindung und erhöht die Flexibilität.

Die Vielfalt an Turbulenzfeldern und –arten macht deutlich, welcher großen Herausforderung sich die Unternehmen gegenübersehen. Auf viele Bereiche, die diese Turbulenzen verursachen, haben die Unternehmen keinen oder nur begrenzten Einfluss. Sie können lediglich versuchen, Veränderungen zu antizipieren und sich besser zu platzieren als die Wettbewerber. Einzig bei den Themen Technologie und Marktentwicklung sind die Unternehmen durch Innovation und Markterschließung selbst in der Lage, Entwicklungslinien mitzugestalten. Abhängig vom Grad des Wandels und der Eigenschaft des Unternehmens (Folger oder Führer) ergeben sich dabei unterschiedliche strategische Pfade in die Zukunft. Diese reichen von einer passiven Position „Wellen erfassen“ bis zu einer proaktiven, gestalterischen Position „Wellen machen“ [vgl. ABELL 1999, S.75]. Nur die Position des Wellenmachers gibt einem Unternehmen Freiraum zum Durchatmen und Zeit zur gezielten, auf die eigenen Vorteile ausgerichteten Gestaltung des Wettbewerbsumfeldes. Die Beherrschung innovativer Technologien stellt hierfür einen strategisch wichtigen Wettbewerbsvorteil dar.

Um für ein turbulentes Umfeld gerüstet zu sein, schlägt die Strategieforschung die Verfolgung dualer Strategien und die Vorhaltung so genannter Strategiebündel vor. Dies erlaubt größtmögliche Flexibilität mit größtmöglichem strategischem Denken zu verbinden [vgl. ABELL 1999; ZAHN 2001]. Allerdings stehen den Unternehmen hierzu nur begrenzte Ressourcen zur Verfügung. Gerade in der Produktion sind mit dem Aufbau von technologischer Kompetenz hohe Investitionen in Fachleute und sowie in Maschinen und Anlagen verbunden. Es ist daher nur begrenzt möglich, verschiedene Strategien parallel zu verfolgen oder mehrere alternative Technologien gleichzeitig vorzuhalten, um dadurch für alle Eventualitäten gerüstet zu sein. Einerseits steht das nötige Kapital gerade mittelständischen Unternehmen oft nur begrenzt zur Verfügung, und andererseits würden sich parallele Strategien wirtschaftlich nachteilig auf die operative Produktion auswirken. Daher ist es für produzierende Unternehmen von hoher Bedeutung, auf Basis ihrer eigenen Rahmenbedingungen verlässliche Aussagen zu erhalten, wie viele und welche Strategien für welchen Zeitraum in der Produktion parallel verfolgt werden können und wann die Konzentration auf eine bestimmte Strategie erforderlich ist.

Als Konsequenz dieser Herausforderungen ist als eine der zentralen Aufgaben der Unternehmensplanung die Sicherstellung der Produktion auf höchstem wirtschaftlichem Niveau zu sehen. Dieser selbst durch ständige Innovationen in den Prozesstechnologien von Veränderungen geprägte Bereich muss in die Lage versetzt werden, neue wie alte Produkte zu einem wirtschaftlichen Kostenniveau zu fertigen. Zur Erfüllung dieser Aufgabe reichen operative Maßnahmen, auch wenn die Reaktionsschnelligkeit noch so hoch ist, nicht aus. Neben den kurzfristigen Rationalisie-

ungsmaßnahmen und inkrementellen Adaptionen ist eine systematische Vorausschau gefragt. Deren Aufgabe besteht im Erkennen und Antizipieren der Veränderungen von Märkten, Technologien und Geschäftsumfeldern sowie deren Übersetzung in daraus resultierende Veränderungen der Produktion, um Potenziale, Chancen, aber auch Bedrohungen für das Geschäft frühzeitig zu erkennen. Die Vorausschau liefert entscheidende Impulse und Handlungsspielräume zur Gestaltung des Geschäfts von morgen und zugleich des Rahmens für das operative Geschäft [vgl. WESTKÄMPER 2006c, S.33]. Die Unternehmensplanung weist somit auch in turbulenten Zeiten eine sehr starke strategische Komponente auf, wenn es beispielsweise um die Frage nach der Integration neuer Technologien und um strukturelle Maßnahmen wie die Gestaltung der Eigenfertigungstiefe geht. Viele der zu treffenden Entscheidungen weisen eine zeitliche Tiefe auf, die sie zum Betrachtungsgegenstand des strategischen Managements werden lassen. Sie legen das Unternehmen für einen längeren Zeitraum auf gewisse Aspekte fest und begrenzen dadurch die operative Dynamik. Gleichzeitig können sie jedoch wie im Fall innovativer Technologien auch ein strategisches Potenzial bedeuten, mit dem eine nachhaltige Differenzierung gegenüber dem Wettbewerb erreicht werden kann.

Turbulenzen und die ihnen entgegenwirkenden Strategien wirken sich bei kleinen Unternehmen aufgrund ihrer begrenzten Risikostreuung und dem begrenzten Zugang zum Kapitalmarkt stärker aus als bei größeren. Daher sollten sie über eine strategische Planung verfügen. In einer aktuellen Studie zur strategischen Unternehmensplanung in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) gaben 85% der befragten Unternehmen an, dass sie die strategische Unternehmensplanung generell für sinnvoll halten. Die Auswertungen ergaben jedoch, dass lediglich in 42% der befragten Unternehmen eine strategische Planung im Sinne eines methodisch geleiteten Vorgehens zur Ausarbeitung und Dokumentation von Unternehmensgrundsätzen, Unternehmenszielen und Unternehmensstrategien stattfindet. Die Betrachtung der weiteren Ergebnisse zeigt, dass entweder Zeitgründe oder ein fehlendes Problembewusstsein überwiegend als Hinderungsgründe für eine strategische Unternehmensplanung genannt werden [vgl. HELD et al. 2007].

Dieses fehlende allgemeine Problembewusstsein findet sich in der Frage nach der Integration der Produktion in die strategische Planung wieder: „Bis jetzt haben erst wenige Unternehmen erkannt, wie notwendig die Entwicklung und Durchführung einer strategischen Unternehmensplanung unter Einschluss der Produktion ist. Oftmals werden viele strategische Maßnahmen lediglich aus Leidensdruck oder aus der Erkenntnis, dass der Wettbewerb diese Mittel anwendet, in die Praxis umgesetzt. Nur wenige Unternehmen entwickeln ihre Produktion systematisch und in Abstimmung mit der Unternehmensstrategie [WESTKÄMPER 2006a, S.111].“ Die Verantwortlichen in der Produktion müssen lernen, strategisch zu denken und zu handeln [vgl. HILL 2000, S.16]. Die vorausschauende Gestaltung von Potenzialen in der Produktion ist zur Sicherstellung des langfristigen Erfolges in der strategischen Planung von Unternehmen stärker zu berücksichtigen. Zu den Potenzialfaktoren sind dabei neben dem reinen Technologie-Wissen die Verfügbarkeit der Produktionsressourcen, die das Wissen in ein nutzbares Potenzial zur Erzeugung von Gütern transformieren, als auch die Verfügbarkeit von Mitarbeiter zu sehen, die das Wissen ebenfalls zur Gütererstellung einsetzen und weiterentwickeln können.

Die Erhöhung der eigenen Flexibilität und die Implementierung wirtschaftlicher Wandlungsfähigkeit zählen zu den größten Herausforderungen, denen sich produzierende Unternehmen im turbulenten Umfeld heute stellen müssen. Dies beinhaltet, den Anpassungsbedarf der Zukunft auf allen Ebenen eines Unternehmens schnell zu erkennen und die optimale Konfiguration der Fabrik in kurzer Zeit zu entwickeln und umzusetzen. Um diese Herausforderungen zu meistern, bedarf es in

den Unternehmen sowohl einer exzellenten Kommunikation über den aktuellen Zustand der Fabrik als auch schnell anwendbarer und leicht verständlicher Planungswerkzeuge zur Vorbereitung und Absicherung von Änderungen der Abläufe [vgl. ALDINGER et al. 2007, S. 19].

Die Gestaltung und Entwicklung dieser Potenzialfaktoren im Bereich der Produktion ist Aufgabe des langfristigen Produktionsmanagements und der Fabrikplanung. Die stetige Marktweiterentwicklung und der beschleunigte technologische Fortschritt haben auch zur Folge, dass sich die Ziele der Produktionsplanung und -optimierung in immer kürzeren Abständen ändern. Planungs- und Optimierungsaufgaben im Bereich der industriellen Produktion werden somit zunehmend komplexer [vgl. WESTKÄMPER 2005a, S.3]. Zudem ist die Planung von Fabriken heute keine Einmal-Aufgabe mit Projektcharakter mehr. Durch die Beschleunigung der Planungsprozesse verlieren die gestalterischen Prozesse ihren Projektcharakter und werden somit zu einer kontinuierlichen Aufgabe im Rahmen des Tagesgeschäfts [vgl. KAPP et al. 2006, S. 49].

Eine zeitgemäße Fabrikplanungsmethodik muss daher zwei Bestandteile miteinander verbinden [SCHUH 2007, S.194]:

- Ein klares Zielbild: Eine Vision, die sich aus den strategischen Zielen, dem Produktprogramm und spezifischen Gegebenheiten des Unternehmens ableitet.
- Ein detailliertes Verständnis der bestehenden Prozesse, Ressourcenstrukturen und des Erfahrungsschatzes, der zu deren Entwicklung geführt hat.

Die dargestellten Anforderungen an die strategische Produktionsplanung und Entwicklungstendenzen zeitgemäßer Fabrikplanungsmethodiken machen deutlich, dass eine Vision für die Gestaltung der Produktion von morgen notwendig ist, um die Produktion sowohl langfristig als auch kurzfristig in die richtige Richtung zu entwickeln. Die Entwicklung, Überprüfung und ständige Anpassung dieser Vision an veränderte Rahmenbedingungen muss zu einem integralen Bestandteil der Produktionsplanung werden. Andererseits muss ein Unternehmen in der Lage sein, die Auswirkungen kurzfristiger bzw. aktueller Entscheidungen auf die Realisierung der Vision abzuschätzen, um den strategischen Zusammenhang sicher zu stellen.

Zur Erhaltung der strategischen Flexibilität im turbulenten Umfeld muss eine zeitgemäße strategische Planung der Produktion in der Lage sein, verschiedene Strategien bzw. Strategiebündel darzustellen, deren wirtschaftliche Auswirkungen abzuschätzen und die erforderliche Aktivitäten und Investitionen rechtzeitig abzuleiten. Sie muss daher mit Szenarien arbeiten und technologische Trends bei Produkten und Prozessen ebenso berücksichtigen wie die entsprechenden Mengengerüste der einzelnen Produktgruppen, die vorhandene Produktionsstruktur und die strategische Option des Fremdbezugs oder der Eigenfertigung.

Als Planungsgröße ist eine Größe zu verwenden, die sowohl die aktuellen als auch die zukünftigen Anforderungen an die Produktion abbilden kann, und mit der technologische Produktionsstrukturen beschrieben werden können. Hierzu ist die Stundenleistung je Produktionsbereich geeignet. In der Rückschau und meist auf Jahresbasis aggregiert, bildet sie den Aufwand in Stunden ab, der innerhalb eines Jahres in den einzelnen Bereichen der Produktion angefallen ist, um das Produktionsprogramm herzustellen. Sie beschreibt somit die Last, die durch die Potenzialfaktoren in der Fabrik verarbeitet wurde [vgl. WESTKÄMPER 2001, S.1]. Der in Stunden gemessene Aufwand berücksichtigt in den mechanisierten Bereichen hauptsächlich die Laufzeit der Maschinen und in den von Handarbeit geprägten Bereichen die Arbeitsstunden der Mitarbeiter. Nutzt man die Stundenleistung, um unter Berücksichtigung der beschriebenen Veränderung ein Bild der Produktion von mor-

gen zu zeichnen, stellt sie die zu erwartende Last für das Produktionssystem der Zukunft in qualitativer und quantitativer Art dar. Die Ableitung der kapazitiven Gestaltung der notwendigen Ressourcen, wie auch der dadurch resultierenden Kostenstrukturen, kann anschließend in Abstimmung mit der Produktionsstrategie erfolgen.

1.2 Defizite aktueller Ansätze zur Planung der Produktionsleistung im turbulenten Umfeld

Aktuell existiert kein beschriebenes, wissenschaftlich fundiertes und durchgängiges Verfahren, das eine szenariobasierte Prognose der Veränderung der Produktionsleistung in einem langfristigen strategischen Zeithorizont ermöglicht. Die Forschung in diesem Bereich hat sich in den letzten Jahren stark auf die Optimierung von Fabriken im Kurz- bis Mittelfristbereich konzentriert, um der hohen Dynamik im Umfeld der Fabriken Rechnung zu tragen.

In der strategischen Planung der Produktion existieren zwar Ansätze, die dynamische Effekte wie Technologiesprünge berücksichtigen. Die Ergebnisse der Planungsansätze bleiben jedoch mit den dort üblichen Portfolio-Darstellungen auf einem sehr abstrakten qualitativen Niveau. Ein durchgängiges Vorgehen zur Weiterverwertung der Ergebnisse, das bei der Entwicklung und Bewertung der notwendigen Anpassungsmaßnahmen unterstützt, ist nicht dokumentiert. Unter Durchgängigkeit wird hierbei die „möglichst unterbrechungslose Fortführung der Planungslogik mit einer Weiterverarbeitung einmal erstellter Daten“ [vgl. JONAS 2000, S.53] verstanden. Verfahren zur Bestimmung der langfristigen kapazitiven Gestaltung der Produktion existieren zwar, sind jedoch nicht differenziert genug. Die hier gängigen quantitative Verfahren, die bestehende Werte in Verbindung mit Erfahrungswerten und einem Degressionsfaktor für den zu betreibenden Aufwand in die Zukunft extrapolieren, sind auf Grund der schnellen Trendbrüche als kritisch anzusehen. Zudem ist diese Vorgehensweise nur für bekannte Produkte und Produktionstechnik anwendbar. Folglich ist bei der Prognose der Produktionsleistung zwischen bekannten und unbekannten Produkten und Produktionstechnik zu differenzieren. Für unbekannte Produkte und Produktionstechnik sind jedoch weder einheitliche Modelle zur Abbildung der relevanten Faktoren in der strategischen Planung vorhanden, noch sind Vorgehensweisen beschrieben, wie auf Basis dieser teils noch abstrakten und aggregierten Darstellungen von Produkten und Prozessen eine Prognose über die Produktionsleistung in einem strategischen Zeithorizont von bis zu zehn Jahren vorgenommen werden kann.

Ebenso findet in den bestehenden Verfahren zur strategischen Gestaltung der Produktion die Veränderung der Eigenfertigungstiefe keine ausreichende Berücksichtigung. Eine Aussage über die Auswirkungen einer Veränderung der Eigenfertigungstiefe auf die der Kapazitäten und Kostenstrukturen im Gesamtunternehmen ist jedoch als wesentlich anzusehen, um die richtige Fertigungstiefe zu wählen.

Abschließend ist festzustellen, dass ein Defizit bei der Ausrichtung der kapazitiven Gestaltung der produktionsnahen indirekten Bereiche in Anlehnung an die Entwicklung der direkt wertschöpfenden Bereiche besteht. Eine gleichzeitige Planung in Abhängigkeit der Veränderung der Produktionsleistung existiert nicht. Da diese Bereiche einen elementaren Beitrag zum gesamten Wertschöpfungsprozess leisten und ihre Dimensionierung damit ein wichtiges Kriterium für die Effizienz des gesamten Wertschöpfungsprozesses darstellt, sollte ihre Planung an die der direkt wertschöpfenden Produktionsbereiche gekoppelt werden. Eine Ausrichtung der langfristigen Veränderung in den produktionsnahen indirekten Bereichen an der eigentlichen Wertschöpfung ist daher notwendig.

1.3 Zielsetzung und daraus abgeleitete Aufgabenstellung der Arbeit

Die einleitend formulierten Zusammenhänge haben gezeigt, dass im Bereich der langfristigen Gestaltung der Produktionsleistung in Abstimmung mit der strategischen Unternehmensplanung Handlungsbedarf besteht. Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher die Verbesserung der Leistungsplanung durch die Entwicklung einer Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen des Mittelstandes (Methode zur sLP) (vgl. Abbildung 1-1).

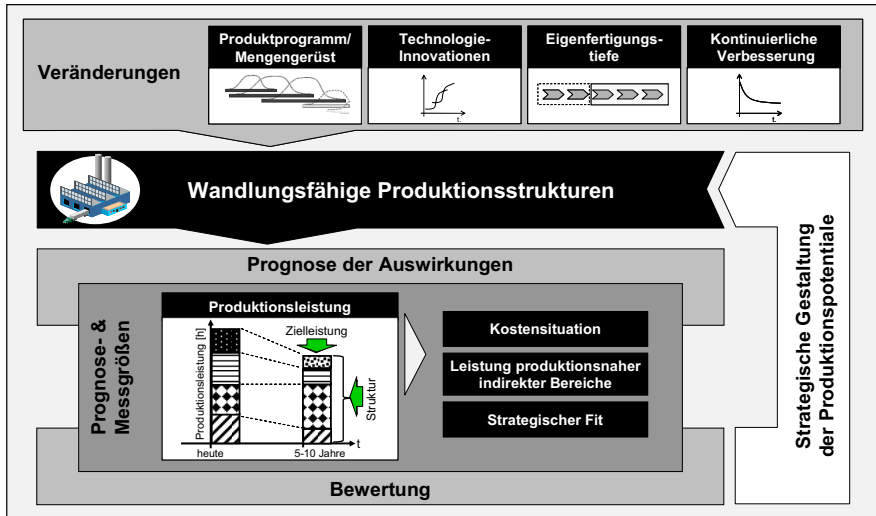


Abbildung 1-1: Strategische Leistungsplanung der Produktion [eigene Darstellung]

Die Methode muss in der Lage sein, Veränderungen aufzunehmen, deren Auswirkungen auf die Produktionsstrukturen darzustellen und zu bewerten. Die bewerteten Szenarien dienen anschließend als Grundlage für die strategische Gestaltung der Produktionspotentiale. Um die Produktionsstruktur der Zukunft zu erreichen, ist eine Veränderungsplanung vorzunehmen, die die Migration der heutigen auf die morgige technische Leistungsstruktur der Produktion beschreibt.

Zu berücksichtigende Veränderungen sind dabei neben Anzahl und Art der künftig abzusetzenden Produkte die Veränderungstreiber Technologien-Innovationen, Produktivitätssteigerungen durch Kontinuierliche Verbesserung und strategiegetriebene Strukturmaßnahmen wie die Gestaltung der Eigenfertigungstiefe. Die szenarienbasierte Prognose der Auswirkungen hat zunächst die Entwicklung des Betrages und der Struktur der Produktionsleistung als zentrale Prognose- und Messgröße im Fokus. Um eine ganzheitliche Bewertung der Szenarien zu ermöglichen sind jedoch weitere Messgrößen zu berücksichtigen. Hier sind dies Kostenaspekte, der strategische Fit und die Darstellung von Auswirkungen auf die Leistung in den produktionsnahen indirekten Bereichen.

Folgende Arbeitspakete sind zur Bearbeitung der Aufgabenstellung vorgesehen:

- AP I **Entwicklung von Partialmodellen für die Hauptbetrachtungsgegenstände Produkt, Produktionstechnik und Kosten.** Der Teilbereich der Produktionstechnik, der die Prozesse der direkten Wertschöpfung betrachtet, ist durch ein weiteres Partialmodell, das die Betrachtung der **produktionsnahen indirekten Bereiche** einbezieht, zu ergänzen. Zu berücksichtigen ist hierbei vor allem die Langfristigkeit der strategischen Leistungsplanung und die dadurch notwendige hohe Aggregationsstufe der Informationen in den entscheidungsrelevanten Eigenschaften der Partialmodelle.
- AP II **Referenzstruktur zur Darstellung der Ausgangssituation.** Fokus des Arbeitspaketes ist die Abbildung der Ausgangssituation in einer Granularität, die der strategischen Planung gerecht wird.
- AP III **Ausarbeitung einer Systematik zur Erfassung und Abbildung der Veränderungstreiber.** Die Veränderungen in den Bereichen Produkt, Produktionstechnik, Produktprogramm und Eigenfertigungstiefe müssen erfasst und in einer zeitlich synchronisierten Form abgebildet werden.
- AP IV **Kernmodell zur Komposition.** Zentrale Aufgabe des Arbeitspaketes ist die Zusammenführung der Ausgangssituation mit den künftigen Veränderungen. Das Modell identifiziert die wesentlichen Bereiche, die eine Veränderung der Produktionsleistung der Zukunft beeinflussen, und stellt die wesentlichen Wirkzusammenhänge dar. Es bildet damit die Basis für die Leistungsprognose. Um die Veränderungen entsprechend ihrer Tragweite in der Leistungsprognose berücksichtigen zu können, ist bereits im Kernmodell eine Systematisierung vorzusehen.
- AP V **Verfahren zur Leistungsprognose.** Eine szenarienhafte Vorausschau der Produktionsleistung auf Basis der Partialmodelle ist zu entwickeln.
- AP VI **Verfahren zur Szenariobewertung.** Die Bewertung der Szenarien hat sowohl wirtschaftliche als auch strategieorientierte Kriterien zu berücksichtigen.
- AP VII **Methodische Zusammenführung aller Bausteine in einem Phasenmodell.** Abschließend ist der Ablauf der Methode in einem Phasenmodell zu dokumentieren, das dem Anwender als Leitfaden dient.

Das Ergebnis der Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen ist eine erhebliche Verbesserung der Leistungsplanung. Die szenariobasierte Vorausschau auf die „Produktion von morgen“ soll helfen, zum einen die im Rahmen der strategischen Unternehmensplanung entwickelten Visionen der Produktionsstruktur in der Breite und Tiefe ihrer Auswirkungen zu verstehen und in Bezug auf den Fit mit der Unternehmensstrategie zu bewerten. Die strategische Planung soll damit in die Lage versetzt werden, die Produktion im Einklang mit der Unternehmensstrategie zu entwickeln und der operativen Gestaltung der Produktion entsprechende Zielgrößen vorzugeben. Zum anderen soll dem operativen/taktischen Produktionsmanagement damit eine Methode an die Hand gegeben werden, die es ihm ermöglicht zu verstehen, wie sich aktuell zu treffende Entscheidungen langfristig auf die Produktion und deren strategische Beweglichkeit auswirken. Die eingangs beschriebene Lücke zwischen der strategischen Unternehmensplanung und der Entwicklung der Produktion wird damit geschlossen.

Zusammenfassend soll mit der Entwicklung der Methode zur sLP folgendes erreicht werden:

- W1 Entscheidungen des Produktionsmanagements hinsichtlich des Einsatzes von Technologie-Innovationen in Produkten und Produktionstechnik, sowie einer Veränderung der Eigenfertigungstiefe werden durch die Prognose der erforderlichen Produktionsleistung in ihrer strategischen Wirkung durch Darstellung der Entwicklung der resultierenden Produktionsleistung, Kostenstrukturen, Aufwand in den produktionsnahen indirekten Bereichen, sowie dem strategischen Fit transparent.
- W2 Die Bildung alternativer Szenarien gewährleistet dabei eine Sensibilisierung des Produktionsmanagements für Unsicherheitsfaktoren.
- W3 Die Prognosegenauigkeit wird durch eine differenzierte Betrachtung unterschiedlicher Umfänge der Technologie-Innovation von Produkt und Produktionstechnik und die damit ermöglichte fallbasierte Wahl der Prognosemethode erhöht.
- W4 Erhöhung der Prognosegenauigkeit des künftigen Leistungsbedarfs für Produkte und Produktionstechnik, deren Technologien aktuell noch nicht Bestandteil des Unternehmensinternen Know-hows sind, durch Ermittlung von Kausalzusammenhängen zwischen Technologie-Innovationen und Zeitanteilen der Produktionsleistung.
- W5 Der Kapazitätsbedarf in den produktionsnahen indirekten Bereichen kann anhand der erforderlichen Produktionsleistung errechnet und damit in Abstimmung mit der Veränderung des direkt wertschöpfenden Bereichs gestaltet werden.

1.4 Vorgehensweise zur Bearbeitung der Aufgabenstellung

Die Bearbeitung der in Kapitel 1.2 formulierten Aufgabenstellung erfolgt in insgesamt 7 Kapiteln. Kapitel 2 nimmt dabei eine weitere Eingrenzung des Untersuchungsbereichs und die Definition einiger begrifflicher Grundlagen vor. In Kapitel 3 erfolgt die Aufarbeitung und Diskussion bestehender Ansätze zur Unterstützung der Leistungsplanung in Produktionsstrukturen. Nach Abschluss der Vorarbeiten wird in den Kapiteln 4 und 5 die Methodik zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen entwickelt. In Kapitel 4 erfolgt dabei zunächst die Entwicklung einzelner Bausteine. Die entwickelten Modelle, Verfahren, Referenzstrukturen, Vorgehensweisen und Systematiken werden dann in Kapitel 5 im Rahmen der Entwicklung eines Phasenmodells zur Gesamtmethode methodisch zusammengeführt. In Kapitel 6 erfolgt eine Validierung der Methode anhand eines Beispiels aus der industriellen Anwendung. Kapitel 7 fasst die Ergebnisse zusammen und schließt die Arbeit mit einem Ausblick auf weitere Forschungsthemen im Bereich der strategischen Leistungsplanung von Produktionsstrukturen ab. Die folgende Abbildung 1-2 illustriert die Vorgehensweise.



Abbildung 1-2: Aufbau der Arbeit

2 Definitionen und Eingrenzung des Untersuchungsbereiches

Im folgenden Kapitel werden einige grundlegenden Begrifflichkeiten für die Entwicklung der Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen des Mittelstandes (Methode zur sLP) definiert. Ferner gilt es den Betrachtungsbereich der Arbeit abzugrenzen und damit einen Rahmen für die in Kap. 3 folgende Aufarbeitung des Standes der dokumentierten wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Unterstützung der Leistungsplanung von Produktionsstrukturen zu schaffen.

2.1 Produzierender Mittelstand im Kontext der Wandlungsfähigkeit

Der Mittelstand nimmt im Gefüge der deutschen Wirtschaft eine zentrale Rolle ein. Je nach Definition können ihm über 95% aller Unternehmen zugerechnet werden, die ca. 60% aller Beschäftigten binden und einen Anteil von über 40% am Umsatz aller Unternehmen in Deutschland leisten [vgl. HAUSER 2007, S.6]. Da nicht alle Unternehmen, die dem Mittelstand zuzuordnen sind, in den Bereich produzierender Unternehmen fallen, und sich dabei nicht alle für die Anwendung der Methode zur sLP eignen, wird zunächst eine Abgrenzung des Betrachtungsgegenstandes „produzierender, mittelständischer Unternehmen“ vorgenommen. Im Anschluss an diese allgemeine Definition wird das Paradigma der Wandlungsfähigkeit beschrieben, das den aktuellsten Ansatz zur Beherrschung eines turbulenten Wettbewerbsumfeldes darstellt.

2.1.1 Definitorische Abgrenzung produzierender Unternehmen des deutschen Mittelstandes

Die Begriffe „Mittelstand“ und „kleine und mittlere Unternehmen“ (KMU) werden oft synonym verwendet. Sind in der Praxis viele KMU auch gleichzeitig mittelständische Unternehmen, so sind die beiden Begriffe dennoch unterschiedlich definiert [vgl. BMWI 2007, S.9]. Aktuell am weitesten verbreitet ist die KMU-Definition der EU-Kommission. Hierin werden Unternehmen als KMU definiert, wenn die Zahl der Beschäftigten unter 250 liegt und der Umsatz eine Grenze von 50 Millionen € nicht übersteigt, bzw. die Jahresbilanz einen Betrag von nicht höher als 43 Millionen € aufweist. Außerdem wird die Eigenständigkeit der Unternehmen vorausgesetzt [vgl. EU-KOMMISSION 2003; weitere Abgrenzungskriterien vgl. IFM MANNHEIM 2007].

Andere Definitionen des Mittelstandes gehen über die rein quantitative Fixierung hinaus. Die Betrachtung bestimmter qualitativer Kriterien macht ein Unternehmen daher auch dann zum Mittelständler, wenn die Größengrenzen der EU-Kommission bereits überschritten sind [vgl. PFOHL 2006, S. 18ff.; HARNER 1987, S. 72f.; FRANK 1994, S. 23; ACKERMANN 1993, S. 9]. Eines der am häufigsten genannten qualitativen Abgrenzungskriterien stellt die Unternehmensführung dar. Dabei werden die mittelständischen Unternehmen dadurch charakterisiert, dass ihre Leitung durch den Eigentümer bzw. mehrheitlichen Kapitaleigner erfolgt. Bei Grenzfällen wie dem Vorhandensein zusätzlicher angestellter Mitgeschäftsführer oder Fremdmanagern ist entscheidend, dass der Eigentümer die strategischen Entscheidungen in der Hand behält [vgl. BMWI 2007, S.10].

Definitorisch sind somit die KMU (quantitative Mittelstandsdefinition) und die eigentümergeführten Unternehmen (qualitative Mittelstandsdefinition) zu unterscheiden [vgl. BMWI 2007, S.9]. Das Zusammenspiel qualitativer und quantitativer Mittelstandskriterien zeigt die folgende Abbildung.

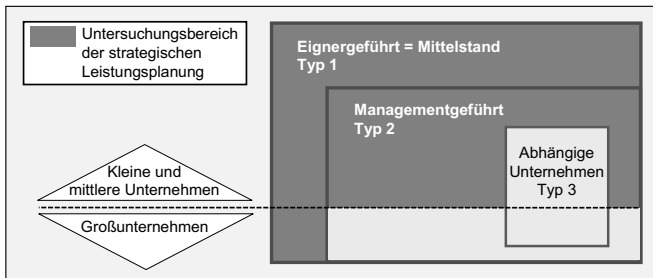


Abbildung 2-1: Mittelstand nach quantitativen und qualitativen Definitionsmerkmalen [vgl. BMWI 2007, S.11]

Die Grafik zeigt, dass nach Sicht des BMWI die Gruppe der KMU den Eigentumsverhältnissen nach in drei Gruppen unterteilt werden kann. Ebenfalls wird deutlich, dass auch solche Unternehmen durchaus noch dem Mittelstand zuzurechnen sind, die von Seiten der quantitativen Definition die Grenze bereits überschritten haben. Der Grund ist dabei in den Unternehmens- und Entscheidungsstrukturen zu suchen, die durch die Eigentümerführung geprägt sind. Mittelständische Unternehmen sind darüber hinaus dadurch charakterisiert, dass sie häufig aufgrund der Eigentumsverhältnisse über ein knappes Eigenkapital verfügen. Dies hat zur Folge, dass KMUs in der Produktion häufig über einen längeren Zeitraum an bestimmte Basisinnovationen gebunden sind.

Wenn in der Folge von mittelständischen Unternehmen die Rede ist, sollen darunter somit alle Unternehmen verstanden werden, die die quantitativen Grenzen der Definition der EU-Kommission nicht überschreiten. Eine Ausnahme stellen die eigentümergeführten Unternehmen dar. Diese sind auf Grund ihrer Organisations- und Entscheidungsstrukturen sowie der Ausgestaltung der Produktion auch jenseits der quantitativen Grenze ebenfalls dem Mittelstand zuzuordnen.

Die Paradebranche des deutschen Mittelstandes ist der Maschinen- und Anlagenbau (im Wesentlichen NACE-Codes 29.1-29.5, vgl. VIEWEG 2001, S.5). Neben der Automobil-, Elektrotechnik- und Nahrungsmittelindustrie gehört er zu den zentralen Branchen der deutschen Wirtschaft. 860.000 Beschäftigte, das sind etwa 15% aller Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe, erzeugen in fast 6.000 vorwiegend in Familienbesitz befindlichen und meist eigentümergeführten Unternehmen einen Umsatz von rund 150 Milliarden Euro (2005) [VDMA 2006, S.6]. Die durchschnittliche Mitarbeiteranzahl beträgt etwa 150 [VDMA 2006, S.7] und nur 2% der Unternehmen haben mehr als 1.000 Beschäftigte [SCHRÖDER 2003, S.25].

Der Maschinen- und Anlagenbau (oder kurz: Maschinenbau) ist eine der Kernbranchen für die technologische Leistungskraft der Industrie in Deutschland und liegt auf Platz drei der Innovatoren der deutschen Industriebranchen [VDMA 2005]. Er produziert und liefert Investitionsgüter, die hauptsächlich für die Herstellung physischer Erzeugnisse benötigt werden. Ein Großteil der Erzeugnisse sind Vorprodukte und Komponenten, die meist zur Herstellung von maschinellen Ausstattungen und Anlagen benötigt werden [vgl. VIEWEG 2001, S.4]. Diese wiederum werden sowohl zur Herstellung von Gütern der eigenen als auch anderer Branchen eingesetzt.

Selbst wenn heutzutage Design- und Dienstleistungsaspekte auch im Maschinenbau nicht mehr wegzudenken sind, steht im Kern seiner Produkte ihre technische Funktionalität und Leistungsfähigkeit. Innovationen im Maschinenbau konzentrieren sich daher im Wesentlichen auf technische

und technologische Produkt- und Verfahrensinnovationen zur Steigerung von Qualität und Produktivität sowie zur Realisierung neuer Funktionalitäten. Die Anwender dieser Innovationen sind zum großen Teil selbst Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus. Nicht nur die aus dem weltweiten Wettbewerb resultierenden Produktivitäts- und Qualitätsanforderungen anderer Branchen, sondern auch der Bedarf der eigenen Branche zwingt daher Hersteller von Maschinen, Komponenten und Vorprodukten, immer wieder neue Produkte und Verfahren auf den Markt zu bringen.

Die Entwicklung und Übernahme von Innovationen auf Produkt- und Prozessseite gehören damit zum Alltag im Maschinen- und Anlagenbau. Technische und technologische Entwicklungen aufzunehmen, das Zusammenspiel dieser Innovationen zu beherrschen und das Leistungsangebot der Produktion auch unter turbulenten Bedingungen jeweils so zu gestalten, dass der Marktbedarf auch auf lange Sicht wirtschaftlich bedient werden kann, stellt eine große Herausforderung an das Produktionsmanagement eines Maschinenbauers dar. Eine Methode, die es ermöglicht, die Wirkung dieser Vielzahl von Veränderungen auf Leistungsbedarf und -angebot auf die Produktion systematisch zu prognostizieren und gleichzeitig die daraus resultierenden Investitionsentscheidungen strategisch auszurichten, würde eine große Unterstützung darstellen.

Der Maschinenbau wird daher als Kernanwendungsbereich der zu entwickelnden Methode zur sLP festgelegt, die sich wiederum auf die Betrachtung technischer und technologischer Veränderungen im Gegensatz zu Design- und Dienstleistungsaspekten als Hauptmerkmal der Produkte des Maschinenbaus fokussiert.

2.1.2 Wandlungsfähigkeit von Produktionsstrukturen

Der Begriff „Turbulenz“, ursprünglich gebräuchlich zur Beschreibung der Wirbelbildung in strömenden Gasen, Flüssigkeiten und Fluiden, findet sich in den letzten Jahren vermehrt in der betriebs- und produktionswirtschaftlichen Literatur [vgl. WESTKÄMPER et al. 2000, S. 25]. Dabei versteht man unter Turbulenz vornehmlich Veränderungen, die keine eindeutige Ursache-Wirkungsbeziehung aufweisen [vgl. GAGSCH 2002, S. 51; BUCHNER 2002, S. 93]. Über das Wesen und die Bedeutung von Turbulenz haben sich in der Literatur drei verschiedene Strömungen herausgebildet [vgl. McCANN/SELSKY 1984, S. 460ff; BERGER et al. 2000, S. 83].

Auch wenn einige Turbulenz als dramatisierende Modeerscheinung abtun [vgl. KIESER 1996, S. 21ff] oder die Zunahme von Turbulenz als subjektives Wahrnehmungsphänomen der menschlichen Natur begreifen [vgl. MINTZBERG 1994, S. 7ff; auch WIENDAHL, H.-P. et al. 2002, S. 15; WIENDAHL, H.-H. et al. 2000, S. 41], so lässt sich Turbulenz doch objektiv messen. Der objektive Zustand „Turbulenz“ ist nach CHAKRAVARTHY definiert als das gesamthafte Auftreten von Komplexität und Dynamik im Umfeld des Unternehmens. Die Turbulenz steigt somit mit zunehmender Komplexität und Dynamik [vgl. CHAKRAVARTHY 1997, S. 69; BUCHNER et al. 2000, S. 387; BERGER et al. 2000, S. 84]. Dabei wird unter Komplexität die Anzahl und Verschiedenartigkeit der für die Unternehmung relevanten Umwelttatbestände in einzelnen Umweltsegmenten gesehen, während unter Dynamik die Häufigkeit, Geschwindigkeit, Stärke, Unregelmäßigkeit und Unvorhersehbarkeit von Veränderungen von und für die Unternehmung relevanter Umwelttatbestände in einzelnen Umweltsegmenten verstanden wird [vgl. HORVÁTH 2006, S. 3f]. Treiber der Turbulenz sind so genannte Turbulenzkeime. Bei Turbulenzkeimen handelt es sich um Punkte eines Systems, an denen Turbulenzen ausgelöst werden können oder schon ausgelöst werden [vgl. WIENDAHL, H.-H. et al. 2000, S. 40; WIENDAHL, H.-P. 2002, S. 125].

In der Vergangenheit wurde eine Reihe von Management- und Organisationskonzepten entwickelt, die sich an Vorbildern aus der Natur orientieren und eine Antwort auf die Herausforderungen der Turbulenz geben wollen. Zu diesen Ansätzen zählen unter anderem das Fraktale Unternehmen sowie die Konzepte des Agile und des Bionic Manufacturing [WARNECKE 1995; KIDD 1994; OKINO 1994]. Ein Ansatz, der diese Konzepte weiterentwickelt und bestehende Lücken schließt, ist der des „Wandlungsfähigen Unternehmens“ bzw. die Theorie des Stuttgarter Unternehmensmodells (SUM) [vgl. WESTKÄMPER et al. 2005]. Nach WESTKÄMPER kann ein Unternehmen dann als wandlungsfähig bezeichnet werden, „wenn es aus sich selbst heraus über gezielt einsetzbare Prozess- und Strukturvariabilität verfügt. Wandlungsfähige Systeme sind in der Lage, neben reaktiven Anpassungen auch antizipative Eingriffe vorzunehmen. Diese Aktivitäten können auf Systemveränderungen wie auch auf Umfeldveränderungen hinwirken“ [WESTKÄMPER et al. 2000, S. 25]. Allgemeiner gefasst, wird die Kombination aus frühzeitigem Erkennen von Umfeldveränderungen und schneller Umsetzung der notwendigen Anpassungsmaßnahmen als Wandlungsfähigkeit bezeichnet [vgl. WESTKÄMPER 2006d, S.11]. Diese für das System Unternehmen geltende Definition ist auch für seine Subsysteme wie z.B. die Fabrik gültig. Wandlungsfähigkeit kann als Systemeigenschaft einer Fabrik verstanden werden, die die Fabrik in die Lage versetzt, auf geplante oder ungeplante, externe oder interne Veränderungen effektiv und effizient zu reagieren und sich aktiv strukturell anzupassen [vgl. WIENDAHL/HERNANDEZ MORALES 2002, WIENDAHL, H.-P. 2002, S.123; S.137; SPUR 2007, S.4].

Inhaltlich ist Wandlungsfähigkeit gegenüber den Begriffen Wandelbarkeit und Flexibilität abzugrenzen. Flexibilität bezeichnet dabei im Allgemeinen die Fähigkeit eines Systems, sich im Rahmen vorgedachter Optionen an veränderte Gegebenheiten reversibel anzupassen. Der Begriff der Wandelbarkeit dagegen ist weitgreifender und beschreibt Systeme, die in der Lage sind, sich auch an zunächst unbekannte Gegebenheiten anzupassen. Während sich der Begriff der Wandelbarkeit lediglich auf technische Teilsysteme bezieht, umfassen die Begriffe Flexibilität und Wandlungsfähigkeit sowohl technische als auch soziale Teilsysteme [vgl. WESTKÄMPER et al. 2000, S. 23f].

Die Führung wandlungsfähiger Unternehmen muss selbst Merkmale aufweisen, die Wandlungsfähigkeit initiieren und fördern kann. Die Aktionsparameter, die der Führung dabei zur Verfügung stehen, teilt ZAHN in die vier Felder Struktur, Ressourcen, Mitarbeiter und Strategie ein (vgl. Abbildung 2-2).

Die Grenzen der Wandlungsfähigkeit einer Unternehmung sind gesetzt durch die teils bedingte Veränderbarkeit von Ressourcen, Prozessen und Strukturen wie auch durch Kostenaspekte. So ist beispielsweise die Veränderung von Gebäuden, Anlagen und Maschinen in Fabriken nur mittel- bis langfristig möglich, da diese zu den langlebigen Komponenten eines Unternehmens zu rechnen sind [vgl. WESTKÄMPER 1999, S.131] und das Unternehmen somit auf bestimmte Handlungsweisen festlegen. Aus Sicht der Kostensituation in der Produktion wirken hohe Fixkosten, bedingt durch Investitionen in Maschinen und Anlagen, als Begrenzer der Dynamik (vgl. Kapitel 3.2.5). Eine langfristige Planung der Produktion soll also die Wandlungsfähigkeit nicht einschränken, sondern muss flexibel bleiben und Planungsalternativen aufzeigen und verarbeiten können, um den Aktionsspielraum zu erhalten.

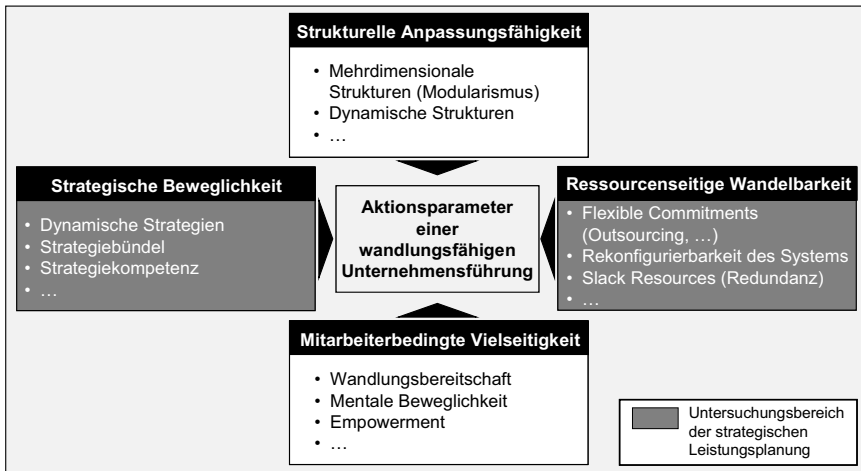


Abbildung 2-2: Aspekte der Wandlungsfähigkeit [in Anlehnung an ZAHN 2006, S.56]

Zusammenfassend ist „Wandlungsfähigkeit“ als das aktuellste Paradigma der Gestaltung und des Betriebs produzierender Unternehmen zu sehen, das der Bewältigung der Anforderung des turbulenten Wettbewerbsumfeldes dient. Im Rahmen einer langfristigen Planung der Produktion ist daher auf eine Förderung der Wandlungsfähigkeit zu achten.

2.2 Strategische Planung

Langfristige Planung im Unternehmen wird oft gleich gesetzt mit dem Begriff der Strategischen Planung. Das Folgende Kapitel nimmt zunächst eine Abgrenzung der Begriffe „Strategie“ und „Planung“ vor (vgl. Kapitel 2.2.1). Anschließend findet eine Einordnung der sLP in die Begriffskomplexe der strategischen Potentialplanung (vgl. Kapitel 2.2.2) und die Produktionsstrategie (vgl. Kapitel 2.2.3) statt.

2.2.1 Begriffsabgrenzung Strategie und Planung

Der Begriff „Strategie“ entstammt dem altgriechischen Wort „Strataegeo“. Dem ersten Wortteil „stratos“ kommt dabei die folgende Bedeutung zu:

- Etwas weit Ausgebreitetes und alles Überlagerndes, im geistigen wie im materiellen Sinne,
- etwas, was alles andere umfasst, übergreift und in sich enthält,
- etwas, das deshalb in der Hierarchie der Zwecke und Ziele eine übergeordnete Bedeutung hat.

Der zweite Wortstamm „ago“ bedeutet dagegen Handeln und Tun [vgl. ZÄPFEL 2000b, S.79 und die dort zitierte Literatur]. Diese grundlegende Definition des Begriffs „Strategie“ zeigt bereits auf, dass neben der Komponente der Vision auch die Umsetzung stets Teil einer Strategie sein muss. Dieser Sichtweise folgt auch die Strategiedefinition nach WESTKÄMPER. Danach besteht eine Strategie aus den Komponenten Konzept, Handlungsweise und Maßnahmen und dient zur Erreichung langfristiger Zielsetzungen [vgl. WESTKÄMPER 2006a, S.111].

Der Begriff der Planung hat einen ähnlichen definitorischen Hintergrund. „Planung ist eine der elementarsten Leistungen menschlichen Geistes. Planung gibt Perspektiven, durchdringt und entwirft Zukunft. Sie gibt der Gegenwart zeitliche Tiefe. Planung kann ad hoc und unbedacht sein, sie kann aber auch bis an die Grenzen gehen, die menschlichem Denkvermögen gesetzt sind. Immer jedoch ist sie unvollständig, nur Ausschnitte können erfasst und in die Zukunft projiziert werden“ [SCHNEEWEIß 1991, S.1]. Nach REFA ist „Planen“ definiert als das systematische Suchen und Festlegen von Zielen sowie von Aufgaben und Mitteln zum Erreichen der Ziele [vgl. BINNER 2005, S.427]. Planung kann folglich als gedankliche Vorwegnahme künftigen Geschehens durch systematische Entscheidungsvorbereitung und Entscheidungsfällung verstanden werden. Sie beinhaltet einen Entscheidungsprozess, in dem zur Lösung des Problems zielorientiert Alternativen zu suchen, zu beurteilen und auszuwählen sind. Dies geschieht unter Zugrundelegung einer monistischen oder pluralistischen Zielfunktion auf Basis einwertiger oder mehrwertiger Erwartungen unter Sicherheit oder unter Ungewissheit [vgl. HEINEN 1991].

Dem Begriff der Strategie ist folglich mehr der Charakter einer grundlegenden Leitlinie zuzuordnen. Diese zeigt entweder über mehrere Bereiche und Funktionsgruppen des Unternehmens hinweg oder auf einzelne Bereiche fokussiert mögliche Wege in die Zukunft auf, die einen Wettbewerbsvorteil versprechen. Eine hierarchische Abstimmung aller Teilstrategien, ausgehend von den strategischen Zielstellungen des Unternehmens, ist erforderlich. Der Begriff der Planung hat dagegen eine stärkere Umsetzungs Komponente im Sinne einer Vorwegnahme detaillierter Aktivitäten zur Zielerreichung. Im Begriff der „strategischen Planung“ charakterisiert das Strategische den Zeithorizont, der der Planung zu Grunde liegt, und hilft die strategische Planung von einer kurzfristigeren operativen oder taktischen Planung abzugrenzen.

Die Formulierung konkreter Maßnahmen im Rahmen der Strategie stößt bei den Maßnahmenverantwortlichen einen Planungsprozess zu deren Umsetzung an. In dessen Verlauf müssen heute Entscheidungen für morgen getroffen werden. Solche strategischen Entscheidungen sind wichtig, betreffen die signifikante Bindung von Ressourcen, sind nicht ohne weiteres umkehrbar [vgl. EHRMANN 2006, S.7 und die dort zitierte Literatur], und werden oft erst über einen langen Zeithorizont wirksam [vgl. ZÄPFEL 2000b, S.11]. Sie drehen sich im Wesentlichen um die langfristige Ausrichtung einer Organisation, den Gewinn von Vorteilen gegenüber Wettbewerbern, Werte und Erwartungen der Stakeholder, und bauen auf Ressourcen und Kompetenzen auf (Fähigkeit) [vgl. JOHNSON et al. 2006, S.10].

Bedingt durch diese Eigenschaften und Betrachtungsgegenstände können strategische Entscheidungen auch wie folgt beschrieben werden [vgl. JOHNSON et al. 2006, S.10]:

- Von Natur aus komplex
- Entstehen in Situationen der Unsicherheit
- Beeinflussen operative Entscheidungen
- Bedürfen eines integrierten Ansatzes (Innen- und Außensicht einer Organisation)
- Berücksichtigen größere Veränderungen

Aufgrund dieser Eigenschaften lassen sich Anforderungen an die Art und Granularität der Daten für eine strategische Planung ableiten. Zu detaillierte Daten suggerieren eine Genauigkeit, die beim zu Grunde liegenden langfristigen Zeithorizont unter Turbulenz nicht erreicht werden kann (Schein-Genauigkeit). Daher sind in eine strategische Planung nur die wesentlichen Einflussfaktoren einzubeziehen und Durchschnittswerte oft ausreichend. Allerdings sollte eine Entflechtung der

verschiedenen Entwicklungslinien erfolgen, um die Komplexität zu reduzieren und Einzelereignisse entsprechend ihrer Bedeutung zu berücksichtigen.

2.2.2 Strategische Potenzialplanung im produzierenden Unternehmen

Strategische Entscheidungen im Produktionsbereich sind von fundamentaler Bedeutung für das gesamte Unternehmen. Sie werden aus diesem Grund meist nicht dem Produktionsbereich zugerechnet, sondern als unternehmenspolitische Entscheidung des Managements betrachtet [vgl. SCHNEEWEIß 2002, S.125]. Damit ist auch der Prozess der strategischen Planung der Produktion als Teil der Unternehmensplanung zu sehen.

Von zentraler Bedeutung für die strategische Position eines Unternehmens sind vorrangig Marktveränderungen wie z.B. Markteinbrüche oder die Internationalisierung des Wettbewerbs und Quantensprünge bei Produkt- oder Prozesstechnologien. Für diese im Sinne einer Turbulenz auftretenden Veränderungen gilt die Tendenz: Je später sich ein Unternehmen auf Veränderungen einstellt, desto geringer werden die Handlungs- und Gestaltungsspielräume. Häufig verbleibt nur noch die Möglichkeit eines operativen Krisenmanagements, das mit überproportional hohen finanziellen Aufwendungen verbunden ist. Als weitaus nachhaltiger ist somit eine frühzeitige Reaktion oder gar eine „strategische Vorbereitung“ der Unternehmen auf die Veränderungen zu bewerten [vgl. WILDEMANN 1987, S.13]. Ziel ist es dabei, das Unternehmen mit Fähigkeiten auszustatten, die es zu einem späteren Zeitpunkt nutzbringend einsetzen kann [vgl. SCHNEEWEIß 2002, S.127]. Die Handlungsfelder und Abhängigkeiten einer strategischen Potenzialplanung im Unternehmen visualisiert folgende Abbildung:

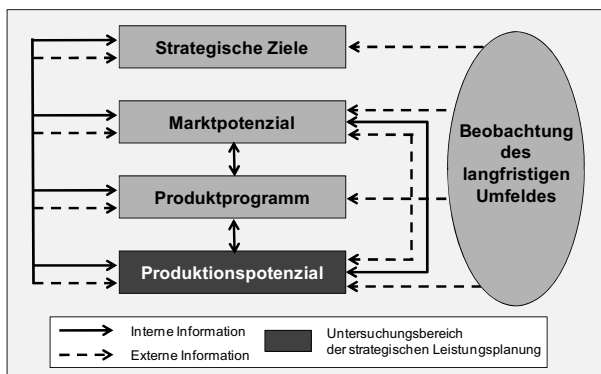


Abbildung 2-3: Einordnung der Arbeit in die Abhängigkeiten in der strategischen Potenzialplanung [In Anlehnung an SCHNEEWEISS 2002, S.127]

Die dargestellten Handlungsfelder der strategischen Potenzialplanung sind entsprechend der Phasen eines strategischen Planungsprozesses zu verbinden. Dieser Planungsprozess besteht allgemein aus den Phasen Zielbildung, Umweltanalyse, Unternehmensanalyse, Strategiewahl und Strategieimplementierung [vgl. BEA/HAAS 2005, S.45].

Die strategische Leistungsplanung der Produktion kann somit als strategischer Planungsprozess beschrieben werden, der sich ausschließlich auf die Gestaltung von Potenzialen im Bereich der Produktion fokussiert. Die Frage nach der Schaffung von neuen Marktpotenzialen durch die Ver-

fügbare attraktiver Produkte die durch neue Technologieanwendungen in der Produktion ermöglicht werden, ist nicht Betrachtungsgegenstand. Die strategischen Ziele des Unternehmens, seine Marktpotenziale, das resultierende Produktprogramm sowie die Ergebnisse aus der Beobachtung des langfristigen Umfeldes sind als Input für die strategische Leistungsplanung zu berücksichtigen.

Eine Detaillierung der Planungszusammenhänge ist der folgenden Abbildung 2-4 zu entnehmen. Ausgehend von den strategischen Zielsetzungen werden in einem strategischen Planungsprozess die Aufgaben für Produktentwicklung, Produktion und Vertrieb formuliert. Aus diesen Aufgaben leitet sich beispielsweise für die Produktion gut erkennbar der Leistungsbedarf in Stunden ab. Deutlich wird hierbei, dass über die Absatzplanung die Entwicklung des Marktes der zentrale Treiber der Unternehmensentwicklung ist. Unter Berücksichtigung der Ziele und Strategien des Unternehmens treibt letztendlich der Kunde die Veränderung in den Unternehmen durch die Menge und Art der Produkte, die er nachfragt. Bezogen auf die Produktion, lassen sich aus diesen Anforderungen Planungsziele für die Produktion, daraus abgeleitet Ziele für die Anzahl und Struktur der erforderlichen Betriebsmittel, das benötigte Personal und die notwendigen Investitionen ableiten. Diese Informationen lassen sich schließlich zusammen mit Bedarfen und Erlösen anderer betrieblicher Bereiche in eine finanzielle Erfolgsplanung überführen.

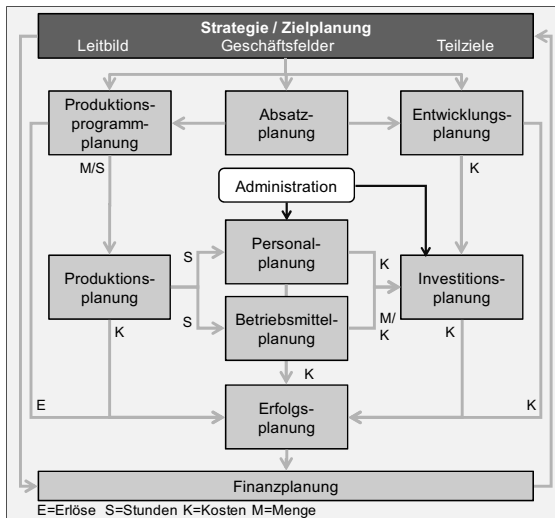


Abbildung 2-4: Prinzipieller Aufbau der Unternehmensplanung eines Produktionsunternehmens [In Erweiterung zu WIENDAHL, H.-P. 1997b, S.56]

Abschließend sei erwähnt, dass der Prozess der strategischen Planung in der Regel den Charakter einer periodenbezogenen, einmal jährlich durchgeführten Planung hat. Dieser Charakter ist jedoch in einem turbulenten Umfeld, in dem plötzlich signifikante Änderungen auftreten können, als nicht mehr zeitgemäß einzustufen. Die Planung bedarf einer permanenten und kontinuierlichen Adaption an die sich ändernden Rahmenbedingungen. Von der periodenbezogenen Planung sollte daher ein Übergang zu einer kontinuierlichen, ereignisgesteuerten Planung erreicht werden [vgl. WESTKÄMPER, 2006c, S.34].

2.2.3 Produktionsstrategie

Strategien in Unternehmen sind im Sinne von Strategiebäumen hierarchisch aufgebaut. Die Unternehmensstrategie auf der obersten Hierarchiestufe gibt die generelle strategische Stoßrichtung des Unternehmens vor [vgl. BEA/HAAS 2005, S.170f]. Für die darunter liegenden Geschäftsbereiche werden in der Regel individuelle Geschäftsbereichsstrategien entwickelt um diesen im jeweiligen Wettbewerbsumfeld optimal zu platzieren.

Ist die Entscheidung für eine Geschäftsbereichsstrategie gefallen, ist eine Vielzahl von Maßnahmen notwendig, um diese Strategie umzusetzen. Die Umsetzung dieser Maßnahmen manifestiert sich in einer spezifischen Nutzung der in den Unternehmen vorhandenen Leistungs- bzw. Erfolgspotenziale (vgl. Kapitel 2.3.2). Deren strategische Entwicklung und spätere Nutzung wiederum erfolgt mittels der Funktionsbereichsstrategien. Nach *BEA/HAAS* sind dies im Wesentlichen Beschaffungs-, Produktions-, Absatz- oder Marketing-, Finanzierungs- und Personalstrategien [vgl. BEA/HAAS 2005, S.170f]:

WESTKÄMPER konzentriert sich in seinen Ansätzen auf die für produzierende Unternehmen besonders relevanten Funktionsbereichsstrategien. Die Strategie eines Unternehmens bzw. Geschäftsbereichs muss nach *WESTKÄMPER* Aussagen zur Produktentwicklung und der Produktion ebenso enthalten wie zur Markt- und Absatzstrategie und versuchen, die Teilstrategien zu synchronisieren [vgl. *WESTKÄMPER* 2006a, S.112].

Für die weiteren Untersuchungen soll neben diesen drei Kernstrategien wegen des Erfordernisses wirtschaftlicher Leistungserstellung und Leistungsentwicklung nur noch der Aspekt der Kostensituation im Sinne von Investitionsstrategien betrachtet werden. Die Markt- und Absatzstrategie beschreibt, welche Märkte mit welchem Leistungsangebot wie bearbeitet werden sollen und gibt der Produktion einerseits Mengengerüste sowie mittelbar Ziele wie marktgerechte Herstellkosten, einzuhaltende Lieferzeiten bzw. Anforderungen an die Liefertreue oder Qualität vor [vgl. *HILL* 2000]. Die Produkt(entwicklungs-)strategie beschreibt, welche Produkte bzw. Produktfamilien oder Varianten zur Umsetzung der Markt- und Absatzstrategie zu entwickeln, zu differenzieren, zu variieren oder zu streichen sind [vgl. *BÜHNER* 2001, S.630] und fokussiert damit auf die technisch-/technologische Komponente der Produktplanung. Die Produkt(entwicklungs-)strategie ist für die Produktion insofern relevant, als die Produktion in der Lage sein muss, die zukünftigen Produkte herzustellen und daher rechtzeitig die erforderlichen Technologien vorhalten muss. Aus der Markt- und Absatzstrategie und der Produktentwicklungsstrategie ergeben sich technologische und kapazitive Vorgaben für die Produktion. Beide genannten Funktionsbereichsstrategien stellen damit die wesentlichen Inputfaktoren für die Produktions(entwicklungs-)strategie dar und werden als Ausgangspunkt der zu entwickelnden Methode verwendet.

Eine Produktionsstrategie, die nach *SKINNER*, dem Begründer der Forschung zu Produktionsstrategien definiert ist als „der Wettbewerbshebel, der von der Produktion gefordert, aber auch von ihr ermöglicht wird“, kann helfen, diese Forderung umzusetzen. Sie drückt sich aus in einem intern konsistenten Bündel von Strukturentscheidungen, die dazu gestaltet sind, die Produktion zu einer strategischen Waffe zu schmieden [vgl. *SKINNER* 1984].

Eine einheitliche Definition des Terminus der Produktionsstrategie sowie der darin betrachteten Elemente ist bis heute nicht etabliert. Aus diesem Grund werden nachfolgend die wesentlichen Produktionsstrategieansätze gegenübergestellt (siehe Abbildung 2-5).

Skinner	Fabrik und Ausrüstung	Fertigungsplanung und Kontrolle	Belegschaft	Produktdesign/ Fertigung	Organisation und Management
Hayes / Wheelwright	Produktions-/ Materialplanung (Sourcing-Politik, Zentralisierung, Entscheidungsregeln)		Organisation (Struktur, Kontrollmechanismen, Rolle der Stabsstellen)	Qualität (Fehlervermeidung, Qualitätsüberwachung, Verantwortlichkeiten)	Vertikale Integration (Richtung, Ausmaß, Hauptgewicht)
	Technologie (Ausstattung, Automatisierung, Verkettung)		Anlagen (Betriebsgröße, Standort, Spezifizierung)	Belegschaft (Qualifikation, Entlohnung, soziale Sicherung)	Kapazität (Umfang, Zeitplan, Form)
Fine / Hax	Anlagen	Kapazität	vertikale Integration	Produktprogramm/Produktinnovation	
	Qualitätsmanagement		Produktionsinfrastruktur	Human Resources	Käufer-Verkäufer-Beziehungen
Zäpfel	Technologiestrategie		Strategie der Fertigungstiefe		Kapazitätsstrategie
Zahn	Technologiestrategie		Strategie der Fertigungstiefe		Standortstrategie
	Fertigungs-aufgabe	Produktions-struktur	Produktions-prozess	Basisstruktur (Kapazitätsstrategien, Wahl von Produktionsstandorten, Ausgestaltung von Betriebsstätten etc.)	Infrastruktur (Informations- und Kommunikationssysteme, Planungs- und Kontrollsysteme etc.)
Foschiani	Fertigungsaufgabe		Kapazitätsstrategie		Infrastrukturstrategie
Müller-Stewens / Lechner	Fertigungsaufgabe		Kapazitätsstrategie		Technologiestrategie
	Produktionsprogramm		Produktionsstruktur		Produktionsprozess

Abbildung 2-5: Gegenüberstellung verschiedener Ansätze zur Produktionsstrategie [In Erweiterung zu: FOSCHIANI 1995, S.32ff und die dort zitierte Literatur; MÜLLER-STEWENS/LECHNER 2005, S.485]

Im Vergleich ist zunächst der unterschiedliche Detaillierungsgrad der verschiedenen Ansätze auffällig (drei bis acht Elemente), der eine inhaltliche Gegenüberstellung erschwert. Im Wesentlichen wird deutlich, dass bis auf HAYES/WHEELWRIGHT und ZÄPFEL alle Ansätze zur Produktionsstrategie auf der Art und Struktur der künftigen Produkte und damit dem zu erwartenden Marktbedarf aufbauen („Produktdesign“, „Produktprogramm“, „Fertigungsaufgabe“, „Produktionsprogramm“). Ausgehend von diesen Teilstrategien ist die Ausgestaltung der Produktion in Form von Kapazitäts-, Technologie- und Fertigungstiefenstrategie zu definieren. Diese Strategien werden daher bei allen genannten Ansätzen mehr oder weniger explizit als Teil der Produktionsstrategie aufgeführt (sehr ausgeprägt bei HAYES/WHEELWRIGHT, FINE/HAX, ZÄPFEL und ZAHN, eher implizit bei SKINNER, FOSCHIANI und MÜLLER-STEWENS/LECHNER). Die Ansätze von SKINNER, HAYES/WHEELWRIGHT, FINE/HAX, ZAHN und FOSCHIANI sind weit reichender und integrieren Aspekte aus dem Produktionsmanagement wie Qualität und Organisation oder die Infrastruktur in die Produktionsstrategie.

Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt mit der Fokussierung auf die Technologie-, Kapazitäts- und Fertigungstiefenstrategie eine Beschränkung auf die Kernbereiche der Produktionsstrategie.

2.3 Produktionssystem im Unternehmen

Der Begriff „Produktion“ kennzeichnet die Gesamtheit wirtschaftlicher, technologischer und organisatorischer Prozesse zur Herstellung, zum Erhalt und zum Recycling von materiellen und immateriellen Produkten und der Betreuung über den gesamten Produktlebenslauf [WESTKÄMPER 2006b, S.24]. Die Verwendung des Begriffes „Produktion“ in der vorliegenden Arbeit beschränkt sich auf den Aspekt der Herstellung materieller Produkte.

Gebräuchlich ist, in diesem Zusammenhang auch von der Produktion als System zu sprechen [näheres zur Systemtheorie vgl. ULRICH 1979, S. 109, GABLER 197, S.3217]. Ein Produktionssystem beinhaltet demnach sowohl die dispositiven als auch die operativen Einheiten, die am Produktionsprozess des betrachteten Systems beteiligt sind. Um ein Produktionssystem als „lebensfähiges System“ zu steuern, sind nach MALIK Lenkungsaktivitäten auf verschiedenen Ebenen erforderlich (vgl. Abbildung 2-6). Neben der operativen Prozess- und Systemsteuerung im Hier und Jetzt ist auch eine Planung unter Veränderung der Rahmenbedingungen und der Systemkonfiguration durchzuführen [vgl. MALIK 1996, S.84ff]. Hier setzt die vorliegende Arbeit mit der Entwicklung der Methode zur strategischen Leistungsplanung an.

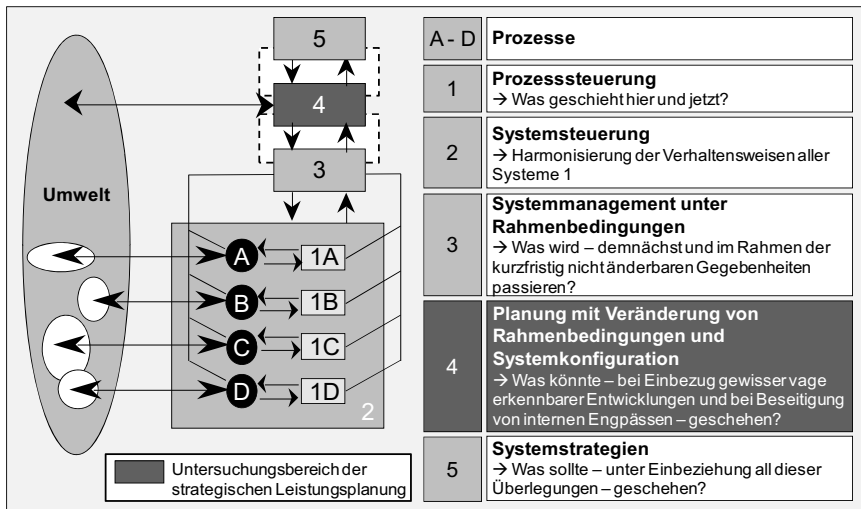


Abbildung 2-6: Allgemeine Lenkungsbeziehungen eines lebensfähigen Systems
[In Anlehnung an MALIK 1996, S.84]

2.3.1 Systemtheoretische Beschreibung der Produktion

Die konkrete Übertragung der Systemtheorie auf Produktionsstrukturen stellt Abbildung 2-7 dar. Entsprechend der Systemtheorie wird zunächst eine Unterteilung des Produktionsbereiches in hierarchischer Form vorgenommen (vgl. Abbildung 2-7). Die gegeneinander abzugrenzenden Ebenen reichen dabei vom einzelnen Prozess bis hin zum Produktionsnetzwerk.

Produktionsnetze erstrecken sich in der Regel über mehrere Unternehmen, die jeweils ihr individuelles Know-how in die Abwicklung eines gesamten Kundenauftrags einbringen. Für die Leistungsplanung ist diese Ebene insofern relevant, da Leistungen, die nicht innerhalb eines betrachteten Produktionssystems erstellt werden können, an Netzwerkpartner abgegeben werden können. Damit verändert sich nachhaltig die im betrachteten Produktionssystem zu erbringende Leistung. Nicht Betrachtungsgegenstand der Arbeit ist eine standortübergreifende Prognose der Produktionsleistung. Die Planung der Netzwerkstrukturen ist ein eigenständiges Problem, das weit über die skizzierten Lösungsbausteine dieser Arbeit hinausgeht. Faktoren wie regionale Lohnkostensätze,

der Zugang zu neuen Märkten oder die Sicherung der Vorleistungsbasis sind in eine Entscheidung dieser Art aufzunehmen.

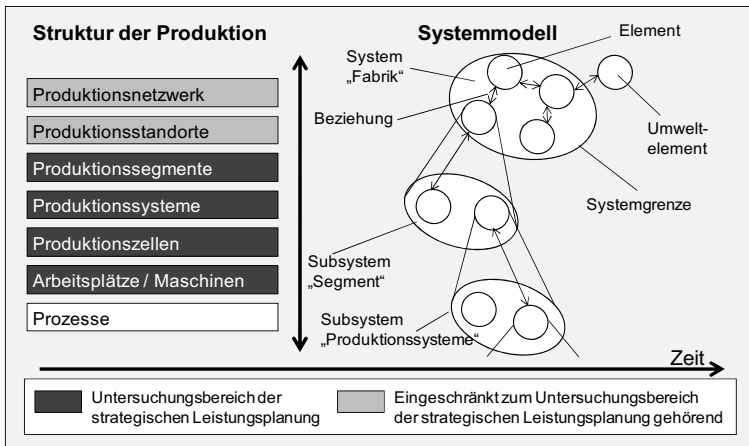


Abbildung 2-7: Raum- und Zeitdimension der Produktion
[In Anlehnung an Westkämper 2006b, S.51]

Produktionsstandorte sind lokale Standorte des Gesamtunternehmens. Sie werden im allgemeinen Sprachgebrauch häufig mit dem Begriff der Fabrik gleichgesetzt. Eine Fabrik wird in der Regel wiederum in verschiedene Segmente unterteilt. Die Segmentierung zeigt sich in der Struktur eines Standortes durch abgegrenzte Flächen und Gebäude und eigene Leitungs- und Verwaltungsfunktionen. Eine Segmentierung kann nach WESTKÄMPER verschiedenen Kriterien folgen [vgl. WESTKÄMPER 2006b, S.56f]:

- Technologien (Mechanische Fertigung, Oberflächenbehandlung, Elektrik-Elektronik Fertigung, Baugruppen- oder Vormontage und Endmontage)
- Produktgruppen und Märkten (Universal- bzw. Standardmaschinen und Spezialmaschinen)
- Funktion für die Produktion (Herstellung, Werkzeug- und Formenbau, Hilfs- und Versorgungsbetriebe sowie Spedition, Transport und Lager).

Für die vorliegende Arbeit werden die Skalierungsebenen Produktionsstandort bis Arbeitsplatz/Maschine (Anzahl) betrachtet. Die Planung der einzelnen Prozessabläufe weist für die strategische Planung einen zu hohen Detaillierungsgrad auf und wird daher außen vor gelassen.

An dieser Stelle ist es ferner notwendig, eine Abgrenzung der Begriffe Produktion und Fabrik vorzunehmen. Mit Fabrik (lateinisch: *fabrica* „Werkstatt“) wird der *Ort* (Gebäude) bezeichnet, in dem industrielle Produktion unter Zuhilfenahme von Maschinen und Personal stattfindet [vgl. KETTNER et al. 1984, S.1f]. Demgegenüber steht bei dem Begriff der industriellen Produktion der *Prozess* der Leistungserstellung durch Fertigung und Montage im Vordergrund. Beide Begriffe werden häufig synonym verwendet. Da das Gebäude nicht Betrachtungsgegenstand der strategischen Leistungsplanung ist, erfolgt hier eine Fokussierung auf die Produktion als den Oberbegriff für Fertigung und Montage. Für die vorliegende Arbeit wird der Schwerpunkt auf die Planung der Fertigung und automatisierte Montagebereiche gelegt, da hier die Planungszyklen am längsten sind.

2.3.2 Erfolgspotenziale der Produktion

Erfolgspotenziale, die gleichzeitig die Gestaltung der Produktion maßgeblich beeinflussen, sind in den Faktoren Produkt, Technologie, Personal, Kapital sowie der Produktionstechnik zu sehen [vgl. BEA/HAAS 2005, S.115]. Der Faktor Kapital bildet die Grundlage für die Investitionen, die zur Gestaltung der Produktion nötig sind. Er wird damit erst mittelbar bei der Umsetzung der Produktionsstrategie relevant und beeinflusst Kapazitäts- und Fertigungstiefenstrategie. Der Erfolgsfaktor Personal wird im Rahmen der Methodenentwicklung ausgeklammert, da er im Gegensatz zu technologischen Aspekten eine eigene Herangehensweise zur Bildung und Aufrechterhaltung benötigt. Eine diesem Themenaspekt angemessene Behandlung würde die Komplexität der Betrachtung stark erhöhen und den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Für die weiteren Ausführungen wird davon ausgegangen, dass das erforderliche Personal in Qualifikation und Quantität seitens des Personalmanagements rechtzeitig bereitgestellt wird. Eine differenzierte Betrachtung der im Kontext dieser Arbeit relevanten Leistungspotenziale Produkt, Technologie und Produktionstechnik erfolgt in den folgenden Unterkapiteln.

2.3.2.1 Produkte

Neben einer Vielzahl unterschiedlicher allgemeinwissenschaftlicher Definitionen des Begriffes „Produkt“ kann das Produkt in produktionswirtschaftlicher Sicht definiert werden als die „final angestrebte Ausbringungsgröße eines ökonomischen Produktionsprozesses innerhalb eines Betriebes, die geeignet ist, die Bedürfnisse Dritter zu befriedigen“ [CORSTEN 2000, S.12]. Produkte sind demnach alle Güter, die produziert werden [SPUR/KRAUSE 1997, S.2 und die dort zitierte Literatur]. Produkte können dabei sowohl materieller als auch immaterieller Natur sein als auch jegliche Mischform dieser beiden Aspekte darstellen [vgl. FANDEL 2005, S.32]. Im Betrachtungsbereich dieser Arbeit stehen die materiellen Güter bzw. die materiellen Wertanteile bei Mischformen, zu deren Herstellung Produktionsleistung erforderlich ist.

Des Weiteren werden angesichts der Eingrenzung auf den Maschinen- und Anlagenbau im Folgenden nur End- und Zwischenprodukte im Sinne von technischen Investitionsgütern betrachtet. Diese weisen in der Regel eine hohe technische und strukturelle Komplexität auf. Die Herstellung dieser Güter ist mit einem mehrstufigen Produktionsprozess verbunden, in dem unterschiedlichste Maschinen- und Anlagentechnik zum Einsatz kommt und in den immer häufiger externe Partner zur Erzeugung diverser Vorleistungen einbezogen werden. Veränderungen bei solchen Produkten, vor allem wenn mehrere parallel auftreten, haben dadurch vielschichtige, komplexe Auswirkungen in der Produktion. Für die Erfassung dieser Auswirkungen reichen intuitive Vorgehensweisen nicht mehr aus. Eine systematische Herangehensweise wie die in dieser Arbeit zu entwickelnde verspricht größere Transparenz.

Die Gesamtheit aller Produkte, die ein Unternehmen am Markt anbietet, wird im Produktprogramm bzw. der Produktpalette zusammengefasst. Im Gegensatz zum Produktionsprogramm geben diese keinen Aufschluss über zu fertigende Mengen. Sie beziehen sich rein auf die Positionierung des Unternehmens am Markt (WAS wird angeboten?). Ein Produktprogramm ist durch seine Tiefe und Breite charakterisiert. Unter der Tiefe eines Produktprogramms ist der Anteil des geplanten Fertigungsprogramms (d.h. Enderzeugnisse, Baugruppen und wichtige Teile), der im eigenen Unternehmen hergestellt wird, zu verstehen. Unter der Breite des Produktprogramms dagegen versteht man die Anzahl unterschiedlichen Produkttypen, die in einem Unternehmen gefertigt wird. Ände-

ungen im Produktprogramm, die Teil des strategischen Entscheidungsprozesses sind, lassen sich in drei Gruppen aufteilen: Modifikation, Elimination, Innovation [vgl. SCHNEEWEIß 2002, S.128f].

Den Ausgangspunkt für die Gestaltung der zugehörigen Produktion bildet die Produktgestalt. „Die Abstimmung der Produktstruktur mit den Unternehmensprozessen hat eine möglichst effektive Nutzung der Ressourcen zu gewährleisten. Um jedoch nicht nur evolutionäre, sondern revolutionäre Verbesserungen erreichen zu können, ist basierend auf der marktgerechten Produktstruktur strategisch zu planen“ [vgl. SCHUH 2001, S.77; siehe auch RAPP 1999, S.96ff].

Die Produktstruktur bzw. Produktgestalt fordert bestimmte Fertigungs- Montage- und Prüftechnologien und -techniken zur Herstellung relevanter Produkteigenschaften ein. Die folgende Abbildung 2-8 untermauert diese Aussagen durch die Darstellung der wichtigsten Verknüpfung der Produktgestalt mit den wesentlichen Planungsfeldern der Produktionsplanung:

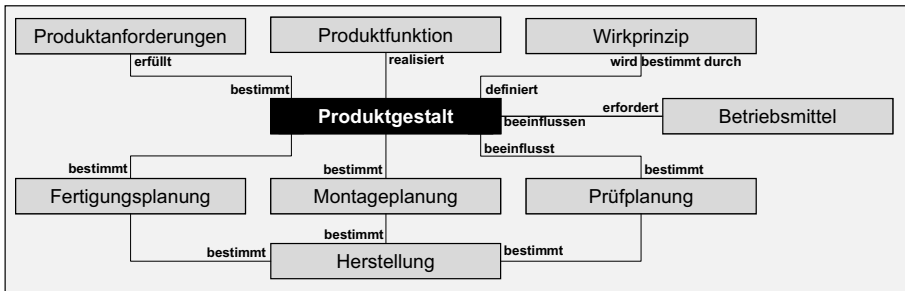


Abbildung 2-8: Produktgestalt als zentrales Element [vgl. SCHMITT 1993, S.100]

Das Produkt in seiner Gestalt und Menge ist somit als Ausgangspunkt der strategischen Planung von Produktionsstrukturen zu berücksichtigen.

2.3.2.2 Technologie, Technik und Technologie-Innovation

Technologie ist die „Wissenschaft von der Technik“ oder „Wissenschaft von den technologischen Produktionsprozessen“. „Formal betrachtet sind Technologien Aussagesysteme über Ziel-Mittel-Relationen, mit anderen Worten: es sind Vorschriften über die Bereitstellung von Mitteln, mit denen eine bestimmte Wirkung erzielt werden soll“ [BULLINGER 1994, S.32]. Unter dem Begriff der Technologie wird ferner im Allgemeinen das Wissen über naturwissenschaftlich-technische Wirkungszusammenhänge zur Lösung technischer Probleme verstanden [vgl. WOLFRUM 1994, S.4].

Der Begriff Technologie weist eine Vielzahl unterschiedlicher Dimensionen auf. Eine Klassifizierung kann folgender Morphologie entnommen werden (vgl. Abbildung 2-9). Der Begriff der Technik hingegen steht für vom Menschen erzeugte Gegenstände (Artefakte), für deren Herstellung durch den Menschen und auch für deren Benutzung im Rahmen zweckorientierten Handelns [vgl. BULLINGER 1994, S.32]. In einer engeren Fassung des Begriffs der Technik werden die in Produkten und Verfahren zur praktischen Problemlösung materialisierten Technologieanwendungen als Technik bezeichnet [GERPOTT 2005, S.18].

Klassifikationskriterium	Ausprägung		
Wettbewerbsstrategisches Potential	Schrittmachertechnologie	Schlüsseltechnologie	Basistechnologie
Verwendung	Produkt	Produktionsmittel	Managementwerkzeug
Technologiestruktur	Systemtechnologie		Komponententechnologie

Abbildung 2-9: Morphologie des Technologiebegriffs [In Anlehnung an MIEKE 2006, S.5, BULLINGER 1994, S.42]

Eine einheitliche Definition der Begriffe Technologie und Technik ist weder in der früheren noch in der aktuellen Literatur zu finden. Im weiteren Verlauf soll daher folgende Abgrenzung gelten:

Technologie: Ist das implizite und explizite Wissen über natur-, sozial- und ingenieurwissenschaftliche Erkenntnisse zur gleichartigen Lösung technischer Problemstellungen in Produkten, Prozessen und Systemen.

Technik: Beschreibt die Umsetzung von technologischen Prinzipien in konkreten Fertigungsprozessen, -maschinen und -anlagen sowie in Produkten und deren Komponenten.

Ein technisches System, gleich ob in Form eines Produkts oder einer Produktionstechnik, ist immer durch beide Aspekte charakterisiert. Die Konkrete als Technik bezeichnete Umsetzung technologischer Grundlagen kann dabei wie folgt gegliedert werden:

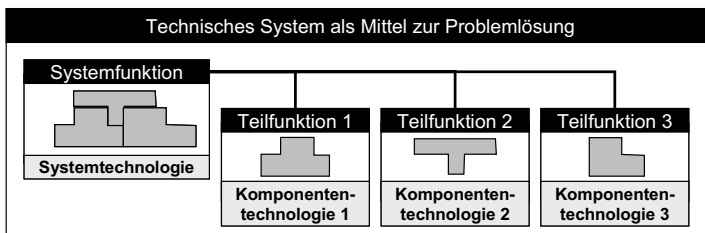


Abbildung 2-10: Beschreibung eines technischen Systems mittels System- und Komponententechnologie [vgl. WETTENGL 1999, S.20]

Entsprechend der obigen Abbildung ist ein Technisches System abgebildet durch eine Systemfunktion die durch Teilfunktionen realisiert wird. Zur Realisierung der Funktionen kommen hierbei Lösungsprinzipien im Sinne einer Technologie zum Einsatz, die in die Ebenen System- und Komponententechnologie untergliedert werden können. Die Systemtechnologie gibt dabei Aufschluss darüber wie die Komponententechnologien zusammengeführt werden.

Eine weitere Eigenschaft von Technologien die es zu beschreiben gilt ist ihr Lebenszyklus. Dieser ist wissenschaftlich beschrieben durch das Konzept der Technologie-S-Kurve [vgl. BULLINGER 2002]. Der Lebenszyklus ist hier in drei Phasen unterteilt, korrespondierend zum Wettbewerbs-technischen Potenzial der Technologie (vgl. Abbildung 2-9).

Neue Technologien sind beschrieben durch den Begriff der Innovation. Technologie-Innovationen werden dabei entsprechend der S-Kurven Phasen unterteilt in Inventionen (Entwicklung einer Technologie bis zur industriellen Anwendung) sowie Innovation & Diffusion (Übergang der Techno-

logie auf den Markt und Verdrängen konventioneller Technologien) [vgl. MARTINI 1995, S.19]. Für die weiteren Ausführungen der Arbeit soll die Phase der Invention ausgeblendet und unter Technologie-Innovationen die Phasen der Innovation und Diffusion verstanden werden. Ferner werden alle noch nicht im Unternehmen eingesetzten und somit neuen Technologien als Technologie-Innovationen bezeichnet.

2.3.2.3 Produktionstechnik

Technologisches Wissen wird durch die Übersetzung in Produktionstechnik für die Herstellung von Produkten nutzbar gemacht. Der Begriff der Produktionstechnik wird in der Folge gleich gesetzt mit Betriebsmitteln in Form von Maschinen und Anlagen zur Ausführung von Fertigungs- bzw. Montageoperationen.

Zur gezielten Beeinflussung der Produktion im Sinne der eingesetzten Produktionstechnik ist es notwendig, die Faktoren ausfindig zu machen, die der Quell ihres Erfolgspotenzials sind. Als strategische Erfolgsfaktoren in der Produktion im Sinne von Fertigung gelten allgemein die folgenden Aspekte [BEA/HAAAS 2005, S.116]:

- Kapazität der Fertigungsanlagen
- Leistungsgrad der Fertigungsanlagen
- Flexibilität der Fertigungsanlagen
- Fertigungstiefe
- Kostenstruktur.

Leistungsgrad, Flexibilität und zum Teil auch Kapazität der Fertigungsanlagen werden von dem Faktor Technologie beeinflusst. Die aufgrund der anvisierten Produktionsleistung erforderliche Ausstattung an Betriebsmitteln nach Art, Menge und technologischem Entwicklungsstand der Anlagen beeinflusst dabei die Kostenstruktur (Fixkostenanteil bzw. Maschinenstundensätze).

Mit der Fertigungstiefe wird bestimmt, welcher Teil des Produktprogramms im eigenen Haus produziert, und welcher von Lieferanten abgedeckt wird. Sie beeinflusst, welche Anlagen aus wirtschaftlichen Gründen und zur Bildung strategischer Kernkompetenzen im Hause vorgehalten werden [vgl. ZÄPFEL 2000b, S.132f]. Eine geschickte Gestaltung der Fertigungstiefe kann die Flexibilität und die Kostenstruktur (vor allem der Anteil an Fixkosten) sehr positiv beeinflussen. Eine wirtschaftliche Leistungserstellung wird daher zu einem großen Teil auch von der Fertigungstiefe bestimmt. Die Fertigungstiefe wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit insofern betrachtet, als es möglich sein soll, verschiedene Varianten der Fertigungstiefe abzubilden, um darunter die wirtschaftlichste auszuwählen.

Eine bestimmte Kapazität verbunden mit einer bestimmten Belastung bestimmt die logistische Leistungsfähigkeit eines Systems [vgl. NYHUIS/WIENDAHL H.-P. 2003]. Je mehr Kapazität vorhanden ist, desto leichter ist tendenziell die Einhaltung logistischer Ziele. Eine Überdimensionierung der Produktion bedeutet jedoch eine erhebliche Kapitalbindung, die in keinem Verhältnis mehr zur Erhöhung der logistischen Zielerreichung mehr steht. Daher muss eine Methode zur strategischen Leistungsplanung auch sicherstellen, dass zum jeweiligen Zeitpunkt ausreichende, aber nicht überdimensionierte Kapazität im Sinne von Produktionsstunden vorhanden ist. Entsprechend der Zielsetzung, im Rahmen der strategischen Leistungsplanung Planungsvarianten vergleichen zu können, sollte die Methode auch verschiedene Kapazitätsszenarien vergleichen können. Die

konkrete logistische Positionierung der Produktion wird als der strategischen Leistungsplanung nachgelagerte Aufgabe gesehen und daher nicht weiter betrachtet.

Art, Menge und der Entwicklungsstand der Anlagen sind somit als kritische Erfolgsfaktoren einzuordnen. Mit der Fertigungstiefe ist zudem ein organisatorisches Thema und mit den Kostenstrukturen ein Wirtschaftlichkeitsaspekt repräsentiert. Diese erfolgskritischen Eigenschaften der Produktion gilt es bei der Leistungsgestaltung von Produktionsstrukturen zu berücksichtigen.

Zusammenfassend wurden als die wesentlichen Erfolgspotenziale einer Produktion die eingesetzten und beherrschten Technologien, die Produkte, die den Rahmen setzen, und die Produktionstechnik (Maschinen und Anlagen) mit einer bestimmten Fertigungstiefe und Kapazität als Füllung dieses Rahmens beschrieben. Diese sind im Rahmen der Methode zur strategischen Leistungsplanung entsprechend zu berücksichtigen.

2.3.3 Direkte und indirekte Leistungsprozesse im Produktionssystem

Im Kern der Produktion steht der eigentliche Herstellungsprozess als der offensichtliche Wertschöpfungsprozess. In einem industriellen Unternehmen im Gegensatz zu einem handwerklichen Betrieb kann dieser jedoch nur wirtschaftlich gestaltet und aufrecht erhalten werden, wenn er durch bestimmte Fachbereiche technisch, organisatorisch und personell unterstützt wird. In einem Industrieunternehmen sind daher um die Produktion eine Reihe typischer unterstützender Prozesse anzutreffen. Hierzu gehören Arbeitsvorbereitung, Qualitätssicherung, Logistik, Vorrichtungsbau, Instandhaltung, Disposition, Fertigungssteuerung, etc. [vgl. SCHENK/WIRTH 2004, S.94ff; WILDEMANN 1998, S.48]. Je nach Unternehmensgröße wird hier eine mehr oder weniger starke weitere Differenzierung in organisatorische Untereinheiten anzutreffen sein.

WESTKÄMPER *et al.* unterscheiden in diesem Zusammenhang im Sprachgebrauch des Prozessmanagements zwischen Haupt- und unterstützenden Prozessen [WESTKÄMPER *et al.* 2000, S.23]. Gerade mit Bezug zur Produktion findet sich jedoch häufiger die Unterscheidung in direkt und indirekt wertschöpfende Bereiche. Während der eigentliche Herstellungsprozess als direkt wertschöpfend bezeichnet wird, gelten die zu seiner Unterstützung dienenden Bereiche als indirekte Bereiche. In Unterscheidung zu administrativen Bereichen oder Entwicklungsbereichen wird hier häufig auch von produktionsnahen indirekten Bereichen gesprochen, einer Bezeichnung, der in dieser Arbeit im Sinne einer präzisen Ausdruckweise gefolgt werden soll. Die produktionsnahen indirekten Bereiche dienen also der Unterstützung der direkt wertschöpfenden Produktion. Damit liegt nahe, dass ihr Leistungsangebot der Nachfrage seitens der Produktion entsprechen muss. Eine bestimmte Menge und Struktur der Produktionsleistung erfordert also eine bestimmte Leistungsstruktur der produktionsnahen indirekten Bereiche. Da technisches und technologisches Know-How knapp ist und teilweise erst in Verbindung mit der Einführung neuer Technologien aufgebaut wird bzw. werden kann, lohnt es sich, auch den Leistungsbedarf produktionsnaher indirekter Bereiche in die strategische Betrachtung zur Gestaltung der Produktionsleistung mit aufzunehmen. Dementsprechend wird eine Betrachtung und Bewertung verschiedener Leistungsszenarien im Hinblick darauf vorzunehmen sein.

2.4 Leistungsplanung der Produktion

Für ein tieferes Verständnis der strategischen Leistungsplanung der Produktion wird im Folgenden zunächst eine Klärung des Begriffs der Leistung in Produktionssystemen vorgenommen, um anschließend die Definition und Aufgaben der strategischen Leistungsplanung abzuleiten.

2.4.1 Leistung im Kontext eines Produktionssystems

Um Aussagen zur Planung der Leistung in Produktionsstrukturen treffen zu können, bedarf der Begriff der „Leistung“ zunächst einer Definition im Kontext eines Produktionssystems. Neben der begrifflichen Klärung ist die Verbindung mit qualitativen und quantitativen Messgrößen notwendig.

Die Naturwissenschaften definieren Leistung als den Quotienten aus Arbeit und Zeit ($\text{Leistung} = \text{Arbeit}/\text{Zeit}$), wobei der Faktor Arbeit durch das Produkt von Kraft und Weg ($\text{Arbeit} = \text{Kraft} \times \text{Weg}$) beschrieben ist [vgl. BECKER 1998, S.41]. Leistung wird somit als Arbeitseinsatz in einem bestimmten Zeitraum verstanden. Die betriebswirtschaftliche Literatur definiert die (betriebliche) Leistung als „das (gelungene) Ergebnis eines betrieblichen Erzeugungsprozesses“ [GABLER 1997, S.2431f] und stellt damit das Ergebnis des Arbeitseinsatzes heraus. Bei den Definitionen der Leistung aus dem betriebswirtschaftlichen Bereich tritt die wirtschaftliche Perspektive hinzu. So wird Leistung hier auch als „bewertete sachzielbezogene Gütererstellung“ definiert und den entstanden Kosten gegenübergestellt [vgl. COENENBERG et al. 2007, S.24; BECKER 1998, S.69]. Der Begriff der Leistung, verstanden als Arbeitseinsatz, wird also um eine ergebnis- und wertmäßige Betrachtung ergänzt und den entstandenen Kosten gegenüber gestellt.

In Bezug zu wandlungsfähigen Produktionssystemen definiert *WIENDAHL* den Begriff der Produktionsleistung wie folgt: Unter der Produktionsleistung werden sämtliche technisch-logistischen Funktionen der Auftragsabwicklung zusammengefasst. Diese umfassen die Betriebsmittel, die Aufbau- und Ablauforganisation, die Mitarbeiter sowie die Gebäude, das Fabrikgrundstück und bei mehreren Standorten gegebenenfalls auch das Produktionsnetz [vgl. WIENDAHL, H.-P. 2002, S.125].

Fasst man die naturwissenschaftlichen Definitionen der Leistung mit denen der Betriebswirtschaft und des Produktionsmanagements zusammen, sind unter der Produktionsleistung sowohl die Fähigkeit im Sinne eines Potenzials als auch der Prozess und das Ergebnis der zur Befriedigung der Marktleistung notwendigen Aktivitäten eines Produktionssystems zu verstehen. Um die Leistung (im Sinne eines vom Markt geforderten Outputs – Leistung als Ergebnis) zu erbringen, bedarf es zunächst einer entsprechenden Leistungsfähigkeit der Strukturen (Leistungspotenzial). Das Leistungspotenzial stellt dabei eine passive Größe dar, die keine Aussage über die Effizienz und Effektivität erlaubt, mit der die „Leistung als Ergebnis“ erbracht wird. Diese Aufgabe kann dagegen die Betrachtung des Aspektes „Leistung als Arbeitseinsatz“ erfüllen. Dieser Aspekt des Leistungsbegriffes erfasst die Ausnutzung des Leistungspotenzials durch den Transformationsprozess. Ferner lässt sich damit die Veränderung der Effizienz und Effektivität der Anwendung des Transformationsprozesses bestimmen, die vorrangig durch organisationales Lernen [vgl. ARGYRIS 1999] getragen wird (vgl. Abbildung 2-11).

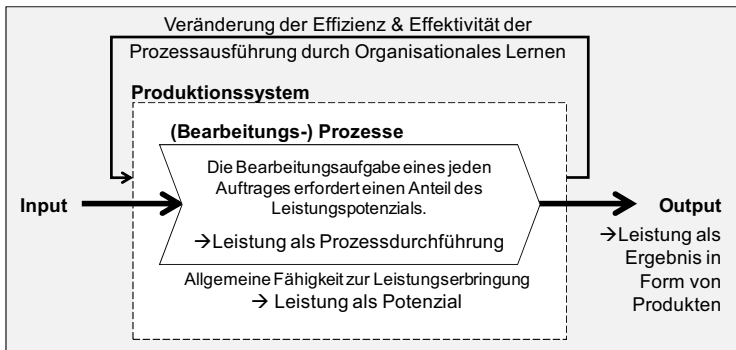


Abbildung 2-11: Aspekte des Leistungsbegriffes [eigene Darstellung]

Die Leistungsplanung der Produktion hat somit alle drei Aspekte des Leistungsbegriffs zu berücksichtigen. Ausgehend von einem geforderten Output sind die Ressourcenausstattung der Produktion, sowie der in den Ressourcen zu betreibende Aufwand zu planen. Damit wird zum einen ableitbar, welche Ressourcen notwendig sind, aber auch welcher Aufwand in ihnen betrieben werden muss, um ein bestimmtes Produktprogramm zu fertigen. Aus diesen Informationen lassen sich zum einen die notwendigen Investitionen in Produktionsressourcen, sowie die daraus resultierenden Kostenstrukturen ableiten. Zum anderen können die auf Grund des zu betreibenden Aufwandes zur Herstellung der Produkte zu erwartenden Herstellkosten kalkuliert werden.

Um den drei Komponenten der Leistung (Potenzial, Arbeitseinsatz und Ergebnis) entsprechende Messgrößen zuordnen zu können, wird in den folgenden Abschnitten eine genauere Betrachtung der Komponenten unter dem Fokus bestehender Beschreibungsgrundsätze vorgenommen.

2.4.1.1 Leistungspotenzial und Kapazität

Das Leistungspotenzial von Ressourcen wird auch mit dem Begriff der Kapazität bezeichnet. Beide Begriffe werden im herkömmlichen Sprachgebrauch trotz inhaltlicher Unterschiede häufig synonym verwendet, so dass für die weitere Verwendung im Rahmen dieser Arbeit eine Klärung erforderlich ist. Eine der ersten Arbeiten, die eine Klammer um eine Vielzahl von Ansätzen zur Beschreibung der Kapazität darstellt ist die Habilitationsschrift von *KERN*. Nach *KERN* ist die Kapazität produktionswirtschaftlicher Systeme definiert als „das Leistungsvermögen einer wirtschaftlichen oder technischen Einheit – beliebiger Art, Größe und Struktur – in einem Zeitabschnitt“ [*KERN* 1962, S.27].

Ergänzend zu dieser grundlegenden Definition aus betriebswirtschaftlicher Sicht sind aus dem Feld der Arbeitswirtschaft besonders die Veröffentlichungen von *REFA* hinzu zu ziehen. Darin wird der Kapazitätsbegriff um die Betrachtung unterschiedlicher Ressourcenobjekte und deren Fähigkeiten erweitert. Neben der Kapazität als Eigenschaft des Systems werden bei *REFA* die Ressourcen eines Produktionssystems selbst als Kapazitäten bezeichnet. Nach *REFA* gelten Mensch und Betriebsmittel (= Ressourcen) dann als Kapazitäten, wenn ihre zeitliche Verfügbarkeit zur Erfüllung von Aufgaben betrachtet wird. Die Kapazitäten eines Arbeitssystems dienen dabei der Durchführung bestimmter Aufgaben und werden qualitativ und quantitativ beschrieben. Die qualitative Kapazität des Menschen ist durch sein Leistungsangebot gegeben, die qualitative Kapazität von Betriebsmitteln und Betriebsstätte durch ihr Leistungsvermögen. Die quantitative Kapazität ist be-

schrieben durch die Anzahl von Menschen oder Betriebsmitteln, durch den Zeitpunkt oder Termin und durch die Dauer und gegebenenfalls den Ort des Einsatzes. [vgl. REFA 1991, S.180f]

Die Morphologie des Begriffes „Kapazität“ in Abbildung 2-12 fasst die wichtigsten Aspekte zusammen:

Kapazität	Beschreibung	
	Quantitativ	•Mengenmäßiges Leistungsvermögen in einem Zeitabschnitt
	Qualitativ	•Art und Güte des Leistungsvermögens
	Abgrenzung	
	Periodenbezogen	•Zeitspanne, über die aggregiert werden soll
	Funktional	•Art der Ressource (Mensch, Betriebsmittel) •Art des Unternehmensprozesses (Produktion, Beschaffung, indirekte Bereiche, ...)
	Räumlich	•Einheit, die betrachtet werden soll (Fabrik, Produktionssystem, ...)

Abbildung 2-12: Morphologie des Kapazitätsbegriffs [eigene Darstellung in Anlehnung an CORSTEN 2000 und REFA 1991]

Die vorangegangenen Ausführungen zur Kapazität lassen erkennen, dass die Kapazität eines Systems als theoretisches Leistungsangebot (Leistungspotenzial) verstanden werden kann. Der Begriff beschreibt dabei in qualitativer und quantitativer Art die zur Produktion zur Verfügung stehenden Betriebsmittel. Das quantitative Leistungsangebot wird auf Ebene eines Produktions-segments im Wesentlichen durch externe Rahmenbedingungen und Regelungen der Betriebs- und Arbeitsorganisation sowie durch interne Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen begrenzt. Die maximale theoretisch verfügbare installierte Kapazität ($K_{\max, \text{verf}, \text{theor}}$) in Stunden berechnet sich daher wie folgt:

$$K_{\max, \text{verf}, \text{theor}} = BKT * S * h_s * N \quad (1)$$

$K_{\max, \text{verf}, \text{theor}}$	... maximale theoretisch verfügbare installierte Kapazität
BKT	... Betriebskalender Tage
S	... Anzahl der Schichten pro BKT
h_s	... Arbeitsstunden pro Schicht
N	...Anzahl paralleler Stationen

Dabei ist zu berücksichtigen, dass die maximal mögliche Einsatzzeit eines Betriebsmittels durch kapazitätsmindernde Störungen (z.B. Maschinenausfälle) verringert wird. So ist die verplanbare Einsatzzeit eines Mitarbeiters durch Störungen und ablaufbedingte Unterbrechungen in der Regel geringer als die persönliche Arbeitszeit. Schließlich kann ein Zeitgrad berücksichtigt werden, der den Einfluss der Intensität der Arbeitsabläufe auf die effektive Durchführungszeit beschreibt [vgl. NYHUIS/WIENDAHL, H.-P. 2003, S.20]. Die obere Kapazitätsgrenze eines einzelnen Arbeitssystems ist damit bestimmt durch den restriktiven Kapazitätsfaktor (Betriebsmittel oder Personal).

$$K_{\max, \text{verf}} = \min\{BKAP_v; PKAP_n\} \quad (2)$$

$K_{\max, \text{verf}}$...Maximal verfügbare Kapazität [Std/Periode]
 $BKAP_v$...Verfügbare Betriebsmittelkapazität [Std/Periode]
 $PKAP_n$...Nutzbare Personalkapazität [Std/Periode]

Parallel zu der zeitorientierten Definition der Kapazität findet sich auch eine ausstoßbezogene Definition. Diese ausstoßbezogene Definition der Kapazität nutzt als Kennzahl in der Regel die Ausbringungsmenge pro Zeiteinheit [vgl. CORSTEN 2000, S. 13 und die dort zitierte Literatur]. Bereits KERN formuliert die folgende betriebswirtschaftliche Kapazitätsgleichung [vgl. KERN 1962, S.27]:

$$\text{Kapazität} = \text{Kapazitätsquerschnitt} * \text{mögliche_Leistungsgeschwindigkeit} \quad (3)$$

Im Kontext produktionswirtschaftlicher Systeme wird der Kapazitätsquerschnitt durch die Anzahl paralleler Maschinen und Anlagen bzw. Arbeitsplätze bestimmt, während die mögliche Leistungsgeschwindigkeit (auch als Leistungsintensität bezeichnet) ein Maß für die Anzahl der Teile ist, die eine Station im festgelegten Zeitabschnitt zu bearbeiten in der Lage ist [vgl. KERN 1962, S.27]. Die Leistungsgeschwindigkeit, verstanden als der mögliche Output in Teilen, findet sich bei WIENDAHL im Zusammenhang mit der Theorie der Betriebskennlinien unter dem Begriff der Mittleren Kapazität wieder [vgl. WIENDAHL, H.-P. 1997a, S.103], wobei der mögliche Abgang eines Systems durch Art und quantitativen Umfang sowie den Produktmix der zu fertigenden Teile beeinflusst wird:

$$K_m = \frac{AM}{P} \quad (4)$$

K_m ... Mittlere Kapazität in einem Bezugszeitraum
 AM ... Möglicher Abgang in der Periode P
 P ... Anzahl der Tage in Periode P

Für den weiteren Verlauf der Arbeit wird die Kapazität eines Systems somit als die theoretische Größe im Sinne eines Leistungspotenzials verwendet. Die maximal verfügbare Kapazität gibt an, welche Leistung (abrufbare Zeiteinheiten je Periode) bei Berücksichtigung restriktiver Kapazitätsfaktoren und technischen wie organisatorischen Verlusten abgerufen werden kann.

2.4.1.2 Leistung als Arbeitseinsatz

Eine Formalisierung von Leistung als Arbeitseinsatz/Prozessdurchführung nimmt unter anderem WIENDAHL vor. Die mittlere Leistung eines Produktionssystems ist dabei bestimmt durch den in Stunden gemessenen Arbeitsinhalt der Aufträge, die in einem festgelegten Untersuchungszeitraum das System durchlaufen haben. [vgl. WIENDAHL, H.-P. 1997, S.102]

$$L_m = \frac{AB}{P} \quad (5)$$

L_m ... Mittlere Leistung [Std./BKT]
 AB ... Arbeitsinhalt bearbeiteter Aufträge innerhalb eines Zeitraums [Std.]
 P ... Untersuchungszeitraum [BKT]

Der Arbeitsinhalt der zu bearbeitenden Aufträge kann indes gleichgesetzt werden mit den dazu notwendigen Maschinenstunden oder Arbeitsstunden der Mitarbeiter [vgl. WIENDAHL, H.-P. 2002,

S.125]. Die Bestimmung des Arbeitsinhalts bearbeiteter Aufträge innerhalb eines Zeitraums kann entweder im Vorfeld der Ausführung rechnerisch ermittelt oder im Nachhinein aus den Informationssystemen der Fertigung entnommen werden. Eine rechnerische Ermittlung des Arbeitsinhalts je Auftrag ist mit den Methoden der Zeitwirtschaft (MTM und REFA) möglich. Der Arbeitsinhalt, der auch als Belegungszeit für einen Auftrag bezeichnet wird, errechnet sich dabei nach REFA wie folgt [vgl. REFA 1991, S.226]

$$T_{bB} = t_{rB} + m * t_{eB} \quad (6)$$

T_{bB}	...Belegungszeit für einen innerhalb der Periode durchzuführenden Auftrag
t_{rB}	...Betriebsmittel-Rüstzeit
m	...Anzahl der Teile je Auftrag
t_{eB}	...Betriebsmittel-Ausführungszeit

Zu berücksichtigen ist dann auch die mit dem Begriff der Leistungsintensität beschriebene Geschwindigkeit, mit der die Betriebsmittel betrieben werden [vgl. KALUZA 1994, S.56f]. Die Leistungsintensität wirkt sich in der obigen Formel auf die Betriebsmittel-Ausführungszeit aus.

Die nachgelagerte Bestimmung des Arbeitsinhalts anhand realer Betriebsdaten erfolgt durch die Ermittlung der tatsächlichen Start- und Endtermine des einzelnen Auftrags an einer Arbeitsstation. Berücksichtigt werden muss dabei lediglich, dass es sich hierbei nicht um die reine produktive Bearbeitungszeit handelt, sondern auch technische Verluste durch Maschinenausfälle in diesen Zeiten enthalten sind. Direkte Quellen für diese Informationen stellen MDE/BDE-Systeme dar. Die Informationen können jedoch auch dem PPS, ERP oder MES-System eines Unternehmens entnommen werden.

Die Kennzahl für Leistung als Arbeitseinsatz an einem bestimmten Arbeitssystem ist der in Stunden ausgedrückte Aufwand pro Betrachtungsperiode. Dieser Zeitaufwand kann mit Maschinenstunden- oder Personalkostensätzen multipliziert werden und gibt damit Aufschluss über die zur Erbringung der Leistung anfallenden Kosten.

2.4.1.3 Leistung als Ergebnis

Die Leistung eines Produktionssystems im Sinne des Ergebnisses des Transformationsprozesses kann schließlich durch den Abgang an Teilen je Zeitperiode definiert werden.

Der Output kann im Nachhinein den BDE- oder MDE-Daten sowie den Buchungen im ERP, PPS oder MES entnommen werden. Eine Berechnung des Wertes durch Aufsummieren der Vorgabezeiten je Auftrag ist im Zuge der Produktionsplanung und -steuerung möglich. Analog zur Kapazität (Leistungspotenzial) kann der Ausstoß (tatsächliche Leistung) sowohl nach Art und Güte als auch nach Menge bewertet werden. Auch die tatsächliche Leistung wird einerseits in Zeiteinheiten (meist Stunden) und andererseits in Stück angegeben. Sind ausstoßbezogene Größen nicht ermittelbar, können nach CORSTEN alternativ Maßstäbe aus der Betrachtung der Leistung als Arbeitseinsatz herangezogen werden. Dazu zählen Bezugsgrößen wie die Maschinenstunden oder die verbrauchte Werkstoffmenge [vgl. CORSTEN 2000, S. 13 und die dort zitierte Literatur]. Die Anwendung der Maßeinheiten richtet sich nach dem Betrachtungsgegenstand. Wichtig ist neben der Durchgängigkeit der Verwendung die Feststellung, dass es sich bei einer Kapazität immer um lediglich mögliche Leistung handelt, während „Leistung“ die Wirklichkeit der Ausnutzung des Leistungspotenzials beschreibt.

Leistung als Ergebnis wird ebenso wie Leistung als Arbeitseinsatz für betriebswirtschaftliche Zwecke bewertet. Die Bewertung des Ergebnisses erfolgt klassisch auf Basis der eingesetzten Faktoren und damit auch der eingesetzten Leistung, dient zur Preisfestlegung und für den Ansatz in der Bilanz.

2.4.1.4 Definition der Produktionsleistung und der strategischen Leistungsplanung

Die in den vorangegangenen Abschnitten dargestellten Teilaspekte des Begriffs der Leistung eines Produktionssystems werden in der folgenden Abbildung 2-13 zusammengefasst. Ferner werden aus den drei Teilaspekten des Leistungsbegriffs die Aufgaben einer Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen abgeleitet.

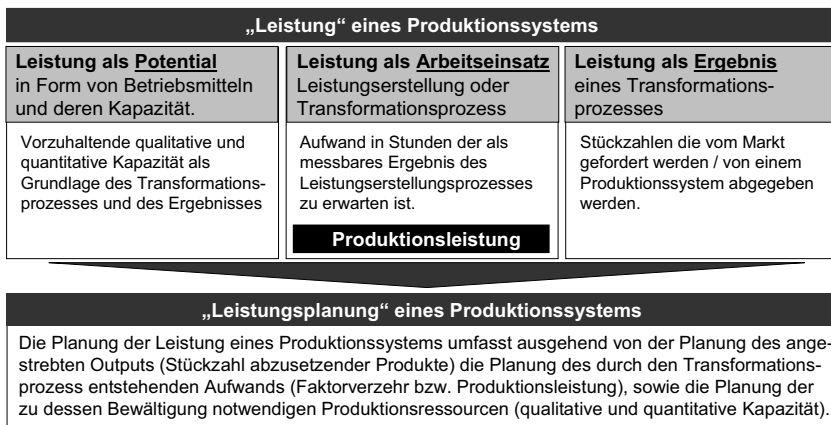


Abbildung 2-13: Komponenten des Leistungsbegriffs in der Produktion und Definition der Leistungsplanung [eigene Darstellung]

Gestaltungsobjekt der Leistungsplanung ist somit die Struktur (Art und Anzahl) der zur Erstellung des geplanten Ausstoßes notwendigen Betriebsmittelausstattung. Diese gilt es basierend auf einer Prognose des Leistungsbedarfs (Leistung als Arbeitseinsatz, im Folgenden als Produktionsleistung bezeichnet) zu planen. Als Rahmenbedingungen für die Prognose des Leistungsbedarfs fließen neben dem aus dem Produktprogramm geplanten Ausstoß (Leistung als Ergebnis) Überlegungen zur Produktionsstrategie, technologische sowie wirtschaftliche Überlegungen ein. Die Größe „Leistung als Ergebnis“ geht in diesen Planungsprozess als Input ein und stellt das vom Markt geforderte Mengengerüst dar.

Die strategische Leistungsplanung lässt sich zusammenfassend als eine Teilplanung der strategischen Bedarfsplanung definieren, die aus dem prognostizierten Absatz über die erforderliche Leistungsmenge in Stunden den Bedarf an Betriebsmitteln bestimmt. Mit der zu entwickelnden Methode soll eine schlüssige Lösung gefunden werden, unter Nutzung von Szenarien genau diesen Bedarf zu prognostizieren. Neben den durch den langfristigen Betrachtungshorizont bedingten Unsicherheiten, gilt es sowohl bekannte, als auch neue Produkte und Produktionstechnologien und -techniken zu berücksichtigen.

2.4.2 Kontinuierliche und diskontinuierliche Einflussfaktoren

Die Leistung einer Produktion im Sinne der Kapazität bzw. des Arbeitseinsatzes kann durch verschiedene Maßnahmen beeinflusst werden. *BERTLING* unterscheidet hier zwischen kontinuierlich und diskontinuierlichen Veränderungen der Produktion [vgl. *BERTLING* 1994, S.8f].

Kontinuierlich wirkende Aktivitäten haben eine stetige Leistungsverbesserung der Produktion durch die Beseitigung bzw. Reduzierung von Störungen, technologischen Wartezeiten, Rüstzeiten, Qualitätsmängeln, organisatorischen Mängeln, etc. (kontinuierliche Einflussfaktoren) zur Folge. Diese werden häufig auch mit der Lern- bzw. Erfahrungskurve verbunden. Kontinuierliche Veränderungen der Produktionsleistung können mit bestimmten Werkzeugen des Produktionsmanagements beeinflusst werden. Hierbei handelt es sich um das klassische Industrial Engineering, Qualitätsmanagement, Kaizen oder Six Sigma sowie weitere Ansätze zur Steigerung der Prozessperformance [vgl. *BRENNER/PAULUS* 2005, S. 7ff]. Auch Business Process Reengineering, X-Engineering, Geschäftsprozessoptimierung und kleinere Restrukturierungen zählen hierzu. Planungs- und Steuerungsansätze wie qualitatives Prozessmanagement und Prozesskostenmanagement gehören ebenfalls in diese Gruppe. Die Wirkung kontinuierlicher Einflussfaktoren kann anhand von Erfahrungswerten relativ gut abgeschätzt werden und auf diese Weise in eine strategische Betrachtung Einzug finden. In diesem Sinne sollen solche Einflussfaktoren auch in die Leistungsplanung einfließen.

Andere Maßnahmen wirken diskontinuierlich auf die Veränderung der Produktion, d.h. es handelt sich um diskrete Ereignisse, die die Leistung in einem einzigen Schritt massiv beeinflussen (diskontinuierliche Einflussfaktoren). Diskontinuierliche Veränderungen sind mit einer Einführung neuer Technologien oder neuer Produkte, der Abkündigung alter Produkte und der Veränderung der Fertigungstiefe etc. verbunden. Bei diskontinuierlichen Einflüssen lässt sich die Wirkung nur für jedes Ereignis individuell bestimmen. Im Rahmen der Methode zur strategischen Leistungsplanung müssen daher diese Faktoren ebenfalls individuell berücksichtigt werden.

Es kann somit festgehalten werden, dass kontinuierlich wirkende Einflussfaktoren im Sinne eines kontinuierlichen Verbesserungsprozesses arbeiten und eine Veränderung der Produktionsleistung entlang der aktuellen Technologie-S-Kurve darstellen, während diskontinuierlich wirkende Faktoren den Wechsel der Technologie-S-Kurve zum Ziel haben [vgl. *BERTLING* 1994, S.8].

2.5 Strategische Leistungsplanung und Fabrikplanung

Die Gestaltung der Leistungspotenziale der Produktion ist Aufgabe des Produktionsmanagements und der Fabrikplanung. Die vielfältigen Aufgaben und Entscheidungsfelder dieses Bereichs lassen sich hinsichtlich des zeitlichen Horizons, der Aufgabenbereiche und der zugehörigen Planungsobjekte untergliedern.

2.5.1 Fabrikplanung und Fabrikleistungsplanung

Der Aufgabenkomplex der strukturellen und kapazitiven Gestaltung der Produktion ist in das Aufgabenfeld der Fabrikplanung einzuordnen. Ausgangsbasis der Fabrikplanung ist das Produkt- bzw. das Produktionsprogramm, aus dem sich alle weiteren Planungsgrundlagen ableiten [*KETTNER* et al. 1984, S.6]. Im Wesentlichen stellt der Prozess der Fabrikplanung einen Investitionsprozess mit den Kerninhalten der Erarbeitung wirtschaftlicher Lösungen von Produktionsprozessen und deren rationeller Umsetzung dar. Eine vorausgedachte Produktion, die zeitlich später stattfindende Aktivi-

täten und zu realisierende Projektlösungen gedanklich vorweg nimmt und festlegt, ist wesentlicher Bestandteil der Fabrikplanung. Die erforderliche Planungstiefe, die Aussagekraft der verfügbaren Planungsdaten und Planungsvoraussetzungen sowie die sich im zeitlichen Planungsablauf verändernden Vorgaben und Bedingungen stellen hierbei ein erhebliches Kollisionspotenzial dar. Die Planungstätigkeit ist dadurch in der Praxis durch Unsicherheiten, Änderungen, Abschätzungen, Hochrechnungen, Analysen, Korrekturen und Vergleiche sowie im starken Maße durch das Einbringen von Erfahrung gekennzeichnet [vgl. GRUNDIG 2006, S.10].

Die stetige Marktweiterentwicklung und der beschleunigte technologische Fortschritt haben auch zur Folge, dass sich die Ziele der Produktionsplanung und -optimierung in immer kürzeren Abständen ändern. Planungs- und Optimierungsaufgaben im Bereich der industriellen Produktion werden somit zunehmend komplexer [vgl. WESTKÄMPER 2005a, S.3]. Durch die Beschleunigung der Planungsprozesse verlieren die gestalterischen Prozesse ihren Projektcharakter und werden somit zu einer kontinuierlichen Aufgabe im Rahmen des Tagesgeschäfts. Eine Integration von Fabrikplanung und Fabrikbetrieb ist somit die Folge [vgl. KAPP et al. 2006, S. 49]. Für die zu entwickelnde Methode bedeutet dies, dass sie Impulse aus dem operativen Geschäft verarbeiten können muss, d.h. sie sollte eine Überarbeitung der Planung auf Basis aktueller Daten bzw. Entscheidungen erlauben.

Die Fabrikplanung ist abzugrenzen von der im Folgenden beschriebenen Fabrikleistungsplanung bzw. Leistungsplanung der Produktion. Während die Fabrikplanung alle Aktivitäten von der Standortstrukturplanung über die Gebäudeplanung, die Planung des Layouts, bis hinunter zur Planung der Prozessschritte umfassen kann, bezieht sich die Fabrikleistungsplanung auf einen wesentlich engeren Rahmen. Sie ist gleichzusetzen mit einer kontinuierlichen Planung der Strukturen im Sinne von eingesetzten Technologien bzw. Art und Menge an Betriebsmitteln, der Ressourcen (hier fokussiert auf Betriebsmittel) und Kapazitäten eines Produktionssystems auf Basis des künftig erwarteten Marktbedarfs und des daraus für die Produktion (für diese Arbeit wurde die Betrachtung auf die Fertigung und automatisierte Montagebereiche eingegrenzt) resultierenden Stundenaufwands. Zur Erläuterung der Komponenten und Aktionsparameter der Leistungsplanung soll im Folgenden das Grundmodell der Fabrikleistungsplanung nach *WESTKÄMPER* herangezogen werden (Abbildung 2-14).

Ausgangspunkt der Fabrikleistungsplanung ist die Erfassung der Ist-Daten des aktuellen Systems. Diese Erfassung beinhaltet die Ermittlung aller relevanter Informationen, die notwendig sind, den Anpassungs- / Änderungsbedarf zunächst zu erkennen. Ferner bildet diese Datenbasis den Ausgangspunkt für die weitere Planung. Ergebnis der Datenerfassung ist ein digitales Abbild der aktuellen Fabrikkonfiguration, das zum einen Informationen über Struktur, Art und Fähigkeit der Betriebsmittel- und Personalausstattung umfasst und zum anderen in Kennzahlen abgebildet die Leistung aus dem operativen Betrieb wie z.B. Maschinenstunden, oder Produktionsleistung in Stunden je Maschinengruppe/Bereich. Die Fabrikkonfiguration stellt die Schnittstelle zwischen Digitaler und Virtueller Fabrik dar. Auf Basis des aktuellen digitalen Abbilds der Fabrik gilt es im Folgenden alternative Konfigurationen der Fabrik zu erstellen. Entsprechend dem erkannten Wandlungsbedarf zeigen diese alternative Wege in die Zukunft auf und sind damit dem Terminus der Virtuellen Fabrik zuzurechnen. Ein Planungszyklus der Leistungsplanung endet mit der Formulierung von konkreten Aktionspunkten zur Etablierung der notwendigen Veränderungsprozesse in der realen Fabrik.

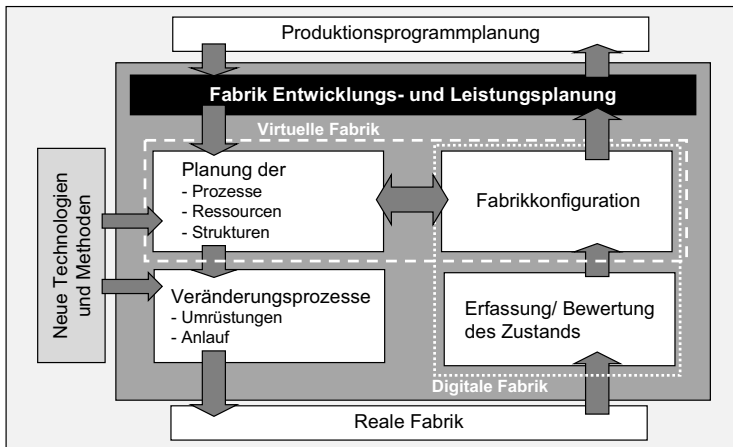


Abbildung 2-14: Grundmodell der Fabrikleistungsplanung nach WESTKÄMPER
[vgl. WESTKÄMPER 2001, S.13]

Je nach Planungshorizont und damit verbundenem Abstraktionsgrad findet eine entsprechend detaillierte oder aggregierte Planung der Prozesse, Ressourcen und Strukturen unter Berücksichtigung etablierter und neuer Technologien und Methoden statt.

Zentrale Planungsgrundlage der Leistungsplanung ist der zur Deckung des Marktbedarfes notwendige Zeitbedarf in der Produktion. Aus der rückwirkenden Betrachtung und vorausschauenden Gestaltung dieser Bezugsgröße heraus lassen sich vor allem strategischen Entscheidungen unterstützen. Die Größe lässt es zu, sowohl Effekte wie die Wirkung kurzfristiger Rationalisierungsmaßnahmen als auch längerfristige Erweiterungs- und Investitionsentscheidungen miteinander zu verbinden und zu einer integrierten Gesamtprognose über die Wirtschaftlichkeit alternativer Produktionskonzepte zusammenzuführen. Damit unterscheidet sich die Fabrikleistungsplanung von der Fabrikplanung, die einen größeren Rahmen umfasst und vom Grundansatz her auf gestalterische Aspekte wie Gebäudeplanung und Layouts etc. abzielt. Im Rahmen dieser Arbeit wird statt von Fabrikleistungsplanung daher auch von strategischer Leistungsplanung der Produktion gesprochen, um den Fokus auf die Herstellprozesse bzw. die erforderliche Stundenleistung zu betonen. Beide Begriffe werden allerdings weitgehend synonym verwendet. In Fortführung dieser Definition gehört die Planung von Flächen- oder Energiebedarf nicht zur Leistungsplanung der Produktion. Sie können jedoch aus ihr abgeleitet werden.

Die strategische Leistungsplanung als Planung des Zeitbedarfs der Produktion ist auch als Teil einer strategischen Bedarfsplanung der Produktion zu verstehen. Diese umfasst neben den im Rahmen dieser Arbeit fokussierten Betriebsmitteln auch die Planung von Personal und Material. Die strategische Bedarfsplanung wiederum findet im Rahmen der Zielplanungsphase der Fabrikplanung statt [vgl. KETNER 1984, S.17f]. Hierdurch schließt sich der Kreis zur übergeordneten Fabrikplanung. Im Vergleich zu deren Teildisziplinen, Kapazitäts- und Betriebsmittelpassung, ist die strategische Leistungsplanung jedoch als weitreichender in Bezug Darstellung der langfristigen Auswirkungen unterschiedlicher Varianten zur Leistungserstellung zu sehen.

2.5.2 Zeitliche und inhaltliche Skalierung der Leistungsplanung

In der Planung ist eine Einteilung der Betrachtungs- und Wirkzeiträume in die Phasen operative, taktische und strategische Planung üblich. Die Ansätze der Fabrikplanung halten sich im Wesentlichen an diese Gliederung [GRUNDIG 2006, S.53f; KETTNER et al. 1984, S.47; ALDINGER et al. 2006, S.111]. Im Kontext der Wandlungsfähigkeit von Fabriken definiert WESTKÄMPER korrespondierend dazu folgende Arten der Wandlungsfähigkeit und stellt sie den zugehörigen Aufgaben des Produktionsmanagements gegenüber [WESTKÄMPER 2005b, S.8]:

- Operative Wandlung (rüsten, verbessern)
- Taktische Wandlung (verändern, ersetzen)
- Strategische Wandlung (strukturieren, erweitern, erneuern)

Für die vorliegende Arbeit wird eine Einteilung der Zeiträume in Anlehnung an bestehende Ansätze aus der Fabrikplanung vorgenommen. Diese folgt den längerfristig orientierten Beispielen und hebt sich damit von den Ansätze aus der operativen Betriebssteuerung [vgl. BORNHÄUSER et al. 2003, S. 174] ab:

- Operativ / Kurzfristig (<1-2 Jahre)
- Taktisch / Mittelfristig (2-5 Jahre)
- Strategisch / Langfristig (5-10 Jahre)

Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit zu entwickelnde Vorgehensweise fokussiert sich auf den strategischen und taktischen Horizont und muss damit einen Zeitraum von bis zu zehn Jahren abdecken können.

In Verbindung mit der zeitlichen ist eine inhaltliche Skalierung der Leistungsplanung vorzunehmen. Hierbei können die dargestellten Betrachtungszeiträume den auch für die für die Leistungsplanung gültigen Planungsebenen der Fabrikplanung zugeordnet werden. Ferner diese Betrachtung durch die Zuordnung der korrespondierenden Produktebenen ergänzt werden. Abbildung 2-15 zeigt die Skalierung der Leistungsplanung im Überblick.

Planungsebene	Betrachtungsobjekte	Korrespondierende Produkthierarchie	Betrachtungs- und Wirkzeitraum		
			operativ	taktisch	strategisch
Unternehmensplanung	• Netzwerk • Werks-/Standortstruktur	• Produktarten		○	●
Werksplanung	• Bereiche/Segmente • Eigenfertigungstiefe • Maschinen/Anlagen	• Produktgruppen • Produktlinien		●	●
Bereichsplanung	• Maschinen/Anlagen • Ausrüstungen • Prozesse	• Produktvarianten • Einzelteile	●	●	○

Untersuchungsbereich der strategischen Leistungsplanung

Schwerpunkt der zeitlichen Betrachtung/ Wirkung

Teilweise zeitliche Betrachtung/ Wirkung

Abbildung 2-15: Hierarchische Skalierung der Leistungsplanung
[eigene Darstellung in Erweiterung zu WESTKÄMPER 2001, S.12]

Auf der Ebene des Unternehmens steht die Planung von Betrachtungsobjekten, die vorwiegend langfristig veränderbar sind, im Vordergrund. Dazu zählt das Vorhandensein ganzer Technologie-segmente, abgeleitet aus den zukünftigen Produktarten. Auf Ebene der Bereiche werden dagegen mit einem kurz- bis mittelfristig orientierten Betrachtungszeitraum einfachere Maschinen und Anlagen sowie deren Ausrüstungen und Prozesse beplant und gestaltet. Planungsinput auf Produktseite sind einzelne Produktvarianten und vielfach auch Einzelteile. Auch die PPS, in der Darstellung nicht abgebildet, kann als Form der Leistungsplanung bezeichnet werden. Sie geht jedoch von einer vorhandenen Betriebsmittelstruktur aus und plant deren Einsatz zur Produktion des anstehenden Produktionsprogramms. In diesem Sinne ist sie damit *nicht* Teil der Leistungsplanung von Produktionsstrukturen, wie sie in dieser Arbeit betrachtet wird.

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die Ebene der Werksplanung mit einem mittel- bis langfristigen Betrachtungshorizont. Auf Basis des zukünftigen Bedarfs, detailliert nach Produktgruppen und –linien, wird die zukünftige Leistungsstruktur eines Standorts abgeleitet. Auf dieser Ebene werden die Bereiche und Segmente eines Werks gestaltet. Zudem werden Eigenfertigungstiefe und die Ausstattung mit zentralen Kernressourcen festgelegt.

2.6 Fazit der begrifflichen Grundlagen und der Eingrenzung des Untersuchungsbereichs

Nachdem in den vorangegangenen Abschnitten die wesentlichen Begriffe und Betrachtungsobjekte der Arbeit definiert und abgegrenzt wurden, werden nun im Folgenden die Ergebnisse dieser Abgrenzung in der Übersicht zusammenfassend dargestellt. Anschließend werden bereits aus den Begriffsdefinitionen und Abgrenzungen erkennbare Anforderungen an die zu entwickelnde Methode formuliert.

2.6.1 Übersicht zur Eingrenzung des Untersuchungsbereichs

Zusammenfassend beschrieben ist der Kern dieser Arbeit der strategische Aspekt der Leistungsgestaltung im Sinne der Bereitstellung der notwendigen technischen Transformationsleistung auf Werksebene. Durch die Generierung von Szenarien (auf der strategischen Ebene) und die Darstellung von Auswirkungen und sich ergebenden Handlungsspielräumen (auf der taktischen Ebene), sollen die strategischen Entscheidungen für das Produktionsmanagement durchdringbarer werden. Es soll eine Möglichkeit geschaffen werden, die Wirkung strategischer Maßnahmen *ex ante* als Informationsrückkopplung in den Gestaltungsprozess der strategischen Entwicklung der Produktion mit einfließen zu lassen. Damit soll die Güte der strategischen Entscheidungen erhöht werden [vgl. ZÄPFEL 1996, S.49ff]. Hierzu werden zukünftige Marktbearfange sowie strategisch bedeutende Entwicklungen von Technologien auf Produktseite und Produktionsseite sowie Veränderungen der Eigenfertigungstiefe (diskontinuierliche Einflussfaktoren) in die Betrachtung einbezogen. Die Aufgaben der operativen Leistungsgestaltung werden nicht näher betrachtet. Beachtung finden sollen jedoch die Auswirkungen operativer Optimierungsmaßnahmen, die mitunter eine langfristige Wirkung entfalten und sich beispielsweise in einer kontinuierlichen Reduzierung des zur Herstellung eines Teils notwendigen Aufwandes ausdrücken (kontinuierliche Einflussfaktoren).

Kriterien	Ausprägungen					
Branche	Maschinen- und Anlagenbau		Automobilbau		Luft- und Raumfahrt	Andere
Unternehmensgröße	< 100 Mitarbeiter	100 – 1.000 Mitarbeiter	1.000 – 5.000 Mitarbeiter	< 10.000 Mitarbeiter	> 10.000 Mitarbeiter	
Umfeldentwicklungen	Technologisches Umfeld	Soziokulturelles Umfeld	Demographisches Umfeld	Ökonomisches Umfeld	Ökologisches Umfeld	Politisch-rechtliches Umfeld
Veränderungstreiber der Leistungsstruktur	Mengengerüst		Kontinuierliche Verbesserungen		Technologie-Innovationen	Eigenfertigungstiefe
Ausschnitt der Bedarfsplanung	Betriebsmittelbedarf		Personalbedarf produktionsnaher indirekter Bereiche		Personalbedarf Produktion	
	Zeitbedarf	Kapitalbedarf		Flächenbedarf	Materialbedarf	Energiebedarf
Zeitliche Skalierung	Operativ (1-2 Jahre)			Taktisch (2-5 Jahre)		Strategisch (5-10 Jahre)
Räumliche Skalierung	Produktionsnetzwerk	Produktionsstandorte	Produktionssegmente	Produktionssysteme	Produktionszellen	Arbeitsplätze/ Maschinen Prozesse
Bewertungskriterien	Resultierende Produktionsleistung		Auswirkung auf produktionsnahe indirekte Bereiche		Auswirkung auf Kostenstruktur	Strategischer Fit
Direkter Gestaltungs- / Anwendungsbereich Bedingter Gestaltungs- /Anwendungsbereich Nicht betrachtet						

Abbildung 2-16: Übersicht zur Eingrenzung des Untersuchungsbereiches
[eigene Darstellung]

Abbildung 2-16 fasst die vorgenommenen Eingrenzungen noch einmal in einem morphologischen Kasten zusammen. Die Methode zur strategischen Leistungsplanung der Produktion beschäftigt sich mit der Prognose der Produktionsleistung von Betriebsmitteln einer Fertigung von mittelständischen Unternehmen des Maschinenbaus, die technische Produkte herstellen. Die Methode betrachtet einen Zeitraum von bis zu 10 Jahren unter Berücksichtigung eines turbulenten Umfelds. Objekte der Planung sind, von der Ebene der Arbeitsplätze aufwärts, die produzierenden Systemelemente eines Standorts (Ebene Werksplanung). Berücksichtigt werden kontinuierliche und diskontinuierliche Entwicklungen aus dem technischen Umfeld.

2.6.2 Anforderungen an die Methode

Aus den dargestellten Grundlagen und der Eingrenzung des Untersuchungsbereichs lassen sich einige Basisanforderungen an die zu entwickelnde Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen des Mittelstandes ableiten. Diese Basisanforderungen dienen zunächst der Strukturierung und Diskussion des Standes der Technik in Kapitel 3. Ferner fließen Sie anschließend in die Erarbeitung der Methode ein. Folgende grundlegenden Anforderungen lassen sich ableiten:

- Eignung für mittelständische Unternehmen mit in der Regel geringer Personaldecke für strategische Planungen, d.h. sie muss mit möglichst wenigen bzw. üblicherweise bereits vorhandenen Daten auskommen und ausreichend einfach anwendbar sein. Dies betrifft Daten aus dem internen Controlling, mehr jedoch Daten aus Forecasts bezüglich der Entwicklung des Unternehmensumfelds.
- Der Aggregationsgrad der Daten ist aufgrund des langfristigen Betrachtungszeitraums vergleichsweise hoch anzusetzen. Es sind daher große Meilensteine statt kleiner Einzelereignisse zu betrachten (bei diskontinuierlichen Einflussfaktoren) sowie große Entwicklungslinien statt des Rauschens alltäglicher Veränderungen (vor allem bei kontinuierlichen Einflussfaktoren).
- Aufgrund des turbulenten Umfelds ist mit Szenarien bzgl. der zukünftigen Leistungsstruktur zu arbeiten, die miteinander verglichen werden können. Aus dem gleichen Grund muss die Methode zur Leistungsplanung auch nach der primären Aufstellung neue und geänderte Eingangsdaten aufnehmen können.
- Die Methode zur strategischen Leistungsplanung muss sich mit ihren Ergebnissen in die Unternehmensplanung einordnen können. Daher müssen einerseits der strategische Fit und andererseits die wirtschaftlichen Auswirkungen in die Bewertung der Planungsergebnisse einfließen.

3 Diskussion verfügbarer Ansätze zur Unterstützung strategischer Leistungsplanung

Das vorliegende Kapitel gibt einen Überblick dokumentierter Ansätze zur Unterstützung der strategischen Leistungsplanung wandlungsfähiger Produktionsstrukturen. Die Analyse des Standes der Technik bezieht sowohl Methoden und Vorgehensweisen im Gesamtwirkungsbereich der zu entwickelnden Methode als auch zur Umsetzung einzelner Teillösungen mit ein. Zentrale Ansätze werden in ihren Grundzügen vorgestellt und im Hinblick auf Ihre Anwendbarkeit in der sLP diskutiert.

3.1 Strategische Planung im turbulenten Umfeld

Auf Grund des strategischen Zeithorizonts und der damit einhergehenden Tragweite der in der Methode zur strategischen Leistungsplanung wandlungsfähiger Produktionsstrukturen betrachteten Entscheidungsprobleme ist die Methode als ein Werkzeug des strategischen Managements der Produktion anzusehen. Damit sind aktuelle Vorgehensweisen des strategischen Managements auf ihre Anwendbarkeit im Rahmen der Gesamtmethode hin zu untersuchen. Ferner ist zu klären, welche Ansätze zur Formulierung von Strategien im Kontext der Wandlungsfähigkeit bereits heute zum Einsatz kommen.

3.1.1 Strategisches Management

Der Ansatz des Strategischen Managements stellt das aktuelle Paradigma in der Entwicklung der Managementpraxis dar. Es erhebt nicht den Anspruch, einzelne Entwicklungslinien im Detail prognostizieren zu wollen. Vielmehr steht eine ganzheitliche Analyse des Unternehmens und seiner Umwelt im Vordergrund. Aufgaben wie die Stärken-Schwächen-Analyse, Diskontinuitätenmanagement und eine Berücksichtigung weicher, nicht unmittelbar quantifizierbarer Faktoren treten in den Vordergrund [vgl. BEA/HAS 2005, S. 14ff und die dort zitierte Literatur]. Strategisches Management kann folglich begriffen werden als die wettbewerbsorientierte Orchestrierung der Unternehmenskräfte zur Erhaltung bzw. Erlangung von Wettbewerbsvorteilen [vgl. ZAHN 1988, S.524].

Nach dem Ansatz von *JOHNSON et al.* besteht das Strategische Management aus drei Kernelementen: dem Verständnis über die strategische Position der Organisation, den strategischen Auswahlentscheidungen und der Umsetzung der Strategie. Die Analyse der strategischen Position der Organisation beschäftigt sich im Wesentlichen mit der Identifikation des Einflusses der Umwelt auf die Strategie, den strategischen Fähigkeiten der Organisation (Ressourcen und Kompetenzen) und den Erwartungen bzw. dem Einfluss der Stakeholder. Das Element der strategischen Auswahlentscheidungen dagegen beinhaltet zunächst ein Verständnis der Grundlagen der zukünftigen Strategie. Dieses Verständnis bezieht sich sowohl auf die Ebenen des Gesamtunternehmens und der Geschäftseinheiten als auch auf die Optionen zur Entwicklung der Strategie und zwar im Sinne der Richtung, in die sich die Strategie entwickeln könnte, wie auch im Sinne der Methoden der Strategieentwicklung. Der letzte Schritt, der sich mit der Umsetzung der Strategie beschäftigt, hat sicher zu stellen, dass Strategien in der Praxis funktionieren [vgl. *JOHNSON et al.* 2006, S.16ff].

Gerade in Zeiten eines turbulenten und sich ständig wandelnden Umfelds darf strategische Unternehmensführung nicht als einmalig durchzuführender Prozess verstanden werden. Der Ansatz von *GAUSEMEIER et al.* betont einen kontinuierlichen Charakter strategischer Führung. Der ebenfalls an die grundlegenden Phasen nach *JOHNSON et al.* angelehnte „Prozess der strategischen Füh-

„rung“ ist kontinuierlich, je nach Dynamik des betrachteten Geschäfts zumindest einmal jährlich, zu durchlaufen [vgl. GAUSEMEIER et al. 2001, S. 149ff].

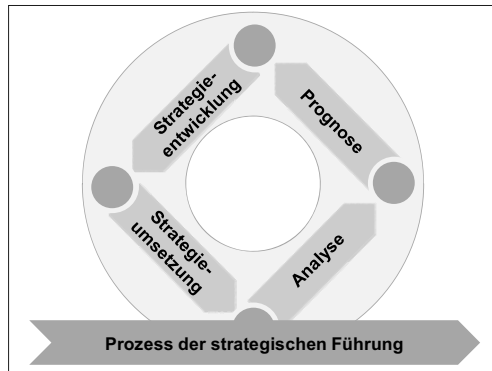


Abbildung 3-1: Prozess der strategischen Führung [vgl. GAUSEMEIER et al. 2001, S.150]

Ein Schwerpunkt dieses Ansatzes liegt im Rahmen der strategischen Zielbildung zudem auf der Ermittlung von Handlungsoptionen für die Zukunft mittels Methoden der Prognostik. „Zur Ausleuchtung des Zukunftsraums“ findet hier vor allem die Szenario-Technik Anwendung [vgl. GAUSEMEIER et al. 2001, S. 150]. Dieser Ansatz der strategischen Führung soll auf Grund seines ausgesprochen kontinuierlichen Charakters als eine Grundlage für die weiteren Ausführungen dieser Arbeit dienen. Er erlaubt ein sehr schnelles aufgreifen der eingangs skizzierten Turbulenzen. Ferner fördert er eine explizite Berücksichtigung von Handlungsoptionen, deren frühzeitige Betrachtung gerade in einem turbulenten Umfeld höhere strategische Flexibilität verspricht.

Eine Aufgabe, die an der Schnittstelle von Strategieentwicklung und Strategieumsetzung steht, ist die Entwicklung von Plänen, die die Aktivitäten zur Umsetzung der Strategie dokumentieren. In der Vergangenheit hat sich gezeigt, dass die Formulierung dieser Pläne im Sinne einer strategischen Planung als sehr kritisch zu bewerten ist, da langfristige Pläne durch kurzfristige Turbulenzen schnell überholt sind [vgl. MINTZBERG 1995]. Entgegen der klassischen Methoden zur strategischen Planung sind moderne Ansätze nicht länger auf die Entwicklung eines „Masterplans“ fokussiert, der als einziger Weg in die Zukunft beschrieben ist und schrittweise abgearbeitet wird.

Ansätze wie die konstruktivistische Planung nach KREISLER greifen den Gedanken der hohen Dynamik und schnellen Trendbrüche auf und sehen in der Hauptaufgabe einer strategischen Planung die Identifikation der Wege, die das Unternehmen langfristig in eine ausweglose Situation manövrieren [vgl. KREISLER 2006]. Es wird hier davon ausgegangen, dass es wichtiger ist, diese Optionen mit langfristig stark negativen Auswirkungen rechtzeitig zu identifizieren und auszuschließen, als nach der optimalen Konfiguration des Unternehmens bzw. der Produktion zu suchen [vgl. SIMON/CONNECTA 1998]. Dieses Optimum ist auf Grund der schnellen Veränderungen ohnehin schnell überholt. Fehlentscheidungen hingegen, die sich für die Produktion beispielsweise in teurer Anlagentechnik oder falschen Organisationsstrukturen manifestieren, behindern das Unternehmen nachhaltig in Bezug auf seine Wandlungsfähigkeit.

Die folgenden Kapitel diskutieren die wesentlichen Aspekte des Strategischen Managements die im Zusammenhang mit dieser Arbeit stehen. Dazu zählt neben der Diskussion unterschiedlicher Strategietypen die Betrachtung aktueller Ansätze für Strategien in einem turbulenten Umfeld.

3.1.2 Dynamische Strategieansätze für ein turbulentes Umfeld

Dem traditionellen Strategieverständnis zufolge sind Wettbewerbsvorteile durch das Besetzen einer attraktiven Marktposition begründet, die gekennzeichnet ist durch unternehmensexterne und branchenspezifische Kräftekonstellationen (Marktorientierter Ansatz), oder durch die Ausbeutung überlegener, schwierig imitierbarer Ressourcen, die im weitesten Sinne unternehmensinterne Fähigkeiten darstellen (Ressourcenbasierter Ansatz) [vgl. ZAHN/SCHÖN 2003, S.3; TILEBEIN 2005, S.13; PORTER 1985, S.4ff; PENROSE 1959, S.24ff]. Der marktorientierte Ansatz stellt die Bedingungen im Umfeld der Unternehmen in den Mittelpunkt strategischer Betrachtungen. Als wesentliches Paradigma dieser Überlegungen ist das Fünf-Kräfte-Modell von *PORTER* zu nennen. Demnach resultieren Wettbewerbsvorteile von Unternehmen aus einer vorteilhaften Auswahl und Besetzung bestimmter Produkt-Markt-Positionen in der jeweiligen Branche [vgl. PORTER 2004, S.3ff]. Der Ansatz beruht auf den folgenden Annahmen [vgl. ZAHN et al. 2000, S.49 und die dort zitierte Literatur]:

- Unternehmen sind in Bezug auf ihre strategisch relevanten Ressourcen identisch.
- Aufgrund der weitgehenden Mobilität der Unternehmensressourcen ist eine dauerhafte Heterogenität einer Branche oder einer strategischen Gruppe nicht möglich.
- Unternehmen reagieren gemäß ihrer von außen nach innen gerichteten Perspektiven auf Druck, den die Umwelt auf sie ausübt.
- Die Kontexte, in denen sich Unternehmen bewegen, sind relativ statisch und wenig komplex.

Gerade aufgrund dieser Annahmen ist der Ansatz zunehmend in die Kritik geraten. Diese Annahmen stehen im Widerspruch zu den Rahmenbedingungen und Diskontinuitäten eines turbulenten Umfeldes. Vom Grundsatz her besitzt der marktorientierte Ansatz zumindest in Teilen weiterhin seine Gültigkeit, da sich in der Praxis gezeigt hat, dass Unternehmen auch unter ungünstigen Umfeldbedingungen erfolgreich sein können [vgl. ZAHN et al. 2000, S. 50].

Der zweite klassische Strategieansatz, der unter dem Begriff „Ressourcenorientierter Ansatz“ bekannt ist, sieht Unternehmen als ein Bündel von Ressourcen. Ressourcen sind dabei materielle und immaterielle Güter, Systeme und Prozesse. Ressourcen werden häufig in vier Gruppen eingeteilt: physische oder tangible Ressourcen, intangible Ressourcen, finanzielle Ressourcen und organisationale Ressourcen [vgl. CHATTERJEE/WERNERFELT 1991]. Wegen der stark ausgeprägten Unvollkommenheiten der Faktormärkte resultiert aus dieser asymmetrischen Ressourcenallokation eine Einzigartigkeit der Unternehmen [vgl. CORSTEN 1998, S.136ff]. Zudem unterscheiden sich die Unternehmen in ihrer Ausstattung mit Erfolg stiftenden Ressourcen auf Grund historischer Entscheidungen [vgl. BAMBERGER/WRONA 1996].

Abschließend ist anzumerken, dass der ressourcenbasierte und marktbasierter Ansatz sich nicht konträr verhalten, sondern ergänzen. Um in der Lage zu sein, eine attraktive Marktposition einzunehmen und über einen längeren Zeithorizont zu sichern, sind einzigartige Ressourcen und Fähigkeiten als notwendige Bedingung anzusehen. Gleichfalls sind die ressourcenseitigen Stärken eines Unternehmens nutzlos, schlagen sie sich nicht in einer differenzierten Stiftung von Kundennutzen nieder [vgl. ZAHN et al. 2000, S. 51].

Das turbulente Wettbewerbsumfeld begrenzt wesentlich die Erfolgswirksamkeit der klassischen Strategieansätze, die von ihrem Grundansatz her auf einen langfristigen Wirk- und Umsetzungshorizont abzielen. Normstrategien und lange Betrachtungshorizonte sind mit den aktuellen Gegebenheiten überfordert. Um dennoch nachhaltigen Erfolg zu erzielen, liegt der Schlüssel für Unternehmen darin, Strategien zu entwickeln, die in der Lage sind, Wettbewerbsvorteile immer neu zu generieren. Unternehmen müssen sich im Sinne der Wandlungsfähigkeit im Einklang mit dem System Wettbewerb ständig verändern. Der folgende Abschnitt gibt einen Überblick über die zentralen Strategieansätze zur kontinuierlichen Generierung neuer Wettbewerbsvorteile.

Hatten sich die realisierten Strategien in Unternehmen bislang hauptsächlich aus dem Feld der planmäßigen oder beabsichtigten Strategien ergeben, ist neuerdings zu beobachten, dass immer wieder kurzfristig entstehende Potenziale den Vorzug gegenüber den langfristig vorausgeplanten Entwicklungslinien erhalten. Diese sog. „emergenten Strategien“ bilden bottom-up getriebene Muster, ohne dass sie explizit formuliert werden [vgl. MINTZBERG 1999; ZAHN 2001, S.175]. Dieser von der Basis ausgehende Vorgang ist umso wertvoller, da der Unternehmensführung teilweise die Kenntnis von Marktanforderungen oder Potenzialen des Unternehmens fehlt. Bestrebungen, die von der Unternehmensbasis ausgehen und die Nutzung bislang in den obersten Hierarchieebenen nicht bekannter Potenziale anstreben, sind in die Entscheidungsprozesse der Führungsebene einzubinden [vgl. ZAHN 2001, S.175]. Emergente Strategien können überall dort entstehen, wo Menschen über die Fähigkeit verfügen zu lernen und ihre Erkenntnis mit Hilfe von Ressourcen nutzen können [vgl. MÜLLER-STEWENS/LECHNER 2005, S.70].

Grundlage für das aktive Erkennen und Entwickeln emergenter Strategien ist die Etablierung einer Strategiekompetenz. Sie äußert sich im turbulenten Umfeld weniger darin, den aktuellen Fit der Unternehmensressourcen mit den Marktanforderungen möglichst optimal herzustellen. Vielmehr bedeutet Strategiekompetenz, dass es immer wieder aufs Neue gelingt, eine Vision der Fähigkeiten zu entwickeln, die benötigt werden, um Chancen wahrzunehmen die erst noch erschaffen werden müssen. Für die Mitarbeiter muss somit zumindest ein gedanklicher Freiraum bestehen, sich außerhalb der momentan geltenden Regeln zu bewegen. Ferner ist ein konkretes Bewusstsein für die Vergänglichkeit dieser Regeln zu schaffen [vgl. ZAHN et al. 2000 S.63f].

Neben diesem bottom-up getriebenen Strategieprozess ist es vor allem die Schaffung und ständige Anpassung einer einzigartigen und flexiblen Ressourcenbasis, die als Erfolgsfaktor angesehen wird. Das Konzept der dynamischen Fähigkeiten (dynamic capabilities) basiert auf der Annahme, dass das Anhäufen und Schützen einzigartiger Kompetenzen und Ressourcen in turbulenten Unternehmensumfeldern keine Garantie für nachhaltigen Erfolg darstellt [vgl. TEECE et al. 1997, S. 515ff]. Vielmehr steht der Gedanke im Vordergrund, dass Unternehmen sich ihrer Umwelt immer wieder anpassen und sich mit ihr entwickeln. Eine genaue Kenntnis der eigenen Prozesse, die gegenwärtige Ressourcenposition sowie den historischen Entwicklungspfad des Unternehmens stellen hierfür eine zwingend notwendige Voraussetzung dar. Dem Ansatz von TEECE, PISANO und SHUEN nach stützen sich dynamic capabilities auf drei Stellhebel, welche die strategische Ausrichtung und damit die Wettbewerbsposition des Unternehmens festlegen [vgl. TEECE et al. 1997, S. 518ff]:

- die organisatorischen Prozesse (z. B. in Form von Handlungsroutrinen bzw. Denk- und Lernmustern),
- die Ressourcenposition des Unternehmens (Materiellen und immaterielle Ressourcen) und
- die strategischen Pfade, die dem Unternehmen zur Verfügung stehen.

Dynamische Fähigkeiten ermöglichen es dem Unternehmen, auf die neuen Herausforderungen des Unternehmensumfelds zu reagieren und Produkt- und Prozessinnovationen zu generieren. Des Weiteren sind Managementfähigkeiten notwendig, die als Befähiger dienen, um die vorhandene Wissens- und Kompetenzbasis ständig zu erneuern [vgl. TEECE et al. 1997, S. 518ff].

Einen weiteren dynamischen Strategieansatz stellt das Konzept der flexible commitments dar. In den Unternehmen entsteht durch die Notwendigkeit von kurzfristiger Flexibilität und Wandlungsfähigkeit einerseits und die zur Aufgabenerfüllung notwendigen irreversiblen langfristigen Investitionen und Ressourcen andererseits ein scheinbar unüberwindbares Spannungsfeld. Diese irreversiblen Investitionen, auch commitments genannt, schränken die Beweglichkeit des Unternehmens unter Umständen sehr stark ein und legen es auf bestimmte strategische Trajektorien (Pfade) fest. Als Antwort auf diesen Konflikt schlagen *GHEMAWAT* und *DEL SOL* sog. „flexible commitments“ vor. Diese manifestieren sich dabei vorrangig in einer einsatzflexiblen und dynamischen Ressourcenausstattung, um schnell und flexibel Antworten auf Wettbewerbsveränderungen geben zu können. Die Anwendungsbreite sowie die Unternehmensspezifität einer Ressource legen dabei ihre Flexibilität fest. Je breiter der potenzielle Anwendungsbereich und je geringer die Unternehmensspezifität, desto flexibler ist die Ressource einsetzbar [vgl. *GHEMAWAT/DEL SOL* 1998, S. 26ff; *ZAHN/FOSCHIANI* 2000, S. 95ff; *TIELEBEIN* 2005, S. 21].

Weiterer Ansatzpunkt zur Dynamisierung von Strategien in Unternehmen ist der den Einzelstrategien bisher zugrundegelegte langfristige Zeithorizont. So stellt die Durchführung und Weiterentwicklung der Geschäfte auf Basis einer einzigen Strategie in einem relativ stabilen Wettbewerbsumfeld kein Problem dar. Treten im Unternehmensumfeld dagegen vermehrt Turbulenzen auf, hat sich gezeigt, dass eine Einzelstrategie, die zugleich sowohl den aktuellen als auch den künftigen Erfordernissen gerecht werden soll, nicht zum Erfolg führt. Als Ausweg schlägt *ABELL* das Konzept der dualen Strategie vor, in dem zwischen „today-for-today“ und „today-for-tomorrow“-Strategien differenziert wird. Today-for-today-Strategien gelten hierbei als Basis für die operativen Unternehmensaktivitäten. Im Gegensatz zur klassischen Kurzfristplanung fokussieren diese nicht ausschließlich auf den operativen Betrieb. Vielmehr haben diese kurzfristig orientierten Strategien den Charakter eines Change Management, das eine Feinabstimmung der erfolgskritischen Faktoren vornimmt [vgl. *ABELL* 1999]. Today-for-tomorrow-Strategien decken im Gegensatz dazu den langfristigen Horizont ab. Ihre Aufgabe ist die Identifikation langfristiger Chancen und Risiken und die entsprechende Positionierung des zukünftigen Geschäfts, die Formulierung des strategischen Zielsystems, und die Priorisierung der kritischen Erfolgsfaktoren. Damit definieren sie letztlich neue Ressourcen und Kompetenzen, die zur Erlangung bzw. Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit erforderlich sind [vgl. *ZAHN* 2001, S.173].

Neben der zeitlichen Differenzierung in unterschiedliche Wirkhorizonte trägt auch die parallele Entwicklung alternativer Strategien zur Dynamisierung des Strategiekomplexes bei. Grundlage dieses Ansatzes ist die Tatsache, dass die Entwicklung von Strategien stets mit der Erstellung von Prognosen zu Systemzuständen in der Zukunft zusammenhängen. In turbulenten Zeiten ist jedoch die Wahrscheinlichkeit von Fehlprognosen und der daraus folgenden Ableitung *nicht* zielführender Strategien sehr hoch. Um diese Gefahr zu umgehen, schlägt *BEINHOCKER* vor, die Entwicklung

von Strategien nicht auf Prognosen zu stützen. Vielmehr sollten Erkenntnisse aus der Evolutionstheorie zum Einsatz kommen und die Idee einer evolutionären Entwicklung von Strategiebündeln aufgegriffen werden [vgl. BEINHOCKER 1999]. Grundansatz des Konzepts ist die Abkehr von der Fokussierung auf eine singuläre Strategie und die Zuwendung zur Betrachtung von Strategiepopulationen (Strategiebündel), die über der Zeit evolvieren. Diese Populationen erzielen in unterschiedlichsten Umfeldern gute, wenn auch nicht immer optimale Ergebnisse. Sie bieten jedoch im Zeitverlauf ein breites Spektrum an Entwicklungsoptionen, bewahren somit ein großes Maß an Handlungsflexibilität und helfen irreversible commitments zu vermeiden. Positiv ist zudem die aktive Sensibilisierung der Entscheider für Unsicherheiten [vgl. ZAHN 2001, S. 174].

Ein aktueller Ansatz, der große Teile der vorgestellten Konzepte moderner Strategieformulierung verbindet, stellt das Modell der „Strategie als gelenkte Evolution“ dar [vgl. LOVAS/GOSHAL 2000, S.875ff]. Das Unternehmen wird hiernach als zielbewusst gestaltetes System zur Lenkung der Strategieinnovation begriffen [vgl. ZAHN/SCHÖN 2003, S.20f]. Als sehr positive Grundzüge dieses Modells lassen sich die dynamische Strategieperspektive und vor allem die aktive und realistische Rolle der Unternehmensführung im strategischen Unternehmenswandel nennen.

Die Analyse bestehender Ansätze zur Strategieformulierung zeigt, dass dieser Prozess heute neben langfristig aufkommenden auch kurzfristig entstehende Potenziale berücksichtigen muss. Zum Erkennen der kurzfristigen Potenziale sind die Mitarbeiter entsprechend dem Konzept der strategischen Kompetenz zu befähigen. Das Erkennen und proaktive Gestalten langfristiger Potenziale spielt jedoch weiterhin eine entscheidende Rolle. Das folgende Kapitel gibt einen Überblick zu Methoden der Zukunftsforschung, die helfen, derartige Potenziale im Vorfeld zu erkennen.

3.1.3 Zukunftsforschung und Prognosen als Basis von Strategien

Die Bedeutung der Zukunftsforschung für die Entwicklung tragfähiger Strategien und Konzepte in den Unternehmen ist größer denn je. Der permanente Wandel und die zunehmenden Diskontinuitäten führen dazu, dass der unternehmerische Erfolg noch stärker vom frühzeitigen Erkennen von Trends und einem visionären Blick nach vorne abhängt [vgl. ZINSER 2000, S.15]. Um eine fundierte Strategiebildung zu betreiben, ist es unerlässlich, sich mit der zukünftigen Unternehmensumwelt zu beschäftigen. Das frühzeitige Erkennen von Entwicklungstendenzen im Umfeld von Unternehmen erweist sich also als sinnvoll, um Voraussetzungen zu schaffen, „flexibel auf das Eintreffen verschiedener Ereignisse reagieren zu können“ [vgl. BULLINGER/ZINSER 1997]. GAUSEMEIER hebt in diesem Zusammenhang hervor, dass es ‚die‘ Zukunft nicht gibt [vgl. ZINSER 2000], sondern eine Vielzahl möglicher Zukünfte. Sind ‚die Zukünfte‘ bekannt, so ist ein schrittweises Ableiten der strategischen Handlungsempfehlungen für die gegenwärtige Situation möglich. Zusammenfassend können fünf spezifische Aufgaben der Zukunftsforschung festgehalten werden [vgl. GRAF 2003]:

- Beschreibung der Ziele und Wertvorstellungen,
- Beschreibung von Zusammenhängen und Trends der Schlüsselfaktoren,
- Klärung von Rahmenbedingungen,
- Projektion von möglichen plausiblen Zukünften, wenn die derzeitige Politik und Verhaltensweise fortgesetzt wird,
- Beschreibung, Beurteilung und Auswahl von Politiken und Verhaltensweisen, um gewünschte Ziele zu erreichen.

Im Folgenden werden aktuelle Methoden der Prognose und Zukunftsforschung diskutiert und auf ihre Anwendbarkeit im Rahmen einer strategischen Leistungsplanung von Produktionsstrukturen hin untersucht. Eine eindeutige Klassifizierung, die zur Übersicht bestehender Ansätze dienen kann, liegt nicht vor. Einen Überblick bestehender Taxonomien und Systematisierungsversuchen gibt die Arbeit von STEINMÜLLER [vgl. STEINMÜLLER 1997].

Eine gängige Methode der Zukunftsforschung stellt die Delphi-Studie oder auch Delphi-Befragung dar. Delphi-Studien sind strukturierte Gruppenbefragungen zur Informationsgewinnung [vgl. CUHLS 1998]. Dabei werden den Experten formalisierte Fragebögen mehrmals vorgelegt. In den Folgerunden erhalten die Experten dabei zusätzlich zu den Fragen die Informationen über die bisher gegebenen Antworten. Damit stellt sich über die Anzahl der Runden ein konvergierendes Ergebnis ein, das den Gruppenkonsens widerspiegelt. Delphi-Studien kommen in allen Bereichen der Zukunftsvorhersage zum Einsatz, bei denen nicht auf ausgebaute Theorien zurückgegriffen werden kann [vgl. ZINSER 2000, S.30]. Als besonders wirksam wird ihr Einsatz bei der Abschätzung völlig neuer Entwicklungen im technologischen Umfeld angesehen [vgl. REMINGER 1990].

Ein Begriff, der in den letzten Jahren mehr und mehr in den Fokus der Zukunftsforschung gerückt ist, ist der Begriff der Szenarien. Unter einem Szenario versteht man „die Beschreibung einer zukünftigen Situation und die Entwicklung bzw. die Darstellung des Weges, der aus dem Heute in die Zukunft hinein führt“ [REIBNITZ 1992]. GAUSEMEIER definiert ein Szenario als ein „mögliches Zukunftsbild, dessen Eintreten wir nicht mit Sicherheit vorhersagen können“ [GAUSEMEIER et al. 1996]. Aufgrund der komplexeren Umfeldsituation beschäftigt sich die heutige Zukunftsforschung mit Optionen und Alternativen statt wie ursprünglich mit eindimensionalen Prognosen. Der Szenariobegriff hat damit zumindest teilweise den Prognosebegriff in seiner methodischen Funktion als Kern, auf den der Forschungsprozess ausgerichtet ist, abgelöst. Die traditionelle Prognosetätigkeit ist partiell in die Konstruktion trendbasierter Szenarien eingegangen [vgl. STEINMÜLLER 1997, S.50]. Ein Vergleich der Begriffe Prognose und Szenario, der die Vorteile des Szenarien-Begriffs herausstellt, ist der folgenden Abbildung 3-2 zu entnehmen.

Vorrangiges Ziel der Formulierung von Szenarien ist es, den Planern und Gestaltern in Unternehmen die Möglichkeit zu geben, sich ein Bild von der Zukunft zu machen, um ihre Planungsaktivitäten entsprechend ausgestalten zu können. Bei der Szenarioentwicklung geht es nicht um die Vorhersage, wie etwas in der Zukunft sein wird oder mit welcher Wahrscheinlichkeit sich diese Zukunft entwickeln wird. Es geht eher darum, die Entwicklungen der Zukunft darzustellen und diese zu visualisieren. Durch diese Zukunftsbilder wird die Wahl eines Weges und der Hilfsmittel zur Erreichung des angestrebten Zieles vereinfacht. Die Szenariotechnik kann somit als ein Hilfsmittel der Entscheidungsfindung gesehen werden, das trotz der Unvorhersehbarkeit der Zukunft hilft, Handlungsfähigkeit zu entwickeln [vgl. GRAF 2003]. Festzuhalten ist, dass die Szenariotechnik grundsätzlich auf einen langfristigen Zeithorizont ausgerichtet ist, und es im Wesentlichen darum

geht, die Möglichkeiten zu erfassen, die die Zukunft bereithält. Dies ermöglicht einerseits die rechtzeitige Anpassung an unterschiedliche Entwicklungen, andererseits aber auch die aktive Gestaltung von Potenzialen durch das gezielte Herbeiführen Erfolg versprechender Entwicklungen.

Aspekt	Prognosen	Szenarien
Multiziplicität	•Einfach	•Mehrere Alternativen
Explorativ / Normativ	•Explorativ (Prädiktion)	•Explorativ und/oder normativ
Berücksichtigung von Unsicherheiten, Trend- bzw. Strukturbrüchen	•Kaum möglich	•Explizite Berücksichtigung
Methoden	•Explorative Methoden (z.B. Trendexploration, Modellierung, Delphi-Studien)	•Verschiedene Szenariotechniken (jeweils unter Rückgriff auf andere Methoden)
Entscheidungsaspekt	•Deterministisch	•Alternative Szenarien als Entscheidungsgrundlage

Abbildung 3-2: Gegenüberstellung Szenarien und Prognosen
[vgl. STEINMÜLLER 1997, S.50]

In der Vergangenheit wurde eine Vielzahl von methodischen Vorgehensweisen zur Szenarienbildung entwickelt [vgl. STEINMÜLLER 1997, S.61 und die dort zitierte Literatur]. Neben den Ansätzen von *MINX*, *GESCHKA/WINKLER*, *BATTELLE* und *VON REIBNITZ* ist vor allem die Vorgehensweise von *GAUSEMEIER et al.* zu nennen. Letztere ist besonders im deutschsprachigen Raum wegen der hohen Güte ihrer Ergebnisse sehr verbreitet.

Das Szenariomanagement nach *GAUSEMEIER* erfolgt in fünf Phasen von der Szenario-Vorbereitung, der Szenariofeld-Analyse über die Szenario-Prognostik und die Szenario-Bildung hin zum Szenario-Transfer [vgl. *GAUSEMEIER et al.* 1996; *BULLINGER et al.* 2003, S.292ff]. Dabei ist besonders die Phase der Szenariofeld-Analyse zu erwähnen. Hier erfolgt zunächst die Reduzierung der Einflussfaktoren durch Darstellung ihrer Vernetzung. Im Vergleich werden stark vernetzte Faktoren gegenüber weniger stark vernetzten als einflussreicher angesehen und somit in der weiteren Betrachtung berücksichtigt. Damit erfolgt eine Reduzierung auf 10 bis 15 Schlüsselfaktoren. Die anschließende Szenario-Prognostik projiziert das Verhalten dieser Faktoren unter Berücksichtigung eingangs definierter Einflussfaktoren in die Zukunft.

Bei der Entwicklung von Szenarien sind unterschiedliche Typen von Szenarien zu betrachten. In Literatur und Praxis hat sich in der Vergangenheit die Kategorisierung in drei verschiedene Szenariotypen durchgesetzt. Neben einem Trendszenario gilt die Entwicklung zweier Extremszenarien (worst case und best case) als sinnvoll. Visualisierungsinstrument von Szenarien ist der Szenario-Trichter. Die Schnittfläche des Kegels beinhaltet sämtliche plausiblen, möglichen und denkbaren Entwicklungen zum Zeitpunkt der Betrachtung. Die Entwicklung der einzelnen Szenarien verläuft dabei keineswegs linear, sondern durch den Einfluss von Störungen werden Sprünge und Knicke im Verlauf des Szenarios hervorgerufen [vgl. *REIBNITZ* 1992].

Zusammenfassend kann zur Szenariotechnik somit festgehalten werden, dass die Methode vor allem im turbulenten Unternehmensumfeld einen vielversprechenden Ansatz darstellt. Sie vermeidet beispielsweise die Gefahr, dass die Strategie „an ganz bestimmte Voraussetzungen gebunden wird, deren Annahmen durch unternehmensinterne und -externe Entwicklungen schnell widerlegt

werden können“ [HINTERHUBER 2004]. *HINTERHUBER* sieht weiterhin die folgenden Stärken der Methode:

- Szenarioplanung macht Unsicherheiten offenkundig,
- besitzt den Charakter eines Hilfsmittels, das die Formulierung strategischer Alternativen erleichtert,
- nimmt den Führungskräften die Entscheidungsfindung nicht ab, sondern unterstützt lediglich mit Informationen,
- erfordert einen relativ geringen Kostenaufwand in der Durchführung.

Ein weiterer Vorteil der Szenariotechnik ist in der Tatsache zu sehen, dass strukturierte oder selbst unstrukturierte Szenariendiskussionen ein exzellentes Forum für die Bewertung des möglichen Verlaufs einer Entwicklung bilden können [vgl. KARLÖF 2001].

Ein weiterer Ansatz, der hilft, die Zusammenhänge der Zukunft zu durchdringen, ist das Systemische Denken. Nach *SENGE* kann Systemisches Denken verstanden werden als ein Rahmenwerk, das den Entscheider dabei unterstützt, in Wechselbeziehungen zu denken, statt in einfachen Ursache-Wirkungsketten [vgl. *SENGE* 2006, S.161]. Eine Reihe von Anwendungswerkzeugen und -techniken stehen hierbei zur Verfügung. Der Ansatz des Systemischen Denkens weist vier Dimensionen auf: Das Denken in Modellen, das Vernetzte Denken, das Dynamische Denken und das Systemische Handeln [vgl. *OSSIMITZ* 2001]. Vernetztes Denken bildet die Fähigkeit ab, nicht nur in einfachen Ursache-Wirkungsbeziehungen zu denken, sondern auch indirekte Wirkungen zu berücksichtigen, die unter anderem durch Rückwirkungen auf die Ursachen resultieren. Dynamisches Denken erweitert dies durch Betrachtung von Rückkopplungen um eine zeitliche Komponente. Rückkopplungen können eskalierend oder stabilisierend wirken und können im Zusammenhang mit Zeitverzögerungen zu Schwingprozessen führen. Bei statischen Momentaufnahmen reicht in der Regel jedoch vernetztes Denken aus [vgl. *OSSIMITZ* 2008].

Ähnlich der Komplexitätsreduzierung im Rahmen der Szenariotechnik findet auch beim Vernetzten Denken eine Reduzierung der Einflussfaktoren durch Gegenüberstellung und Bewertung aller Faktoren in einer Einfluss- oder auch Kriterienmatrix statt [vgl. *VESTER* 2000, S.193ff]. Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge kommen ferner sog. Kausaldiagramme zum Einsatz. Kausaldiagramme können mit gerichteten Knoten-Kanten-Graphen verglichen werden, wobei die Knoten die Systemelemente wiedergeben und die Kanten die Wirkungen eines Elementes auf das andere darstellen [vgl. *COYLE* 1996]. Bei den Wirkungen gilt es in Bezug auf die Wirkungsrichtung zwischen einer verstärkenden und abschwächenden Wirkung zu unterscheiden. Die Wirkungsrichtung wird hierbei im Diagramm durch einen Pfeil abgebildet, die Art durch ein Plus- oder ein Minuszeichen.

Eine aktuelle Methode, die die Grundsätze des Systemischen Denkens zusammenfasst, ist die des System Dynamics. Es wird hierbei zwischen einem qualitativen und einem quantitativen System Dynamics unterschieden [vgl. *WOLSTENHOME* 1990, S.11ff]. Während sich der qualitative Teil der Methode aus der Bestimmung der wesentlichen Systemzusammenhänge und dem Zeichnen der Kausaldiagramme zusammensetzt, betrachtet der quantitative Teil die Zusammenhänge näher. Die Verbindungen werden in der Höhe ihrer Wirkung und einer zeitlichen Dimension verbunden. Dadurch wird System Dynamics zu einem Simulationswerkzeug, mit dem sich ein Systemzustand in die Zukunft projizieren lässt. Der Ansatz des System Dynamics wird in Kapitel 3.2.7 im Zusammenhang mit der Analyse von Simulationsmethoden weiter untersucht.

Neben diesen vorgestellten Methoden kommen zur Entwicklung von Zukunftsbildern eine Reihe von Methoden aus dem Bereich der Kreativitätstechnik und Ideenfindung zum Einsatz, die hier jedoch nicht näher beschrieben werden.

3.1.4 Entscheidungsmodelle und Bewertungsverfahren der strategischen Planung

Im Folgenden werden die grundlegenden Modelle und Methoden der Entscheidungstheorie kurz skizziert und die auf das vorliegende Problem anwendbaren Konzepte herausgearbeitet.

Das Grundmodell der Entscheidungstheorie, das den Bezugsrahmen für alle problembezogenen speziellen Entscheidungsmodelle bildet, besteht aus folgenden Elementen: dem Aktionsraum, dem Zustandsraum (Umfeld) und den Zielen des Entscheiders [vgl. BAMBERG/COENENBERG 2002, S.15ff]. Zunächst sollen dabei einstufige (statische) Entscheidungsmodelle betrachtet werden.

Der Aktionsraum ergibt sich aus den dem Unternehmen zu einem bestimmten Zeitpunkt zur Verfügung stehenden Handlungsalternativen [vgl. GRÜNIG/KÜHN 2004, S.227]. Um jedoch den Informationsbeschaffungsaufwand in wirtschaftlich vertretbarem Maße zu halten, wird in Planungsprozessen nur eine begrenzte Anzahl von Aktionen untersucht, die aufgrund der a priori verfügbaren Informationen für zielführend erachtet werden.

Das Ergebnis einer Aktion wird entscheidend bestimmt durch den Zustandsraum (das Umfeld), d.h. diejenigen Faktoren, die das Ergebnis der Aktion mitbestimmen, ohne dass sie vom Entscheider beeinflussbar sind, wie z.B. die gesamtwirtschaftliche Entwicklung, Nachfrageverschiebungen oder Technologie-Innovationen. Die Menge aller für eine Entscheidung relevanten Umfeldzustände bildet den Zustandsraum [vgl. BAMBERG/COENENBERG 2002, S.18].

Da sich Planung auf in die Zukunft gerichtete Handlungen bezieht, müssen Prognosen über die zukünftigen Umfeldzustände (Entwicklungsprognosen) und über die Wirkung der eigenen Aktionen (Wirkungsprognosen) gebildet werden. Prognosen können subjektiv sicher oder unsicher sein [vgl. EISENFÜHR/THEURSEN 2004, S.35]. Entscheidungsmodelle unter Sicherheit sind für taktische und strategische Entscheidungen nicht geeignet, da mit der Distanz des Planungshorizonts die Unsicherheit über die sich tatsächlich realisierenden Umfeldzustände zunimmt. Bei unsicheren Prognosen sind in Zukunft verschiedene Umfeldzustände und damit verschiedene Ergebnisse der Aktionen möglich, so dass eine Entscheidung unter Unsicherheit vorliegt. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt bei Entscheidungen unter Unsicherheit zweckmäßigerweise in einer Entscheidungsmatrix, deren Zeilen die Aktionen und deren Spalten die Umfeldzustände beschreiben [vgl. KAHLE 1990, S.120f]. Die Ergebnisse in den einzelnen Feldern der Matrix werden determiniert durch die jeweilige Aktion und den jeweiligen Umfeldzustand.

Bei Entscheidungen unter Unsicherheit besteht das Problem darin, Kriterien zu entwickeln, die im Zuge der Bewertung eine eindeutige Rangordnung der Handlungsalternativen erlauben. Zur Vereinfachung des Entscheidungsproblems können diejenigen Aktionen im Vorfeld ausgeschlossen werden, die in keinem Umfeldzustand bessere, aber mindestens in einem schlechtere Ergebnisse erzeugen [vgl. KRUSCHWITZ 2007, S. 321f]. Eine weitere Vereinfachung, um den Informationsaufwand in wirtschaftlichen Grenzen zu halten und die Transparenz der Entscheidungssituation zu erhöhen, besteht darin, nur eine begrenzte Zahl repräsentativer Zustände im Entscheidungsmodell abzubilden, wobei oftmals nur von drei Zuständen ausgegangen wird: *wahrscheinlichster*, *schlechtester* und *bester* Zustand (vgl. Szenariotechnik, Kapitel 3.1.3). Entscheidungen unter Unsicherheit

lassen sich entsprechend des Grades der Unsicherheit in Entscheidungen unter Ungewissheit und Risiko differenzieren.

Für Entscheidungen unter Ungewissheit (d.h. für die möglichen Umfeldzustände können keine Wahrscheinlichkeiten angegeben werden) existieren zwar Entscheidungsregeln, diese besitzen jedoch aufgrund des Umstandes, dass sie die tatsächlichen Präferenzen der Entscheider nur unvollständig abbilden, geringe praktische Relevanz [vgl. LAUX 2007, S.105 ff.; BAMBERG/COENENBERG 2002, S. 129 ff.; KAHLE 1990, S.137]. Können Wahrscheinlichkeiten für die Realisation der Umfeldzustände und damit die Ergebnisse der Aktionen angegeben werden, liegt eine Entscheidung unter Risiko vor. Objektive, intersubjektiv nachprüfbare Wahrscheinlichkeiten lassen sich jedoch für strategische Entscheidungsprobleme in der Regel nicht erheben [EISENFÜHR/WEBER 2003, S. 154ff. und LAUX 2007, S. 123], sodass Entscheidungen bei Risiko unter Berücksichtigung subjektiver Wahrscheinlichkeiten getroffen werden. Die subjektive Wahrscheinlichkeit beschreibt die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Umfeldzustands aus Sicht des Entscheiders [vgl. EISENFÜHR/WEBER 2003, S. 152]. Dabei steht außer Frage, dass die Bestimmung der subjektiven Wahrscheinlichkeiten nicht ‚beliebig‘ erfolgen kann, sondern diese aus dem Informationsstand und den Erfahrungen des Entscheiders ‚begründbar‘ abzuleiten sind. Da bei wirtschaftlichen Entscheidungen in aller Regel subjektive Wahrscheinlichkeiten für die Realisation der Umfeldzustände und damit die Ergebnisse der Aktionen gebildet werden können, liegt in aller Regel eine Entscheidung unter Risiko vor.

Welche Ergebnisse aus Aktionen und Umfeldzuständen der Entscheidungsträger letztlich im Entscheidungs- bzw. Bewertungsmodell berücksichtigt wird durch seine Ziele bestimmt. Die Beziehung der Ziele untereinander kann vertikal in Ober-, Zwischen- und Unterziele und horizontal in komplementäre, indifferente und konfliktäre Ziele unterteilt werden. Problematisch in Bezug auf die Entscheidungsfindung sind konfliktäre Ziele, bei denen eine Verbesserung bei einem Ziel zu einer geringeren Zielerfüllung beim anderen Ziel führen kann, somit aus der Zielerfüllung zunächst keine eindeutige Rangordnung ableitbar ist. Die Entscheidungstheorie bietet hierfür unterschiedliche Lösungsansätze, zu denen auch die Überführung der konfliktären Ziele in eine Gesamtnutzenfunktion zählt. Zur Entscheidungsfindung bei Mehrfachzielsetzung (Multi-Criteria-Analysis) kommen in aller Regel „weiche“ Entscheidungsverfahren wie Nutzwertanalyse (Scoring Modell), Analythic Hierarchy Process oder in speziellen Situationen die Kosten-Wirksamkeitsanalyse zum Einsatz [vgl. TROMMER 2001, S.15ff]. Die Nutzwertanalyse nach ZANGEMEISTER [vgl. ZANGEMEISTER 1976] stellt in dieser Reihe das am weitesten verbreitete und in Bezug auf die Durchführung praktikabelste Verfahren dar.

Entgegen einstufiger Entscheidungsmodelle berücksichtigen mehrstufige Entscheidungsmodelle solche Aktionen, deren Ergebnisse auch von zukünftigen Entscheidungen (Entscheidungssequenz) abhängen [vgl. LAUX 2007, S. 286]. Entscheidungssequenzen beschreiben die Fähigkeit des Managements, auf zukünftige Umfeldzustände oder verbesserte Informationen flexibel zu reagieren. Diese Entscheidungsflexibilität kann auch mit Optionsrechten (Managerial Options) beschrieben werden, deren Wert sich aus dem Erwartungswert der Ergebnisse zukünftiger Entscheidungen ergibt. Rein formal lässt sich ein mehrstufiges Entscheidungsproblem allerdings durch Einführung bestimmter Begriffe, z.B. Strategien, Politiken oder Entscheidungsfunktionen genannt, auf ein einstufiges Entscheidungsproblem zurückführen [BAMBERG/COENENBERG 2002, S. 270; EISENFÜHR/WEBER 2003, S. 39ff.]. Diese Vorgehensweise wird in dieser Arbeit als ausreichend eingeschätzt, da die zu beschreibenden Varianten der Leistungsgestaltung (Glo-

balszenarien) als in sich geschlossene Strategien verstanden werden, die jeweils einen viel versprechenden Ast eines Entscheidungsbaumes [vgl. EISENFÜHR/WEBER 2003, S. 38f] darstellen.

3.1.5 Fazit: Strategische Planung

Die Ansätze zum Strategischen Management machen deutlich, dass die strategische Gestaltung der Potentiale in den Unternehmen keine Einmalaufgabe mehr ist, sondern einen kontinuierlichen, sich stetig erneuernden Charakter hat. Ferner ist die Entwicklung von Strategien in einem turbulenten Umfeld durchaus möglich und nutzenstiftend. Die dargestellten aktuellen Ansätze zeigen, dass hierbei nicht länger die Entwicklung starrer Pläne zur Beschreibung der Wege in die Zukunft im Vordergrund steht, sondern die Schaffung von Umfeldbedingungen, in denen strategische Potenziale schnell erkannt und realisiert werden können. Strategien werden in Form von Strategiebündeln formuliert, die über einen gewissen Zeitraum ko-evolvieren und aus denen heraus erst nach einer Präzisierung der Umfeldsituation die erfolgversprechendste Variante endgültig umgesetzt wird. Strategie ist somit ein Prozess, der auch kurzfristig entstehende Potenziale berücksichtigen muss. Die schnelle Entwicklung einer Strategie wird somit zum kritischen Faktor. Um die Strategiekompetenz der Mitarbeiter zu unterstützen, bedarf es Werkzeuge wie der Methode zur sLP, die eine einfache Vorausschau in die Zukunft ermöglichen. Ziel muss es dabei sein, aus dem simulierten Systemverhalten der Zukunft für heute zu lernen, um die aktuell verfolgte Strategie schnell anpassen zu können.

Ebenfalls zeigt sich, dass zur Ausleuchtung des Zukunftsraums nicht länger singuläre Prognosen, sondern die Entwicklung von Szenarien zum Einsatz kommen. Sie erlauben auch die Darstellung und Bewertung alternativer Systemzustände in einer unsicheren Zukunft. Für die strategische Planung bedeutet dies konkret, dass ihre Aufgabe nicht die konkrete Formulierung eines Weges in die Zukunft ist, sondern mehr in der Identifikation und Vermeidung derjenigen Optionen, die eine Gefahr für den Fortbestand des Unternehmens darstellen. Die strategische Leistungsplanung hat diese Anforderungen an eine moderne Art der strategischen Planung zu berücksichtigen. Die alternativen Szenarien der Leistungsgestaltung, die mit der Methode zur sLP erzeugt, verglichen und bewertet werden, stellen einstufige Entscheidungsprobleme unter Risiko dar, die anhand einer Gesamtnutzenfunktion in einer Nutzwertanalyse bewertet werden. verschiedene Ziele können hiermit gleichzeitig berücksichtigt und gegeneinander gewichtet werden. Außerdem werden konflikthafte Zielfelder wie die Gestaltung der Fixkosten und der Eigenfertigungstiefe damit handhabbar. Um den Anforderungen moderner Strategien gerecht zu werden, gilt es hierbei, nicht die eine optimale Lösung zu finden, sondern vorrangig die Alternativen auszusortieren, die in Bezug auf einzelne Ziele besonders schlecht abschneiden und somit eine Gefahr für den Unternehmensfortbestand darstellen. Unter den beibehaltenen Alternativen ist zunächst diejenige zu verfolgen, die den höchsten Erwartungswert aufweist. Die verbleibenden Alternativen sind weiter zu berücksichtigen und bei einem erneuten Durchlauf der Methode unter veränderten Bedingungen wieder zu betrachten.

3.2 Verfahren und Methoden zur langfristigen Gestaltung der Produktion

Das folgende Kapitel gibt einen Überblick zu bestehenden Ansätzen, die eine langfristige Gestaltung der Produktion unterstützen. Dabei wird zunächst untersucht, wie das Produktprogramm, der Ausgangspunkt einer jeden Kapazitätsdimensionierung, in einem langfristigen Horizont abgebildet und strukturiert werden kann (vgl. Kapitel 3.2.1). Weitergehend werden grundlegende Methoden

zur langfristigen Kapazitiven und Strukturellen Gestaltung der Produktion durchleuchtet (vgl. Kapitel 3.2.2) und Methoden zur Festlegung der Eigenfertigungstiefe und der Kernkompetenzen des Unternehmens analysiert (vgl. Kapitel 3.2.3). Ferner werden Ansätze untersucht, die eine technologieorientierte Gestaltung (vgl. Kapitel 3.2.4) sowie eine Gestaltung der Kostensituation (vgl. Kapitel 3.2.5) in der Produktion unterstützen. Übergreifend werden zudem bestehende Ansätze zur Klassifizierung von Veränderungen auf ihre Verwendung im Rahmen der sLP hin untersucht (vgl. Kapitel 3.2.6). Abschließend wird untersucht, welchen Beitrag die Werkzeuge der digitalen und virtuellen Fabrik zur strategischen Leistungsplanung leisten können (vgl. Kapitel 3.2.7).

3.2.1 Strukturierung und Planung des Produktprogramms

Ausgangspunkt einer jeden Planung zur Gestaltung der Fabrik ist das zu fertigende Produkt. Neben der Art der Produkte, die in der Produktplanung festgelegt wird, ist vorrangig die Frage nach den zu fertigenden Stückzahlen interessant. Informationen über das künftige Mengengerüst werden in der Absatz- und Produktionsprogrammplanung generiert.

3.2.1.1 Strukturierung des Produktprogramms

Zur Strukturierung des Produktprogramms sind in der empirischen Literatur von einander abweichende Konzepte beschrieben. Auf Grund des starken Produktionsbezugs der Methode zur sLP erfolgt eine Fokussierung auf die Produktions-, bzw. Fertigungsorientierten Ansätze.

Eine Unterteilung, die auch die Funktion der Komponenten mit einbezieht, findet sich bei *WILDE-MANN*. Hier wird das Produktprogramm unterteilt in Hauptbaugruppen, Baugruppen und Einzelteile und funktionsorientierte Unterteilung in Hauptfunktionen, Unterfunktionen, Funktionsträger, Baugruppen und Einzelteile [vgl. *WILDEMANN* 2003, S. 64ff]. Ferner vertritt *EVERSHEIM* eine Systematik zur Produktaggregation, die nach Typenreihen, Produkteinheiten, Typengruppen, Typen und Varianten unterscheidet [vgl. *EVERSHEIM* et al. 1999, S. 14-17]. In den einzelnen Abstufungen werden unterschiedliche Kriterien zur Einteilung verwendet, die von der gleichen Funktion beim Kunden bis hin zu gleichen Produktionsschritten reicht.

3.2.1.2 Planung des Produktprogramms

Das Absatzprogramm berücksichtigt vorwiegend die Gegebenheiten des Absatzmarktes und die Möglichkeiten des Vertriebsbereichs, diesen zu beliefern. Das Produktionsprogramm geht vom Absatzprogramm aus und berücksichtigt die Gegebenheiten der Beschaffungsmärkte und die Kapazität des Produktionsbereichs. Es legt fest, welche Aufträge vom Bereich der Produktion (Entwicklung, Produktionsorganisation, Beschaffung, Fertigung) in bestimmten Perioden durchzuführen sind [vgl. *REFA* 1991, S.24ff]. Die im Produktionsprogramm enthaltenen Daten beziehen sich auf den Primärbedarf an Erzeugnissen pro Periode. Hieraus leitet sich der Kapazitätsbedarf der einzelnen Bereiche der Produktion ab, der für die Produktion dieses Primärbedarfes erforderlich ist [vgl. *BINNER* 2005, S.527]. Für eine Serien- oder Massenfertigung folgt die Absatzplanung dem Prinzip eines rolling forecast. In der Regel wird in Intervallen von vier Monaten geplant, wobei das dem Ausführungszeitpunkt nächstgelegene Intervall als fix angesehen wird. Die weiteren Planungsintervalle in der Zukunft werden bei den folgenden Planungsläufen nochmals unter den dann herrschenden Bedingungen aktualisiert. Planungsgröße ist der in Geldeinheiten bewertete erwartete Absatzwert je Artikelgruppe. Die Umsetzung des Absatzplans in einen mittelfristigen Produktionsplan erfolgt in ähnlicher Weise. Der mittelfristige Produktionsplan wird in ein Monatsprogramm

übersetzt, das als Grundlage für die Planung der Baugruppen- und Teilefertigung dient. Das Monatsprogramm wird wiederum in ein Wochenprogramm heruntergebrochen, das die Grundlage für die operative Einplanung pro Arbeitstag an der einzelnen Maschine ist. Als Planungsgrundlage dienen Stückzahlen je Zeitperiode [vgl. BINNER 2005, S.527f]. Je weiter der Planungshorizont bei der Planung des Produktprogramms in die Zukunft rückt, desto weniger granular werden die betrachteten Informationen. Eine Programmplanung für einen Zeitraum von fünf bis zehn Jahren hat lediglich die Betrachtung der zu besetzenden Produktfelder zum Gegenstand. In einem näheren Zeithorizont von 2 bis 5 Jahren werden die Produktfelder in Produktarten untergliedert und mit groben Mengenabschätzungen hinterlegt [vgl. KETTNER et al. 1984, S.43f]. Für kurzfristigere Betrachtungen werden die oben beschriebenen Informationen herangezogen.

3.2.1.3 Fazit: Produktprogramm

Die Ansätze zur Planung des Produktprogramms bauen je nach Zeithorizont auf Produktinformationen mit einem dem zeitlichen Vorlauf angepassten Aggregationsgrad auf. Dieser Aspekt ist auf die strategische Leistungsplanung zu übertragen. Da in dieser Arbeit ein Zeithorizont von bis zu zehn Jahren betrachtet werden soll, müssen zum einen sehr detaillierte Informationen aus der Gegenwart aufgenommen und zum anderen sehr unscharfe Informationen aus der Zukunft verarbeitet werden können.

3.2.2 Gestaltung der Produktionsstrukturen

Produktionsstrukturen sind durch ihre Struktur (Art der Ressourcen) und ihre Kapazität (Anzahl der Ressourcen) gekennzeichnet. In den folgenden Kapiteln werden aktuelle Ansätze zur Gestaltung dieser beiden Komponenten beschrieben und auf ihre Anwendbarkeit in der strategischen Leistungsplanung hin untersucht. Unterteilt wird diese Betrachtung in Gestaltungsansätze für direkt wertschöpfende und produktionsnahe indirekte Bereiche.

Die Umsetzung der kapazitiven und strukturellen Gestaltung der Produktionsstrukturen ist in der Regel mit Investitionen verbunden. Die Verfahren zur wirtschaftlichen Bewertung von Investitionsalternativen sind in Kapitel 3.3.4 mit den Ansätzen zur Modellierung von Kosten beschrieben.

3.2.2.1 Gestaltung direkt wertschöpfender Bereiche

Nachdem das zu fertigende Produktprogramm bestimmt wurde, kann aus der Art der Produkte die Produktionsstruktur und aus dem korrespondierenden Mengengerüst die vorzuhaltende Kapazität bestimmt werden.

Unter der strukturellen Gestaltung der Produktion ist die Bestimmung der Sachmittel (Maschinen & Anlagen, Werkzeuge, etc.) basierend auf den dem Produktprogramm zu entnehmenden Teilebedarfen zu verstehen. Die Grundlagen zur Strukturplanung sind ausführlich bei WIENDAHL beschrieben [vgl. WIENDAHL H.-P. 1973]. Basis des Verfahrens ist eine Gegenüberstellung der Anforderungen, die durch die zu bearbeitenden Teile des Produktprogramms bestimmt sind, und den Fähigkeiten von Maschinen und Anlagen (Betriebsmitteln), die zur Durchführung der Bearbeitungs- und Montageoperationen zur Verfügung stehen. Aus einer technologischen, zeitlichen und wirtschaftlichen Gegenüberstellung von Bearbeitungs- und Maschinenprofilen wird letztendlich der Bedarf an Personal, Sachmitteln und Fläche abgeleitet. Da diese Grundsätze zur strukturellen Gestaltung der Produktion allgemein bekannt und unverändert gültig sind, wird das Themenfeld hier nicht weiter vertieft.

Ist die Struktur der Produktion in Form der Art der Maschinen und Anlagen bestimmt, ist auf Grundlage des prognostizierten Mengengerüsts zu ermitteln, wie viele Maschinen und Anlagen einer Art benötigt werden, um den vom Markt geforderten Output zu bewältigen. Die Grundlagen zur kapazitiven Gestaltung der Produktion sind unter anderem ausführlich bei REFA beschrieben [vgl. REFA 1991]. Die Planung der zur Abarbeitung des Produktionsprogramms notwendigen Kapazitäten gliedert sich in die Planung der Kapazitätsbedarfe und die Gestaltung des Kapazitätsangebots der Fertigung durch die Betriebsmittel- und Personalbedarfsplanung.

In der Kapazitätswirtschaft nach REFA wird zunächst unterschieden zwischen dem Kapazitätsbedarf, der zur Durchführung von Arbeitsaufgaben benötigt wird, und dem Kapazitätsbestand, der zur Durchführung von Arbeitsaufgaben zur Verfügung steht. Beide Aspekte sind sowohl qualitativ als auch quantitativ für Betriebsmittel und Personal zu beschreiben. Da im Rahmen dieser Arbeit eine Fokussierung auf die technischen Ressourcen eines Produktionssystems erfolgt, kann der Aspekt des Personals in der Kapazitätswirtschaft in der Folge ausgeblendet werden (vgl. Kapitel 2.3.2).

Der Kapazitätsbestand kann in idealisierter Form als theoretischer Kapazitätsbestand angegeben werden und unter Berücksichtigung von Störungen als realer Kapazitätsbestand (vgl. Kapitel 2.4.1.1). Bei der Durchführung von Kapazitätsplanungsaufgaben kann auf Soll-Daten zurückgegriffen werden, die durch Arbeitsstudium und Fertigungsplanung erarbeitet wurden [vgl. BOKRANZ/LANDAU 2006]. Dokumentiert sind diese Daten in Arbeitsplänen und Fertigungsprogrammen. Ferner liefert die Betriebsdatenerfassung wichtige Rückmeldeinformationen aus der Fertigung, die beispielsweise genutzt werden können, um die Soll-Daten auf ihre Aktualität zu prüfen und ggf. anzupassen.

Die aus der Produktionsprogrammplanung abgeleitete Kapazitätsbedarfsplanung kann unterteilt werden in eine operative, aufgabenbezogene Kapazitätsbedarfsplanung und in eine mittel- bis langfristige, programmbezogene Kapazitätsbedarfsplanung. Die auftragsbezogene Kapazitätsbedarfsplanung ist Gegenstand des Aufgabenspektrums moderner PPS-, ERP- und MES-Systeme. Auf Grund der kurzfristigen Orientierung ist dieser Zweig für die zu entwickelnde Methode zur sLP nicht relevant. Die mittel- bis langfristige, programmbezogene Planung dagegen hat die Ermittlung eines qualitativen und quantitativen Bestandes bezogen auf ein gesamtes Produktprogramm zum Gegenstand. Ergebnis dieser Planung sind Anforderungsprofile für die Betriebsmittel je Periode sowie quantitative Anforderungen je Bereich [vgl. REFA 1991, S. 187f].

Die Gestaltung des Kapazitätsangebots der Fertigung beruht auf den oben dargestellten Ergebnissen der Kapazitätsbedarfsplanung. Diese neutral formulierten Informationen zu den benötigten Kapazitäten gilt es in eine konkrete Planung der benötigten Betriebsmittel zu überführen. Die langfristige Ermittlung des Betriebsmittelbedarfs orientiert sich an einem Erzeugnis oder einem Erzeugnissortiment. Konstruktive Details und konkrete Bedarfsmengen sind zu diesem Zeitpunkt noch nicht bekannt. Informationstransparenz im Hinblick auf die Anforderungen die sich aus aktuell in der Konstruktion und Entwicklung befindlichen Produkten an die Betriebsmittel ergeben, ist bereits zu diesem Zeitpunkt wesentlich. Neu geschaffene Technologiepotenziale auf Seiten von Produkt- und Prozesstechnologien gilt es frühzeitig zu berücksichtigen. Die Ergebnisse der Kapazitätsplanung sind Input für die Formulierung der Investitionsprogramme.

Da die Durchführung der langfristigen Kapazitätsplanung als allgemein bekannt angesehen werden kann, soll das Themengebiet an dieser Stelle nicht weiter vertieft werden. Es wird in der Folge jedoch auf aktuelle Ansätze aus dem Bereich Fabrikplanung bzw. der Gestaltung von Produktions-

strukturen eingegangen. Dabei stehen vor allem Ansätze im Vordergrund, die eine Planung von Produktionsstrukturen unter dem Aspekt der Wandlungsfähigkeit unterstützen.

Einen aktuellen Ansatz zur Fabrikplanung im turbulenten Umfeld stellt die von *BAUMEISTER* entwickelte Methodik zur Zielplanung der Fabrik unter Berücksichtigung eines turbulenten Unternehmensumfelds und der übergeordneten Unternehmensziele dar [BAUMEISTER 2002]. Im Zentrum des Ansatzes steht eine in vier Phasen untergliederte Vorgehensweise zur Aufnahme von Rahmenbedingungen, Vorgaben und Einflüssen aus dem Unternehmensumfeld, der Ableitung eines Zielsystems unter Berücksichtigung übergeordneter Unternehmensziele sowie einer abschließenden Plausibilitätsprüfung der erarbeiteten Fabrikstrategie. Wandlungstreiber werden identifiziert, bezüglich der notwendigen Wandlungsfähigkeit bewertet und nach einem Abgleich mit der Marktpriorität einzelner Planungsfelder der Unternehmensstrategie gegenübergestellt. Der Ansatz berücksichtigt keine Technologie-Innovationen im engeren Sinne und hat mehr den Charakter einer Einmalplanung. Er weist keine zeitliche Tiefe auf, um die Entwicklung der Fabrikstruktur über einen langfristigen Zeithorizont abzubilden.

Einen weiteren aktuellen Ansatz stellt die Vorgehensweise zum Fabrik-Technologie-Roadmapping nach *FIEBIG* dar [vgl. FIEBIG 2004]. Betont wird in der Entwicklung dieses Konzepts der bestehende Bruch zwischen den Planungssystemen für (Produktions-) Technologien und Fabrikstrukturen. Beide Planungssystematiken entwerfen ihr bereichsspezifisches Zukunftsbild auf Basis aktueller statischer Bilder des jeweils anderen Bereichs (vgl. Abbildung 3-3). Die beträchtlichen Synergien, die zwischen der Entwicklung von Fabriken und Technologien bestehen, bleiben unberücksichtigt. Aus diesem Grund fordern *WIENDAHL/FIEBIG* eine integrierte und synchronisierte Planung von Technologien und Fabrikkonzept [vgl. WIENDAHL/FIEBIG 2003, S.233].

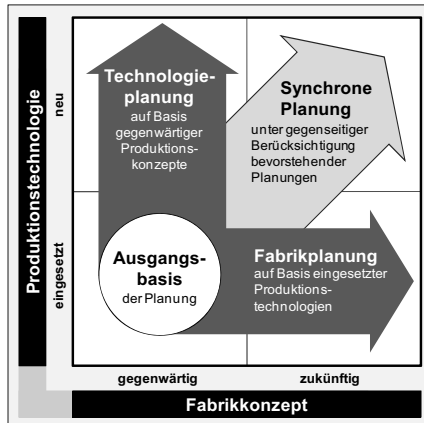


Abbildung 3-3: Kooperative Fabrik- und Technologieplanung
[vgl. WIENDAHL/FIEBIG 2003, S.233]

Der Fokus bei dem von *FIEBIG* vorgestellten Ansatz liegt dabei auf der Synchronisation strategischer Fabrik- und (Produktions-) Technologieplanung. Grundlage des Verfahrens ist ein fabrikplanungsorientiertes Beschreibungsmodell von Produktionstechnologien, das als ein Ergebnis aus Sicht der Fabrikplanung sinnvolle Technologieklassen mit adäquatem Detaillierungsgrad liefert. Ferner werden fabrikplanungsrelevante Technologiemerkmale entwickelt. Darauf aufbauend

schließt sich eine Analyse der Breiten- und Tiefenwirkung der Technologiemerkmale an, aus deren Erkenntnissen Leitsätze für die Auswahl und Planung von Produktionstechnologien formuliert werden. Diese Auswahl bildet die Grundlage für den anschließenden eigentlichen Fabrik-Technologie-Roadmappingprozess. Die strategische Beurteilung des fabrikplanungsrelevanten Potenzials einer Produktionstechnologie geschieht mittels eines eigens entwickelten Fabrik-Technologie-Portfolios. Die Portfoliomethode in Verbindung mit dem Roadmappingprozess fördert das Potenzial der Methode zur Synchronisation der Teilbereiche. Als Fazit zur Methode bleibt festzuhalten, dass sie dem Anspruch einer Synchronisation von Fabrik- und (Produktions-) Technologieplanung voll gerecht wird. Sie unterstützt Unternehmen bei einer qualitativen Abstimmung und Entwicklung ihrer strategischen Potenziale in einem Zeithorizont von bis zu fünf Jahren. Eine explizite Berücksichtigung der Wirkung alternativer Produkttechnologien auf die Entwicklung der Fabrik ist jedoch nicht vorgesehen. Ebenso berücksichtigt die Vorgehensweise keine Aspekte zur Veränderung der Eigenfertigungstiefe. Die Verbindung zur Unternehmensstrategie ist über Technologie-Portfolios ermöglicht, bleibt damit jedoch sehr abstrakt und allgemein.

Eine zentrale Arbeit auf dem Gebiet der strategischen Produkt- und Prozessplanung ist das Verbundprojekt Strategische Produkt- und Prozessplanung (SPP) [vgl. GAUSEMEIER et al. 2004]. Ziel des Projektes war die Entwicklung von Methodenbaukästen und Leitfäden zur strategischen Produkt- und Prozessplanung und die Verankerung dieser Planungsschritte im Führungsprozess von KMUs. Besonders intensiv wurde die Schnittstelle zwischen Markt und Produkt durchleuchtet. Entsprechend der *ANSOFF*-Matrix wurden unterschiedliche Kombinationen aus Markt- und Produktinnovation betrachtet und mit Vorgehensweisen zur effizienten Umsetzung hinterlegt. Ergänzt wurde die Schnittstelle Innovationen auf Seite der Fertigungstechnologien. Auf der Basis von Produktmerkmalen werden Technologieketten abgeleitet und anhand technischer Kriterien bewertet. Die Ergebnisse dieses Teilbereiches werden in einem Technologiekalender dokumentiert.

Die von *FALLBÖHMER* postulierte Methode zur Generierung alternativer Technologieketten in frühen Phasen der Produktentwicklung stellt einen weiteren integrierten Planungsansatz dar [vgl. *FALLBÖHMER* 2000]. Der Ansatz beleuchtet die Schnittstelle zwischen der Konstruktion und der Fertigungsplanung. Basierend auf zuordnungsrelevanten Produktmerkmalen erfolgt hier eine Systematisierung der Zuordnung von Produkt- und Technologiemerkmalen.

Einen ähnlichen Ansatz verfolgt auch *TROMMER* mit der Methodik zur konstruktionsbegleitenden Generierung und Bewertung alternativer Fertigungsfolgen [vgl. *TROMMER* 2001]. Der Ansatz ermöglicht es, konstruktionsbegleitend die Wechselwirkungen zwischen Produktgestalt und Fertigungsmöglichkeiten in tatsächlichen oder virtuellen Produktionsumgebungen zu untersuchen.

Fokus aktueller Ansätze ist auch die Partizipation aller am Planungsprozess Beteiligten und von ihm Betroffenen sowie eine Parallelisierung der Planungsprozesse und die Unterstützung durch Planungswerkzeuge. Zum Einsatz kommen hier Werkzeuge wie der *visTABLE* oder der Fabrikplanungstisch [vgl. *GÜNTHER* 2005; *RIFFELMACHER* et al. 2008, S.122]

Auf eine kurz- bis mittelfristige Optimierung von Produktionsstrukturen ausgerichtet ist die Systematik zur zyklischen Fabrikstrukturplanung unter Einsatz der Agententechnologie [*HARMS* 2004].

Ein Ansatz, dessen Entwicklung bereits in der Zeit zurückliegt, der hier dennoch erwähnt werden soll, ist die Unterstützung der Technologieauswahl durch Expertensysteme [vgl. *BERTLING* 1994; *KORN* 1995]. Ein Beispiel ist das von *BERTLING* in Verbindung mit einem Management Decision Support System zur strategischen Produktionsentwicklung entworfene „Informations- und Berech-

nungssystem zur Technologiebewertung und -optimierung“. Die Sinnhaftigkeit eines Expertensystems zur Unterstützung der Technologieauswahl soll an dieser Stelle nicht diskutiert werden. Für die Methode zur sLP relevant sind jedoch der prinzipielle Aufbau des Systems und der Ablauf der Planung. Das System gliedert sich in vier Module [vgl. BERTLING 1994, S.55]:

- Abbildung der externen Entwicklungen,
- Abbildung betrieblicher Rahmenbedingungen,
- das Management Decision Support System, das den Input verarbeitet und Szenarien ausgibt, sowie
- ein Ausgabemodul zur Produktionsentwicklungsstrategie.

Der Aufbau des Systems zeigt, welche Bereiche es bei der Formulierung der Produktionsentwicklungsstrategie zur berücksichtigen gilt, und wie die Informationen nacheinander verarbeitet werden. Ein von *BERTLING* ergänzend dargestellter exemplarischer Planungsablauf verdeutlicht, welche Daten erhoben und im Zeitablauf verarbeitet werden müssen, um am Ende zu einem Ergebnis in Form eines Technologiekalenders zu führen [vgl. BERTLING 1994, S. 58].

3.2.2.2 Gestaltung produktionsnaher indirekter Bereiche

Wenn in dieser Arbeit von der Gestaltung produktionsnaher indirekter Bereiche die Rede ist, so geht es um eine Planung der zukünftigen quantitativen Kapazitätsstruktur in diesen Bereichen. Kapazitäten in produktionsnahen indirekten Bereichen sind Personalkapazitäten. Im Prinzip gelten hierfür die gleichen Grundlagen der Kapazitätsplanung wie für die Produktion, wie dies z.B. bei *REFA* beschrieben ist [vgl. REFA 1991].

Konkrete Verfahren zur Personalplanung produktionsnaher indirekter Bereiche eröffnen sich beim Blick auf die allgemeine Personalplanung im Unternehmen. *OECHSLER* unterscheidet zwischen intuitiven, arbeitswissenschaftlichen und mathematischen Verfahren [OECHSLER 2000, S. 172f]. Zu den intuitiven Verfahren gehören einfache Schätzverfahren, aber auch die Bestimmung des Personalbedarfs anhand von Stellenplänen. Beide Verfahrenstypen bergen jedoch die Gefahr, dass aktuelle Bedarfsmuster einfach fortgeschrieben werden. *REFA* und *MTM* als arbeitswissenschaftliche Verfahren ermöglichen eine auf Tätigkeiten zurückzuführende Planung des Kapazitätsbedarfs, bieten jedoch keine Ansätze für die produktionsnahen indirekten Bereiche und sind außerdem für den Zeithorizont der strategischen Leistungsplanung zu detailliert. Mathematische Verfahren, die auf statistischen Methoden beruhen, berechnen den Personalbedarf anhand von unterschiedlichsten Bezugsgrößen und Kennzahlen wie z.B. Zeit, Umsatzentwicklung, Produktivitätsentwicklung etc.. Hier gilt es, die richtige Bezugsgröße zu identifizieren. Solche Verfahren eignen sich auch für langfristige Überlegungen.

GRUNDIG unterscheidet ergänzend hierzu wieder aus Sicht der Produktion zwischen Verfahren zur globalen und zur detaillierten Ermittlung des Personalbedarfs und bewertet ihre Eignung in Abhängigkeit der Unternehmensgröße und Fristigkeit der Planung [GRUNDIG 2006, S. 79ff]. Für die langfristige Personalbedarfsermittlung in kleinen und mittleren Betrieben empfiehlt er die Kennzahlenmethode. Ohne eine verbindliche Bezugsgröße vorzugeben, werden die Umrechnungsmethoden der Trendextrapolation, der Regressions- oder Korrelationsrechnung, innerbetriebliche Quervergleiche oder Schätzungen genannt. Die Verfahrensaufzählung bei *GRUNDIG* ist jedoch allgemeiner Natur und gibt außer einer kurzen Betrachtung von logistischen Personalbedarfen keine Hinweise weder auf die allgemeine Personalbedarfsermittlung in produktionsnahen indirekten Bereichen, noch zu ihrem Zusammenhang mit den direkt wertschöpfenden Bereichen.

Spezifische Verfahren zur Personalbedarfsermittlung konzentrieren sich vorrangig auf einen kurzfristigen Zeithorizont, auf die Bereiche Produktentwicklung und Verwaltung, und auf fachliche Kompetenzen. Konkrete Arbeiten, die auf die Ermittlung des Personalbedarfs produktionsnaher indirekter Bereiche in Abhängigkeit der direkt wertschöpfenden Bereiche fokussieren, konnten nicht ermittelt werden.

Für die integrierte Personalbedarfsermittlung produktionsnaher indirekter Bereiche im Rahmen der strategischen Leistungsplanung sind demnach eine oder mehrere geeignete Bezugsgrößen / Kennzahlen zu identifizieren, anhand derer der zukünftige Personalbedarf rechnerisch ermittelt werden kann.

3.2.2.3 Fazit: Produktionsstrukturen

Die Analyse des Standes der Technik zur Gestaltung der direkt wertschöpfenden Bereiche hat gezeigt, dass die klassischen Ansätze zur kapazitiven und strukturellen Gestaltung der Produktion weiterhin ihre Gültigkeit besitzen. Deutlich wurde jedoch auch, dass die Forderung besteht zu einer simultanen Planung mehrerer Faktoren überzugehen. So wird beispielsweise die Simultane Planung von Produktion und Technologie gefordert.

Es ist festzuhalten, dass der Stand der Technik eine Lücke bei der Ausrichtung der kapazitiven Gestaltung der produktionsnahen indirekten Bereiche in Anlehnung an die Entwicklung der direkt wertschöpfenden Bereiche aufweist. Das Bezugsgrößenverfahren ist zwar grundsätzlich bekannt und erlaubt auch eine entsprechende Gestaltung indirekter Bereiche, eine gleichzeitige Planung in Abhängigkeit der Veränderung der Produktionsleistung existiert in dieser Form jedoch nicht.

3.2.3 Gestaltung der Eigenfertigungstiefe

Die (Eigen-) Fertigungstiefe steht für die Anzahl von Fertigungsstufen im Produktionsprozess und gibt den Umfang der Wertschöpfung an, den ein Unternehmen durch seine eigene Produktion im Verhältnis zu der insgesamt erforderlichen Wertschöpfung für ein Endprodukt erbringt [vgl. ZÄPFEL 2000b, S.132]. Die Fertigungstiefenplanung entscheidet über die Anzahl der Fertigungsstufen. Das Ergebnis der Planung kann eine Eingliederung (Insourcing, vertikale Integration) bzw. Auslagerung (Outsourcing, Bildung strategischer Allianzen) von Produktionsstufen sein. Werden bisher vom Lieferanten bezogene Leistungen wieder selbst hergestellt, spricht man von einer Rückwärtsintegration. Im umgekehrten Fall, ein Unternehmen stößt in den Produktionsbereich bisheriger Abnehmer vor, liegt eine Vorwärtsintegration vor [vgl. ZÄPFEL 2000b, S.132f]. Die Fertigungstiefe wird in beiden Fällen erhöht. Entscheidungen über die Fertigungstiefe bringen erhebliche Investitionsentscheidungen und Entscheidungen über Rationalisierungen des Produktionsprozesses in technischer und organisatorischer Hinsicht mit sich. Sie haben ferner großen Einfluss auf die Kostenentwicklung, wie beispielsweise auf das Verhältnis zwischen fixen und variablen Kosten [vgl. NEBL 2004, S.41].

Bestand lange Jahre in der industriellen Praxis, getrieben unter anderem durch das Paradigma der Lean Production [vgl. HANSMANN 1996, S.827ff], ein starker Trend zum Outsourcing in den indirekten wie auch direkt wertschöpfenden Bereichen, setzen moderne Ansätze für die direkt wertschöpfenden Bereiche auf ein Gleichgewicht zwischen vertikaler Integration und der Bildung strategischer Allianzen. Ein höherer Grad an vertikaler Integration bedeutet für die Unternehmen einerseits eine geringere strategische Beweglichkeit und hohe Kosten, andererseits stellt beispielsweise die Beherrschung zentraler Technologien einen Wettbewerbsvorteil dar. Der unter

dem Begriff „**taper integration**“ beschriebene Ansatz folgt der Auffassung, dass erfolgreiche Unternehmen heute gleichzeitig vertikale Integration und die Bildung strategischer Allianzen verfolgen müssen, um erfolgreich zu sein. *ROTAHERMEL et al.* belegen diese These anhand einer empirischen Untersuchung erfolgreicher Unternehmen [vgl. *ROTHAERMEL et al.* 2006]. Sie bleiben jedoch die Antwort schuldig, mit welchen Methoden die optimale Eigenfertigungstiefe bestimmt und das Gleichgewicht zwischen In- und Outsourcing gefunden werden kann.

Bestehende Methoden zur Gestaltung der Eigenfertigungstiefe lassen sich entsprechend ihrer zeitlichen Dimension in lang- bis mittelfristige und operative sowie qualitative und quantitative Methoden unterteilen. Aufgrund des langfristigen Zeithorizonts der Methode zur sLP sind für die folgende Analyse des Standes der Technik ausschließlich die längerfristig orientierten Ansätze relevant.

3.2.3.1 Quantitative Verfahren

Ein quantitatives Verfahren zur Entscheidung über Eigenfertigung oder Fremdvergabe stellt der Produktionskostenansatz dar. Dieses Verfahren konzentriert sich auf einen wirtschaftlich statischen Vergleich zwischen den Vollkosten des Fremdbezugs (i.d.R. Preis des Kaufteils plus prozentualer Gemeinkostenzuschlag) und den abhängig vom Zeithorizont der Entscheidung entscheidungsrelevanten kurz- bis mittelfristigen Kosten der Eigenfertigung [vgl. *MÄNNEL* 1981; *PICOT* 1991; *FISCHER* 1994]. Da es sich beim Produktionskostenansatz um ein kurz bis maximal mittelfristig orientiertes Verfahren handelt, ist seine Relevanz für diese Arbeit nicht gegeben.

Der Transaktionskostenansatz stellt ein weiteres quantitatives Verfahren dar [vgl. *COASE* 1937; *WILDEMAN* 1995, S.785]. Entscheidungen über den Umfang der vertikalen Integration können demnach nicht durch einen reinen Preis-Kosten-Vergleich getroffen werden, wie dies bei dem vorher beschriebenen Produktionskostenansatz der Fall ist, vielmehr müssen als wesentlicher Kostenbestandteil die Transaktionskosten berücksichtigt werden. Transaktionskosten sind die Kosten der Koordination ökonomischer Aktivitäten bei arbeitsteiliger Aufgabenerfüllung und werden daher häufig als Koordinationskosten bezeichnet. Es werden solche Transaktionskosten unterschieden, die durch die Benutzung des Markts anfallen (market transaction costs) und Transaktionskosten, die auf Grund einer innerbetrieblichen Hierarchie (managerial transaction costs) entstehen. Die Bedeutung des Transaktionskostenansatzes als Erklärungsmodell zur Bestimmung der Eigenfertigungstiefe ist unbestritten, die Kritik setzt jedoch an der Unmöglichkeit der exakten Quantifizierung der Transaktionskosten für normative Entscheidungsmodelle an. Zwar werden von einigen Autoren [vgl. *PICOT* 1991 und die dort zitierte Literatur] unter der Annahme gleicher Produktionskosten Umwege über rein qualitative Abschätzungen vorgeschlagen, aussichtsreicher erscheint jedoch ein Ansatz, der in einem Scoring-Modell unter Einschluss der Produktionskosten die optimale Strategie bestimmt.

3.2.3.2 Qualitative Verfahren

Ein qualitatives Verfahren zur Gestaltung der Eigenfertigungstiefe stellt der ressourcenbasierte Strategieansatz (vgl. Kapitel 3.1.2) dar. Anfang der 1990er wurde dieser Ansatz bedingt durch die wachsende Bedeutung intangibler Ressourcen zum kompetenzbasierten Ansatz weiterentwickelt [vgl. *PRAHALAD/HAMEL* 1991]. Der ressourcenbasierte Ansatz richtete sein Hauptaugenmerk auf die heterogene Ressourcenausstattung, der kompetenzbasierte Ansatz dagegen konzentriert sich auf das Management von internen Ressourcen, also die Fähigkeit eines Unternehmens, Ressourcen für die Erreichung von Wettbewerbsvorteilen einzusetzen [vgl. *FRIEDRICH* 2000, S.12f]. Der-

artig zentrale Ressourcen werden unter dem Begriff der Kernkompetenzen zusammengefasst. „Kernkompetenzen sind ein Produkt eines Prozesses des Wandels eines individuellen Ressourcenbündels, bestehend aus Maschinen, Personen, Know-how, Organisationsstrukturen etc., das vom Management so gesteuert wird, dass vor allem diejenigen Ressourcen auf- bzw. ausgebaut werden, die einen wesentlichen Beitrag zur Steigerung der Kundenzufriedenheit leisten“ [HANDLBAUER et al. 1998, S.911].

Zur Ermittlung der Ressourcen, die Kernkompetenzen darstellen, trägt die Erarbeitung eines Kompetenzportfolios bei. Das Kompetenzportfolio entspricht einer Matrix mit den Ausprägungen relativer Kundennutzen und relative Kompetenzstärke. Hier werden die Fähigkeiten des Unternehmens ihrer Stärke nach eingetragen und auf ihren Kundennutzen hin geprüft. Aus dem Portfolio lassen sich schließlich Handlungsstrategien ableiten, unter anderem auch für die Bestimmung der optimalen Fertigungstiefe. Es gilt zu bedenken, dass die Bewertung nicht nur anhand von quantitativen Kriterien geschehen kann und daher teilweise auf subjektiven Einschätzungen beruht [vgl. PRAHALAD/HAMEL 1991, S.73]. Dies kann dazu führen, dass die Beurteilung möglicherweise nicht eindeutig ist. Auf der Ordinate des Portfolios wird die relative Kompetenzstärke abgetragen, die den Vergleich zum Wettbewerb ausdrückt. Zur Einordnung der Kompetenz sollten folgende Merkmale der Kernkompetenz herangezogen werden: Nicht-Imitierbarkeit, Nicht-Substituierbarkeit, Nicht-Transferierbarkeit und Einzigartigkeit [vgl. BAMBERGER/WRONA 1996, S.135ff]. Nach ZAHN können auch noch Kriterien wie Prozesssicherheit, Innovationskraft, Fit mit dem externen Rahmen und Anwendungshäufigkeit in die Beurteilung einfließen [vgl. ZAHN et al. 1998, S.64]. Die zweite Dimension des Kompetenzportfolios, der Kundenwert, wird auf der Abszisse abgetragen. Eine klare Forderung des Kernkompetenzansatzes ist die Erfüllung des Kundennutzens, da Produkte, die dem Kunden keinen Nutzen versprechen, nur schwer Umsatz und damit Gewinn für das Unternehmen erbringen können. Um diesen Nutzen bestimmen zu können, müssen die Unternehmensumwelt, das heißt die Konkurrenz zu den eigenen Produkten, und die Kunden selbst untersucht werden.

3.2.3.3 Fazit: Eigenfertigungstiefe

Als Fazit ist an dieser Stelle festzuhalten, dass für die Methode zur sLP nicht relevant ist, nach welchem Verfahren die Eigenfertigungstiefe bestimmt wird. Sie soll lediglich als Plattform zur Verfügung stehen, um die Auswirkungen von Entscheidungsalternativen in diesem Feld auf den betrachteten Ausschnitt des Produktionssystems darzustellen. Von Interesse ist jedoch, auf welcher Grundlage die Entscheidungen getroffen werden, um die Bewertung der entwickelten Szenarien richtig vornehmen zu können. Die Analyse der bestehenden Ansätze zeigt, dass zur langfristigen Gestaltung der Eigenfertigungstiefe vorrangig qualitative Methoden zum Einsatz kommen. Bei der abschließenden Bewertung der Szenarien muss jedoch in Bezug auf die Eigenfertigung der Aspekt der Wirtschaftlichkeit berücksichtigt werden, auch wenn der Fit zur Strategie im Vordergrund steht.

3.2.4 Technologische Gestaltung der Produktion

Technologie-Innovationen sind die treibenden Kräfte für Veränderungen. Sie treten dabei sowohl auf Seiten der Produkte zur Erzielung eines höheren Kundennutzens als auch auf Seiten der Produktionstechnik zur Realisierung einer rationelleren Fertigung auf. Die Technologie-Innovationen in Produkten und Prozessen treten dabei nicht losgelöst voneinander auf, sondern sie beeinflussen und bedingen sich zum Teil gegenseitig [vgl. ROTTINGER 2004, S.33f]. Technologien verändern

somit die Struktur der Ressourcen wie Betriebsmittel, Werkzeuge und Infrastruktur, sowie die des Wissens und des Personals. Der Restrukturierungsprozess der Produktion in Anlehnung an diese künftigen Veränderungen muss auf lange Frist gemanagt werden [vgl. WESTKÄMPER 2007b, S.420]. Im Einklang mit diesen Aussagen steht auch die These des *BDI*, dass für die Ausrichtung der Produktion auf die Zukunft Szenarien und Visionen über die künftige technologische Gestaltung der Produktion ebenso notwendig sind wie effiziente Werkzeuge zur Umsetzung der Veränderungsprozesse [vgl. *BDI* et al. 2005, S.9].

3.2.4.1 Strategisches Technologiemanagement

Die Aufgabe der technologischen Gestaltung der Produktion kann in Verbindung gesetzt werden mit der Disziplin des Technologiemanagements. Technologiemanagement ist nach *BULLINGER* definiert als „integrierte Planung, Gestaltung, Optimierung, Einsatz und Bewertung von technischen Produkten und Prozessen aus der Perspektive von Mensch, Organisation und Umwelt“ [BULLINGER 1994]. In Bezug auf einen langfristigen Gestaltungshorizont wird oft auch von strategischem Technologiemanagement gesprochen. Strategisches Technologiemanagement befasst sich nach dem Ansatz von *BULLINGER* mit „der Schaffung, Steuerung und Weiterentwicklung von technologischen Erfolgspositionen bzw. -strategien der Unternehmen“ [BULLINGER 1994]. Das strategische Technologiemanagement richtet sich an der aus der Unternehmens- und Produktionsstrategie abgeleiteten Technologiestrategie aus. Technologiestrategien lassen sich hinsichtlich der Wettbewerbsposition differenzieren, die durch den Einsatz der Technologie besetzt wird. Folgende vier Optionen sind in diesem Fall zu unterscheiden: Pionierstrategie, Imitationsstrategie, Differenzierungsstrategie und Nischenstrategie [vgl. PORTER 1992, S.234ff]. Entsprechend der Art der Technologiestrategie sind bestimmte Aspekte des Technologiemanagements stärker oder schwächer ausgeprägt. Ein funktionierendes Technologiemanagement wird allgemein als kritischer Erfolgsfaktor im Rahmen der Unternehmensstrategie eingestuft [vgl. BULLINGER et al. 2003, S.274].

Der Prozess des Technologiemanagements lässt sich in die Schritte Technologiefrühaufklärung, Technologiestrategieentwicklung, Technologiestrategieumsetzung und Technologiecontrolling unterteilen [vgl. SPECHT/MIEKE 2006, S.273]. Eine aktuelle Umfrage des Lehrstuhls für Produktionswirtschaft an der BTU Cottbus unter 425 vorwiegend mittelständischen Unternehmen verschiedener Branchen zeigt, dass in ca. 60% der befragten Unternehmen ein Technologiemanagement in den Phasen Technologiestrategieentwicklung und -umsetzung implementiert ist. Die beiden anderen Phasen hingegen bleiben mit ca. 50% (Frühaufklärung) und ca. 30% (Controlling) deutlich hinter diesem Wert zurück [vgl. SPECHT/MIEKE 2006]. Die Disziplin des Technologiemanagements ist in der Praxis etabliert. Aufgrund des hohen Komplexitätsgrades der Methoden ist es allerdings nicht so stark verbreitet, wie es für eine optimale Nutzung und Weiterentwicklung vorhandener bzw. aufkommender Technologien notwendig ist.

Wie bereits gezeigt, ist eine der zentralen Aufgaben des Technologiemanagements das Erkennen und Bewerten technologischer Trends. Einen klassischen Ansatz auf dem Gebiet der Technologiefrüherkennung stellt die Theorie der Schwachen Signale nach *ANSOFF* dar [vgl. *ANSOFF* 1976]. Aktuell in der empirischen Literatur diskutierte Ansätze setzen auf Methoden wie *TRIZ* [vgl. SCHUH et al. 2005] oder Technologie-Scorecards [vgl. GRIENITZ 2005] zur Unterstützung und Durchführung der Technologiefrüherkennung. Ferner werden auch hier Szenarien als wirksame Methode eingesetzt [vgl. ZINSER 2000]. Der Ansatz einer szenariobasierten Technologie-Roadmap hilft Trends in Form von technologischen Entwicklungslinien inklusive ihrer unsicheren

Verfügbarkeitszeitpunkte darzustellen. Die entstehende Roadmap hilft dem Entscheider, schnell die wesentlichen technologischen Zusammenhänge zu erkennen und sensibilisiert ihn gleichzeitig für Unsicherheiten künftiger Ereignisse [vgl. MIEKE 2006]. Da die Methode zur sLP die Veränderungen in Produkt- und Produktionstechnologien nur aufnehmen, nicht aber aktiv prognostizieren soll, wird der Aspekt der Technologiefrüherkennung zwar als wichtige Vorarbeit gefordert, hier jedoch nicht weiter verfolgt.

3.2.4.2 Technologieroadmapping und Technologiekalender

Für die sLP weit relevanter ist die Aufgabenstellung der Umsetzung neuer Technologien im Unternehmen. Hierbei gilt es in der Folge zu analysieren, welche Methoden für diese Aufgabe bekannt sind und ob diese eventuell auch im Rahmen der Methode zur sLP Teilfunktionen übernehmen können. Zwei zentrale, in der empirischen Literatur umfangreich beschriebene und aktuelle Konzepte sind das (Technologie-) Roadmapping und der Technologiekalender. „Ein Technologiekalender, der bei der Frage zukünftiger Produktgenerationen und zukünftiger Markterwartungen beginnt, kann eine Synchronisation der Technologie-Innovationen bewirken, wenn die Entwicklung der Produkttechnologie und der Produktionstechnik in einen zeitlichen Rahmen gestellt werden“ [WESTKÄMPER 2006a, S.112]. Der Technologiekalender ist ein strategisches Planungsinstrument, das die Entwicklung zentraler Aufgabenbereiche im Unternehmen visualisiert und dazu dient, die gegenseitigen Abhängigkeiten dieser Bereiche zu veranschaulichen und zu einer aufeinander abgestimmten (synchronisierten) Planung zu gelangen. Unter Roadmapping versteht man ein strategisches, kreatives Analyseverfahren, mit dem die Entwicklungspfade von Produkten und Technologien in die Zukunft hinein prognostiziert, analysiert und visualisiert werden [vgl. SPECHT/BEHRENS 2002, S.86; BRANDENBURG 2002, S.26]. Ziel des Roadmapping ist es, die zukünftigen Entwicklungen in einem Handlungsfeld vorausszusagen und zu bewerten [vgl. BRANDENBURG 2002, S.26].

Der Übergang zwischen beiden Begriffen ist fließend. So werden in der neueren Literatur auch die unter dem Begriff Technologiekalender dokumentierten Ansätze als Roadmaps bezeichnet. Für die Arbeit wird jedoch an einer Trennung der Begrifflichkeiten festgehalten. So wird in der Folge nach Roadmaps und Roadmaps mit erweitertem Betrachtungsumfang (erweiterten Roadmaps) sowie Technologiekalendern unterschieden. Als Roadmaps seien dabei die Ansätze verstanden, die eine Prognose der Entwicklung einzelner Bereiche unterstützen und abbilden. Erweiterte Roadmaps hingegen werden in der aktuellen Literatur gleichgesetzt mit den klassischen Technologiekalenderansätzen, die die Entwicklung mehrerer Bereiche abbilden und synchronisieren. Ein Unterschied zwischen erweiterten Roadmaps und Technologiekalendern kann darin gesehen werden, dass erweiterte Roadmaps die Abstimmung der einzelnen Bereiche in kaskadierender Folge vornehmen, während die Technologiekalenderansätze das Ziel einer integrierten, parallelen Planung der Bereiche anstreben. Im Vergleich zu den Technologiekalenderansätzen besitzen erweiterte Roadmaps zudem einen stärkeren Anspruch, technologische Entwicklungen in den einzelnen Bereichen aktiv zu prognostizieren. Für die weitere Analyse werden aus der Reihe der erweiterten Roadmap-Ansätze ausschließlich diejenigen betrachtet, die über den Charakter eines Prognose- und Szenarioinstrumentes hinausgehen und in Richtung der Entwicklung konkreter Strukturen in der Produktion abzielen [vgl. SPECHT et al. 2000, S.42; ABELE 2006, S.80]. Folgende Ansätze sind damit zu erwähnen:

Umfangreich dokumentiert ist allen voran das Technologiekalenderkonzept nach WESTKÄMPER [vgl. WESTKÄMPER 1986, S.148ff; BURGSTAHLER 1997]. Die Vorgehensweise wurde ursprüng-

lich für die strategische Planung der Produktionskonzepte in der Luftfahrtindustrie entwickelt und kam dort erfolgreich zum Einsatz [vgl. ROTTINGER 2004, S. 36]. Ziel des Konzepts ist die Synchronisation von Produkt- und Produktionsentwicklung. Der Technologiekalender nach *WESTKÄMPER* ist aufgeteilt in drei Sektoren: Entwicklung des Produktprogramms, der Produkttechnologie und der Produktionstechnologie. Der Sektor Produktprogramm bildet die neu zu planenden Produkte mit dem Zeitpunkt ihres prognostizierten Serienstarts ab. Die Sektoren Produkt- und Produktionstechnologie bilden hingegen die Einführungszeitpunkte neuer Technologien ab. Die festgehaltenen Zeitpunkte beziehen sich dabei auf serienreife Technologien. Der Prozess zur Serienreifemachung wird explizit nicht berücksichtigt.

Ein weiteres Technologiekalenderkonzept wurde von *WILDEMAN* veröffentlicht [vgl. *WILDEMAN* 1993, S.564ff]. *WILDEMAN* gliedert den Technologiekalender in einen Technologie- und in einen Struktursektor. Der Technologiesektor fasst Produkt-, Informations- und Werkstofftechnologien zusammen. Demgegenüber wird der Struktursektor in die Bereiche Programm-, Organisations- und Kapazitätsstruktur unterteilt. Das mit diesem Ansatz verfolgte Ziel liegt in einer Abbildung des künftigen Investitionsverhaltens eines Unternehmens und der daraus resultierenden Entwicklungsmöglichkeiten [vgl. ROTTINGER 2004, S.34f; EMMERT 1994, S.6ff].

Erwähnung finden muss in dieser Reihe bestehender Ansätze abschließend das Technologiekalenderkonzept nach *EVERSHEIM* [vgl. *EVERSHEIM* et al. 1996, S.105ff; *SCHMITZ* 1996]. *EVERSHEIM* grenzt in seinem Ansatz die beiden Sektoren Produkte und Technologien gegeneinander ab [vgl. *SCHRÖDER/WELLENSIEK* 2006, S.192]. Der Technologiekalender verbindet ausschließlich Technologie-Innovationen mit Erzeugnissen. Er differenziert erst in einem zweiten Schritt zwischen Innovationen auf Seiten der Produkte und der Produktionstechnik, was das Konzept auf den ersten Blick weniger transparent erscheinen lässt. Ergänzt wird das Technologiekalenderkonzept nach *EVERSHEIM* um eine Software zur gezielten Früherkennung von Technologieentwicklungen. Die Software für das elektronische Technologiemanagement (eTEMsolution) unterstützt unter anderem bei der systematischen Erfassung der Chancen und Risiken neuer Technologien [vgl. *EVERSHEIM* et al. 2001, S.41f].

Ein aktueller Ansatz, der den erweiterten Roadmaps zugeordnet werden kann, ist das in der Arbeit von *ABELE* entwickelte Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements [vgl. *ABELE* 2006]. Die Differenzierung gegenüber den bestehenden Ansätzen liegt vorrangig in der Erweiterung der Methode zur Abbildung und zum Management von Technologie-Kooperationen. Es bildet dabei den gesamten Prozess von der Kooperationsinitiiierung bis hin zum kooperativen Projektmanagement ab. Ferner wird eine Schnittstelle zu Technologie-Portfolios geschaffen, um vorgelagerte Phasen des Technologiemanagements einzubinden. Für die sLP sind diese Erweiterungen jedoch nicht notwendig, da die Methode die technologischen Entwicklungen nicht aktiv prognostiziert und auch die Frage, woher eine Technologie stammt (Eigenentwicklung oder kooperative Entwicklung), nicht Gegenstand der Betrachtung sind.

3.2.4.3 Fazit: Technologische Gestaltung

Als Zwischenfazit der bestehenden Ansätze zur technologischen Gestaltung der Produktion bleibt zunächst festzuhalten, dass aufkommende und weiterentwickelte Technologien im Sinne von Technologie-Innovationen wesentlichen Einfluss auf die Gestaltung der Produktion haben. Da der Fokus bei der Methode zur sLP nicht auf dem Erkennen, sondern dem Verarbeiten künftiger Ver-

änderungen in Bezug auf die Produktionsleistung liegt, sind vorrangig die Werkzeuge interessant, die Technologien im Unternehmen managen, deren zeitliche und inhaltlichen Abhängigkeiten untereinander darstellen und zu einer abgestimmten Gesamtplanung führen. Diese Anforderung wird durch die Technologiekalenderansätze bestens realisiert. Als Fazit zu den beschriebenen Technologiekalenderansätzen bleibt festzuhalten, dass das Konzept nach *WESTKÄMPER* den Anforderungen an eine strategische Leistungsplanung am besten gerecht wird. Besonders die getrennte Darstellung von Technologie-Innovationen im Produkt- und Produktionsbereich fördert die Übersichtlichkeit und ermöglicht eine getrennte Erfassung der Veränderungen. Auch die hohe Fertigungsorientierung dieses Ansatzes im Vergleich zu den anderen Konzepten spricht für einen Einsatz in der strategischen Leistungsplanung.

Für die sLP nicht relevant sind entsprechend der obigen Eingrenzung die in der Phase der Früherkennung zum Einsatz kommenden Methoden. Ihre Ergebnisse in Form konkreter Veränderungen in den Bereichen Produkt, Produktionstechnik, Produktprogramm und Eigenfertigungstiefe werden als Input der Methode zur sLP zugeführt.

3.2.5 Gestaltung der Kostensituation

In der Sicherung der Unternehmensgewinne spielt die Beeinflussung der Kosten eine wesentliche Rolle. Um hier entsprechenden Potenziale aufzudecken, ist eine umfassende Analyse der Kostensituation notwendig [vgl. KAJÜTER 2000, S.118]. Die folgende Morphologie stellt die wesentlichen Aspekte einer solchen Analyse dar (vgl. Abbildung 3-4):

Klassifikationskriterium	Ausprägung				
Merkmal der Kostensituation	Kostenniveau		Kostenstruktur		Kostenverlauf
Zeitbezug	Zeitpunkt (statisch)			Zeitraum (dynamisch)	
Objekt der Leistungserstellung	Ressourcen		Prozesse / Aktivitäten		Produkt
Objekt der Aufbaustruktur	Kostenstelle		(Funktions-)Bereich		Gesamtunternehmen
Analysefokus	Intern	Wertschöpfungspartner	Abnehmer	Wettbewerb	Best-Practice

Abbildung 3-4: Morphologie zur Analyse der Kostensituation in Unternehmen
[In Anlehnung an: KAJÜTER 2000, S.118]

Eine Kostenanalyse dient ferner der Ermittlung der finanziellen Auswirkungen alternativer Unternehmensentscheidungen. Der Unterschied einer operativen zu einer strategischen Kostenanalyse im Rahmen des strategischen Kostenmanagements besteht darin, dass die Kostenanalyse hierbei in einem umfassenderen Rahmen stattfindet und strategische Elemente gezielter, expliziter und formaler gehandhabt werden. Die Informationen, die aus den Kostendaten gewonnen werden, fließen hierbei in die Entwicklung von Strategien zur Erzielung von Wettbewerbsvorteilen ein [vgl. SHANK/GOVINDARAJAN 1995, S.16]. Unter strategischem Kostenmanagement versteht man folglich Strategien, Maßnahmen und Instrumente, um die Kosten vorteilhaft zu gestalten [vgl. MÄNNEL 1998, S.289].

Die Bedeutung der Kostensituation eines Unternehmens für seine zukünftige Entwicklung wird klar, betrachtet man die Trends der letzten Jahre. Die gestiegene Wettbewerbsdynamik und der schnell-

Die technologische Fortschritt haben in vielen Unternehmen dazu geführt, dass die Marketing- und Vertriebs- sowie die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten intensiviert wurden. Damit einhergehend wurde in vielen Industriebetrieben der Anteil hochtechnologischer und automatisierter Produktionstechnologien mit dem Ziel erhöht, Rationalisierungspotenziale zu erschließen und die Flexibilität zu steigern. Bedingt durch diese Investitionen kam es jedoch zu einer Verschiebung der Kostenstrukturen. Der Anteil an Fix- bzw. Gemeinkosten hat um ein Vielfaches zugenommen. Höhere Fixkosten bedeuten jedoch eine Reduzierung der Anpassungsfähigkeit an Nachfrageschwankungen, die in einem turbulenten Umfeld als erfolgskritischer Faktor zu sehen ist. Der Anstieg an Gemeinkosten wiederum verschlechtert die Kostentransparenz und erschwert damit eine gezielte Kostenbeeinflussung [vgl. KAJÜTER 2000, S.2 und die dort zitierte Literatur]. Eine langfristig orientierte, proaktive Gestaltung der Kostensituation in den Unternehmen trägt somit nachhaltig zur Wettbewerbsfähigkeit bei und ist als wesentlicher Faktor im Rahmen einer strategischen Gestaltung der Produktion zu sehen.

3.2.5.1 Strategisches Kostenmanagement

Das Management zur Beeinflussung der Kosten lässt sich im strategischen Zeithorizont (strategisches Kostenmanagement) in die drei Disziplinen Kostenniveau-, Kostenverlauf- und Kostenstruktur-Management gliedern [vgl. KERMIN-BUCH 2004, S.12ff; HEISS 2004, S.10ff]. Das Ziel des Kostenniveau-Managements ist die Reduzierung des allgemeinen Kostenniveaus zur langfristigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit. Eine Senkung des Kostenniveaus wird durch die Steigerung der Effektivität und Effizienz erreicht [vgl. HEISS 2004, S.13f]. Gestaltungsobjekt des Kostenverlauf-Managements sind die Kostenverläufe in Abhängigkeit von der Beschäftigung. Ziel ist eine vorteilhafte Gestaltung des Kostenverhaltens durch die Realisierung von Degressionseffekten [vgl. KERMIN-BUCH 2004, S.13f]. Das Kostenstruktur-Management beschäftigt sich mit Darstellung und Gestaltung der Zusammensetzung der Kosten aus Kostenblöcken, -kategorien und -arten. Das Ziel des Kostenstruktur-Managements ist in einer vorteilhaften Gestaltung der Verhältnisse von fixen und variablen Kosten sowie Einzel- und Gemeinkosten zu sehen [vgl. KERMIN-BUCH 2004, S. 14ff].

3.2.5.2 Werkzeuge des strategischen Kostenmanagements

Im Rahmen des strategischen Kostenmanagements stehen eine Reihe von Methoden und Verfahren zur Verfügung, die bei der langfristigen Gestaltung der Kostensituation eines Unternehmens unterstützen können. Die wichtigsten Werkzeuge sind die Prozesskostenrechnung, das Target Costing, das Cost Benchmarking, das Life Cycle Costing sowie das Fixkostenmanagement. Im Hinblick auf die Entwicklung der Methode zur sLP sind nur diejenigen Ansätze interessant, die im Zusammenhang mit der Abbildung der Veränderung der Kostensituation ganzer Bereiche stehen.

Somit ist das Werkzeug der Prozesskostenrechnung hier nicht relevant, da diese auf die Bestimmung der Entstehungskosten eines einzelnen Produkts abzielt. Darüber hinaus zielt die Prozesskostenrechnung auf die Schaffung von Transparenz in den Gemeinkostenbereichen ab, nicht jedoch in der Fertigung. Der Gedanke leistungsmengeninduzierter und -neutraler Tätigkeiten kann jedoch für die Bestimmung des Aufwands in den produktionsnahen indirekten Bereichen aufgenommen werden. Ebenso ist der Ansatz des Target Costing hier nicht relevant, da die Kostengestaltung eines einzelnen Produkts auf Basis des am Markt erzielbaren Preises im Mittelpunkt der Betrachtungen steht. Ähnlich ist die Situation beim Ansatz des Life Cycle Costing. Da im Mittel-

punkt der Methode zur sLP nicht die einzelne Anlage, sondern die Entwicklung ganzer Bereiche steht, ist dieser Ansatz zur Gestaltung der Kostenstrukturen ebenfalls hier nicht relevant. Der Grundgedanke der über den Lebenslauf einer Anlage anfallenden Kosten ist hingegen bei der Entwicklung des Kostenmodells der sLP aufzugreifen. Als nicht relevant ist ebenfalls der Ansatz des Cost Benchmarking einzustufen, da die Methode zur sLP keinen Vergleich zu Wettbewerbern in den Vordergrund stellt, sondern die aktive Gestaltung der Unternehmenspotenziale anhand künftiger Veränderungen.

Einen weiteren Ansatz, der als Baustein des strategischen Kostenmanagements vor dem Hintergrund der Methode zur sLP relevant ist, stellt das Fixkostenmanagement dar. Das Fixkostenmanagement versteht die Fixkosten des Unternehmens als ein gestaltbares Potenzial, das bei entsprechender Auslegung die Reaktionsfähigkeit des Unternehmens in turbulenten Umfeldbedingungen erhöht [vgl. HEISS 2004, S.21ff]. Das Ziel des Fixkosten-Managements liegt zunächst in einer Erhöhung der Fixkostentransparenz und in einer vorteilhaften Gestaltung des Fixkostenblocks [vgl. KERMIN-BUCH 2004, S.17ff]. Betrachtungsgegenstand im Rahmen des Fixkosten-Managements sind zunächst die Bindungsdauern der Verträge, die die Fixkosten verursachen. Es werden hierfür Zeitklassen gebildet, die eine Aussage darüber liefern, wie lange die (Vertragliche-) Bindung an die einzelnen Kosten noch bestehen. Eine Zuordnung der Fixkosten zur den Unterschiedlichen Kostenarten erhöht die Transparenz und gibt Aufschluss über mögliche Optimierungspotenziale. Die Analyse der empirischen Literatur hat gezeigt, dass die Werkzeuge zur Unterstützung des Fixkostenmanagements zunächst einen darstellenden und informierenden Charakter aufweisen. So wird beispielsweise durch den Aufbau von Vertragsdatenbanken versucht, Transparenz in die Abbaubarkeit der Fixkosten zu bringen [vgl. KERMIN-BUCH 2004, S.21].

3.2.5.3 Fazit: Kostensituation

Als Fazit zur Gestaltung der Kostensituation in Unternehmen kann festgehalten werden, dass entsprechen der dargestellten Morphologie zur Analyse der Kostensituation sich die Methode zur sLP als Werkzeug dem Kostenstruktur-Management zuordnen lässt. Es finden hierbei die Aspekte des Kostenniveaus und des Kostenverlaufs ebenfalls Berücksichtigung. Das Betrachtungsobjekt der sLP sind dabei vorrangig die Ressourcen in Form von Betriebsmitteln. Entsprechend der Skalierbarkeit der Methode variiert das Objekt der Aufbaustruktur. Der Analysefokus ist zunächst nach innen gerichtet. Die Aufarbeitung des Standes der Technik zur strategischen Gestaltung der Kostensituation in Unternehmen zeigt, dass die Gestaltung der Fixkosten ein wesentlicher Aspekt im Rahmen des strategischen Kostenmanagements und in Bezug auf die Wandlungsfähigkeit ist. Die Entwicklung der Fixkosten ist somit als Bewertungskriterium in den Vergleich der alternativen Szenarien zur Leistungserstellung aufzunehmen.

3.2.6 Klassifizierung und Beschreibung von Veränderungen

Die langfristige Gestaltung der Produktion ist abhängig von Veränderungen in Produkten und Produktionstechniken, die im betrachteten Planungshorizont auftreten. Diese sind getrieben durch Lernprozesse, die mit der Theorie des organisationalen Lernens beschrieben werden können [vgl. ARGYRIS 1999]. Technologie-Innovationen auf beiden Seiten sowie kontinuierliche Verbesserungen führen zu einer Veränderung der Produktionsstruktur und gleichzeitig zu einer Veränderung des zeitlichen Aufwands, der zur Erstellung des Produktprogramms geleistet werden muss. Da nicht alle Veränderungen dieselbe Tragweite aufweisen und die Entwicklung der Produktion somit

unterschiedlich stark beeinflussen, sind zunächst Ansätze zur Klassifizierung dieser Veränderungen zu untersuchen, um später die Auswirkungen unterschiedlicher Veränderungen auf die Produktionsleistung abbilden zu können.

3.2.6.1 Ansätze zur Klassifizierung

Zur Klassifizierung der Veränderungen in Form von Technologie-Innovationen existieren in der empirischen Literatur diverse Ansätze. *WILDEMANN* beschreibt hierzu drei unterschiedliche Klassifizierungsmerkmale (Neuheitsgrad, Lebenszyklus und Eigenschaften einer Technologie) die zur Einteilung verwendet werden können [vgl. *WILDEMANN* 1987, S.6ff].

Die Unterteilung nach dem Neuheitsgrad hebt die Bedeutung des innovativen Charakters der Veränderungen hervor. Eine Technologie, die noch nicht im Unternehmen vorhanden ist, wird als neu angesehen. Zur weiteren Beschreibung wird der Grad der bisherigen Diffusion der Technologie herangezogen. Damit ergeben sich nach *WILDEMANN* drei Abstufungen neuer Technologien:

- am Markt neu,
- in der Branche neu, und
- im Unternehmen und in verschiedenen Branchen neu.

Die Unterteilung der Technologie-Innovationen nach dem Lebenszyklus der Technologie (vgl. Kapitel 2.3.2.2) berücksichtigt deren Einsetzbarkeit. Technologien, die erst am Anfang ihres Lebenszyklus stehen, weisen dabei ein höheres Realisierungsrisiko auf als solche, die bereits etabliert sind. Das nach *WILDEMANN* dritte Kriterium stellen die spezifischen Eigenschaften neuer Technologien dar. Die Eigenschaften charakterisieren dabei, wie sich die neue Technologie im Vergleich zur alten in das Produktionssystem integriert (z.B. hinsichtlich Flexibilität). Eine Klassifizierung, die sich an die *WILDEMANNs* hinsichtlich des Neuheitsgrades anlehnt, findet sich bei *CORSTEN* und *ZÄPFEL* [vgl. *ZÄPFEL* 2000a, S.135; *CORSTEN* 2000, S.358f]. Zur Ermittlung des Kapazitätsbedarfs in der Produktion wird hier nach dem Bekanntheitsgrad des Produkts differenziert. Dieser Bekanntheitsgrad ist im Wesentlichen gleich zu setzen mit den Abstufungen, die *WILDEMANN* hinsichtlich einer Technologie vorsieht. *CORSTEN* und *ZÄPFEL* differenzieren folgende Stufen:

- für die Unternehmung bekannt,
- für die Unternehmung ähnlich,
- für die Unternehmung neu, für die Branche bekannt und
- für die Unternehmung neu und für die Branche neu.

Diese Art der Klassifizierung vereint auch Elemente der Lebenszyklusbetrachtung nach *WILDEMANN*, da davon auszugehen ist, dass entsprechend ihrer Weiterentwicklung auch die Diffusion der Technologie voranschreitet.

Eine weitere Klassifizierung von Technologie-Innovationen lehnt sich an die Aufteilung technischer-Systeme in System- und Komponententechnologien an (vgl. Kapitel 2.3.2.2). *WETTENGL* trägt die technologischen Innovationen dabei in einem Innovationswürfel ab (vgl. Abbildung 3-5).

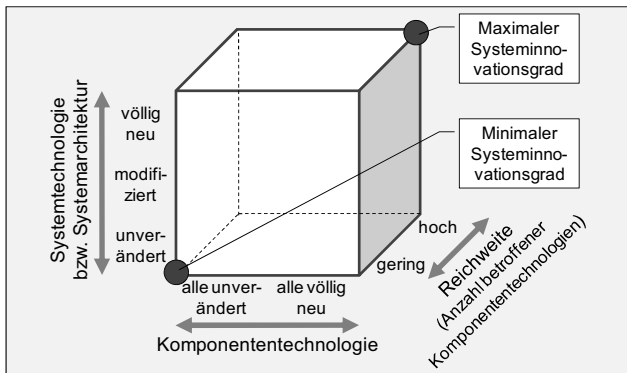


Abbildung 3-5: Neuheitsgrad technologischer Innovationen – Der Innovationswürfel [WETTENGL 1999, S.33]

Diese Art der Klassifizierung erlaubt die Darstellung der Komplexität, die für das Unternehmen mit der Neueinführung einer Technologie-Innovation verbunden ist. Generell ist davon auszugehen, dass ein geringerer Systeminnovationsgrad einfacher zu handhaben ist.

Einen marktorientierten Ansatz zur Klassifizierung von Innovation stellt der Innovationswürfel nach GAUSEMEIER *et al.* dar [vgl. GAUSEMEIER 2004, S.24]. Auf den drei Raumachsen sind bei diesem Ansatz die Bereiche Markt, Produkt und Technologie (Fertigungstechnologien und -prozesse) gegeneinander abgetragen. Diese starke Orientierung am Markt ist für die sLP nicht relevant.

Als Zwischenergebnis kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass die Klassifizierung nach ZÄPFEL und CORSTEN den Anforderungen der sLP am nächsten kommt. Eine Unterteilung hinsichtlich des Neuheitsgrades erscheint vor dem Problem der Leistungsprognose das treffende Vorgehen. Entsprechend dem Neuheitsgrad ist eine Prognose über die Entwicklung der Produktionsleistung mehr oder weniger präzise zu formulieren. Bringt man diese Einteilung überein mit der bereits in Kapitel 2.4.2 beschriebenen Tatsache, dass Veränderungen in der Produktion kontinuierlichen und diskontinuierlichen Charakter aufweisen können, ergibt sich folgendes Bild: Produkte und Produktionstechniken, die als bekannt klassifiziert werden, sind bereits im Unternehmen vorhanden und verändern die Produktionsleistung im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung nur kontinuierlich weiter. Produkte und Produktionstechniken, die dagegen ähnlich oder gar neu für die Unternehmung sind, verändern die Produktionsleistung im Vergleich zum aktuellen Stand zunächst diskontinuierlich und anschließend kontinuierlich. Zur Bestimmung der künftigen Produktionsleistung ist eine Quantifizierung kontinuierlicher und diskontinuierlicher Veränderungen notwendig.

3.2.6.2 Quantifizierung diskontinuierlicher Veränderungen

Diskontinuierliche Entwicklungen, hervorgerufen durch Technologie-Innovationen auf Seiten von Produkten und Produktionstechnik, müssen zur Bestimmung der künftigen Produktionsleistung quantifiziert werden. Es muss bestimmt werden, welche Vorgabezeit für eine neue Kombination aus Produkt und Produktionstechnik angesetzt werden kann. Zur Vorgabezeitermittlung existieren Ansätze aus der Arbeitsplanung, auf die im Folgenden eingegangen wird.

Für die Systematisierung der Methoden zur Zeitdatenermittlung existieren unterschiedliche Ansätze. ZÜLCH unterscheidet in Ist-Zeiten erfassen, Planzeiten erstellen und Soll-Zeiten bestimmen, während die Systematisierung nach OLBRICH Ermittlung von Ist-Zeiten, Ermittlung von Soll-Zeiten ohne Einflussgrößen und Ermittlung von Soll-Zeiten mit Einflussgrößen gegeneinander abgrenzt [vgl. ZÜLCH 1996, S.12-104; OLBRICH 1993, S.25]. Relevant für die Quantifizierung diskontinuierlicher Entwicklungen sind in der Folge ausschließlich die Methoden unter den Rubriken zur Bestimmung von Plan- und Soll-Zeiten.

Eines der grundlegendsten Verfahren, das in diesem Zusammenhang zu nennen ist, ist das Schätzverfahren [vgl. BOKRANZ/LANDAU 2006, S.475]. Die Planzeiten werden hier unter Zuhilfenahme aller verfügbaren, den Bearbeitungs- und Montagevorgang betreffenden Informationen im Rahmen einer Expertenschätzung bestimmt. Gerade in mittelständischen Unternehmen, bei denen einzelne Personen hohes Technologie- und Prozess-Know-how in Verbindung mit einer langjährigen Erfahrung und einer tiefen Kenntnis über unternehmensindividuelle Gegebenheiten besitzen, liefert dieses Verfahren ausreichend genaue Ergebnisse für eine langfristige Planung.

Zur Bestimmung der diskontinuierlichen Entwicklung ist in der Literatur ferner das Verfahren zur Berechnung von Prozesszeiten beschrieben. Die Prozesszeiten werden dabei unter Berücksichtigung von Werkstück-, Technologie-, Maschinen-, Werkzeug- und Spannmitteldaten mit Hilfe mathematischer Formeln berechnet [vgl. WEBER 1999, S.51]. Die Berechnung wird dabei unterstützt durch computerbasierte Simulationsverfahren. Beispielhaft ist hier die Vorgabezeitermittlung mittels künstlicher neuronaler Netze zu nennen [vgl. WEBER 1999]. Die Verfahren erlauben unter anderem eine schnelle Vorkalkulation und die Durchführung von Vergleichsrechnungen unterschiedlicher Varianten. Der Aufwand zum Aufbau der Planungsdatenbasis ist jedoch als kritisch einzustufen.

Ein weiteres Bündel von Methoden, das sich auf die Bestimmung von Soll-Zeiten für Vorgangselemente bezieht, die vom Menschen voll beeinflussbar sind, stellen die Systeme vorbestimmter Zeiten dar [vgl. REFA 1997, S.66]. Zu den am weitesten verbreiteten Methoden der Systeme vorbestimmter Zeiten zählen das MTM-Verfahren und die Work-Factor-Methode. Grundlage der Methoden sind definierte Bewegungselemente, denen unter Berücksichtigung von Einflussgrößen Zeitwerte zugeordnet werden. Ihre Durchführung gliedert sich in eine Arbeitsablaufanalyse und in eine Zuordnung der analysierten Bewegungselemente [vgl. WEBER 1999, S.51f; BOKRANZ/LANDAU 2006]. Diese Verfahren fokussieren vorrangig auf den Bereich manuellen Montage der nicht Gegenstand der Betrachtung ist. Ferner sind sie zu granular für eine strategische Planung. Vor allem die für die Durchführung der Verfahren notwendigen exakten Daten über die Gestalt eines Produkts und den Aufbau einer Produktionstechnik sind in einem langfristigen Zeithorizont selten verfügbar. Beispielsweise werden für die Bestimmung von Bewegungselementen exakte Informationen über die Gestalt und Konfiguration des Produkts notwendig. Auf lange Sicht liegen hier jedoch vornehmlich grobe Informationen in Form von Teilfunktionen und Technologien vor.

Ein Verfahren das mit diesen groben Informationen deutlich besser zu recht kommt ist das Verfahren der Analogiebildung [vgl. MARTINO 1993, S.37ff]. Es unterstützt Entscheider beispielsweise im Prozess des Technologieforecasting bei der Prognose der Entwicklung einer neuen Technologie. Für die Prognose wird in diesem Verfahren auf einen Vergleich mit einer aus der Historie bekannten Entwicklung einer vergleichbaren Technologie zurückgegriffen. Durch die Beantwortung von Fragen wie: „Was muss eine neue Technologie Y mitbringen um den selben Erfolg wie Technolo-

gie X zu haben?" wird versucht das Potential einer neuen Technologie strukturiert abzuschätzen. Das Problem das diese Art des Forecasts mit sich bringt ist zunächst die Definition einer entsprechenden Vergleichsbasis. Es muss eine bekannte Technologie als Basis gewählt werden die in wichtigen Kriterien vergleichbar der neuen Technologie ist. *MARTINO* verweist hier auf das zweite Problem das genau in der Auswahl dieser wichtigen Kriterien liegt. Ferner stellt sich das Problem das nicht immer alle Zusammenhänge bekannt sind, die in der Vergangenheit auf die Entwicklung der Vergleichstechnologie eingewirkt haben. Dennoch stellt das Verfahren eine Wirksame und vor allen Dingen einfach anzuwendende Vorgehensweise dar. Da das Problem des Technologieforecasts vom Grundsatz her vergleichbar ist mit der Quantifizierung diskontinuierlicher Veränderungen kann das Verfahren der Analogiebildung auf die Problemstellung innerhalb der Methode zur sLP übertragen werden.

3.2.6.3 Quantifizierung kontinuierlicher Veränderungen

Kontinuierliche Veränderungen beeinflussen ebenfalls die Entwicklung der Produktionsleistung. Die beobachteten Auswirkungen sind jedoch nicht sprunghaft wie bei den im Vorangegangenen beschriebenen diskontinuierlichen Veränderungen, sondern äußern sich in einer kontinuierlichen Verringerung des Fertigungsaufwands. Jede einmal eingeführte Kombination aus Produkt und Produktionstechnik ist dieser Gesetzmäßigkeit über der Zeit unterworfen.

Die Theorie der Lern- und Erfahrungskurve liefert eine wissenschaftliche und mathematische Beschreibung dieses beobachtbaren Effekts. Nach *HENDERSON* ist die Theorie der Erfahrungskurve zunächst eine Daumenregel, deren charakteristisches Muster jedoch beobachtet werden kann. Sie sagt aus, dass bei einer Verdopplung der Ausbringungsmenge mit einer Reduzierung des Aufwands um 20 bis 30% zu rechnen ist. Jede Erklärung der Erfahrungskurve hat den Charakter einer Hypothese. Allerdings sind bereits einzelne Elemente wie Skaleneffekte, die Lernkurve, Substitutionseffekte etc. weit mehr als ausreichend, um die beobachtete evolutionäre Charakteristik stetig sinkender Kosten in einer Trendlinie zu erklären [vgl. *HENDERSON* 1980, S.1].

Die Grundlagen dieser Theorie gehen zurück auf Beobachtungen, die in der Flugzeugindustrie in den 30er Jahren des letzten Jahrhunderts gemacht wurden. Der Amerikaner *WRIGHT* stellte fest, dass die anfallenden Kosten je Flugzeug mit steigender Anzahl der gefertigten Exemplare stetig abnahmen. Er formulierte diese Erkenntnis in einer mathematischen Formel, die unter dem Titel „Kumulative-Durchschnitts-Kurventheorie“ oder auch „Linearhypothese“ bekannt ist [vgl. *WRIGHT* 1936; *DE JONG* 1960; *LIEBAU* 1990]. In logarithmischer Darstellung ergibt sich daraus eine fallende Gerade, die der Theorie den Namen „Linearhypothese“ gibt. In nicht logarithmischer Darstellung ergibt sich eine exponentielle Annäherung an die technologische Leistungsgrenze.

Das ursprüngliche Konzept der Lernkurve wurde von *HENDERSON* zur Erfahrungskurventheorie weiterentwickelt und als Instrument der strategischen Planung etabliert [vgl. *HENDERSON* 1980]. Das Konzept der Erfahrungskurve umfasst neben dem Lernen durch Tätigkeitsausführung, das durch die ursprüngliche Lernkurventheorie beschrieben wird, Effekte durch technischen Fortschritt, Rationalisierungsmaßnahmen oder Degressionseffekte hervorgerufen durch Betriebsgrößenvariation. Sie bildet damit nicht nur die variablen Kosten, sondern die Gesamtkosten ab. Wenn die Erfahrungskurve als Planungsinstrument zur Planung oder Steuerung der Herstellkosten inkl. der Gemeinkosten eingesetzt werden soll, wird sie im engeren Sinn im Zusammenhang mit der Linearhypothese verwendet [vgl. *WESTKÄMPER* et al. 1997, S.2 und die dort zitierte Literatur].

Die klassische Lernkurventheorie ist auf die Betrachtung betriebswirtschaftlicher Zielstellungen beschränkt. Anwendung in der Praxis findet die Gesetzmäßigkeit der Lernkurve unter anderem in der Kalkulation von Kosten, wie beispielsweise in der Planung von Programmen in der Flugzeugindustrie oder für das verbesserungsorientierte Auftragsmanagement [vgl. LÜCKE 1999]. Sie wird dabei herangezogen, um Leistungssteigerungen durch Lerneffekte in betriebswirtschaftlichen Messgrößen wie Fertigungszeiten oder Fertigungskosten zu messen. Grundannahme der Lerntheorie ist es jedoch, dass Lernprozesse quantitative und qualitative Verbesserungen in der Produktion treiben. Diese Annahme ermöglicht die Übertragung der Theorie auf weitere Messgrößen, die sich aus den Zielen der Produktion ableiten (vgl. Abbildung 3-6).

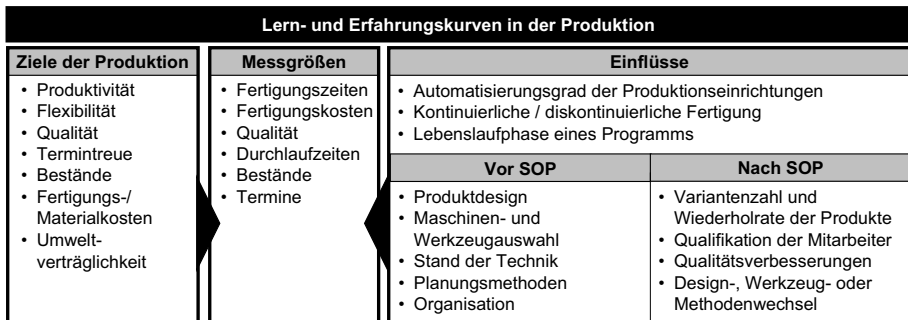


Abbildung 3-6: Lern- und Erfahrungskurve in der Produktion
[In Erweiterung zu WESTKÄMPER 1991; LÜCKE 1999]

Der Gültigkeitsbereich der Theorie zur Lern- und Erfahrungskurve ist auf die Serienfertigung beschränkt. Ausdrücklich ausgeschlossen sind Anlaufphasen neuer Produkte und Produktionstechniken, in denen es aufgrund der noch nicht vorhandenen Routine und noch nicht endgültig festgelegter Konstruktions- und Prozessdetails zu starken Schwankungen bei den Prozesszeiten kommen kann. Die Theorie behilft sich hier mit der Bestimmung einer Stückzahl, ab der Serienbedingungen unterstellt und die Linearhypothese angewandt werden kann. Diese als Pitch-Point oder auch Kalkulationspunkt bezeichnete kumulierte Stückzahl variiert von Anwendungsfall zu Anwendungsfall [vgl. LIEBAU 1990, S.29ff]. Ihre rechnerische Bestimmung ist theoretisch möglich, gleichfalls jedoch auch sehr aufwändig. Eine Vielzahl von Informationen ist hierfür zu bestimmen, die in der Regel nur geschätzt werden können und die in mittelständischen Unternehmen selten in der benötigten Qualität dokumentiert sind. Als problematisch ist ebenfalls der Einsatz der Theorie in einer variantenreichen Serienproduktion anzusehen. Die Zyklen, in denen eine bestimmte Variante produziert wird, variieren hier sehr stark und verhindern damit einen kontinuierlichen Lernprozess.

In der industriellen Praxis kommen im Vergleich zur detaillierten Bestimmung der kontinuierlichen Reduktion der Prozesszeiten pauschale Rationalisierungsvorgaben zum Einsatz. Den einzelnen Bereichen wird hierbei ein aus der Historie, der aktuellen und der künftigen Situation des Unternehmens heraus bestimmter Wert an Produktivitätssteigerung je Periode vorgegeben.

3.2.6.4 Fazit: Veränderungen

Die Analyse dieses Teilbereichs des Standes der Technik zeigt, dass im Bereich der Klassifizierung von Veränderungen Ansätze existieren, die auf die strategische Leistungsplanung übertragen

werden können. Die Klassifizierung von Produktveränderungen nach dem im Unternehmen vorhandenen Know-how stellt einen für eine fallbasierte Wahl des Prognoseverfahrens zur Bestimmung der künftigen Produktionsleistung treffenden Ansatz dar.

Hinsichtlich einer Quantifizierung der Auswirkung der Veränderungen auf die Produktionsleistung wurde zwischen diskontinuierlichen und kontinuierlichen Veränderungen unterschieden. Die Aufarbeitung bestehender Ansätze zur Quantifizierung der diskontinuierlichen Veränderungen hat gezeigt, dass sich der Ansatz der Analogiebildung auf Grund seiner Einfachheit und der Möglichkeit Daten unterschiedlicher Detaillierungsstufen zu verarbeiten am besten für eine Anwendung im Rahmen der Methode zur sLP eignet. Ebenfalls gezeigt wurde, dass zur Quantifizierung der kontinuierlichen Veränderungen auf den Ansatz der Lern- und Erfahrungskurve werden kann zurückgegriffen. Auf Grund seiner Komplexität kann dieser Ansatz jedoch nicht direkt eingesetzt werden. Er kann jedoch als Grundlage für ein zu entwickelndes Verfahren dienen.

3.2.7 Unterstützung der strategischen Leistungsplanung durch Simulation

Ein wesentliches Hilfsmittel im Unternehmens- und Produktionsplanungsprozess ist der Einsatz von Simulationstechniken. Untersuchungsgegenstand im Bezug zur Fabrik sind im Allgemeinen Analyse, Strukturplanung (Auslegung), Optimierung und Funktionsprüfung von Fabrik-, Produktions- und Materialflusssystemen [vgl. GRUNDIG 2006, S.201]. Zusammengefasst werden diese Aktivitäten unter dem Begriff der „Digitalen Fabrik“. Der allgemeinen Definition nach ist die Digitale Fabrik „der Oberbegriff für ein umfassendes Netzwerk von digitalen Modellen, Methoden und Werkzeugen – u.a. der Simulation und 3-D-Visualisierung –, die durch ein durchgängiges Datenmanagement integriert werden. Ihr Ziel ist die ganzheitliche Planung, Evaluierung und laufende Verbesserung aller wesentlichen Strukturen, Prozesse und Ressourcen der realen Fabrik in Verbindung mit dem Produkt [VDI 4499].“ *WESTKÄMPER* nimmt eine weitere Differenzierung des Begriffs „Digitale Fabrik“ vor. Nach *WESTKÄMPER* ist dem Begriff der „Digitalen Fabrik“ lediglich das statische Abbild der realen Fabrik, der Fabrikstrukturen sowie der mobilen und stationären Einrichtungen im Rechner zuzuordnen. Alle weiteren Elemente, die die allgemeine Definition der „Digitalen Fabrik“ nach VDI ebenfalls umfasst, wie das dynamische Modell einer Fabrik, seines potenziellen Layouts, seiner Einrichtungen, Abläufe und Prozesse, sind nach *WESTKÄMPER* unter dem Begriff der „Virtuellen Fabrik“ zu fassen. Er unterscheidet damit eine datenbankorientierte Sicht zur Abbildung digitaler Informationen von einer scheinbar realen, dynamischen und ablauforientierten Sicht der Fabrik [vgl. *WESTKÄMPER* 2003, S.47; *WESTKÄMPER* 2007a]. Auf Grund der differenzierteren Betrachtung wird im Weiteren der Definition nach *WESTKÄMPER* gefolgt.

Der Aspekt, den es im Feld der Digitalen Fabrik im Hinblick auf die Entwicklung der Methode zur sLP zu betrachten gilt, ist die Abbildung der Ausgangssituation des Produktionssystems. Um eine Basis für die Prognose der Produktionsleistung im Rahmen der sLP zu schaffen, sind Daten hinsichtlich der aktuellen Stückzahlen und der dadurch anfallenden Produktionsleistung in den einzelnen Betriebsmitteln zu erheben. Da im Rahmen der sLP Betrachtungsperioden von der Dauer eines Kalenderjahres zu Grunde gelegt werden, dient als Repräsentant für die Ausgangssituation die Periode, die zum Zeitpunkt der Planung ein Jahr in die Vergangenheit reicht. Für diesen Zeitraum gilt es aus den Historiendaten die Informationen für Stückzahlen und Produktionsleistung zu ermitteln. Die Informationen über die Stückzahlen können den PPS und ERP-Systemen direkt entnommen werden. Ebenso liegen die Informationen über die aktuelle Produktionsleistung in diesen Systemen vor. Sofern sie nicht explizit als Wert abrufbar sind, können sie auch aus den Rückmeldedaten der BDE- und MDE-Meldungen errechnet werden. Anzumerken bleibt, dass die gewonne-

nen Daten einen sehr hohen Detaillierungsgrad aufweisen. Für ihren Einsatz im Rahmen der sLP müssen sie aggregiert werden.

Auch die Methoden und Systeme der Virtuellen Fabrik sind im Hinblick auf die strategische Leistungsplanung dahingehend zu betrachten, inwiefern sie eine Prognose der künftig benötigten Produktionsleistung unterstützen können. Die Simulationsanwendungen der virtuellen Fabrik lassen sich entsprechend ihres Anwendungsbereichs den Ebenen eines Unternehmens zuordnen (vgl. Abbildung 3-7). Die zu Grunde liegenden Modelle wurden unter einem spezifischen Anwendungsfokus erstellt und verfügen über unterschiedliche Abstraktionsgrade [vgl. KÜHN 2006, S.53].

Ebene	Planungsinhalte	Simulation
Unternehmen	Geschäftsprozesse Informationsflüsse Produktionsstrategien	Geschäftsprozesssimulation System-Dynamics
Produktionssystem	Fabriklayout Materialflusslogistik Steuerungsstrategien Arbeitsorganisation	Ablaufsimulation (grob) System-Dynamics
Zelle	Zellenlayout NC/IR-Programmierung Taktzeitoptimierung Kollisionsvermeidung	Grafische 3D-Simulation Kinematiksimulation Ablaufsimulation (fein)
Maschine/Anlage	Operationen Prozessparameter Werkzeuge Hilfsmittel	Mehrkörpersimulation FEM-Simulation

Abbildung 3-7: Simulation in verschiedenen Ebenen produzierender Unternehmen
[In Anlehnung an KÜHN 2006, S.56; NIEMANN 2007 S.76ff]

Vom Grundsatz her ist festzuhalten, dass sich die strategische Leistungsplanung nicht zuletzt auf Grund des langfristigen Betrachtungshorizonts auf den oberen beiden Ebenen dieser Einteilung bewegt. Die Geschäftsprozesssimulation weist jedoch einen zu abstrakten Charakter auf, als dass sie bei der Methode zur sLP unterstützend wirken könnte. Weiter zu betrachten sind hingegen die Ansätze Ablaufsimulation und System Dynamics.

3.2.7.1 Ablaufsimulation

Ablaufsimulationen bilden Materialfluss- und Produktionsprozesse in einem Simulationsmodell nach. Kennzeichnend für diese Modelle ist der Rückgriff auf die Grundlagen der Warteschlangentheorie [vgl. GRUNDIG 2006, S.205f]. Von ihrem Grundcharakter her stellt die Ablaufsimulation ein zeitlich wie auch hierarchisch skalierbares Gerüst dar. Je nach Detaillierungsgrad der Modelle und der Inputdaten können Simulationsexperimente mit operativem wie auch mit langfristigem, strategischem Charakter untersucht werden. Ansätze zu operativen Ablaufsimulationen, die auf sehr feinen Modellen und Inputdaten beruhen, finden sich beispielsweise bei *EHMANN* oder *LORENZEN* [vgl. EHMANN 1993; LORENZEN 1997]. Aufgrund des sehr kurzfristigen Betrachtungshorizonts sind sie an dieser Stelle nicht weiter relevant. Es sei an dieser Stelle noch erwähnt, dass aktuelle ERP- und PPS-Systeme ebenfalls über Simulationskomponenten zur Prognose verfügen. Eine Untersuchung, die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt wurde, hat jedoch ergeben, dass der Betrachtungshorizont dieser Komponenten ebenfalls auf einen kurzfristigen Planungshorizont

von maximal eineinhalb Jahren ausgerichtet ist. Ablaufsimulationen, die einen längerfristigen Betrachtungshorizont unterstützen, bauen auf denselben Theorien auf, nutzen jedoch gröbere Input-Daten und Modelle. Ein Beispiel hierfür stellt die Methodik zum Life Cycle Controlling von *NIE-MANN* dar [vgl. NIEMANN 2007]. Im Rahmen der Methode werden Einzelaufträge zu Kapazitätspaketen zusammengefasst, die dann dem Kapazitätsangebot der Maschinen und Anlagen in Form von Kapazitätstöpfen gegenübergestellt werden.

Als Werkzeuge zur Umsetzung von Ablaufsimulationen kommen in der Praxis unterschiedliche Softwaresysteme zum Einsatz [Eine Übersicht zeigt beispielsweise GRUNDIG 2006, S.208]. Neben diesen speziellen Systemen kann zu ihrer Umsetzung auch auf Werkzeuge der Tabellenkalkulation zurückgegriffen werden.

3.2.7.2 System Dynamics

Neben der Ablaufsimulation ist der System-Dynamics-Ansatz zu erwähnen. Die Grundlage zu System Dynamics bildet das Systemische Denken (vgl. Kapitel 3.1.3). System Dynamics (SD) stellt eine Perspektive, aber gleichzeitig auch einen Satz konzeptioneller Werkzeuge dar, die es uns ermöglichen, Struktur und Dynamik komplexer Systeme zu verstehen. System Dynamics ist auch ein strenges Modellierungsverfahren, das es erlaubt, formale Computersimulationen komplexer Systeme zu erstellen und sie dazu zu nutzen, wirksamere Verfahren und Organisationen zu entwickeln [vgl. STERMAN 2000, S.VII].

System-Dynamics-Ansätze finden aktuell unter anderem bei der Entwicklung von Produktionsstrategien ihre Anwendung [vgl. FOSCHIANI 1995]. Der Ansatz von *FOSCHIANI* zielt darauf ab, mittels SD grundlegende Veränderungen der Rahmenbedingungen im Umfeld der Produktion und die daraus resultierende Entwicklung der Produktion zu einem strategischen Wettbewerbsfaktor abzubilden.

Ein weiterer aktueller Ansatz, bei dem zur Darstellung der Interdependenzen zwischen Produkt- und Prozessinnovationen auf SD zurückgegriffen wird, ist die Arbeit von *STUMPF* [vgl. STUMPF 2003]. Im Rahmen eines Simulationsmodells werden die Felder Produkt- und Prozessentwicklung mit denen der Implementierung von Produkt- und Prozessinnovationen verknüpft und mit den korrespondierenden Umfeldentwicklungen verbunden. Damit werden die Wirkungen und vor allem die Abhängigkeiten von Technologie-Innovationen für das Management transparent. Das Simulationsmodell bezieht sich jedoch ausschließlich auf die Darstellung der Beziehung der Innovationen untereinander. Unbeantwortet bleibt die Frage, wie sich Innovationen auf Produktionsstrukturen auswirken. Eine ähnliche Anwendung stellt auch die Beschreibung und Simulation der Zusammenhänge zwischen strategischen Fähigkeiten nach *GRÖßLER* dar [vgl. GRÖßLER 2007].

Festzuhalten bleibt die Fähigkeit des System-Dynamics-Ansatzes, komplexe Simulationsmodelle zu entwickeln und in den Strategieentwicklungsprozess zu integrieren. Als zentrale Probleme der Methode sind die Vernachlässigung des zukunfts offenen Denkens und die Notwendigkeit zur Quantifizierung der einzelnen Einflussgrößen zu nennen. Die Lösung dieser „Denkprobleme“ lässt sich nicht durch den Austausch einzelner Simulationsparameter erzielen [vgl. FINK et al. 2001, S.22f]. Ein weiteres Problem bei der Übertragung des SD-Ansatzes auf die strategische Leistungsplanung stellt die Tatsache dar, dass die strategische Leistungsplanung eine Prognose für die Entwicklung der Produktionsleistung auf der Grundlage von Einzelprognosen erfolgen muss. Die Abbildung der Einzelfälle und die anschließende Parameterisierung der einzelnen Simulationsmodelle sind für mittelständische Unternehmen zu aufwändig. Der Systemgedanke ist jedoch

mit der Entwicklung des Kernmodells zur Darstellung allgemeiner Abhängigkeiten in Bezug auf die Produktionsleistung wieder aufzugreifen.

3.2.7.3 Fazit: Simulation

Als Fazit zur Unterstützung der Methode zur sLP durch Simulation kann festgehalten werden, dass die bestehenden Systeme zur Ablaufsimulation grundsätzlich in der Lage sind, die sLP bei einer Prognose der künftig benötigten Produktionsleistung zu unterstützen. Die Plattformen weisen einen hohen Funktionsumfang auf und sind Großteils auch für längerfristige Betrachtungen geeignet. Unbeantwortet bleibt bei diesen Systemen die Frage nach einer adäquaten Formulierung der Modelle und der Strukturierung des Daten-Inputs. Ferner unterstützen die Systeme keine Quantifizierung der künftigen Veränderungen, die in Bezug auf die Prognose der Produktionsleistung jedoch eine zentrale Rolle spielt. Damit ist die Hauptaufgabe der Arbeit in der Erarbeitung von Modellen zur adäquaten Abbildung sowie Vorgehensweisen zur Strukturierung des Daten-Inputs, und nicht in der Neu- oder Weiterentwicklung von Simulationsverfahren zu sehen. Daher wird zur Umsetzung der Simulationskomponente der Methode zur sLP eine Tabellenkalkulation zunächst als ausreichend erachtet.

3.3 Bestehende Modellierungsansätze zur Unterstützung der Bildung von Partialmodellen

Allgemein betrachtet ist ein Modell eine vereinfachte Darstellung eines Objekts, das der Analyse, dem Entwurf und der Realisierung dient. Somit ist ein Modell für den Planer nicht nur Abbild eines Objekts (z. B. Maschine, Gebäude), sondern auch Arbeitsmittel und -gegenstand im Planungsprozess [vgl. SCHENK/WIRTH 2004, S.177]. Es unterscheidet sich hinsichtlich der untersuchungsrelevanten Eigenschaften nur innerhalb eines vom Untersuchungsziel abhängigen Toleranzrahmens vom realen Vorbild [vgl. VDI 3633 Blatt1, S.3]. Die Funktions-, Struktur- oder Verhältnisähnlichkeiten zwischen Original und Modell erlauben die Lösung solcher Problemstellungen, deren Durchführung am Original nicht möglich oder zu aufwändig wäre [vgl. GABLER 1997, S.2647]. Die Gestaltung und Ausführung von Prozessen im Zusammenhang mit der Konstruktion von Modellen wird allgemein unter dem Begriff der Modellierung subsummiert [vgl. VOM BROKE 2003, S.25].

Bei der Modellierung mit dem Ziel der Erstellung eines Modells zum Zwecke der Durchführung von Simulationsexperimenten sind als kritische Prämissen vorrangig die Wahl des Betrachtungsbereichs und der dem Problem angemessenen Grad der Vereinfachung zu nennen [vgl. KAISER 1997; S. 6]. Eine möglichst detaillierte Abbildung des Systems im Modell ist aufgrund der hohen Komplexität, die bereits Teilbereiche von unternehmensweiten technischen Systemen und Prozessen aufweisen können, im Allgemeinen nicht sinnvoll. Eine höhere Abbildungsgenauigkeit sowohl in der Breite als auch in der Tiefe würde unter anderem einen überproportionalen Anstieg der Kosten für ein Simulationsexperiment verursachen. Die Durchführbarkeit der Experimente würde darunter ebenso leiden wie die Akzeptanz bei den Anwendern. Ferner würde speziell in strategischen Betrachtungen lediglich eine Scheingenauigkeit erzeugt. Folglich gilt, dass ein System nicht so exakt wie möglich, sondern nur so exakt wie für die vorgegebenen Untersuchungsziele nötig in ein Modell umgesetzt werden soll [vgl. VDI 3633 Blatt 1; S.14]. Diese Prämissen gilt es sowohl in der folgenden Analyse bestehender Ansätze zur Unterstützung der Bildung von Partialmodellen für die strategische Leistungsplanung als auch bei der Entwicklung der Partialmodelle in Kapitel 4.3 besonders zu berücksichtigen.

In den folgenden Abschnitten wird der Stand der Technik dahingehend untersucht, ob bereits Ansätze existieren, die bei der Bildung von Partialmodellen für die strategische Leistungsplanung zur Anwendung kommen können. Es ist zu prüfen, ob Modelle existieren, die direkt übernommen werden können, oder ob es Aspekte und Vorgehensweisen in vorhandenen Modellen gibt, die extrahiert werden können und bei der Bildung der Partialmodelle unterstützen.

3.3.1 Modellierung von Produkten

Analysiert werden im Folgenden Ansätze zur Modellierung von Produkten aus der Sicht unterschiedlicher Fachdisziplinen. Neben ihrer direkten Anwendbarkeit in der strategischen Leistungsplanung wird nach konkreten Kriterien gesucht, die eine künftige Veränderung des Produkts beschreiben können und eine Verbindung zur Entwicklung der Produktionsleistung unterstützen. Untersucht werden somit Ansätze, die Schnittstellen zum Kunden abbilden, Ansätze aus der Entwicklung und Konstruktion und Ansätze, in deren Fokus die Schnittstelle zur Produktion liegt.

Festzuhalten sei an dieser Stelle, dass bei der folgenden Analyse nicht die zum Einsatz kommenden Plattformen und Systeme im Mittelpunkt stehen. Vielmehr stehen die zu Grunde liegenden Logiken der Modellierung im Fokus dieser Aufarbeitung des Standes der Technik.

3.3.1.1 Generische Aspekte der Produktmodellierung

Allgemein betrachtet repräsentiert sich jedes Produkt, Ware oder Dienstleistung mit drei Gesichtern: den Eigenschaften des Produkts aus Sicht des Verbrauchers, der Beschaffung bzw. Produktion der Ware sowie marketingbezogene Eigenschaften [vgl. AGGTELEKY 1987, S.110]. Es ist dabei vollständig beschrieben durch Stammdaten, die Produktstruktur, klassifizierende Merkmale zur eindeutigen Zuordnung und Wiederverwendung und durch Dokumente [SPUR/KRAUSE 1997; S. 252]. Zu Beginn der Untersuchung werden die Aspekte der Produktmodellierung diskutiert, die als Grundlage für komplexere Formen der Produktmodellierung dienen und somit auch bei der Bildung des Produktmodells für die strategische Leistungsplanung eine zentrale Rolle spielen.

Allen voran ist dabei der Aspekt der Strukturorientierung zu nennen. Unter der Struktur eines Produkts versteht man dabei die strukturierte Zusammensetzung des Produkts aus seinen Komponenten. Baugruppen und Einzelteile führen dabei zu Strukturstufen, indem sie Komponenten aus tieferer Ebene in der Produktstruktur zusammenfassen [vgl. SCHÖNSLEBEN 1998, S.79]. Mit dem Aufbau einer Produktstruktur erfolgt eine Gliederung der Bauteile des Produkts, die eine Strukturierung des Konstruktions- und Produktionsprozesses erlaubt und in Form von Stücklisten auch zur Materialdisposition Anwendung findet [vgl. SCHUH 2001, S.74].

Eine Stückliste ist ein vollständiges, formal aufgebautes Verzeichnis für ein festgelegtes Erzeugnis, das alle dazugehörenden Baugruppen, Teile und Rohmaterial unter der Angabe von Bezeichnungen (Benennung, Menge und Einheit) enthält [vgl. BINNER 2005, S.598]. Stücklisten verkörpern damit eine sehr einfache Form von Produktmodellen. Strukturorientierte Produktmodelle in Form von Stücklisten bilden den konstitutionellen Aufbau von Produkten hierarchisch in Form von Strukturebenen, Gruppen oder Gliederungsebenen ab [vgl. SANFT 1995; S. 27]. Es ist jedoch charakteristisch für ein strukturorientiertes Produktmodell, dass die Funktionalitäten des Produkts nicht abgebildet werden. Sie bilden somit nur einen Teil der bei künftigen Veränderungen relevanten Eigenschaften ab.

Die Wirkung der Produktstruktur ist sowohl im Unternehmensumfeld als auch im Unternehmen selbst zu betrachten. In verschiedenen Industriezweigen haben sich sehr dominante Produktstrukturen durchgesetzt, die besonders geeignet sind, einen überdurchschnittlichen Erfolg zu erzielen. Dieses normative Element der Produktstruktur ist bei der Planung neuer Produkte zu berücksichtigen [vgl. RAPP 1999, S.93]. Auch unternehmensintern darf die Produktstruktur nicht als isoliertes System mit weitgehender Entscheidungsfreiheit betrachtet werden, sondern ist im Kontext einer Vielzahl gegenseitiger Abhängigkeiten im Unternehmen zu sehen [vgl. SCHUH 2001, S.76]. Unternehmens- und Produktstruktur müssen somit zwangsläufig aufeinander abgestimmt sein. Die Umsetzung dieser Abstimmung ist jedoch nur mittel- bis langfristig möglich. Eine Verankerung in der Langfristplanung ist damit notwendig [vgl. RAPP 1999, S.96]. Folgende zwei Grundtypen der Produktstruktur zur Komplexitätsbewältigung können gegeneinander abgegrenzt werden:

Die Differentialbauweise basiert auf der Zerlegung von Funktionsträgern in mehrere Komponenten und Anbauteile. Ziel ist hierbei die Schaffung eines Gleichteileumfangs innerhalb der Variante eines Funktionsträgers. Die Entstehung der Varianten in der Montage und höhere Wiederholraten in der Teilefertigung (economies of scale) sind die Folge. Auch begünstigt die Differentialbauweise die einfachere Handhabung großer Bauteile und kann dann zum Einsatz kommen, wenn komplexe Geometrien zu erzeugen sind, die mit herkömmlichen Fertigungsverfahren nicht oder nur sehr aufwendig herstellbar sind. Das Gegenteil zur Differential- stellt die Integralbauweise dar. Mehrere Funktionen werden in einem Bauteil zusammengefasst, was auch unter dem Begriff der Funktionsintegration in der Literatur bekannt ist. Mit Hilfe der Integralbauweise können Fertigungsschritte eingespart und der Aufwand in der Vor- und Endmontage reduziert werden [vgl. SCHUH 2001, S. 79f; RAPP 1999, S.63].

Auf Grund der dargestellten Relevanz der Produktstruktur ist dieser Aspekt auch in dem zu entwickelnden Produktmodell der strategischen Leistungsplanung zu berücksichtigen. Die Unterscheidung in Differential- und Integralbauweise kommt der strategischen Planung entgegen, da sie Informationen über die Produktstruktur auf einer dem langfristigen Zeithorizont angepassten Aggregationsstufe liefert.

Neben der Orientierung an der Produktstruktur ist die Geometrieorientierung ein wesentlicher Bestandteil bei der Charakterisierung eines Produkts. Im Zusammenhang mit dem Produktentstehungsprozess können die Geometriedaten nicht losgelöst von anderen Produktinformationen betrachtet werden. Beispielsweise beschränkt eine festgelegte Produktgeometrie die einsetzbaren Produkt- und somit auch die Fertigungstechnologien [vgl. TASSI 2005, S.45]. Produktmodelle bauen aus diesem Grund auf Geometriedaten auf.

Unter geometrischem Modellieren versteht man in diesem Zusammenhang „alle Methoden der Behandlung von geometrischen Objekten auf Rechnern“ [SPUR/KRAUSE 1997, S.51]. CAD- (Computer Aided Design) und CAM-Systeme (Computer Aided Manufacturing) dienen dabei als Werkzeuge zur Unterstützung des Planungs- und Fertigungsprozesses von der Idee bis zum fertigen Produkt. Geometrieorientierte Produktmodelle weisen gegenüber den strukturorientierten Produktmodellen den Vorteil auf, dass sämtliche geometrische und topologische Eigenschaften des Produkts abgebildet werden können. Es besteht jedoch das semantische Problem, dass ein geometrisches Modell eines Objekts allein nicht aussagefähig ist bezüglich Fragen der Funktionalität und Technologie des Objekts [vgl. SPUR/KRAUSE 1997, S. 51]. Features bilden einen Ansatz, um Bezüge zwischen Geometrie, funktionalen und technologischen Informationen herzustellen. Ein Feature verbindet Formelemente und Semantik miteinander, d. h. Eigenschaften (z. B. Form-,

Wirkelemente) und Zusammenhänge (z. B. Wirkkomplexe, Norm-/Wiederholteile) können abgebildet werden [vgl. SANFT 1995, S. 28].

Die heute gängigen Produktmodelle bauen auf dem Grundgedanken der Geometriemodelle auf, im Unterschied zu den ersten Modellierungsversuchen ist es heute jedoch möglich, umfassendere Produktinformationen abzubilden. In diesem Zusammenhang ist die Produktmodellierung als Sammlung von Wissensbausteinen zu erwähnen. Wissensbasierte Produktmodelle basieren auf der Idee, neben Produktdaten im eigentlichen Sinne, welche sich beispielsweise aus der Geometrie eines Produkts ergeben, auch Produktwissen zu repräsentieren. Zum Produktwissen gehören dabei die zur Erzeugung der Produktdaten erforderlichen Abläufe, produktspezifischen Erfahrungswerte, Regeln und Erkenntnisse. Dieses Wissen kann nutzbar gemacht werden, indem Arbeitsschritte, Entscheidungen, Zwischenergebnisse und Lösungsalternativen explizit protokolliert werden [vgl. SANFT 1995, S. 29]. Die Idee wissensbasierter Produktmodelle ist in Form von PLM-Systemen Teil des industriellen Alltags. Sie ermöglichen eine Verbindung von explizitem Wissen und Geometriedaten.

3.3.1.2 Markt- und technologieorientierte Ansätze der Produktmodellierung

Bereits in den ersten Phasen des Produktlebenslaufs kommen einfache Produktmodelle zum Einsatz. In der Phase der Ideengenerierung und Entwurfsbildung besteht eine der Hauptaufgaben darin, alternative Ideen zu bewerten. Diese Bewertung erfolgt anhand definierter Kriterien, nicht zuletzt um eine Vergleichbarkeit der Bewertung zu erzielen. Bestimmt wird in dieser Phase die Eignung einer Produktidee in Bezug auf den potenziellen Absatz, die Herstellung und die Wirtschaftlichkeit [vgl. MEFFERT 1993, S.379ff].

Im Hinblick auf die Absatzeignung spielen die Anzahl der potenziellen Abnehmer und Abnehmerrahmenbedingungen eine Rolle. Von höherer Bedeutung sind jedoch die Eignung der Produkte für die Abnehmer und ein Vergleich zu Konkurrenzprodukten. Die Eignung für den Abnehmer wird anhand der Oberkriterien funktionale, konstruktive, ergonomische, Einführungs-, Betriebs- und wirtschaftliche Eignung festgestellt [vgl. EVERSHEIM et al. 1999, S.7-6]. Diese Kriterien können als marktorientiertes Produktmodell betrachtet werden, da sie ein Bild der Produktidee zeichnen. Die enthaltenen Informationen sind zwar sehr abstrakt, lassen dennoch erkennen, welche grundlegenden Konzepte in der Umsetzung zum Einsatz kommen.

Ebenfalls Teil der Bewertung einer Produktidee ist die Feststellung der Herstellungseignung. Dabei wird zunächst die Eignung bezüglich des Unternehmenspotenzials und bestehender Herstellungsrandbedingungen geprüft. Die Eignung in Bezug auf das Unternehmenspotenzial wird in eine Eignung hinsichtlich der Organisationseinheiten Entwicklung, Beschaffung, Produktion und Vertrieb unterteilt. Für diese Bereiche wird getrennt eine Eignung ermittelt [vgl. EVERSHEIM et al. 1999, S.7-6]. Für die strategische Leistungsplanung besonders relevant ist an dieser Stelle der Aspekt der Produktionseignung einer Produktidee. *EVERSHEIM* unterscheidet in seinem hier zitierten Ansatz nach der Produktionseignung in Bezug auf die Faktoren Organisation, Personal, Sachmittel und Information. Aufgrund der Eingrenzung für die zu entwickelnde Methode ist folglich nur der Bereich der Sachmittel von Interesse. Hier postuliert *EVERSHEIM*, dass eine Eignung des Produkts in Bezug auf die Produktionsmittel und die Infrastruktur zu bestimmen ist. Damit wird deutlich, dass die Einbeziehung der produktionsnahen indirekten Bereiche neben der Produktionstechnik im Rahmen der Bewertung der strategischen Leistungsplanung berechtigt ist.

Dieses marktorientierte Produktmodell nach *EVERSHEIM* bildet sowohl die Schnittstelle zum Kunden als auch die Auswirkungen auf die Produktion ab. Die Beschreibung der Auswirkungen auf die Produktion bewegt sich jedoch auf einem für die strategische Leistungsplanung zu hohen Abstraktionsgrad. Es wird dadurch nicht erkennbar, welche Produkteigenschaften konkret welche Veränderungen in der Produktion verursachen.

Ähnlich den marktorientierten Produktmodellen kommen in den frühen Phasen der Produktentstehung auch technologieorientierte Produktmodelle zum Einsatz, um erste Produktideen und Konzepte abbilden und bewerten zu können. Ein technologieorientiertes Produktmodell findet sich beispielsweise bei *ZÄPFEL* [vgl. *ZÄPFEL* 2000, S.120]. Beschrieben wird hierbei der Zusammenhang zwischen dem Endprodukt und der Fertigungsprozessestechnologie. *ZÄPFEL* beschreibt diesen Zusammenhang in einem kaskadierenden Modell, das den Teilfunktionen des Produkts Lösungsprinzipien zuordnet, die wiederum durch eine Fertigungsprozessestechnik realisiert werden. Lösungsprinzipien und Fertigungsprozessestechnik werden dabei gleich gesetzt mit einer Produkt- bzw. Prozesstechnik. Es werden in diesem Modell alternative Produkt- und Prozesstechniken berücksichtigt, deren Summe *ZÄPFEL* als Produkt- bzw. Fertigungsprozessestechnologie beschreibt.

Das technologieorientierte Produktmodell nach *ZÄPFEL* bildet ebenfalls die Verbindung von Produkt und Produktion ab. Gleich dem vorher beschriebenen marktorientierten Modell bleibt jedoch eine Beschreibung konkreter Zusammenhänge zwischen Produkteigenschaften und Produktionstechnik aus. Die Unterteilung eines Produkts in Teilfunktionen und Lösungsprinzipien, die durch Produkttechnologien beschrieben werden, wirkt jedoch konkretisierend und wird damit für die Entwicklung der Methode zur sLP berücksichtigt.

3.3.1.3 Fertigungsorientierte Ansätze der Produktmodellierung

Fertigungsorientierte Produktmodelle bilden die Eigenschaften des Produkts in Bezug auf die für die Fertigung relevanten Aspekte ab. Sie dienen dabei als Grundlage für die Gestaltung der Produktion und die operative Belegungsplanung. Als wesentliche Produktmerkmale in Bezug auf die Fertigung sind dabei zu nennen [vgl. *GRUNDIG* 2006, S.14]:

- der Produktaufbau, im Regelfall mehrstufig hierarchisch gegliedert (Erzeugnisgliederung / Stücklistenstruktur),
- die Werkstückform (Teilegeometrie) – z.B. prismatisch, flach, rotationssymmetrisch,
- der Produktionsumfang und Wiederholungsgrad, charakterisiert durch die Fertigungsarten (Einzelfertigung (einmalig/wiederkehrend), Klein-, Mittel- und Großserienfertigung (zyklisch/azyklisch), Massenfertigung).

Die beiden ersten Aspekte dieser Aufzählung decken sich mit den Aspekten der Struktur- und Geometrieorientierung aus den grundlegenden Konzepten der Produktmodellierung (vgl. Kapitel 3.3.1.1). Hinzu tritt hier das Kriterium des Produktionsumfangs, das auch in den marktorientierten Ansätzen der Produktmodellierung Berücksichtigung findet. Zur Beschreibung der Werkstückform kommen sog. Teileschlüssel zum Einsatz [vgl. *OPITZ* 1966]. Diese klassifizieren die Einzelteile eines Produkts in für die Auswahl des Fertigungsprozesses relevante Kriterien. Gliederungskriterien sind dabei vorrangig Aspekte, die die Gestalt und äußere Form der Teile betreffen. Derartige Teileschlüssel weisen einen sehr hohen Detaillierungsgrad auf und sind eher für operative Aufgaben des Produktionsmanagements geeignet. Für eine strategische Betrachtung ist dieser Detaillierungsgrad eher hinderlich. Der Gedanke einer Klassifizierung der Teile hinsichtlich der Geometrie sollte jedoch weiter verfolgt werden.

Für die mittelfristige Gestaltung der Produktion im Sinne einer Bestimmung des Sachmittelbedarfs finden sich Ansätze fertigungsorientierter Produktmodelle unter anderem bei *WIENDHAL* [vgl. WIENDHAL, H.-P. 1997b, S.237] und *ANDERL* [vgl. ANDERL 1985, S.135]. Diese Ansätze sehen die Produkteigenschaften Geometrie, Abmessung, Werkstoff, Oberfläche und Genauigkeit als wesentliche Kriterien zur Bestimmung des Betriebsmittelbedarfs. Durch Abgleich mit den Fähigkeiten der einzelnen Betriebsmittel und in Verbindung mit dem Mengengerüst lässt sich hieraus der Betriebsmittelbedarf bestimmen. Sie bilden die für die strategische Leistungsplanung relevante Schnittstelle zwischen Produkt und Produktion in einem der strategischen Planung angemessenen Detaillierungsgrad ab, und sollen daher bei der Entwicklung des Produktmodells der strategischen Leistungsplanung weiterverfolgt werden. Zu beachten ist dabei, dass die Ansätze technisch orientiert sind und keine technologischen Aspekte der Produkte berücksichtigen. Diese gilt es unter anderem zu ergänzen.

3.3.1.4 Integrierte Produktmodelle

Die rechnerunterstützte Konstruktion (CAD) wird nicht nur als komplexes Werkzeug des Konstrukteurs verstanden, sondern ist ein wesentliches Hilfsmittel zur Erzeugung und Gewinnung von Daten, die im Rahmen eines Computer Integrated Manufacturing (CIM) unter anderem in der Arbeitsplanung (CAP), der Fertigung (CAM) oder der Qualitätssicherung (CAQ) weiter verwendet werden. Die Integration verschiedener Aufgaben kann entweder über einen Datenaustausch oder über ein gemeinsames Datenmodell erfolgen. Eine redundante Datenhaltung in den beteiligten Abteilungen hat zwangsläufig Inkonsistenzen zur Folge, verbunden mit einem hohen Aufwand für das Freigabe- und Änderungswesen. Ein Weg zur Vermeidung dieser Konsistenzprobleme stellen integrierte Produktmodelle dar [vgl. REINHART/KRESS 1997, S. 9]. Die Grundlage gängiger integrierter Produktmodelle bilden so genannte Partialmodelle. Partialmodelle bilden dabei problembezogene Teilmengen des Datenbestandes eines Produkts ab und erleichtern so die Handhabung des großen Informationsumfangs. Durch die Verwendung eines integrierten Produktmodells, das alle erforderlichen produktbeschreibenden Informationen repräsentiert und die Vorteile von geometrie-, feature- und strukturorientierten sowie wissensbasierten Produktmodellen vereint, können sämtliche Phasen des virtuellen Produktentstehungsprozesses unterstützt werden [vgl. SPUR/KRAUSE 1997, S.48].

Der Wirkungsbereich integrierter Produktmodelle geht mittlerweile weit über die Produktentstehung hinaus. Mit der Etablierung des Ansatzes des Life Cycle Managements wurde die Verfügbarkeit relevanter Produktdaten über den gesamten Lebenslauf von Produkten hinweg zum kritischen Faktor. Dieser Entwicklung tragen viele Ansätze integrierter Produktmodelle durch die Abbildung weiterer Phasen des Produktlebenslaufs Rechnung. Sie bilden dabei die für die jeweilige Phase relevanten Informationen in der entsprechenden Detaillierungstiefe ab. Dieser ganzheitliche Ansatz, bei dem sowohl Produkteigenschaften aus dem Bereich der Konstruktion als auch fertigungsrelevante Informationen in einem Gesamtmodell abgebildet werden, machen integrierte Produktmodelle für die strategische Leistungsplanung von Produktionsstrukturen besonders interessant.

Untersucht wurden die Ansätze integrierter Produktmodelle von *SANFT*, *BAUERT*, *GEIGER* und *SPUR/KRAUSE*, sowie der in der ISO-Norm 10303 dokumentierte „Standard for the Exchange of Product Model Data (STEP)“. Um die in der empirischen Literatur beschriebenen Ansätze integrierter Produktmodelle zu analysieren und im Hinblick auf ihre Anwendbarkeit für die Leistungspla-

nung hin zu untersuchen, wurden die Partialmodelle zunächst einzelnen Phasen des Produktlebenslaufs (PLC) zugeordnet. Dieser wird nach dem vom IFF vertretenen Ansatz in die Phasen Planung, Entwicklung, Konstruktion, Rapid Prototyping, Produktion, Gebrauch & Service und Recycling unterteilt [vgl. HUMMEL 2006, S.7]. Für die Entwicklung der Methode zur strategischen Leistungsplanung sind ausschließlich diejenigen Phasen relevant, die eine Schnittstelle zum sich verändernden Markt darstellen, die Ausgestaltung und den Aufbau der Produkte festlegen und den Bezug zwischen den Produkten und der Produktion abbilden.

Die Analyse der bestehenden Ansätze integrierter Produktmodelle zeigt durch die jeweiligen Anspruchsgruppen je Lebenszyklusphase, welche Informationsgruppen es zu berücksichtigen gilt. Alle Modelle decken die Schnittstelle zum Kunden hin mit einem Anforderungsmodell ab. In den Phasen der Entwicklung und Konstruktion werden diese in ein Funktionsmodell überführt und anschließend für die Produktion in ein Partialmodell zur Unterstützung der Fertigung übersetzt. Die Analyse der empirischen Literatur hat ebenfalls gezeigt, dass zwar die Arten der existierenden Partialmodelle beschrieben sind, jedoch keine tiefergehenden Beschreibungen der abgebildeten Informationen und deren Detaillierungsgrad vorhanden sind. Es ist festzuhalten, dass aus Mangel an Detailinformationen kein integriertes Produktmodell direkt als Grundlage für die strategische Leistungsplanung übernommen werden kann. Die Art der beschriebenen Partialmodelle lässt jedoch den Rückschluss zu, welche Informationsgruppen auch im Zuge der strategischen Leistungsplanung zu berücksichtigen sind. Eine grafische Übersicht zur Darstellung der Ergebnisse dieser Untersuchung ist in Anhand D enthalten.

3.3.1.5 Fazit: Modellierung von Produkten

Die Analyse bestehender Ansätze zur Produktmodellierung zeigt, dass in der empirischen Literatur kein dokumentiertes Produktmodell existiert, das direkt für die strategische Leistungsplanung übernommen werden kann. Es wurden jedoch in den vorangegangenen Kapiteln wesentliche Aspekte der Modellierung von Produkten herausgearbeitet, die es bei der Entwicklung eines Produktmodells für die strategische Leistungsplanung zu berücksichtigen gilt. Themen wie Struktur- und Geometrieinformationen finden sich in allen bestehenden Ansätzen wieder. Es hat sich herausgestellt, dass sich die Entwicklung eines Produktmodells für die strategische Leistungsplanung stark an den fertigungsorientierten Ansätzen orientieren sollte. Die im Rahmen der marktorientierten Ansätze diskutierten Kriterien können allenfalls eine Erweiterung darstellen, um die marktseitigen Turbulenzen zu erfassen und die daraus folgenden Änderungen der Produktgestalt abzubilden. Ferner wird deutlich, dass das Produktmodell sowohl eine technische als auch eine technologische Beschreibung enthalten muss. Integrierte Produktmodelle stellen zwar einen interessanten Ansatz dar, sind jedoch in ihrer Tiefe nicht ausreichend dokumentiert, um ein Produktmodell für die strategische Leistungsplanung darauf aufzubauen.

3.3.2 Modellierung von Produktionstechnik

Untersucht werden in der Folge bestehende Ansätze zur Modellierung der Produktionstechnik. Grundsätzlich lassen sich hierbei zwei Arten der Modellierung gegeneinander abgrenzen. Zum einen existieren prozessorientierte Ansätze, die die Produktionstechnik aus Sicht des Transformationsprozesses abbilden. Ferner existieren funktionsorientierte Produktionstechnikmodelle, die das technische System in seinen Komponenten abbilden. Im Rahmen der folgenden Kapitel werden die existierenden Ansätze analysiert und auf ihre Anwendbarkeit für die strategische Leistungspla-

nung hin untersucht. Die Modelle müssen hierfür in der Lage sein, die technischen und technologischen Veränderungen auf Seiten der Produktionstechnik abzubilden und eine Verbindung zum Produkt bzw. der Produktionsleistung zu ermöglichen.

3.3.2.1 Prozessorientierte Ansätze zur Modellierung der Produktionstechnik

Die prozessorientierten Ansätze zur Modellierung der Produktionstechnik entstammen den Ansätzen zur Abbildung des Transformationsprozesses in der Produktion. Der Produktionsprozess wird dabei im Sinne einer Input-Output-Relation als Wertschöpfungsprozess abgebildet. In einer zunächst verbalen Betrachtung werden dem Transformationsprozess Inputfaktoren zugeordnet, die notwendig sind, die eigentliche Wertschöpfung zu erbringen [vgl. SCHENK/WIRTH 2004, S.56]. Zu diesen Inputfaktoren zählen neben Energie, Information, Personal und Material auch die Betriebsmittel.

Eine mathematische Betrachtung des Wertschöpfungsprozesses und damit auch der Produktionstechnik, die diesen Prozess durchführt, ist wesentlicher Bestandteil der Abbildung von Produktions- bzw. Materialflussprozessen in einem Simulationsmodell. Zeitdiskrete Produktions- und Materialflussprozesse stellen ein Bedienungssystem (bzw. Warteschlangensystem) dar. Der Bedienungsprozess ist durch die Produktionstechnik, die die Bedienstation abbildet, und die davor auf Bearbeitung wartenden Produkte charakterisiert. Von besonderem Interesse in diesem zeitabhängigen Bedienungsprozess ist die Dynamik der Bildung und des Abbaus von Warteschlangen [vgl. GRUNDIG 2006, S.205].

Ähnlich dieser Betrachtung formuliert auch das Trichtermodell nach NYHUIS/WIENDAHL die Produktionstechnik als Bedienstation [vgl. NYHUIS/WIENDAHL H.-P. 2003, S.17ff; vgl. Kapitel 2.4.1]. Das Trichtermodell geht davon aus, dass in Analogie zu verfahrenstechnischen Prozessen jede beliebige Kapazitätseinheit (Bedienstation) einer Fertigung durch die Größen Zugang, Bestand und Abgang in seinem Durchlaufverhalten vollständig beschrieben ist. Die an der Kapazitätseinheit ankommenden Aufträge bilden zusammen mit den bereits wartenden den (Auftrags-) Bestand. Nach der Bearbeitung in der Bedienstation fließen diese aus dem Trichter ab. Die aktuelle Breite der Trichteröffnung symbolisiert dabei die Leistung im Sinne des Outputs, die innerhalb der Kapazitätsgrenzen variiert werden kann. Da die Leistung abhängig ist von der Art und Ausgestaltung des jeweiligen Produkts, in mittelständischen Unternehmen jedoch stets mehrere auch stark unterschiedliche Produkte von der gleichen Ressource bearbeitet werden, ist es nicht sinnvoll, eine durchschnittliche Leistung je Produktionstechnik anzugeben. Angegeben werden kann hingegen die Kapazitätsgrenze, die unabhängig von den bearbeiteten Produkten ist. Sie gibt die belegbare Zeit auf der einzelnen Ressource wieder.

3.3.2.2 Funktionsorientierte Ansätze zur Modellierung der Produktionstechnik

Aktuelle funktionsorientierte Modellierungsansätze bilden die Produktionstechnik als funktionales, organisatorisches Gebilde ab. Im Vordergrund steht hierbei die Zerlegung der Produktionstechnik in einzelne Module, denen eine bestimmte Funktion zugewiesen werden kann. Besondere Berücksichtigung findet die funktionsorientierte Modellierung bei der Entwicklung modularer Maschinenkonzepte zur Unterstützung der Wandlungsfähigkeit [vgl. HEISEL 2006, S.1-26]. Mit Hilfe der Modularisierung lassen sich komplexe technische Systeme in einfacher zu beherrschende Teilsysteme (Module) zerlegen. Entsprechend der aktuellen Bearbeitungsaufgabe lassen sich Maschinen

durch den Austausch einzelner Module schnell rekonfigurieren und auf den vorliegenden Fall anpassen.

Der Ansatz der Zerlegung von Produktionstechnik in funktionsorientierte Module stellt ein für die sLP relevantes Konzept dar. Die Aufstellung weitgehend generischer Module würde es erlauben, einzelne Technologie-Innovationen (System- und Komponenten-Innovationen) gezielt abzubilden und ihre Auswirkung auf die Produktionsleistung nachzuvollziehen.

Beispielhafte Ansätze zu Beschreibung des Aufbaus eines Bearbeitungssystems aus funktionsorientierten Modulen finden sich bei *HEISEL/WURST* sowie bei *BÜRGE*L [vgl. *HEISEL/WURST* 2006, S.531; *BÜRGE*L 2001, S.34ff]. Der Ansatz nach *HEISEL/WURST* ist in der folgenden Abbildung 3-8 dargestellt:

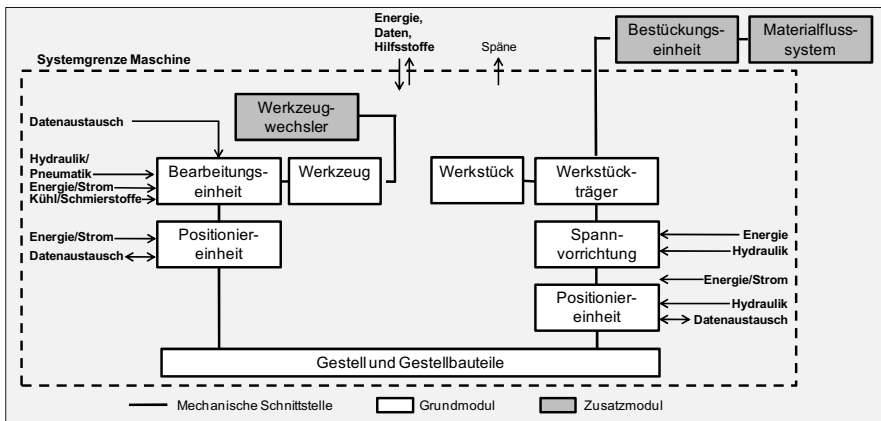


Abbildung 3-8: Module und Schnittstellen eines Bearbeitungssystems
[vgl. *HEISEL/WURST* 2006, S.531]

Die obige Abbildung visualisiert, welche weitestgehend generischen Module sich in einem Bearbeitungssystem abgrenzen lassen. Zu den zentralen Modulen zählen demnach das Gestell, die Positioniereinheiten, eine Bearbeitungseinheit, eine Spannvorrichtung, ein Werkstückträger sowie das Werkzeug und das Werkstück. Ferner verweist der Ansatz auf die Anbindung des Bearbeitungssystems an die Flusssysteme des Produktionssystems durch ein Werkzeugwechselsystem und eine Bestückungseinheit. Diese zentralen Module gilt es bei der Entwicklung des Technikmodells für die sLP zu berücksichtigen.

Da die Methode zur sLP sowohl die Bereiche der Fertigung als auch der Montage abdecken muss, ist bei der Entwicklung des Technikmodells darauf zu achten, dass beide Bereiche entsprechend modelliert werden können. Eine Herausforderung im Montagebereich stellt die starke Integration des Menschen dar. Da der Mensch als Teil Produktionssystems von der Methode zur sLP entsprechend der in der Aufgabenstellung vorgenommenen Abgrenzung ausgenommen wurde, sind für den Montagebereich zunächst nur automatisierte Montagekonzepte zu berücksichtigen. Prinzipiell ist damit davon auszugehen, dass die grundlegenden Funktionen der Produktionstechnik im Montagebereich identisch mit denen im Fertigungsbereich sind. Ein aktuelles Montagesystemmodell, anhand dessen diese Aussage verifiziert werden kann, ist beispielsweise bei *KLUGE et al.* be-

schrieben [vgl. KLUGE et al. 2006]. Die Analyse der darin abgebildeten Funktionen zeigt, dass diese sich weitestgehend mit denen der Bearbeitungssysteme decken. Zusätzlich wird hier ein Prüfsystem berücksichtigt.

Der Vorteil einer Zerlegung der Produktionstechnik in einzelne Module ist ferner darin zu sehen, dass den Modulen sowohl konkrete technische Details als auch eine technologische Beschreibung zugeordnet werden kann. Entsprechend der in Kapitel 2.3.2.2 beschriebenen Grundlagen ist jedes technische System gekennzeichnet durch technologische Grundprinzipien, die dem System wie auch den einzelnen Komponenten zu Grunde liegen. Zugleich ist es jedoch auch durch technische Details beschrieben, wenn aus den Grundprinzipien reale Produkte oder Anlagen werden. Betrachtet man zudem die Tatsache, dass bei Maschinen und Anlagen, deren Realisierung noch in einiger zeitlicher Ferne liegt, unter Umständen lediglich bekannt ist, welcher Technologie einzelne Komponenten folgen, nicht jedoch, wie deren explizite technische Ausgestaltung aussieht, wird deutlich, dass die Beschreibung der Komponententechnologie ein wesentlicher Aspekt für die sLP sein muss.

3.3.2.3 Fazit: Modellierung von Produktionstechnik

Auf Basis der funktionsorientierten Modellierung ist für die Methode zur sLP ein Modell der Produktionstechnik zu entwickeln, das einzelne Komponenten einer Bearbeitungs-/Montageeinheit gegeneinander abgrenzt. Den Modulen können anschließend je nach Ausgestaltung der Technik unterschiedliche Entwicklungsstände zugeordnet werden. Ferner ist eine technische und technologische Beschreibung der Module zu ermöglichen. Das Technikmodell ist zudem um den Aspekt der Maschinenkapazität zu ergänzen. Durch diese Kenngröße wird transparent, welches Leistungsangebot in Form von belegbaren Maschinenstunden eine einzelne Produktionstechnik aufweist.

3.3.3 Modellierung produktionsnaher indirekter Bereiche

Nach der Definition in Kapitel 2.3.3 werden als produktionsnahe indirekte Bereiche solche Unternehmensfunktionen bezeichnet, die der Unterstützung der direkt wertschöpfenden Produktion dienen. Auch die Leistungsentwicklung dieser Bereiche soll mit Hilfe der Methode zur sLP prognostiziert werden. Daher ist unter Rückgriff auf bestehende Modellierungsansätze ein entsprechendes Partialmodell zu entwickeln.

Zur Analyse bestehender Ansätze werden zunächst zwei unterschiedliche Vorgehensweisen zur Modellierung produktionsnaher indirekter Bereiche gegeneinander abgegrenzt, die später getrennt voneinander analysiert werden. Als Unterscheidungsmerkmal dient hierbei die Betrachtungsrichtung, aus der die Modelle erstellt werden. Zum einen existieren Ansätze aus der Unternehmensmodellierung, die eine top-down-Vorgehensweise einschlagen und die produktionsnahen indirekten Bereiche aus einer übergeordneten Sicht wahrnehmen. Sie fokussieren sich dabei vorrangig auf die Einbindung der produktionsnahen indirekten Bereiche in den Kontext des Gesamtunternehmens. Ein gegenläufiges Vorgehen ist die Grundlage von Modellierungsansätzen aus dem Bereich des Produktionsmanagements. Diese sehen die produktionsnahen indirekten Bereiche als eine Erweiterung bzw. notwendige Unterstützungsfunktion des Wertschöpfungsprozesses. Ausgehend von den eigentlich wertschöpfenden Tätigkeiten werden hier die Modelle von innen nach außen (bottom up) gebildet.

3.3.3.1 Ansätze aus dem Unternehmensmanagement

Die aus dem Unternehmensmanagement resultierenden Ansätze zur Modellierung produktionsnaher indirekter Bereiche sind ein Teilaspekt unternehmensweiter Managementmodelle. Einen Überblick bestehender Modell findet sich unter anderem bei *SCHWANINGER* [vgl. *SCHWANINGER* 1994]. Im Folgenden werden mit dem St.Galler Managementmodell und der Wertkette nach *PORTER* stellvertretend zwei zentrale Ansätze diskutiert.

Das St.Galler Managementmodell als aktueller Ansatz, bezieht Anspruchsgruppen aus dem Unternehmensumfeld ein und stellt einen ganzheitlichen Leitfaden zum Unternehmensmanagement dar [vgl. *RÜEGG-STÜRM* 2002]. Die produktionsnahen indirekten Bereiche sind in diesem Modell zwar berücksichtigt, der Detaillierungsgrad ist jedoch recht gering.

Ein klassischer Modellierungsansatz aus dem Feld des Unternehmensmanagements ist die Wertkette nach *PORTER* [vgl. *PORTER* 1992, S.62]. Das Modell basiert auf der Annahme, dass ein Unternehmen eine Ansammlung von Tätigkeiten darstellt, durch die Produkte entworfen, produziert, vertrieben, ausgeliefert sowie unterstützt werden. Diese auch als Wertaktivitäten bezeichneten Tätigkeiten lassen sich in primäre und unterstützende Aktivitäten aufteilen. Zu den primären Aktivitäten zählen die Bereiche Eingangs- und Ausgangslogistik, Produktion, Marketing und Vertrieb sowie der Kundendienst. Diese Bereiche leisten einen direkten Beitrag zum Kundennutzen, im Gegensatz zu den unterstützenden Aktivitäten, die den Vollzug der primären Aktivitäten unterstützen. Dazu zählen Unternehmensinfrastruktur, Personalwirtschaft, Technologieentwicklung und Beschaffung. Die eigentlichen produktionsnahen indirekten Bereiche subsumiert *PORTER* unter der Produktion und betrachtet sie nicht im Detail. Gleiches gilt für den Bereich der Produktentwicklung.

3.3.3.2 Ansätze aus dem Produktionsmanagement

Einen zentralen Ansatz aus dem Produktionsmanagement verkörpert der von *SCHENK/WIRTH* vertretene Ansatz der peripheren Ordnung der Subsysteme der Produktion [vgl. *SCHENK/WIRTH* 2004, S.94ff]. Kerngedanke dieses Modells ist die Gliederung der Subsysteme eines Produktionssystems nach ihrer funktionalen Nähe bzw. Entfernung zum Produktionshauptprozess. Der Ansatz setzt hierbei auf ein Schalenmodell, dessen auch als periphere Ordnungen bezeichneten Ebenen unterschiedliche Unterstützungsaufgaben zugewiesen werden. Insgesamt werden drei Ebenen gegeneinander abgegrenzt. Ebene eins umfasst alle Anlagen, die direkt an der Transformation beteiligt und somit direkt vom Produktionsprogramm bzw. dem Hauptprozess abhängig sind (arbeitsgegenstandabhängig). Die zweite Peripherie fasst alle arbeitsmittelabhängigen Anlagen zusammen, die nicht vom Produktionsprogramm, aber direkt von den Anlagen des Hauptprozesses abhängig sind. Die dritte und letzte Peripherie betrachtet soziale Verwaltungseinrichtungen wie z.B. Sanitäranlagen unabhängig vom Hauptprozess und seinen Anlagen (arbeitskräfteabhängig).

Der Ansatz nach *WILDEMANN* basiert auf dessen Arbeiten zur Fertigungssegmentierung. Unter einem Fertigungssegment wird dabei eine produktorientierte Organisationseinheit der Produktion verstanden, die sich über die Merkmale Markt- und Zielausrichtung, Produktorientierung, die Integration mehrerer Schritte der Prozesskette und eine eigene Kosten- und Leistungsverantwortung definiert [vgl. *WILDEMANN* 1998, S.48]. Den Ansatz der Fertigungssegmente überträgt *WILDEMANN* in der Folge auch auf indirekte Bereiche. Im indirekten Bereich definieren sich die indirekten Segmente als prozessorientierte Organisationseinheiten, deren Tätigkeiten (sog. indirekte Tätigkeiten) auf die Fertigungssegmente übertragen werden. Die indirekten Bereiche werden in diesem

Ansatz wie folgt segmentiert: indirekte, operative Tätigkeiten, indirekte Tätigkeiten zur Auftragsabwicklung in der Innovations- und Wertschöpfungskette, indirekte Tätigkeiten zur betriebswirtschaftlichen Führung und Lenkung und unterstützende Funktionen [vgl. WILDEMANN 1998, S. 53]. Konkret bedeutet dies, dass ausgehend vom Kerngeschäft eines Segments die indirekten Funktionen in das jeweilige Segment zu integrieren sind. Nach den oben genannten Segmentierungsprinzipien stuft man nun die fertigungsnahen indirekten Funktionen nach der Tragweite ihrer Integrationsauswirkungen ein: fertigungsvorbereitende indirekte Funktionen, vorgelagerte indirekte Funktionen, übergeordnete indirekte Funktionen und nachgelagerte indirekte Funktionen. Zusammengefasst sind die indirekten Funktionen zur Planung, Steuerung, Kontrolle und mittelbaren Durchführung des Kerngeschäfts erforderlich [vgl. WILDEMANN 1998, S. 269]. WILDEMANN stellt den Zusammenhang zwischen den direkt wertschöpfenden Tätigkeiten und den Tätigkeiten der produktionsnahen indirekten Bereiche ähnlich dem Ansatz von SCHENK/WIRTH in einem Schalenmodell dar.

3.3.3.3 Fazit: Modellierung produktionsnaher indirekter Bereiche

Aus den Ausführungen zu Modellierungsansätzen produktionsnaher indirekter Bereiche wird deutlich, dass die Ansätze aus dem Bereich der Unternehmensmodellierung für die strategische Leistungsplanung als weitestgehend ungeeignet einzustufen sind, da sie eine zu grobe Art der Modellierung darstellen. Sie erlauben ferner keine Abbildung der Verbindungen zwischen der Produktionsleistung im direkt wertschöpfenden Bereich und dem Aufwand in den indirekten Produktionsnahen Bereichen.

Weitaus vielversprechender für die vorliegende Arbeit sind die Ansätze aus dem Produktionsmanagement. Sie basieren in der Regel auf Tätigkeiten oder Tätigkeitsbereichen, die sich eher mit dem eigentlichen Wertschöpfungsprozess koppeln lassen. Auffällig bei diesen Ansätzen ist, dass die Abgrenzung der einzelnen Organisationseinheiten sowie die Art der Verbindung mit dem Wertschöpfungsprozess stark schwanken. Bei der Entwicklung des Modells produktionsnaher indirekter Bereiche für die strategische Leistungsplanung kann somit Ansätze auf aus dem Produktionsmanagement zurückgegriffen werden; Anpassungen gerade im Bereich der Verbindung sind jedoch als zwingend einzustufen.

3.3.4 Modellierung von Kosten

Die zu prognostizierenden Leistungsbedarfe einer Produktion (Faktoransprüche, Investitionen und Leistungen) sollen in einem Kostenmodell mit monetären Größen bewertet und entsprechend der Zielfunktion in entscheidungsrelevante Ergebnisse zusammengefasst werden.

Dies erfordert einen Rückgriff auf das betriebliche Rechnungswesen, und zwar auf den Bereich der Kosten- und Leistungsrechnung, da hier im Gegensatz zur finanzbuchhalterischen Sichtweise Aufwendungen und Erträge auf die innerbetrieblichen Bereiche oder Prozesse verrechnet werden, und zugleich kalkulatorische Größen verwendet werden können [vgl. WALTER/WÜNSCHE 2005, S. 38]. Die Kosten- und Leistungsrechnung bedient sich eines Kostenmodells (bzw. besser: Kosten-Leistungsmodells), d.h. einer vereinfachenden Abbildung des betrieblichen Prozesses der Leistungserstellung und -verwertung, wobei sich die Abbildung auf bestehende Systeme (Istkostenrechnung) oder geplante Systeme (Plankostenrechnung) beziehen kann. Im Folgenden wird davon ausgegangen, dass die Daten zur Bewertung der Ergebnisse von Planungsmodellen

einzelfallbezogen aus dem Rechnungswesen extrahiert und mit einem Prognoseverfahren in die Zukunft fortgeschrieben werden müssen.

3.3.4.1 Entscheidungsrelevante Kosten

Die Kosten eines Betriebs werden durch eine große Anzahl von Kostentreibern (Kosteneinflussfaktoren) bestimmt, von denen in der Regel nur einige wenige, im Idealfall nur ein einziger, durch die Aktionsparameter der Planung verändert wird. Daher besteht die idealtypische Forderung an das Kostenmodell, für jedes Entscheidungsproblem genau die Kosten abzubilden, die durch die Aktionsparameter verändert werden. Diese Kosten bezeichnet man als entscheidungsrelevante Kosten. „Nach dem Relevanzprinzip kann man sich bei Entscheidungsrechnungen auf diejenigen Zielwirkungen beschränken, in denen sich die Alternativen unterscheiden können“ [TROßMANN 1998, S. 60, KRUSCHWITZ 2007, S. 30]. Bei der Interpretation der Ergebnisse solcher Rechnungen muss allerdings beachtet werden, dass u.U. nur der zusätzliche, nicht aber der absolute Erfolg einer Maßnahme gemessen wird. Diese Partialbetrachtung, die nur die veränderlichen Kosten (und Erlöse) berücksichtigt, vermeidet das nicht lösbare Zurechnungsproblem der Gesamterlöse und Gesamtkosten auf die einzelnen Anlagen (Maschinen), Produktionsverfahren oder Projekte, die Gegenstand des Partialmodells sind. So lässt sich z.B. der Teil der Erlöse, der einer einzelnen Anlage (Maschine) in einem komplexen Fertigungsprozess zuzurechnen ist, nicht bestimmen. Bei einer Partialbetrachtung lässt sich jedoch ermitteln, welche Erlös- und/oder Kostenveränderungen eintreten.

3.3.4.2 Verfahren der Investitionsrechnung

Entscheidungen im Rahmen der taktischen Planung sind fast immer mit Investitionen verbunden. Unterstützt werden diese Investitionsentscheidungen durch die Verfahren der Investitionsrechnung. Diese Verfahren lassen sich in statische (z.B. Kostenvergleichsrechnung, Gewinnvergleichsrechnung, etc.) und dynamische (z.B. Kapitalwertmethode, Annuitätenmethode, etc.) Verfahren untergliedern [vgl. KRUSCHWITZ 2007, S.31ff; DÄUMLER 2000, S.44ff]. Beiden Verfahrenstypen ist gemeinsam, dass sie die Erfolgswirksamkeit unterschiedlicher Zahlungsströme, die durch Investitionen ausgelöst werden, sinnvoll zusammenfassen und in einer Zahl ausdrücken, sie somit vergleichbar machen.

Statische Verfahren gehen von der vereinfachenden Annahme aus, dass Einnahmen und Ausgaben in den einzelnen Perioden in gleicher Höhe anfallen (Durchschnittswert). Die Eingangsdaten müssen damit nur einmal ermittelt werden. Die statischen Verfahren der Investitionsrechnung klammern somit weitgehend den Zeitaspekt der Zahlungsströme aus und legen der Entscheidung eine durchschnittliche oder repräsentative Zeitperiode, in der Regel ein Jahr zu Grunde [vgl. KRUSCHWITZ 2007, S. 33]. Wegen der Konstruktion einer solchen Durchschnittsperiode spricht man auch von Einperiodenmodellen. Zielfunktion dieser Einperiodenmodelle ist der Periodengewinn; Rechengrößen sind die entscheidungsrelevanten Kosten und Leistungen einer solchen repräsentativen Periode. Die Investitionsauszahlung wird in solchen Einperiodenmodellen über die Abschreibung und die durchschnittlichen Zinsen auf das eingesetzte Kapital berücksichtigt. Zu den statischen Methoden der Investitionsrechnung gehören die Gewinnvergleichsrechnung, die Kostenvergleichsrechnung, Renditevergleichsrechnung und die Amortisationsrechnung [vgl. DÄUMLER 2000, S.159ff].

Die dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung berücksichtigen den Zeitpunkt des Anfalls der entscheidungsrelevanten Aus- und Einzahlungen über den gesamten Planungszeitraum. Der Zins führt dazu, dass Zahlungen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten anfallen, direkt nicht vergleichbar sind. Daher werden Zahlungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten durch Auf- oder Abzinsung vergleichbar gemacht und in einer Zahl zusammengefasst. Die finanzmathematischen Verfahren der Auf- bzw. Abzinsung (Diskontierung) bilden daher den Kern der dynamischen Verfahren der Investitionsrechnung, die insofern exakter sind als die statischen Verfahren, die mit den Zahlungen einer Durchschnittsperiode arbeiten. Zu den dynamischen Methoden der Investitionsrechnung gehören die Kapitalwertmethode (Discounted Cash Flow-Methode), die Annuitätenmethode und die Methode des internen Zinsfußes [vgl. DÄUMLER 2000, S.44ff].

Insbesondere auf Grund der hohen Unsicherheiten, die zum Zeitpunkt strategischer Produkt- und Prozessplanungen vorliegen, ist der Einsatz statischer Verfahren in der Regel ausreichend [vgl. GAUSEMEIER et al. 2004, S.179]. Die geringere Genauigkeit der statischen Verfahren steht darüber hinaus einer deutlich einfacheren Durchführung im Vergleich zu den dynamischen Ansätzen gegenüber. Entsprechend werden die dynamischen Ansätze hier nicht weiter betrachtet.

Stellt eine Anlage keinen Engpassfaktor dar und eröffnet das Projekt keine neuen Absatzmöglichkeiten, z.B. wenn es sich um den Ersatz einer alten Anlage durch eine neue handelt, ist die Erlösveränderung gleich Null. Ähnliches gilt auch für die vorliegende Methode, da der Ansatz verfolgt wird, dass ein bestimmtes vom Markt gefordertes zukünftiges Produktprogramm durch unterschiedliche Leistungsstrukturen bereitgestellt werden kann. Das Ziel Gewinnmaximierung kann damit durch das Ziel der Kostenminimierung ersetzt werden. Optimal ist folglich die Planungsalternative, die den geringsten Kostenzuwachs aufweist. Dabei müssen allerdings nicht nur die Kapitalkosten der alternativen Anlagen, sondern auch die mit dem Einsatz der Anlage direkt verbundenen Energie-, Versicherungs-, Material-, Arbeitskosten etc., aber auch die variablen sekundären Kosten (unechten Gemeinkosten), wie z.B. Kosten der Arbeitsvorbereitung und der Personalverwaltung berücksichtigt werden, da sich deren Höhe mit dem Einsatz der alternativen Anlagen verändert. Es wird also vom Grundsatz her eine Kostenvergleichsrechnung anzuwenden sein, wobei nicht nur der Kostenzuwachs insgesamt von Bedeutung ist, sondern auch der zeitliche Anfall bestimmter Kosten, da dieser die Wandlungsfähigkeit ebenfalls beeinflusst. Eine entsprechend vergleichende Betrachtung muss daher für die sLP ergänzt werden.

Die Kostenvergleichsrechnung arbeitet mit den Kosten einer durchschnittlichen Periode. Zur Berechnung der durchschnittlichen Periodenkosten einer Investition lassen sich Sachinvestitionen in Maschinen, Gebäude oder immaterielle Wirtschaftsgüter, z.B. IT-Hard- und Software mit den Prognosemethoden des Life Cycle Costing, oder auch Life Cycle Controlling (LCC) genannt, ermitteln. Ziel des LCC ist die Erstellung einer ganzheitlichen Lebenslauf-Erfolgsrechnung. Dazu wird nicht nur die technische Gesamtlebensdauer bewertet, sondern Kosten und Nutzen in allen Phasen des Produktlebenslaufs dargestellt und monetär bewertet. Bei Investitionen müssen nach diesem Ansatz die einmaligen Anschaffungskosten und die periodisch wiederkehrenden Folgekosten bedacht werden [vgl. BULLINGER et al. 2003, S.904ff]. Dieser Ansatz der Berücksichtigung der Lebenszykluskosten ist in der Investitionsrechnung nicht neu und wird sowohl beim statischen Verfahren des Kostenvergleichs (durchschnittliche Periodenkosten), aber insbesondere konsequent mit den dynamischen Verfahren durch die explizite Erfassung der Auszahlungen und Einzahlungen in den einzelnen Perioden berücksichtigt. Insofern werden ergänzend die im Rahmen des LCC für die Praxis aufgestellten Berechnungsschemata zur Strukturierung und Erfassung der Daten ge-

nutzt. Hierzu kann auf das VDMA-Einheitsblatt 34160 „Prognosemodell für die Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen“ zurückgegriffen werden [VDMA 34160].

Bei einer sequentiellen Betrachtung von Investitionsentscheidungen müssen zukünftige Handlungsspielräume berücksichtigt werden. Solche Handlungsspielräume können als Optionen interpretiert werden. Hierbei wird zwischen der Option zu warten, der Option ein Projekt abzubrechen oder vorübergehend stillzulegen, der Option ein Projekt zu erweitern oder zu reduzieren, der Option zwischen verschiedenen Produktionstechnologien oder Zulieferern zu wechseln sowie der Option ein Projekt zu verbessern, unterschieden, wobei auch kombinierte Typen entstehen können [SPINLER/HUCHZERMEIER 2004, S. 67]. Die formale Ähnlichkeit dieser Handlungsspielräume mit Finanzoptionen hat zu dem Versuch geführt, die Verfahren der Optionspreistheorie auf die Bewertung von Unternehmen und Investitionsprojekten zu übertragen. Dieser Ansatz wird auch als Realloptionsansatz bezeichnet.

Optionen beschreiben in der Finanzwirtschaft ein abgeleitetes Finanzinstrument (Derivat), bei dem das Recht eingeräumt wird, einen bestimmten Basiswert (Underlying), d.h. einen Rohstoff, eine Aktie, eine Währung oder ein abstrakt/synthetisches Produkt wie z.B. einen Index zu einem späteren Zeitpunkt zu einem vorher vereinbarten Preis (Ausübungspreis) zu kaufen (Call-Option) oder zu verkaufen (Put-Option). Dieses Recht kann entweder jederzeit während der Kontraktlaufzeit (amerikanische Option) oder nur am Ende der Laufzeit (europäische Option) ausgeübt werden. Unter dem Wert der Option (Optionsprämie) versteht man den Preis, den der Erwerber des Optionsrechts an den Verkäufer zu zahlen bereit ist [vgl. KRUSCHWITZ 2007, S. 425].

Die Besonderheit der Option besteht darin, dass das Recht ausgeübt werden kann, aber nicht ausgeübt werden muss. Es liegt also ein bedingtes Termingeschäft vor, dessen Gewinn- bzw. Verlustrisiko asymmetrisch verteilt ist. Im Fall einer für den Optionsnehmer ungünstigen Preisentwicklung des Basiswerts wird dieser die Option nicht ausüben. Damit verfällt zwar der Optionspreis (Einsatz), der mögliche Verlust ist jedoch auf diesen Betrag begrenzt, wohingegen der Gewinn theoretisch unbegrenzt groß werden kann.

BLACK/SCHOLES beschrieben, dass unter der Annahme einer konstanten Volatilität der Preisentwicklung des Basiswerts und einem konstanten Zinssatz die möglichen Auszahlungen einer Option durch ein Portfolio aus dem Basiswert und einer Kapitalanlage oder einem Kredit mit dem Zinssatz dynamisch dupliziert werden können. D.h. ein solches Portfolio erbringt dieselben Gewinne bzw. Verluste [vgl. BLACK/SCHOLES 1973]. Kennt man die Zusammensetzung des der Option äquivalenten Portfolios aus Aktien und risikofreien Wertpapieren bzw. Krediten (Spanning-Bedingung), so ist der Wert der Option identisch mit dem Wert des Duplikationsportfolios. Zur Berechnung des Optionspreises stehen geeignete Formeln zur Verfügung, wenn die fünf Parameter: Wert des underlying asset, dessen Momentanvarianz, der Basispreis, die Optionsfrist und der risikolose Zinssatz bekannt sind [vgl. KRUSCHWITZ 2007, S. 427ff].

Die Grenzen einer Bewertung von Realloptionen ergeben sich aus der Spanning-Bedingung. Nur wenn die stochastische Entwicklung des Investitionsprojekts durch ein Portfolio gehandelter Vermögenswerte exakt dupliziert werden kann, d.h. Vermögenswerte, für die auf einem vollkommenen Kapitalmarkt der Preis und die Volatilität ermittelt werden kann, ist die Anwendung des Bewertungsmodells möglich [vgl. LAUX 1993, S. 940]. Da für Investitionen in der Regel keine identischen, beliebig teilbaren Projekte, die auf Finanzmärkten gehandelt werden und für die historische Volatilitäten ermittelbar sind, identifiziert werden können, beschränkt sich der Realloptionsansatz auf wenige Spezialfälle, wie z.B. Rohstoffgewinnungsbetriebe, für die die Rohstoffe ein geeignetes

Spanning-Asset darstellen. Jedoch wird auch in diesem Fall durch den Realloptionsansatz nur das Produktpreisrisiko abgebildet, nicht jedoch spezifische Risiken, die sich aus dem Produktionsprozess ergeben. Es besteht daher nur eine geringe Analogie zu den Finanzoptionen.

Ein weiterer Einwand betrifft die Ausschließlichkeit der Optionen. Während bei Finanzoptionen die Optionsrechte nur dem Optionsnehmer zur Verfügung stehen, stehen Realloptionen, z.B. bei Erweiterungen von Investitionsprojekten, auch anderen Mitbewerbern offen, so dass auch dieses Kriterium ein Übertragung der finanzwirtschaftlichen Bewertungsinstrumente fragwürdig erscheinen lässt. KRUSCHWITZ kommt daher zu dem Fazit, „dass es sich bei dem Konzept der Realloptionen um einen Irrweg handelt“ [KRUSCHWITZ 2007, S. 465]. Diese Aussage trifft sicherlich auf die mechanische Anwendung der finanzwirtschaftlichen Formeln zu. Der Verdienst der Realloptionstheorie liegt jedoch darin, dass sie die Berücksichtigung zukünftiger Optionen im Investitionskalkül betont. Da es äußerst schwierig ist, eine Vergleichsbasis für die Bewertung der Realloptionen zu bestimmen, und das Werkzeug eher zur Unternehmensbewertung und weniger zur Bewertung des Ausschnitts eines Produktionssystems dient, ist es für die strategische Leistungsplanung nicht relevant.

3.3.4.3 Fazit: Modellierung von Kosten

Für die monetäre Bewertung der im Rahmen der Methode zur sLP generierten Szenarien ist eine eigene Planungsrechnung aufzustellen, die auf die Methode der statischen Investitionsrechnung zurückgreift und die Input-Daten eigenständig erheben muss. Hierzu eignet sich wegen der Annahme, dass das Produktprogramm durch die Alternativen zur Produktionsgestaltung nicht verändert wird, eine Kostenvergleichsrechnung. Die in der Methode zu berücksichtigenden planungsrelevanten Kosten müssen individuell für die Methode ermittelt werden, hierzu kann auf dem Berechnungsschema des VDMA zum Life Cycle Costing aufgesetzt werden.

3.4 Fazit zum Stand der Technik

Die Aufarbeitung des Standes der Technik hat gezeigt, dass aktuell keine durchgängige Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen dokumentiert ist. Es existieren sehr wohl einzelne Ansätze und Grundkonzepte die Teilaspekte der zu entwickelnden Methode zur sLP abdecken oder zur deren Umsetzung als Grundlagen herangezogen werden können.

Hinsichtlich der Grundlagen zur strategischen Planung der Produktion offenbarte die Auswertung aktueller Arbeiten, dass statt singularer Prognosen die Bildung von Szenarien als zeitgemäßer für die Darstellung langfristiger Entwicklungslinien gilt. Ferner hat sich gezeigt, dass die Aufgabe der strategischen Planung heute nicht mehr vorrangig in der Vorauszeichnung eines singulären und als optimal bewerteten Entwicklungspfad zu sehen ist. Vielmehr gilt es, diejenigen Optionen zu identifizieren und auszuschließen, die das Unternehmen in seiner strategischen Beweglichkeit eingengen und seine Wandlungsfähigkeit unangemessen begrenzen. Damit wird die Methode zur sLP zu einem Werkzeug des strategischen Managements der Produktion, das den Entscheider bei einer kontinuierlichen, zukunftsgerichteten Gestaltung der Produktion unterstützt.

Die Analyse der Verfahren und Methoden zur langfristigen Gestaltung der Produktion hat zunächst gezeigt, dass die in einer hohen Granularität vorliegenden operativen Daten für eine langfristige Gestaltung der Produktion verdichtet werden müssen. Dies ist beispielsweise der Abbildung des Produktprogramms und der Kapazitäten des Produktionssystems, sowie der Gestaltung der Eigen-

fertigungstiefe zu berücksichtigen. Angesichts der Aufgabenstellung ist es besonders wichtig, Informationen zur Wirkung von Technologie-Innovationen auf die Entwicklung der Produktionsleistung verarbeiten zu können. Hierzu wird das Konzept des Technologiekalenders aufgegriffen. Um die Produktionsleistung an sich prognostizieren zu können, muss es allerdings mindestens um den Aspekt der Eigenfertigungstiefe erweitert und zusätzlich in einen methodischen Kontext eingebettet werden. Zur Klassifizierung der Technologie-Innovationen ist das für Produkte bekannte und auf das korrespondierende Know-how ausgerichtete Verfahren auf die Produktionstechnik zu übertragen. Für eine langfristige Gestaltung der Produktionsleistung müssen gerade diskontinuierliche Veränderungen bei Produkt und Produktionstechnik entsprechend ihres Umfangs unterschiedlich betrachtet werden. Dies verlangt nach einer fallbasierten Betrachtung der Veränderungswirkungen. Zur notwendigen Quantifizierung der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung bietet sich das Analogieverfahren an. Auf Grund des stark subjektiven Charakters dieses Verfahrens ist eine Objektivierung des Vorgehens, wie es beispielsweise durch den Einsatz Vernetzten Denkens erreicht werden kann, anzustreben. Zur Quantifizierung der kontinuierlichen Veränderungen muss die Komplexität des Konzepts der Lern- und Erfahrungskurve reduziert werden. Dies gewährleistet, dass auch aggregierte Daten einfach verarbeitet werden können. Zur Darstellung des dynamischen Verhaltens komplexer Systeme kann für einzelne Teilaspekte auf das Verfahren des System-Dynamics zurückgegriffen werden.

Für die Partialmodelle Produkt und Produktionstechnik existieren mit den fertigungs- bzw. funktionsorientierten Ansätzen der Modellierung Grundlagen, die es um Technologie- und Leistungsaspekte zu erweitern gilt. Für das Partialmodell der produktionsnahen indirekten Bereiche ist eine Möglichkeit zu entwickeln, um die Veränderung der Produktionsleistung über der Zeit mit dem Aufwand in diesen Bereichen zu verbinden. Über die Festlegung einer Bezugsgröße hinaus ist vor allem die direkte Verbindung und gleichzeitige Betrachtung der Kapazität produktionsnaher indirekter Bereiche mit der Entwicklung der direkt wertschöpfenden Bereiche herzustellen. Für das Partialmodell der Kosten ist auf die Grundlagen der statischen Investitionsverfahren zurückzugreifen. Zu bestimmen ist hierbei, welche Kostenfaktoren für die strategische Leistungsplanung entscheidungsrelevant sind. Einen Ausgangspunkt hierfür bildet das Berechnungsschema „34160“ des VDMA.

Basierend auf der Analyse bestehender Ansätze wird deutlich, dass eine zusammenhängende Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen erst zu entwickeln ist. Diese Methode muss auf fertigungs- bzw. funktionsorientierte, technisch und technologisch beschriebene Partialmodelle zurückgreifen, um mit ihrer Hilfe und mit Unterstützung durch Vernetztes Denken Zusammenhänge zwischen diskontinuierlichen wie kontinuierlichen Veränderungen und der Produktionsleistung herstellen zu können. Die gemeinsamen Wirkungen dieser Veränderungen müssen in Szenarien abgebildet werden, um Unsicherheit und Turbulenz angemessen Rechnung zu tragen. Durch die Entwicklung und Anwendung dieser Methode wird die Transparenz strategischer Entscheidungen erhöht und die Prognosegenauigkeit verbessert.

4 Lösungsbausteine der Methode zur strategischen Leistungsplanung

Die Übersicht der verfügbaren Ansätze zur Unterstützung verschiedener Aspekte der strategischen Leistungsplanung von Produktionsstrukturen im vorangegangenen Kapitel hat gezeigt, dass für die Lösung der Aufgabenstellungen auf diversen Vorarbeiten aus dem Stand der Technik aufgebaut werden kann. Eine zusammenhängende und durchgängige Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen konnte jedoch, wie bereits angesprochen, nicht identifiziert werden. Dementsprechend werden für die zu entwickelnde Methode im folgenden Kapitel 4 die Grundlagen in Form einzelner Partialmodelle, Referenzstrukturen, Systematiken, Verfahren sowie eines Kernmodells geschaffen. Diese Teillösungen werden anschließend in Kapitel 5 zu der Methode zur strategischen Leistungsplanung (Methode zur sLP) zusammengefügt.

4.1 Planungsfälle und Prämissen der Methode

Die strategische Gestaltung der Produktion ist gleich zu setzen mit einer Reihe von Entscheidungsproblemen, wobei unter den jeweils zur Verfügung stehenden Alternativen die beste für das Unternehmen ermittelt und umgesetzt werden muss. Die Beschreibung alternativer Zukunftsbilder im Sinne von Szenarien unterstützt diesen Entscheidungsprozess durch Informationen über die Auswirkungen einzelner oder mehrerer in Kombination auftretender Veränderungen. In Kapitel 4.1.1 werden die wesentlichen, mit der Methode zur sLP zu unterstützenden Entscheidungsprobleme abgegrenzt und daraus die von der zu entwickelnden Methode unterstützten Planungsfälle abgeleitet. Ferner bedarf es zur Entwicklung und Anwendung der Methode zur sLP zunächst der Festsetzung gewisser Grundannahmen und Prämissen, die den Planungsfällen zu Grunde gelegt werden. Diese werden anschließend in Kapitel 4.1.2 diskutiert.

4.1.1 Unterstützte Entscheidungsprobleme und Planungsfälle

Die von der Methode zur strategischen Leistungsplanung wandlungsfähiger Produktionsstrukturen unterstützten Entscheidungsprobleme sind zunächst Entscheidungen über alternative Konfigurationen des Produktionssystems. Die Ereignisse oder Veränderungen, die diese Entscheidungsprobleme hervorrufen und die Leistung eines Produktionssystems maßgeblich beeinflussen, lassen sich drei Problemfeldern zuordnen. Dies sind zunächst Veränderungen im Produktprogramm, die Entwicklung alternativer Technologien in Produkten und Produktion sowie abschließend Veränderungen in der Ausgestaltung der Kernkompetenzen bzw. der Eigenfertigungstiefe der eigenen Produktion. Sie werden in der Folge unter dem Begriff Veränderungen zusammengefasst. Innerhalb der Problemfelder lassen sich wiederum einzelne Problemstellungen identifizieren. Das Auftreten dieser Problemstellungen im Prozess der strategischen Produktionsgestaltung stellt den Ausgangspunkt für die Anwendung der zu entwickelnden Methode dar. Die Methode wird dabei sowohl für die Entscheidungsunterstützung im Falle des Auftretens einer einzelnen, als auch auf eine Kombination aus mehreren Problemstellungen ausgelegt. Im Einzelnen sind dies im Folgenden aufgelisteten Problemstellungen.

Für das strategische Management ist in Bezug zum **Produktprogramm** vor allem die Untersuchung der Frage von Interesse, wie sich **alternative Entwicklungen der Nachfrage** auf das Produktionssystem auswirken. Die kapazitive wie auch die technologische Gestaltung des Produktionssystems sind eng mit dieser Entwicklung verbunden. Je nach Ausgestaltung des Produktionssystems ist eine Änderung der Nachfrage für das Unternehmen einfach zu handhaben,

oder stellt gar eine Bedrohung für seinen Fortbestand dar. Solche Bedrohungen können beispielsweise durch Fehlinvestitionen oder eine zu hohe Fixkostenbelastung hervorgerufen werden. Neben der reinen Änderung der Stückzahlen sind in diesem Zusammenhang auch **alternative Einführungszeitpunkte** von Produkten sowie **Veränderungen in der Breite und Tiefe des Produktprogramms** zu betrachten. Eine geschickte Variation der Einführungszeitpunkte kann im Rahmen der strategischen Gestaltung der Produktion dazu beitragen, Kapazitätsbedarfsspitzen zu vermeiden. Eine Veränderung in Breite und Tiefe des Produktprogramms führt in der Regel zu einer Änderung der Komplexität, die einen direkten Einfluss auf die benötigte Leistung des Produktionssystems hat.

Das Problemfeld der alternativen Technologien lässt sich aufspalten in die Unterbereiche für **Produkt- und Produktionstechnologien**. Technologiealternativen in beiden Bereichen stellen eine Herausforderung für das strategische Management dar. Die Auswirkungen von Veränderungen in diesem Bereich schlagen sich direkt auf die Leistung des Produktionssystems nieder. Neue Produktionstechnologien können dabei sowohl zu einer Reduzierung der benötigten Leistung durch Steigerung der Effizienz und Effektivität als auch zu einer Erhöhung der benötigten Leistung durch den Wechsel auf eine arbeitsintensivere, aus anderen Gründen jedoch vorteilhaftere Technologie führen. Gleiches gilt für die Einführung neuer Produkttechnologien. Damit sind für die strategische Gestaltung der Produktion ein **technologischer Variantenvergleich** sowie eine Betrachtung unterschiedlicher **Einführungszeitpunkte** für einzelne Technologien von Interesse. Auch hier gilt, dass sich einige Handlungsoptionen im Gesamtkontext günstiger auswirken als andere.

Abschließend ist das Problemfeld der Gestaltung der **Kernkompetenzen bzw. der Eigenfertigungstiefe** der eigenen Produktion zu betrachten. Diese zentrale Aufgabe des strategischen Managements, die auf Basis von Kapazitäts-, Kosten- und Kompetenzgründen über die **Schnittstelle zwischen Fremd- und Eigenfertigung** entscheidet, ist von der Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen zu unterstützen. Die Entscheidung über die Aufteilung von Wertschöpfungsanteilen zwischen dem eigenen Produktionssystem und dem Produktionssystem eines über das Produktionsnetzwerk angebotenen Wertschöpfungspartners hat direkten Einfluss auf die Leistung des eigenen Produktionssystems.

Eine Zusammenfassung der unterstützten Planungsprobleme sowie der im Rahmen der Generierung alternativer Szenarien zu variierenden Parameter ist in Abbildung 4-1 dargestellt.

Bei diesen Entscheidungsproblemen soll die Methode zur Leistungsplanung wandlungsfähiger Produktionsstrukturen durch den Vergleich alternativer Szenarien helfen, diejenigen Handlungsoptionen, die unter Umständen in eine Sackgasse führen, von denen zu unterscheiden, die eine größere strategische Beweglichkeit ermöglichen. Eine Entwicklung der Produktion in Einklang mit der Unternehmensstrategie wird damit ebenso möglich, wie die Beherrschung und Entwicklung von Strategiebündeln. Ferner kann die Methode zur sLP helfen, das Management für die potenziellen Problemfelder proaktiv zu sensibilisieren. Wird beispielsweise eine Entscheidung getroffen, die kurzfristig notwendig ist, deren langfristige Wirkung jedoch auf Grund der Erkenntnisse aus der Methodenanwendung als bedenklich einzustufen ist, so sind die kritischen Felder zumindest transparent und können überwacht werden.

Schwerpunkt	Entscheidungsproblem / Planungsfälle	In der Generierung alternativer Szenarien zu variierende Parameter
Produktprogramm (Mengengerüst)	Untersuchung des Produktionssystems hinsichtlich seiner Robustheit gegenüber starken Nachfrageschwankungen. (Auch: Vergleich alternativer Konfigurationen des künftigen Produktionssystems)	• Prognostizierte Absatzstückzahlen • Einführungszeitpunkte neuer Produkte • Auslaufzeitpunkte alter Produkte • Breite und Tiefe des Produktprogramms
Produktentwicklung	Einführung neuer Produkttechnologien: • Einführungszeitpunkte einzelner Technologien • Technologischer Variantenvergleich	• Einführungszeitpunkte neuer Produkttechnologien • In Kombination mit einer bestimmten Produktionstechnik erforderliche Produktionsleistung zur Herstellung des Produkts
Produktionsentwicklung	Einführung neuer Produktionstechnologien • Einführungszeitpunkte einzelner Betriebsmittel • Technologischer Variantenvergleich	• Einführungszeitpunkte neuer Betriebsmittel • In Kombination mit einem Produkt erforderliche Produktionsleistung zu dessen Herstellung
Entwicklung der Eigenfertigungstiefe	Gestaltung der eigenen Kernkompetenzen bzw. der Eigenfertigungstiefe	• Eigen- / Fremdfertigung einzelner Produkte / Komponenten

Abbildung 4-1: Von der Methode zur sLP unterstützte Planungsfälle

Alle Planungsfälle münden letztlich in einen Vergleich von Leistungsangebot und -nachfrage. Abschließend ist eine Bewertung der Szenarien hinsichtlich der Kriterien Produktionsleistung, Kostenstrukturen, produktionsnahe indirekte Bereiche und den strategischen Fit vorzunehmen.

4.1.2 Prämissen und Grundannahmen

Die Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen folgt gewissen Grundannahmen und Prämissen. Diese werden im Nachfolgenden ausgeführt.

Die Methode ist vom Grundsatz her als **ereignisgesteuert** (im Gegensatz zu kontinuierlich ablaufend) einzustufen. Dies bedeutet: Ein Planungslauf wird nur dann unternommen, wenn im Rahmen der Entwicklung einer Strategie oder Planung alternative Konfigurationen des Produktionssystems untersucht werden sollen. Dies kann anlässlich der regelmäßigen Strategieentwicklung erfolgen oder auch ad hoc, wenn beispielsweise die Auswirkungen einer plötzlich real auftretenden, sprunghaften Änderung auf die aktuelle Konfiguration des Produktionssystems untersucht werden sollen. Da das strategische Management in Zukunft weniger einen Projekt- als vielmehr einen Prozesscharakter aufweisen sollte (vgl. Kapitel 3.1.1) ist die Methode im Sinne einer rollierenden Planung in den Prozess der strategischen Führung zu integrieren. Aus dem Vergleich der Ergebnisse aus den vorangegangenen Planungsperioden lassen sich weitere wertvolle Informationen über einzelne Entwicklungen gewinnen. Beispielsweise kann die Güte der Forecasts sowie der Einzelprognosen analysiert werden und die gewonnene Erfahrung über das Verhalten einzelner Systemparameter als Datenbasis in den nächsten Einsatz der Methode einfließen.

Die Methode ist **skalierbar hinsichtlich des Betrachtungsbereichs und der Größe des Produktionssystems**. Einzelne Segmente einer Produktion können ebenso betrachtet werden wie komplette Fabriken oder Produktionsnetze. Wichtig ist lediglich, dass die betrachteten Bereiche

voneinander abgrenzbar sind und den einzelnen Bereichen ein individuelles Produktprogramm zugeordnet werden kann. Bei geteilten, zentralen Ressourcen kann durch die Reservierung von Kapazitätspaketen eine Zuordnung zu mehreren Bereichen erreicht werden.

Die **szenariobasierte Prognose** der Entwicklung der Produktionsleistung findet für Produkt- und Produktionstechnologien statt. Ergebnis der Prognose sind damit zunächst Technologiebedarfsmengen in den einzelnen Planungsperioden. Zur **Bewertung der Szenarien** findet anschließend eine Übersetzung der Technologiebedarfsmengen in konkrete Produktionsstrukturen und -techniken statt. Dabei werden Restlaufzeiten bestehender Anlagen, Neuinvestitionen und die Frage nach Eigen- oder Fremdfertigung berücksichtigt. Ergebnis der Rückführung sind damit konkrete Technikbedarfsprofile, die dem Technikangebot gegenübergestellt werden und aus denen sich wiederum der Bedarf nach Neu- und Erweiterungsinvestitionen ableiten lässt.

Ferner ist der von der Methode abgedeckte **zeitliche Betrachtungshorizont** innerhalb des Rahmens von bis zu zehn Jahren **frei skalierbar**. Der Planungshorizont der Methode ist am üblichen langfristigen Planungshorizont des jeweiligen Unternehmens auszurichten. Die Länge der betrachteten Perioden kann ebenfalls frei gewählt werden. Aus Gründen der Praktikabilität empfiehlt es sich jedoch die Länge der Perioden auf ein Kalenderjahr festzusetzen.

Bei der Anwendung der Methode ist ferner eine Reihe von **Prämissen** zu beachten, die einen Systemrahmen um den Betrachtungsbereich der strategischen Produktionsentwicklung darstellen. Dieser Systemrahmen und die damit verbundene Beschränkung der Systemparameter sind notwendig, da mit der Größe des zu betrachtenden Bereichs und der Langfristigkeit des Betrachtungshorizonts eine Vielzahl von Faktoren die Leistung der Produktion beeinflusst. Um die Methode zur strategischen Leistungsplanung beherrschbar zu halten, muss eine Konzentration auf die wesentlichen Systemparameter erfolgen.

Eine der grundlegenden Prämissen der Methode ist die Annahme einer über der Zeit **konstanten Qualität**. Dies bezieht sich sowohl auf die Qualitätsansprüche der Kunden als auch auf die interne Qualität im Sinne von Ausschussraten. Eine Veränderung dieses Faktors hätte direkten Einfluss auf die Leistung einer Produktion, da davon auszugehen ist, dass diese Veränderung mit einer Beschleunigung bzw. Verlangsamung der Prozesse verbunden ist.

Ferner geht die Methode von einer **gleich bleibenden logistischen Positionierung** (Lieferzeit und -zuverlässigkeit) aus. Aus der Kennlinientheorie nach NYHUIS/WIENDAHL H.-P. (vgl. NYHUIS/WIENDAHL H.-P. 2003) geht hervor, dass eine Änderung der Logistikstrategie direkten Einfluss auf die vorzuhaltende Kapazität hat.

Ein Faktor, der im Zusammenhang mit der strategischen Entwicklung der Produktion ebenfalls zu beachten und bei der Methodenanwendung zumindest innerhalb abgegrenzter separat betrachteter Bereiche **konstant** zu halten ist, ist die **Flexibilität der Produktion**. Vom Grundsatz her sind Produktionsstrukturen, die zur Fertigung kleiner Stückzahlen gedacht sind, anders aufgebaut als solche, die dem Durchsatz hoher Stückzahlen dienen. Die technologische und technische Ausstattung dieser Bereiche sowie deren logistische Positionierung unterscheiden sich grundsätzlich. Gemeinsam haben sie – neben der Personalflexibilität, u.a. – wesentlichen Einfluss auf die Flexibilität des jeweiligen Bereichs. Grundlegende Änderungen dieser Faktoren und damit der Flexibilität innerhalb eines Bereichs im Sinne einer grundlegenden Änderung des Geschäftsmodells werden im Rahmen der Methode nicht berücksichtigt. Es wird von einer gleich bleibenden Grundstrategie zumindest in einzelnen abgrenzbaren Bereichen ausgegangen.

4.2 Wirkmodell der Lösungsbausteine

Um die zu entwickelnden Module sowie deren Lösungsbausteine in einen Kontext zu bringen und die Schnittstellen entsprechend gestalten zu können, ist zunächst die Entwicklung eines Wirkmodells erforderlich. Einzelne Bereiche des Wirkmodells werden in Folge als Module und deren Teilbereiche als Lösungsbausteine bezeichnet.

Die Gestaltung des Wirkmodells (vgl. Abbildung 4-2) leitet sich aus der Aufgabenstellung (vgl. Kapitel 1.3), der daraus folgenden Eingrenzung des Untersuchungsbereichs und der zentralen Anforderungen an die Methode (vgl. Kapitel 2.6.2) sowie den Erkenntnissen aus dem Stand der Technik (vgl. Kapitel 3) her.

Entsprechend der zentralen Anforderungen sind zunächst einige **Partialmodelle** (vgl. Kapitel 4.3) der Methode zur sLP zu entwickeln. Dazu ist jeweils eine Modellierung der strategischen Potenzialfaktoren Produkt und Produktionstechnik vorzunehmen, die durch die künftigen Veränderungen beeinflusst werden und damit unmittelbar zu einer Veränderung der Produktionsleistung über der Zeit beitragen. Hierfür sind Partialmodelle zu formulieren, die alle entscheidungsrelevanten, die Produktionsleistung beeinflussenden Parameter abbilden. Die Partialmodelle stellen sowohl für die Erfassung der Ausgangssituation als auch für die Erfassung künftiger Entwicklungen eine wesentliche Grundlage dar. Neben diesen der Leistungsprognose vorgelagerten sind ferner nachgelagerte Partialmodellen zu entwickeln, die eine zentrale Rolle in der Bewertung alternativer Szenarien spielen. Zu diesen zählen die produktionsnahen indirekten Bereiche und die Kosten.

Um eine Ausgangsbasis für die Projektion der Produktionsleistung eines Produktionssystems in die Zukunft zu schaffen, ist dessen **Ausgangssituation** (vgl. Kapitel 4.4) zu erfassen. Zu erfassen sind neben der aktuellen Struktur des Produktionssystems (Art und Anzahl an Betriebsmitteln) auch die aktuelle Situation des Produktprogramms (Mengengerüst), die Gestalt der aktuellen Produkte und die Situation in Bezug auf die Eigenfertigungstiefe. Hierfür sind Referenzstrukturen zur Abbildung der Ausgangssituation unter dem Fokus der strategischen Leistungsplanung zu definieren.

Um im Rahmen von Szenarien eine Prognose der künftig benötigten Produktionsleistung vornehmen zu können, sind neben der Ausgangssituation alle Veränderungen zu erfassen, die einen direkten Einfluss auf die Entwicklung der künftig benötigten Produktionsleistung haben. Für die Felder Programmentwicklung, Produktentwicklung, Produktionsentwicklung und Entwicklung der Eigenfertigungstiefe ist eine Systematik zu entwickeln, die bei der strukturierten Erfassung alle relevanten Diskontinuitäten unterstützt und diese zur Weiterverwendung in der Leistungsprognose bereitstellt. Hier sei nochmals darauf hingewiesen, dass das Modul „**künftige Veränderungen**“ (vgl. Kapitel 4.5) nicht die Aufgabe hat, Ereignisse oder Entwicklungen in der Zukunft aktiv zu prognostizieren. Vielmehr wird hier davon ausgegangen, dass derartige Verfahren und Werkzeuge zur strategischen Vorausschau (z.B. Erkennen schwacher Signale, strategische Marktprognose, etc.) im Unternehmen eingesetzt werden und ihre Ergebnisse als Input in das Modul übernommen werden können.

Das **Kernmodell** (vgl. Kapitel 4.6) der strategischen Leistungsplanung arbeitet heraus, wie die Einzelentwicklungen in Bezug auf die Entwicklung der Produktionsleistung zusammenhängen. Es liefert damit eine Basis für die Prognose.

Aufbauend auf dem Kernmodell ist ein Modul zur **Leistungsprognose** (vgl. Kapitel 4.7) zu implementieren, das auf Basis der bereitgestellten Informationen die Generierung von Szenarien der

benötigten Produktionsleistung unterstützt. Die Szenarien der künftig benötigten Produktionsleistung, die als Ergebnis aus diesem Modul hervorgehen, sind anschließend einer **Bewertung** durch die Entscheidungsträger zu unterziehen. Die Bewertung hat als Aspekte den Wert der Produktionsleistung an sich, die Kostenstrukturen, die Auswirkungen auf produktionsnahe indirekte Bereiche und den strategischen Fit zu berücksichtigen.

Abschließend sind die aus den Szenarien der Leistungsprognose gewonnenen Erkenntnisse in einer **Strategie zur Leistungsgestaltung** der Produktion zu formulieren. Die Umsetzung der formulierten Maßnahmen ist danach im Zuge eines Strategie-Controllings zu überwachen. Diese beiden letzten Aspekte sind nicht mehr Kern der vorliegenden Arbeit und werden aus diesem Grund nicht explizit vertieft. Für die Anwendung in der Praxis sind hier unternehmensindividuelle Gegebenheiten zu berücksichtigen. Beispielsweise gehen die Vorgehensweisen, wie eine Strategie festgehalten wird, stark auseinander und reichen von schriftlich dokumentierten Strategien bis hin zu rein verbal formulierten und überlieferten Leitlinien. Ebenso kommen im Bereich des strategischen Controllings unterschiedliche Werkzeuge zum Einsatz, die von einfachen Kennzahlen bis hin zu einer Balanced Scorecard reichen.

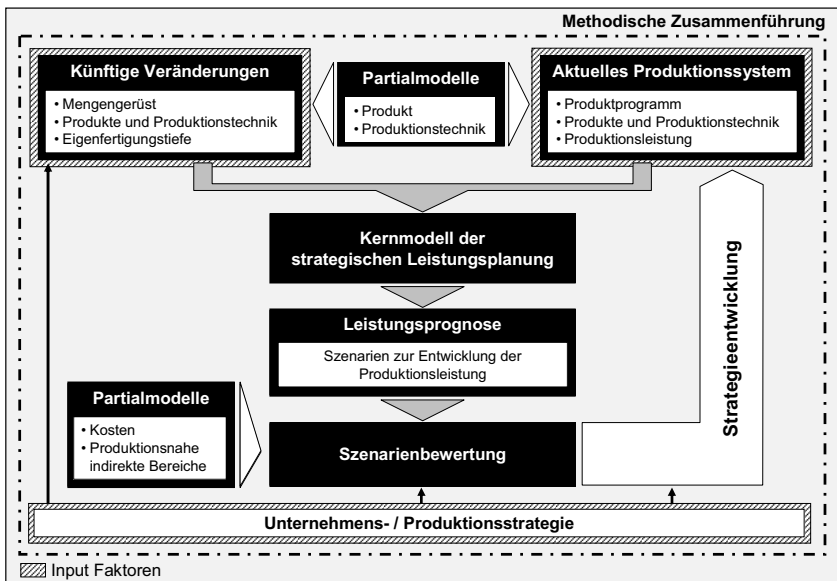


Abbildung 4-2: Wirkmodell der Lösungsbausteine

Aus diesen Modulen und den jeweiligen Lösungsbausteinen ergibt sich das oben dargestellte Wirkmodell der strategischen Leistungsplanung. Ihre Entwicklung wird im Folgenden beschrieben.

4.3 Partialmodelle der strategischen Leistungsplanung

Zur Unterstützung der Methode zur sLP sind zunächst einige wichtige Partialmodelle zu entwickeln. Hierzu zählt allen voran die Modellierung der strategischen Potenzialfaktoren Produkt und Produktionstechnik, die in ihrem Zusammenspiel den Input für das in Kapitel 4.6 zu diskutierende

Kernmodell der Leistungsplanung darstellen. Produkt und Produktionstechnik sind die Träger neuer technologischer Entwicklungen in Form von Technologie-Innovationen und beeinflussen damit wesentlich die Veränderung der Produktionsleistung über der Zeit. Die Modelle dienen der einheitlichen Abbildung leistungsrelevanter Aspekte und hierbei sowohl zur Abbildung der Ausgangssituation als auch der künftigen Veränderungen.

Dem Kernmodell nachgelagert sind einige Partialmodelle zu entwickeln, die neben der Betrachtung der eigentlichen Produktionsleistung die Bewertung unterschiedlicher Szenarien ergänzen. Für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit eines Szenarios sind Informationen über die mit den Szenarien verbundenen Kosten in einem Kostenmodell zu erfassen. Da in die Bewertung auch Auswirkungen auf produktionsnahe indirekte Bereiche mit einbezogen werden sollen, ist hierfür ebenfalls ein Partialmodell zu entwerfen.

4.3.1 Produktmodell

Das Produktmodell der Methode zur sLP hat die Aufgabe, ein Produkt so strukturiert abzubilden, dass diejenigen Eigenschaften im Rahmen von Kriterien abgebildet werden, deren Ausprägung die Produktionsleistung nachhaltig beeinflussen. Die Abbildung muss dabei vor allem den strategischen Zeithorizont berücksichtigen, in dem die Methode operiert. Vor diesem Hintergrund muss sowohl hinterfragt werden, welche Eigenschaften von Produkten überhaupt langfristig prognostizierbar sind als auch, welcher Detaillierungsgrad in der Beschreibung der einzelnen Ausprägungen sinnvoll zu erwarten ist. Insgesamt muss erkennbar sein, wie und in welchem Umfang die durch ein Produkt generierte Nachfrage an Produktionsleistung bei einer Veränderung dieser Eigenschaften beeinflusst wird.

Betrachtet man die Ergebnisse zum Stand der Technik im Bereich der Produktmodellierung (vgl. Kapitel 3.3.1) wird deutlich, dass auf diesem Gebiet bereits umfangreiche Vorarbeiten existieren. Festzuhalten ist jedoch, dass diese Modelle in der Regel einen stark operativen Charakter aufweisen und eine ganzheitliche Abbildung des Produkts anstreben. Nicht dokumentiert ist ebenfalls die Frage, wie aus diesen operativen Abbildungen ein langfristig orientiertes Modell für die strategische Planung erzeugt wird. Anleihen für die Erstellung eines solchen Modells sind hier eher bei Methoden und Vorgehensweisen zu suchen, wie sie in den frühen Phasen der Produktentwicklung sowie dem Technologie- und Innovationsmanagement anzutreffen sind. Betrachtet man diese Ansätze näher, wird deutlich, dass hier vor allem die Schnittstelle zum Kunden eine wesentliche Rolle spielt. Produkte sind demnach so zu gestalten, dass sie beim Kunden einen entsprechenden Nutzen stiften. Was als Nutzen stiftend einzustufen ist, ist dabei in Form von differenzierten Produktanforderungen festgehalten. Die Produktgestalt ist folglich so zu entwickeln, dass sie diese Produktanforderungen bestens erfüllt. Für die Methode zur sLP ist nun relevant, wie sich die von den externen Marktanforderungen abgeleitete und in der Konstruktion umgesetzte Produktgestalt intern auf die Produktion auswirkt. Zur Beschreibung dieser qualitativen und quantitativen Auswirkungen werden die in Abbildung 4-3 dargestellten Kriterien festgelegt.

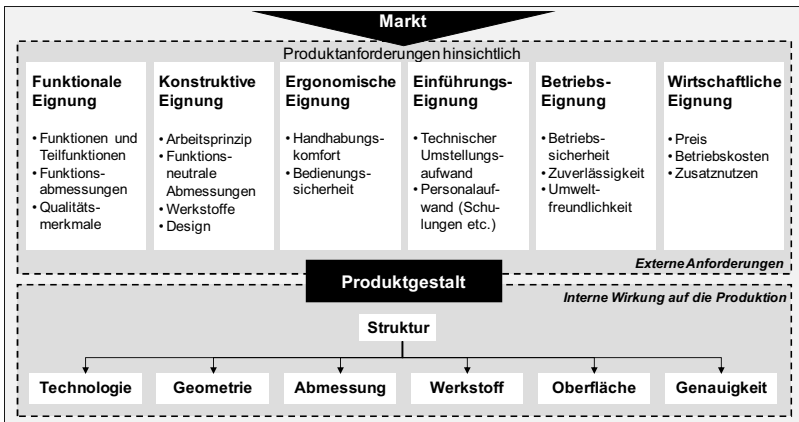


Abbildung 4-3: Produktgestalt als Bindeglied zwischen externen Produktanforderungen und interner Wirkung auf die Produktion [in Erweiterung zu EVERSHEIM et al. 1999, S.7-6; WIENDAHL H.-P. 1997b, S.237]

Für die Festlegung der Kriterien, die im Wesentlichen die Produktionsleistung beeinflussen, können Anleihen bei Verfahren zur Bestimmung von Sach-, Personalmittel- und Flächenbedarf aus dem Produktionsprogramm genommen werden. Das in Kapitel 3.3.1.3 beschriebene Verfahren nach *WIENDAHL* kann auf Grund seiner Affinität zur strategischen Leistungsplanung hier als Grundlage dienen. Zur Charakterisierung des Produkts werden hier die Kriterien Geometrie, Abmessung, Werkstoff, Oberfläche und Genauigkeit eingesetzt. Über mögliche individuelle Ausprägungen dieser Kriterien sind keine schriftlich dokumentierten Aufzeichnungen zugänglich. Die Ausprägungen sind somit auch im vorliegenden Fall individuell, zu Beginn der Analyse, und in Abstimmung mit der Art der betrachteten Produkte festzulegen.

Da sich die Verfahren zur Bestimmung von Sach-, Personalmittel- und Flächenbedarf mit einer qualitativen und quantitativen Gestaltung theoretischer Kapazitäten der Produktion befassen, kann in Bezug auf das Produktmodell eine Analogie zur Methode zur sLP festgestellt werden. In beiden Fällen ist zu beschreiben, welche qualitativen und quantitativen Auswirkungen das Produkt auf die Produktion hat. Für die strategische Leistungsplanung ist zusätzlich der noch längerfristige Zeithorizont und die Tatsache zu berücksichtigen, dass keine theoretische Kapazität, sondern der effektiv durch die Herstellung der Produkte verursachte Aufwand prognostiziert werden soll. Somit kann zunächst angenommen werden, dass die von *WIENDAHL* postulierten Kriterien zur kapazitiven Gestaltung der Produktion auch zur Prognose der Produktionsleistung dienen können.

Durch die Beschreibung dieser Kriterien lässt sich jedoch ausschließlich die Fertigung sehr einfacher, nicht aus mehreren Komponenten bestehender Produkte abbilden. Da technische Produkte im Sinne von Investitionsgütern (vgl. Kapitel 2.3.2.1) in der Regel komplexer und vielschichtiger sind, ist den bereits genannten Kriterien ein weiterer Aspekt hinzuzufügen. Mit dem zusätzlich eingeführten Kriterium „Struktur“ soll die beispielsweise aus einer Strukturstückliste ersichtliche Erzeugnisstruktur abgebildet werden. Der Aufbau der betrachteten Produkte wird damit transparent. Durch die Hinzunahme dieses Kriteriums lassen sich unterschiedliche Bauweisen (Differential- oder Integralbauweise) sowie unterschiedliche Komplexitätsgrade von Produkten (Anzahl der

Komponenten und Gliederungsstufen) voneinander unterscheiden, die je nach Ausprägung eine unterschiedlich hohe Nachfrage an Produktionsleistung generieren. Da die Beschreibung der Strukturelemente (Systeme, Module, Baugruppen, Einzelteile, etc.), die in ihrem Zusammenspiel ein Gesamtprodukt ergeben, in der Literatur nicht einheitlich ist, werden zur Vermeidung von Verwechslungen sämtliche Teile eines Produkts als Komponenten bezeichnet. Unberücksichtigt bleibt, ob es sich um ein einzelnes Bauteil oder um eine höher aggregierte Baugruppe handelt. Für die strategische Leistungsplanung sind dem Paretoprinzip folgend nur die wenigen Komponenten relevant, deren Herstellung den Großteil der Produktionsleistung nachfragt. Ein Vorgehen zur Auswahl dieser planungsrelevanten Komponenten wird in Kapitel 4.4.2 beschrieben.

Durch die Ergänzung des Kriteriums „Struktur“ wird die bisher auf den Aspekt der Fertigung von Teilen fokussierte Betrachtung um den Aspekt der Montage erweitert. Um komplexe Produktstrukturen zu erzeugen, sind Montageoperationen notwendig, die ebenfalls eine bestimmte Produktionsleistung nachfragen. Die Verbindung zweier planungsrelevanter Komponenten zu einem höherwertigen Produkt ist somit ebenfalls durch Kriterien zu beschreiben, die den Leistungsverzehr beschreiben können. Wie lange die Montage eines Produkts dauert, ist neben der Montagetechnologie (s.u.) im Wesentlichen abhängig von der Anzahl der Befestigungspunkte oder der Länge der Befestigung (Schweiß- oder Klebnaht). Daher sollen diese Aspekte auch als Kriterien in das Produktmodell aufgenommen werden.

Die bisher formulierten Kriterien des Produktmodells der strategischen Leistungsplanung beschreiben lediglich die technische Gestalt eines Produkts. Da die technische Gestalt jedoch unter Umständen erst sehr spät festgelegt wird, ist es sinnvoll, ein Kriterium zu ergänzen, das die allgemeine technologische Gestalt des Produkts beschreibt. An dieser Stelle kann auf Vorarbeiten aus dem Stand der Technik zum Thema der technologieorientierten Modellierung von Produkten (vgl. Kapitel 3.3.1) und auf Grundlagen zur Beschreibung von Technologie und Technik (vgl. Kapitel 2.3.2.2) zurückgegriffen werden. Unterschieden wird demnach zwischen einer Produktsystemtechnologie, die das technologische Lösungsprinzip des gesamten Produkts charakterisiert, und einer Produktkomponententechnologie, die das technologische Lösungsprinzip einzelner Produktkomponenten beschreibt. Ferner ist eine Montagetechnologie für die Verbindung zweier Komponenten zu benennen. Über die Beschreibung von System-, Komponenten- und Montagetechnologien lassen sich für Fachleute der Konstruktion und Arbeitsvorbereitung bereits Rückschlüsse auf die nachgefragte Produktionsleistung ziehen.

Führt man alle beschriebenen Kriterien des Produktmodells der strategischen Leistungsplanung zusammen und berücksichtigt, dass die Herstellung von Produkten aus der Fertigung von Komponenten und deren Montage besteht, ergibt sich das in Abbildung 4-4, in Form eines UML-Schemas dargestellte Modell. Dieses Produktmodell stellt einen weitgehend generischen Ansatz dar. In der Praxis sind auf Grund der Unterschiedlichkeit der Produkte nicht immer alle Kriterien notwendig und sinnvoll. Beispielsweise entfällt die Beschreibung der Produkt-Komponenten, wenn es sich um ein einstufiges Produkt handelt. Handelt es sich hingegen um Mehrstufige Produkte sind vorrangig die für die Fertigung und Montage relevanten Kriterien der Produkt-Komponenten zu bestimmen. Besteht ein Produkt aus mehreren Komponenten, ist es nicht möglich, auf der Ebene des Produkts Aussagen zu den Kriterien Geometrie, Werkstoff, Genauigkeit und Oberfläche zu machen. Diese Kriterien variieren zwischen den Komponenten so stark, dass ihre Aggregation nicht zielführend ist. Eine Auswahl der für das jeweils vorliegende Produktportfolio relevanten Kriterien ist im Vorfeld der Analyse vorzunehmen.

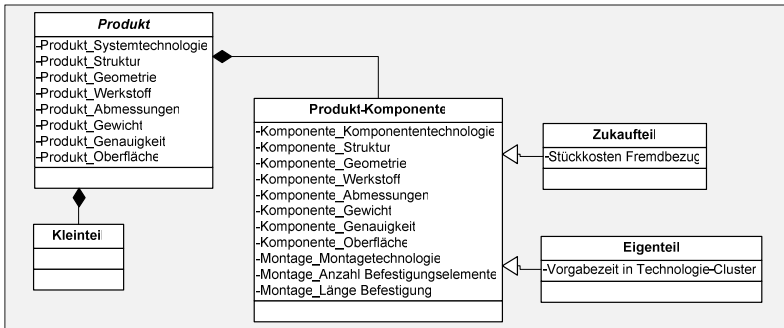


Abbildung 4-4: UML-Schema des Produktmodells der strategischen Leistungsplanung

Ergänzt wird dieses UML-Modell durch eine Berücksichtigung der Frage der Eigenfertigung oder des Fremdbezugs von Produktkomponenten. Handelt es sich um ein Eigenteil, kann die durch die Komponente in der Fertigung nachgefragte Produktionsleistung in Form einer Vorgabezeit angegeben werden. Handelt es sich um eine zugekaufte Komponente, können die Stückkosten hinterlegt werden. Um die Vollständigkeit des Modells zu wahren, sind ferner auch Kleinteile abgebildet, die zur Komplettierung des Produkts notwendig sind. Sie sind jedoch auf Grund ihrer geringen Kapitalintensität für eine strategische Betrachtung nicht relevant und können von daher in der Folge vernachlässigt werden.

4.3.2 Technikmodell

Die Aufgabe des Technikmodells der strategischen Leistungsplanung ist die Abbildung der Betriebsmittel, die in Form von Maschinen und Anlagen die Produktionsleistung erbringen. Das Modell muss dabei zunächst die qualitativen Fähigkeiten des technischen Systems abbilden. Der dadurch ermöglichte Abgleich zwischen Fähigkeiten der Betriebsmittel und den Anforderungen der zu fertigenden oder montierenden Produkte bzw. Produktkomponenten stellt die Basis einer jeden Belegungsplanung dar. Ferner muss das Modell die quantitative Leistungsfähigkeit in Bezug auf bestimmte Bearbeitungs- oder Montageaufgaben abbilden. Maschinen und Anlagen, die die gleiche Prozesstechnologie umsetzen, können auf Grund ihrer unterschiedlichen technischen und technologischen Entwicklungsstufen sowie ihrer individuellen Konfiguration für dieselbe Bearbeitungsaufgabe einen unterschiedlichen Zeitbedarf aufweisen. Die Eigenschaften der Betriebsmittel, die diesen zeitlichen Leistungsbedarf beeinflussen, gilt es zu bestimmen. Analog zum bereits dargestellten Produktmodell der strategischen Leistungsplanung sind auch hier die Anforderungen zu berücksichtigen, die aus der Langfristigkeit der von der Methode unterstützten Betrachtungen herrühren.

Der bei der Bildung des Produktmodells angewandte Ansatz der System- und Komponententechnologie (vgl. Kapitel 2.3.2.2) kann analog auch für technische Systeme im Sinne von Betriebsmitteln gelten. Auch diese Systeme sind hierarchisch aus Komponenten aufgebaut. Im Gegensatz zu Produkten, in deren systemischem Aufbau die Art und Abgrenzung der Komponenten stark variieren kann, lassen sich für die Produktionstechnik generische Subsysteme ableiten, die spezifische Funktionen erfüllen und in nahezu allen technischen Systemen der Produktion vorzufinden sind. Zur Entwicklung des Techniksystems sind folglich diese Subsysteme zu bestimmen und die Krite-

rien zu identifizieren, die die qualitativen Fähigkeiten als auch die quantitative Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems beeinflussen.

Die Bestimmung der Subsysteme erfolgt aufbauend auf den im Stand der Technik diskutierten Ansätzen zur funktionsorientierten Modellierung von Produktionstechnik. Die in Kapitel 3.3.2.2 dargestellten Ansätze zeigen, dass es eine Reihe von Komponenten des Techniksystems gibt, die in der einen oder anderen Form in den meisten Produktionsanlagen zum Einsatz kommen. In Zusammenführung und Erweiterung dieser Ansätze lässt sich für die vorliegende Arbeit das in Abbildung 4-5 dargestellte Funktionsmodell der Produktionstechnik aufstellen:

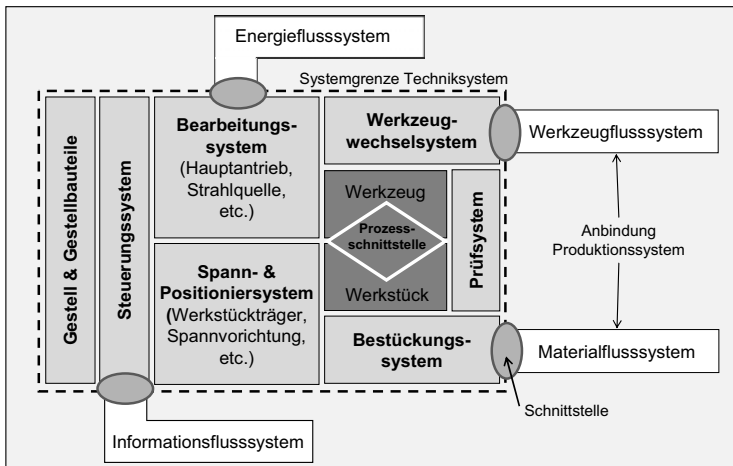


Abbildung 4-5: Subsysteme des Techniksystems – Funktionsmodell
[eigene Darstellung in Erweiterung zu HEISEL/WURST 2006, S.531]

Zu den für die strategische Leistungsplanung relevanten Subsystemen zählt zunächst das Maschinengestell. Dieses begrenzt im Wesentlichen durch seine Steifheit die Präzision und die Geschwindigkeit, mit der Komponenten bearbeitet oder montiert werden können. Das Steuerungssystem stellt die Informationen für die durchzuführenden Maschinenoperationen bereit. Es ist über eine Schnittstelle mit dem Informationsflusssystem der Produktion verbunden. Von Bedeutung für die Produktionsleistung ist hier, ob die Steuerung manuell durch den Menschen oder automatisiert durch einen Computer erfolgt, und wie hoch automatisiert die Schnittstelle zum Informationsflusssystem ist. Zwischen den beiden Extremen (manuell und automatisiert) gibt es unterschiedliche Abstufungen, die durch den Automatisierungsgrad der Steuerung beschrieben werden können. Das Spann- und Positioniersystem beinhaltet alle Funktionen, die mit der Positionierung des Werkstücks im Fertigungs- oder Montageprozess verbunden sind. Es legt damit eine Reihe von Parametern fest, die das bearbeitbare Produktspektrum eingrenzen. Dazu zählen die maximal spann- und damit bearbeitbaren Bauteilabmessungen sowie indirekt auch das maximale Gewicht der Bauteile. Das Bearbeitungssystem fasst alle Funktionen der Bearbeitung bzw. Montage zusammen. Dazu gehören alle Aktuatoren, die die Bearbeitungsaufgabe (Fertigungs- oder Montageaufgabe) erfüllen, wie Hauptantriebe oder Prozessräume sowie das zum Einsatz kommende Werkzeug. Die Ausgestaltung dieses Subsystems beeinflusst im Wesentlichen die quantitative Leistungsfähigkeit einer Anlage. Das Werkzeugwechsel- und das Bestückungssystem

fassen die Funktionen zur Verbringung der Werkzeuge und Bauteile in und aus dem Bearbeitungssystem bzw. dem Positioniersystem zusammen. Von Bedeutung ist hierbei vorrangig die Frage, wie schnell dieses geschehen kann. Damit beeinflussen diese Subsysteme maßgeblich den Rüstanteil der Produktionsleistung. Das Prüfsystem vervollständigt das Technikmodell. Die Prüfoperation, die im vorliegenden Fall der Bearbeitung zugerechnet wird, kann automatisiert oder manuell von einem Mitarbeiter durchgeführt werden. Der Automatisierungsgrad dieser Funktion beeinflusst somit den Bearbeitungsanteil der Produktionsleistung.

Zur Abbildung der quantitativen Leistungsfähigkeit der Produktionstechnik ist diese zunächst durch ihr theoretisches Leistungspotential (Maximal verfügbare Kapazität) zu beschreiben. Durch die Definition dieser Größe wird erkennbar, welche Leistung von der Produktionstechnik maximal abgerufen werden kann. Entsprechend der in Kapitel 2.4.1.1 dargestellten Grundlagen ist die Maximal verfügbare Kapazität bestimmt durch den restriktiven Kapazitätsfaktor und berücksichtigt zudem kapazitätsmindernde Störungen. Unter der Annahme, dass mannlose Schichten nicht berücksichtigt werden, stellt das Personal und damit das Schichtmodell den restriktiven Kapazitätsfaktor dar. Um zudem die Kapazitätsmindernden Störungen zu berücksichtigen, wird ein Verfügbarkeitsfaktor (V) definiert. Die Maximal verfügbare Kapazität berechnet sich damit wie folgt:

$$K_{\text{verf.,max}} = BKT * S * h_s * V$$

(7)

Der Wert für die Maximal verfügbare Kapazität ist im Modell der Produktionstechnik auf Ebene des Gesamtsystems zu hinterlegen. Auf dieser Ebene steht dem theoretischen Leistungspotential die Produktionsleistung im Sinne der Leistung als Arbeitseinsatz gegenüber. Nach den in Kapitel 2.4.1.2 diskutierten Grundlagen lässt sich diese nach REFA errechnen aus einem Rüst- und einem Bearbeitungsanteil. Um eine Aussage darüber treffen zu können wie sich eine Veränderung der Produktionstechnik auf die Produktionsleistung auswirkt ist zwischen den Technik-Komponenten und den Zeitanteilen der Produktionsleistung eine Verbindung herzustellen. Diese Verbindung wird durch die Zuordnung charakteristischer Tätigkeiten zu den Zeitanteilen ermöglicht (vgl. Abbildung 4-6). Die charakteristischen Tätigkeiten, die sich wiederum mit den Komponenten des Technik-Systems in Verbindung setzen lassen sind somit lediglich das Verbindungsglied. Die Damit hergestellte Verbindung zwischen den Komponenten des Technik-Systems und der Produktionsleistung wird im Rahmen der Prognose der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung in Kapitel 4.7.1 wieder aufgegriffen.

Produktionsleistung								
Rüstanteil				Bearbeitungsanteil				
Bereitstellen Information	Zuführen Werkzeuge vor Prozess	Zuführen Teile vor Prozess	Spannen	Zuführen Werkzeuge im Prozess	Zuführen Teile im Prozess	Positionieren	Bearbeiten	Prüfen
Ausführen Information								

Abbildung 4-6: Charakteristische Tätigkeiten und Zeitanteile der Produktionsleistung

Der der Produktionsleistung zu Grunde liegende Aufwand setzt sich der Definition entsprechend aus einem Zeitbedarf je Stück und der produzierten Menge zusammen. Der Zeitbedarf im Sinne einer Vorgabezeit je Stück spiegelt die Leistungsfähigkeit des Technik-Systems wieder und ist damit als quantitatives Kriterium im Technikmodell zu verankern. Da die Vorgabezeit jedoch auch vom Produkt abhängig ist für jedes Produkt individuell anzugeben.

Die einzelnen Systemkomponenten und ihre Bedeutung für die Festlegung qualitativer Fähigkeiten sowie ihr Potenzial zur Beeinflussung der quantitativen Produktionsleistung sind in folgender Übersicht nochmals zusammenfassend dargestellt.

Komponenten des Techniksystems	Festlegung qualitativer Fähigkeiten	Beeinflussung quantitativer Leistung	
		Bearbeiten	Rüsten
Gestell	●	●	
Steuerungssystem		●	●
Spann- & Positioniersystem	●	●	●
Bearbeitungssystem	●	●	
Werkzeugwechselsystem		●	●
Bestückungssystem		●	●
Prüfsystem		●	

Abbildung 4-7: Komponenten des Techniksystems und deren Einfluss

Erkennbar wird, dass die qualitativen Fähigkeiten der Produktionstechnik durch die Systemkomponenten Gestell, Spann- & Positioniersystem und das Bearbeitungssystem bestimmt werden. Hierfür gilt es in der Folge konkrete Kriterien abzuleiten, die für einen standardisierten Abgleich zwischen Produkthanforderungen und Anlagenfähigkeiten dienen können. Die quantitative Leistungsfähigkeit wird dagegen durch alle Systemkomponenten beeinflusst. Differenziert werden muss lediglich nach dem Anteil der Produktionsleistung (Bearbeiten oder Rüsten), der beeinflusst wird.

Die Darstellung des entwickelten Funktionsmodells konzentriert sich bislang auf die technischen Aspekte und lässt die zu Grunde liegenden technologischen Konzepte außer Betracht. Die Betrachtung dieser technologischen Grundlagen ist jedoch als notwendig einzustufen, da die technische Ausgestaltung der Betriebsmittel auf lange Frist nicht immer detailliert vorhersehbar ist. Technologische Grundlagen hingegen sind auch längerfristig vorhersehbar, da ihre Grundzüge aus den in der Produktionsforschung erarbeiteten Grundlagen abgeleitet werden können. Um eine technologische Sicht auf die Betriebsmittel zu ermöglichen, wird das aktuell als flache Struktur bestehende Funktionsmodell um eine hierarchische Struktur erweitert. Eine derartige Erweiterung erlaubt dann den Rückgriff auf das eingangs beschriebene Konzept der System- und Komponententechnologien. Wendet man dieses Konzept auf das entwickelte Funktionsmodell der Produktionstechnik an, werden die dort diskutierten Komponenten zu Subsystemen des Gesamtsystems, die neben ihren bereits angesprochenen technischen Aspekten einem technologischen Grundprinzip folgen. Diese technologischen Grundprinzipien werden in der Folge als Komponententechnologie der Produktionstechnik bezeichnet. Den Komponenten übergeordnet kann für das Gesamtsystem eine Systemtechnologie angegeben werden, die dieses komponentenübergreifend aus technologischer Sicht charakterisiert.

Abbildung 4-8 zeigt eine in UML umgesetzte Darstellung des Technikmodells der strategischen Leistungsplanung. Die Komponenten sind jeweils beschrieben durch das Kriterium Komponententechnologie sowie weitere komponentenspezifische Kriterien, die zum einen die qualitativen Fähigkeiten der Komponenten charakterisieren, und zum anderen Aufschluss über die Beeinflussung der quantitativen Produktionsleistung geben.

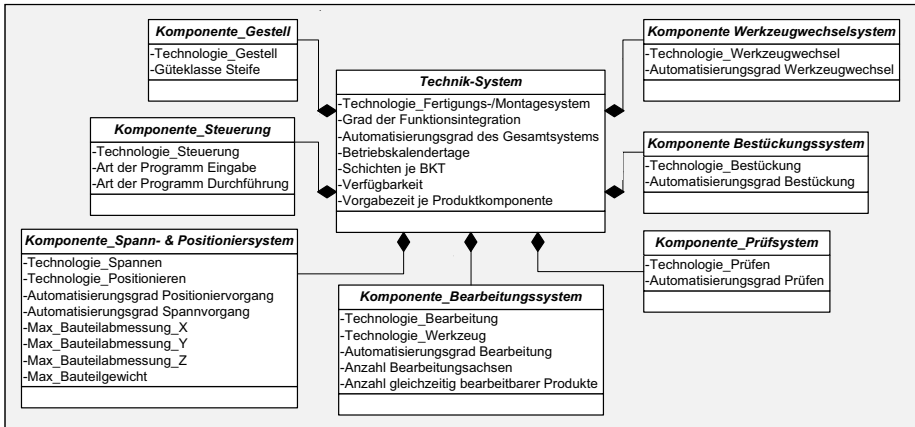


Abbildung 4-8: UML-Schema des Technikmodells

Die Komponenten Werkzeugwechsel- und Bestückungssystem sind unterstützende Systeme. Sie binden das Technik-System an das Produktionssystem an. Ihre spezifische Ausgestaltung beeinflusst damit ausschließlich den Rüstanteil der Produktionsleistung. Diese Beeinflussung ist maßgeblich gekennzeichnet durch den Automatisierungsgrad der Komponenten. Es kann davon ausgegangen werden, dass automatische Systeme diese Funktionen schneller ausführen als ein Mitarbeiter. Dieselbe Annahme kann auch für die Komponente des Prüfsystems getroffen werden. Unter der Annahme, dass der Prüfvorgang zur Erzeugung eines Gutteils notwendig ist, kann diese Operation dem Bearbeitungsvorgang zugerechnet werden. Damit beeinflusst die Ausgestaltung des Prüfsystems den Bearbeitungsanteil der Produktionsleistung.

Die Komponente Gestell ist wie beschrieben verantwortlich für die maximal erreichbare Präzision und Geschwindigkeit mit der eine Anlage betrieben werden kann. Um diese Tatsache abzubilden, wird das Kriterium „Güteklasse Steife“ definiert. Für dieses Kriterium ist es jedoch schwierig, im Vorfeld eine Ausprägung festzulegen, da es für Standardmaschinen nicht zu den im Datenblatt erfassten Eigenschaften gehört. Auch kann es stets nur im Verhältnis zu anderen Maschinen angegeben werden. Meist wird erst im Betrieb der Systeme deutlich, ob das Gestell eine für den Anwendungsfall ausreichende Steifigkeit aufweist. Daher werden als Ausprägungen des Kriteriums lediglich die drei Stufen „weicher als der Durchschnitt“, „durchschnittlich“ und „steifer als der Durchschnitt“ vorgesehen. Durch die Angabe der Güteklassen können neben der Beeinflussung der Produktionsleistung auch qualitative Fähigkeiten einer Anlage abgeleitet werden. Bauteile, die höchste Präzision erfordern, sind auf Maschinen mit eher weichen Gestellen nicht zu fertigen.

Die Komponente Steuerungssystem charakterisiert die Art, wie die Steuerungsfunktionen der Anlage ausgeführt werden. Die qualitativen Fähigkeiten der Anlagen werden hier jedoch nicht durch das Steuerungssystem selbst festgelegt, sondern durch die übertragene und bereitgestellte Information. Diese in Form von Software oder intellektuellem Know-How vorliegende Information ist individuell auf die Bearbeitungs- oder Montageaufgabe hin zu erstellen. Damit ist davon auszugehen, dass das Steuerungssystem selbst die Fähigkeiten der Anlage nicht einschränkt. Vielmehr beeinflusst die Ausgestaltung des Steuerungssystems den Bearbeitungs- und Rüstanteil der Produktionsleistung. Es wird davon ausgegangen, dass automatisierte Steuerungssysteme die Bear-

beitungs- und Rüstoperationen beschleunigen. Zur Beschreibung des Steuerungssystems sind dazu zwei Kriterien vorgesehen. Zum einen ist zu beschreiben, wie die Programme auf die Anlage gelangen, was den Rüstanteil beeinflusst, und zum anderen, wie die Programme ausgeführt werden, was wiederum den Bearbeitungsanteil der Produktionsleistung beeinflusst.

Das Spann- und Positioniersystem legt eine Reihe von Kriterien zur Beschreibung der qualitativen Fähigkeiten fest. Unter anderem bestimmt es, welche Bauteilabmessungen und welches Bauteilgewicht die Grenze des Techniksystems darstellen. Entsprechend sind derartige Kriterien im Technikmodell hinterlegt. Der Automationsgrad der Spann- und Positionierfunktionen beeinflusst sowohl den Rüst- als auch den Bearbeitungsanteil der Produktionsleistung.

Die zentrale Stellung unter den Komponentensystemen nimmt das Bearbeitungssystem ein. Es legt mit seinen Fähigkeiten den eigentlichen Bearbeitungsprozess fest und ist maßgeblich für die Durchführung der wertschöpfenden Operationen und damit die Gestaltung der Produktionsleistung verantwortlich. Die qualitativen Fähigkeiten sind durch die zentrale Stellung der Prozesstechnologie selbst und die Anzahl der zur Bearbeitung zur Verfügung stehenden Achsen festgelegt. Kriterien für die Beschreibung der quantitativen Leistungsbeeinflussung sind der Automatisierungsgrad der Bearbeitungsfunktionen und die Anzahl der gleichzeitig bearbeitbaren Teile.

Gemeinsam ergeben die Komponenten das Gesamtsystem der Maschine bzw. Anlage. Auf dieser obersten Hierarchieebene ist das gesamte Techniksystem aus technologischer Sicht charakterisiert durch eine Systemtechnologie, die den technologischen Stand des Gesamtsystems beschreibt. Die Beschreibung dieser Systemtechnologie ist vorrangig geprägt von der Prozesstechnologie, die im Bearbeitungssystem zum Einsatz kommt. Diese spielt für das Gesamtsystem eine zentrale Rolle, da es die eigentlich wertschöpfenden Prozesse ausführt und die anderen Komponenten hauptsächlich seiner Unterstützung dienen. Bedingt durch diese zentrale Stellung ist die starke Berücksichtigung der Prozesstechnologie in der Beschreibung der Technologie des Gesamtsystems sinnvoll. Ferner ist das Gesamtsystem gekennzeichnet durch die zwei Kriterien „Grad der Funktionsintegration“ und „Automatisierungsgrad des Gesamtsystems“. Der Grad der Funktionsintegration gibt dabei Aufschluss über die Komponenten, die in das Techniksystem integriert sind.

Abschließend ist festzuhalten, dass das entwickelte Technikmodell dazu dient, die strategische Leistungsplanung zu unterstützen. Dies wird durch die Abbildung qualitativer Fähigkeiten und leistungsbeeinflussender Merkmale ermöglicht. Das Modell stellt einen weitgehend generischen Ansatz dar. Durch die individuelle Ausgestaltung der Systemkomponenten können Betriebsmittel für unterschiedliche Einsatzzwecke davon abgeleitet werden.

4.3.3 Kostenmodell

Aufgabe des Kostenmodells ist die Abbildung der für die Bewertung der Szenarien unterschiedlicher Leistungsstrukturen entscheidungsrelevanten Kosten. Das Kostenmodell muss einerseits in der Lage sein, im Hinblick auf die Unterstützung der Wandlungsfähigkeit die Fixkostenstrukturen verschiedener Szenarien zu vergleichen. Andererseits müssen variable Kosten aufgenommen werden, um sicher zustellen, dass ein bestimmtes Szenario keine laufenden Kosten in unvertretbarer Höhe erzeugt und damit die Wirtschaftlichkeit der Produktion gefährdet. Hierzu wird auf die Verfahren der Kostenrechnung zurückgegriffen. In Kapitel 3.3.4 wurde gezeigt, dass für einen Vergleich verschiedener Gestaltungsszenarien der Produktion - bei unverändertem Absatz - eine Kostenvergleichsrechnung das geeignete Verfahren ist.

Das grundsätzliche Vorgehen zur Ermittlung der entscheidungsrelevanten Kosten zeigt das in Abbildung 4-9 dargestellte Rechenschema, wenn auf die nach der Implementierung anfallenden Kostenblöcke fixe und variable Kosten Bezug genommen wird.

	Kalkulatorische Abschreibungen
+	Kalkulatorische Zinsen
+	Sonstige entscheidungsrelevante Fixkosten
=	Fixkosten der Periode (K_f)
+	Entscheidungsrelevante variable Gesamtkosten ($K_v = k_v \cdot x$)
=	Entscheidungsrelevante Gesamtkosten (K)

Abbildung 4-9: Rechenschema zur Ermittlung der Entscheidungsrelevanten Kosten

Die entscheidungsrelevanten variablen Gesamtkosten (K_v) sind das Produkt aus relevanten variablen Stückkosten (k_v) und Leistungsmenge bzw. Prozessniveau (x) einer durchschnittlichen Periode, wobei sich die relevanten variablen Stückkosten (k_v) aus den direkten Kosten (Einzelkosten) der Leistung plus über Schlüsselgrößen zugerechnete variable Gemeinkosten ergeben. Die Prognose der variablen Gemeinkosten für eine „Durchschnittsperiode“ der statischen Investitionsrechnung ist besonders problematisch. Zum einen ist über die Schlüsselung eine verursachungsgerechte Kostenzurechnung nur bedingt möglich, zum anderen muss bei einer Variation der Kosteneinflussfaktoren mit nichtlinearen Kostenverläufen und sprungfixen Kosten bei der Kostenplanung gerechnet werden. Das grundsätzliche Problem solcher geschlüsselter Kostengrößen liegt darin, dass sie der Kostenrechnung einer vergangenen Periode entnommen werden, diese Basisdaten aber auf zukünftige Perioden mit einem durch die Investitionsentscheidung mehr oder weniger stark veränderten Produktionsprozess „hochgerechnet“ werden müssen. Einige Verfahren verzichten daher auf die Erfassung der indirekten Kosten (variable Gemeinkosten).

Zur Berechnung der „durchschnittlichen“ Periodenkosten wird auf das in Kapitel 3 beschriebene VDMA-Einheitsblatt 34160 „Prognosemodell für die Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen“ zurückgegriffen. Da das Rechenschema des VDMA-Einheitsblattes 34160 die Kostenblöcke sehr stark bis auf die Ebene der einzelnen primären und sekundären Kostenarten untergliedert, wird im Folgenden zur Vereinfachung nur die Zusammenfassung in Kostenblöcken dargestellt.

Eine rechentechnische Abweichung vom VDMA-Einheitsblatt besteht darin, dass im folgenden dargestellten Rechenschema die durchschnittlichen Periodenkosten ausgewiesen werden und nicht die Totalkosten über den gesamten Lebenszyklus. Inhaltlich ergibt sich dadurch keine Abweichung der Rechenverfahren, weil aus den Totalkosten des Lebenszyklus durch Division mit dem Betrachtungszeitraum (Entspricht der geplanten Nutzungsdauer) die durchschnittlichen Periodenkosten ermittelt werden können. Umgekehrt ergeben sich die totalen Lebenszykluskosten aus der Multiplikation der durchschnittlichen Periodenkosten mit der Nutzungsdauer. Beide Rechenverfahren liefern also identische Ergebnisse. Dies wird auch daraus ersichtlich, dass im VDMA Einheitsblatt 34160 die laufenden Betriebskosten zunächst für eine Durchschnittsperiode ermittelt werden und dann die Totalkosten durch Multiplikation mit der geplanten Nutzungsdauer. Da inhaltlich kein Unterschied zwischen beiden Rechenverfahren besteht, muss sich die Wahl des Rechenschemas an der Vermittelbarkeit und Zweckmäßigkeit der Ergebnisse orientieren. Es dürfte unbestritten sein, dass ein in der Praxis verwurzelter Entscheidungsträger mit der Rechengröße Periodenkosten bzw. Periodengewinn eher vertraut ist als mit der Größe Totalkosten bzw. Totalgewinn. Insbe-

sondere bei einem Vergleich von Investitionsobjekten mit unterschiedlicher Nutzungsdauer sind die gesamten Lebenszykluskosten ein ungeeigneter Vergleichsmaßstab, entscheidend sind in diesem Fall die „durchschnittlichen“ Periodenkosten. Das aus der Investitionsrechnung bekannte Entscheidungskriterium lautet: Die Investitionsalternative ist optimal, die bei gleicher Leistung die geringsten Periodenkosten aufweist. Eine Übertragung dieses Entscheidungskriteriums auf die gesamten Lebenszykluskosten ist nicht möglich, weil bei unterschiedlicher Nutzungsdauer keine identische Leistung vorliegt. Die gesamten Lebenszykluskosten sind daher als generelles Entscheidungskriterium ungeeignet. Da das Rechenkonzept der Totalkosten keinen Vorteil gegenüber dem Konzept der Durchschnittskosten besitzt und in vielen Fällen zu fehlerhaften Entscheidungen verleitet, soll letzteres für das folgende Rechenschema benutzt werden. Dies entspricht auch dem in der betriebswirtschaftlichen Investitionsrechnung und in der Praxis üblichen Verfahren des Kostenvergleichs.

Eine inhaltliche Abweichung des hier vorgestellten Rechenschemas ergibt sich aus der Berücksichtigung von kalkulatorischen Zinsen. Dass im Einheitsblatt 34160 keine kalkulatorischen Zinsen auf die Investitionsausgaben berücksichtigt werden, kann als methodischer Fehler gesehen werden. Durch die Kapitalbindung im Investitionsobjekt entstehen, wenn die Investition mit Fremdkapital finanziert wurde, in den folgenden Perioden Zinszahlungen an die Kapitalgeber und damit aufwandsgleiche Kosten. Auch bei einer Finanzierung mit Eigenkapital entstehen in den folgenden Perioden Nutzungskosten (Opportunitätskosten) durch den Zinsentgang einer alternativen Finanzanlage. Da bei unterschiedlich kapitalintensiven Investitionsprojekten kalkulatorische Zinsen eine nicht unwesentliche Kostenart darstellen, werden durch die Nichtberücksichtigung der kalkulatorischen Zinsen die kapitalintensiven Investitionsprojekte gegenüber weniger kapitalintensiven Projekten bevorzugt.

Abweichungen bezüglich der Gliederung ergeben sich daraus, dass im Gegensatz zum Einheitsblatt 34160 ein getrennter Ausweis der beschäftigungsfesten und beschäftigungsvariablen Kosten vorgenommen wird. Unter beschäftigungsfesten Kosten werden solche Kosten verstanden, die sich bei Veränderung des zukünftigen Beschäftigungsvolumens - der jährlichen Belegungszeit der Maschine bzw. der jährlichen Leistungsmenge - nicht verändern. Beschäftigungsvariable Kosten sind solche Kosten, die sich mit dem Beschäftigungsvolumen proportional verändern. Eine solche Trennung der Kostenarten bietet erhebliche Vorteile bei der Kostenprognose und Interpretation der Rechenergebnisse. Bei der Prognose der Kosten entstehen durch progressive und degressive Verläufe (Erfahrungskurve) der variablen Kosten, insbesondere aber durch sprungfixe Kosten und deren Kostenremanenz bei rückläufiger Beschäftigung, erhebliche Prognoseprobleme bei der Schätzung der Kostenhöhe. Diese können durch die Trennung der Kostenblöcke aufgedeckt werden. Ein weiterer Vorteil der Kostenspaltung in fixe und variable Kosten besteht darin, dass mit diesen Rechengrößen eine Sensitivitätsanalyse der Entscheidung durchgeführt werden kann, indem das kritische Beschäftigungsvolumen ermittelt wird. Das kritische Beschäftigungsvolumen zeigt beim Vergleich zweier Investitionsobjekte, wie weit die Beschäftigung zurückgehen darf, ohne dass die vorteilhaftere Anlage ihre Vorzüge verliert. Für strategische Entscheidungen bietet der Ausweis von fixen und variablen Kostenblöcken Informationen für ein strategisches Kostenmanagement. Es wird damit gezeigt, wie sich die Fixkosten durch die Investitionsentscheidung verändern und hiermit die Flexibilität der Kostensituation bei einem möglichen Beschäftigungsrückgang. Der Ausweis dieser Kostenblöcke liefert daher Informationen zur Beurteilung des Risikos, das mit einzelnen Investitionsalternativen verbunden ist. Aus diesen Gründen scheint bei Investitionsentscheidungen eine Trennung in fixe und variable Kosten zwingend.

ERMITTLUNG DER BETRIEBSMITTELKOSTEN		
Basisdaten der Kalkulation		
	Berechnung	Dimension
Anschaffungskosten (I1)		(€)
+ Infrastrukturkosten (I2)		(€)
+ sonstige Entstehungskosten (I3)		(€)
= Investitionsausgabe (I)	$I1+I2+I3$	(€)
Nutzungsdauer (n)		(Jahre)
Gesamtleistungsvorrat (N) (z.B. h, Stk etc.)		(Stk,h)
Schwelle der variablen Abschreibung (s)	N/n	(Stk,h/Jahr)
Kalkulationszinssatz (i)		(% p.a.)
Rest- oder Wiederveräußerungswert (R)		(€)
Verwertungs- und Rückbaukosten (V)		(€)
Produzierte Einheiten pro Stunde (D4)		(Stk/h)
Betriebsstunden pro Jahr (D2)		(h/Jahr)

Kalkulationsschema zur Ermittlung der Periodenkosten		
Entscheidungsrelevante Fixkosten pro Jahr: + Kapitalkosten: + kalkulatorische Abschreibung nach der Zeit ($D2 \leq S$) + kalkulatorische Zinsen (€/Jahr) + Verwertungs- und Rückbaukosten (V) + Beschäftigungsfixe Betriebskosten: + fixer Anteil der Wartungs- und Instandsetzungskosten + fixer Anteil der Energiekosten + fixer Anteil der Personalkosten + Opportunitätskosten der Raumnutzung + Opportunitäts- u. Grundkosten der Lagerung + sonstige fixe Betriebskosten + Sonstige entscheidungsrelevante Fixkosten: + kalkulatorische Anlagenwagniskosten bzw. Versicherungen	$(A - R) / n$ $((A + R) / 2) * i$ V/n %-Satz von I1 %-Satz %-Satz %-Satz von I1	(€/Jahr) (€/Jahr) (€/Jahr) (€/Jahr) (€/Jahr) (€/Jahr) (€/Jahr) (€/Jahr)
= Entscheidungsrelevante Fixkosten der Periode (Kf)	Σ	(€/Jahr)
Relevante variable Kosten pro Leistungseinheit (z.B. Stk, h) + Abschreibung nach der Leistung, wenn $D2 > s$: + bei positivem (V) + bei negativem (V) + Beschäftigungsvariable Betriebskosten: + variabler Anteil der Wartungs- u. Instandsetzungskosten + Materialkosten + variabler Anteil der Energiekosten + Kosten der Hilfs- und Betriebsstoffe + Entsorgungskosten + variable Personalkosten + Werkzeugkosten + Rüstkosten + variable Kosten der Qualitätssicherung + sonstige variable Betriebskosten	$((E-V)/N)*D2$ $(E/N)*D2$ %-Satz %-Satz %-Satz	(€/Stk, h) (€/Stk, h) (€/Stk, h) (€/Stk, h) (€/Stk, h) (€/Stk, h) (€/Stk, h) (€/Stk, h) (€/Stk, h) (€/Stk, h)
= Entscheidungsrelevante variable Kosten der Periode (Kv)	Σ	(€/Jahr)
Entscheidungsrelevante Gesamtkosten (Kges)	$Kf+Kv$	(€/Jahr)

Abbildung 4-10: Kostenmodell der strategischen Leistungsplanung

Zusammengefasst ergibt sich das in Abbildung 4-10 dargestellte Berechnungsschema als Kostenmodell der Methode zur sLP. Das Kostenmodell erfasst alle für die strategische Leistungsplanung relevanten Kostenfaktoren und gliedert diese auf nach Fixkosten und variablen Kosten je Periode. Summiert man diese für eine Periode entlang der internen Prozesskette auf, erhält man ein Abbild der aktuellen Kostensituation des Produktionssystems. Wird dies für die einzelnen Perioden des Planungszeitraumes wiederholt, ergibt sich ein Bild über die Veränderung der Kostensituation über der Zeit. In Bezug auf die Wandlungsfähigkeit ist hier besonders die Entwicklung der Fixkosten interessant. In Verhältnis gesetzt, beispielsweise mit dem Umsatz der jeweiligen Periode, zeigt sich, ob ein Szenario das Unternehmen durch einen überdurchschnittlich wachsenden Fixkostenblock in seiner Wandlungsfähigkeit behindert. Die Betrachtung der Gesamtkosten hingegen kann helfen zu beurteilen, ob beispielsweise neue Technologien unangemessen hohe variable Kostenanteile mit sich bringen. Da hier nur die internen Prozessschritte berücksichtigt sind und es sich somit nicht um die Gesamtkosten im Sinne der Herstellkosten handelt, wird in der Folge von Wertschöpfungskosten der Eigenfertigung gesprochen.

Ist eine erweiterte Datenbasis vorhanden, die auch die Marktpreise der erzeugten Produkte beinhaltet, ist die Deckungsbeitragsrechnung als aussagekräftige Methode zur kostenseitigen Beurteilung der Wandlungsfähigkeit zu berücksichtigen. Durch die Ermittlung der Deckungsbeiträge wird transparent, welchen Beitrag ein Produkt zur Deckung der Fixkosten leistet. Da für den hier betrachteten strategischen Zeithorizont nicht davon auszugehen ist, dass verlässliche Preise verfügbar sind, wird die Betrachtung wie eingangs beschrieben auf die Entwicklung des Kostenblocks reduziert. Für Analysen im taktischen Bereich kann die Methode der Deckungsbeitragsrechnung jedoch alternativ hinzugezogen werden.

4.3.4 Modell produktionsnaher indirekter Bereiche

Für die Bewertung alternativer Szenarien der Wertschöpfung im direkten Bereich sieht die Methode zur strategischen Leistungsplanung auch die Betrachtung der Auswirkungen auf die produktionsnahen indirekten Bereiche vor. Entsprechend der in Kapitel 3.3.3 aufgearbeiteten Grundlagen zur Modellierung und Leistungsverrechnung indirekter Bereiche wird im folgenden Kapitel ein entsprechendes Partialmodell hergeleitet [vgl. Abbildung 4-11].

Die Tätigkeiten in den produktionsnahen indirekten Bereichen sind notwendig, um die Leistung in den direkten Wertschöpfungsprozessen durchführen zu können. Sie wirken unterstützend, vor- oder nachbereitend. Die Arbeitsinhalte der Tätigkeiten variieren stark, sind jedoch im Wesentlichen human geprägt. Anders als im direkten Bereich, in dem laut Abgrenzung dieser Arbeit ausschließlich die Leistung der Produktionstechnik betrachtet wird, ist hier der personelle Aufwand heranzuziehen. Der in der Folge mit „indirekte Leistungen“ bezeichnete Wert kann als Absolutwert in Personenstunden oder in Mengeneinheiten des durch den direkten Bereich nachgefragten Faktorverzehrs (z.B. Anzahl Transporte, Bestellungen, etc.) angegeben werden.

Da die Bestimmung der durch die Veränderung der Produktionsleistung im direkten Bereich verursachten Änderungen des Aufwands in den produktionsnahen indirekten Bereichen mit einem erheblichen Aufwand verbunden ist, wird keine kontinuierliche Bestimmung des Wertes angestrebt. Vielmehr wird der Wert fallspezifisch in definierten, abgegrenzten Bereichen errechnet.

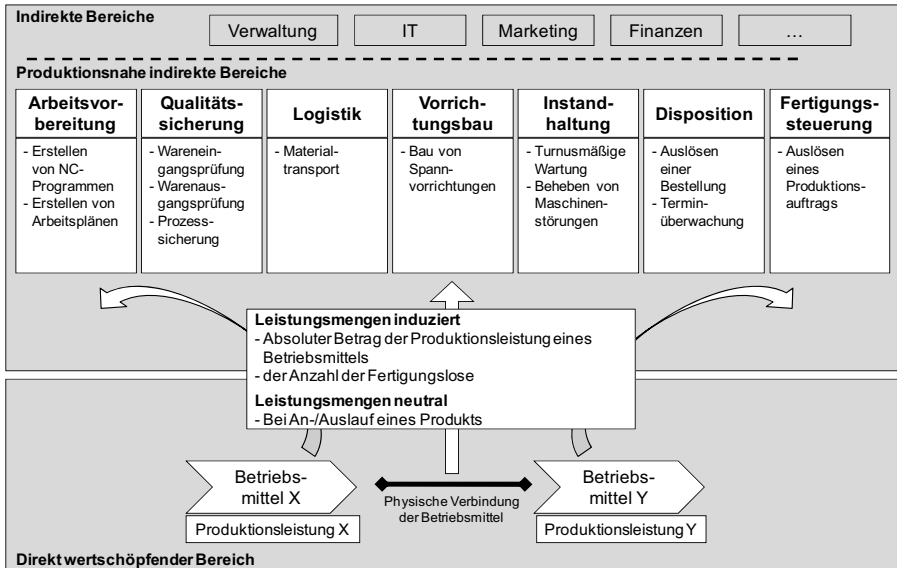


Abbildung 4-11: Modell produktionsnaher indirekter Bereiche

Die Auswahl der zu betrachtenden Bereiche sowie die Herleitung der Verbindung zwischen den direkt wertschöpfenden Bereichen werden in den folgenden Unterkapiteln im Detail erläutert.

4.3.4.1 Auswahl zu betrachtender produktionsnaher indirekter Bereiche

Die Auswahl der produktionsnahen indirekten Bereiche, die im Rahmen dieser Arbeit betrachtet werden, erfolgt basierend auf den in Kapitel 3.3.3 aufgearbeiteten bestehenden Ansätze zur Modellierung produktionsnaher indirekter Bereiche. Die Analyse der Ansätze hat gezeigt, dass Abgrenzung und Benennung dieser Bereiche je nach Entstehungshintergrund des Modells sehr unterschiedlich ausfallen. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, neben den betrachteten Bereichen konkrete Aufgaben zu definieren, deren Verbindung zur direkten Wertschöpfung abgebildet werden soll.

Für die Strukturierung und Auswahl der Bereiche, die von der Methode zur SLP zu betrachten sind, werden Anleihen bei der Vorgehensweise zur Fertigungssegmentierung nach *WILDEMANN* [vgl. Kapitel 3.3.3.2] gemacht. Die weiteren Betrachtungen beschränken sich nach dieser Gliederung auf die Bereiche, die zur Durchführung des Kerngeschäfts sowohl unmittelbar als auch mittelbar benötigt werden. Derartige indirekte Funktionen, die für das unternehmerische Handeln im Segment benötigt werden, werden in der Folge nicht betrachtet. Sie sind zu weit vom eigentlich wertschöpfenden Prozess entfernt, als dass die Auswirkungen einzelner diskontinuierlicher Entwicklungen in Produkten oder Produktionstechnik auf diese Bereiche sinnvoll prognostiziert werden können.

Unter produktionsnahen indirekten Bereichen werden damit die folgenden Unternehmensteile verstanden: Arbeitsvorbereitung, Qualitätssicherung, Logistik, Vorrichtungs- und Instandhaltung, Dis-

position, Fertigungssteuerung. In Abwandlung zum Ansatz von *WILDEMANN* werden hier die Bereiche Rüsten sowie Entwicklung und Konstruktion nicht den produktionsnahen indirekten Bereichen zugeordnet. Das Rüsten wird bei der Methode zur sLP der Produktionsleistung im direkt wertschöpfenden Bereich zugeordnet. Für die Konstruktion und Entwicklung ist die Entscheidung damit zu begründen, dass der Aufwand in diesem Bereich keine Folge der Produktion ist.

Je Bereich sind nun die Tätigkeiten zu ermitteln, die einen entsprechend hohen Arbeitsinhalt aufweisen. Kleinere Nebentätigkeiten sind zu unbedeutend, als dass ihr Auftreten im Rahmen strategischer Entscheidungen Beachtung finden sollte. Eine Auswahl an Tätigkeiten ist in Abbildung 4-11 dargestellt. Da es aufgrund der großen Varianz der Aufgaben und Aufgabenzuordnungen sehr schwierig ist, ein generisches Set an Tätigkeiten anzugeben, muss je Anwendungsfall ermittelt werden, welche Tätigkeiten im aktuellen Fall sinnvoll betrachtet werden können.

4.3.4.2 Verbindung der direkten Bereiche mit den indirekten Bereichen

Für die Darstellung der Auswirkungen, die Veränderungen im direkt wertschöpfenden Bereich auf die produktionsnahen indirekten Bereiche haben, ist eine entsprechende Verbindung herzustellen. Ausgangsgröße dieser Verbindung ist die für den direkten Bereich auf Grund der Veränderungen resultierende Produktionsleistung. Folglich ist die Frage zu beantworten, welche Leistungen (indirekte Leistungen) in den produktionsnahen indirekten Bereichen durch einen bestimmten Wert der Produktionsleistung im direkten Bereich nachgefragt werden. Dieses Vorgehen lehnt sich an das im Kapitel 3.2.2.2 beschriebene Bezugsgrößenverfahren an, verbindet die Kapazitive Gestaltung der produktionsnahen indirekten Bereiche direkt mit der Veränderung der Produktionsleistung über der Zeit.

Die Ausarbeitung dieser Verbindung erfolgt in Analogie zur Prozesskostenrechnung. Zu den Zielen der Prozesskostenrechnung zählt unter anderem die Erhöhung der Kostentransparenz in den indirekten Leistungsbereichen unter zusätzlicher Kenntnis der die Gemeinkosten treibenden Faktoren [vgl. MICHEL et al. 2004, S.259]. Die aus den indirekten Bereichen bezogenen Leistungen sind in der Regel Tätigkeiten, die unter dem Aspekt der Gemeinkosten verrechnet werden. Auf Grund dieser engen Verwandtschaft liegt ein Transfer der Grundgedanken der Prozesskostenrechnung auf das vorliegende Problem nahe.

Zu den Voraussetzungen für die Anwendung der Prozesskostenrechnung zählt unter anderem das Vorhandensein einer kausalen Verbindung zwischen den direkten und indirekten Tätigkeiten. Zwischen den Kosten und den diese verursachenden, die Gemeinkosten treibenden Faktoren, muss eine proportionale Beziehung bestehen. Ebenso ist eine Anwendung nur im Zusammenhang mit repetitiven Tätigkeiten sinnvoll möglich. Diese Voraussetzungen gelten auch für die vorliegende Anwendung zur Ermittlung des Leistungsbedarfs in produktionsnahen indirekten Bereichen.

Die in der Prozesskostenrechnung angewandte Unterscheidung in leistungsmengenneutral und leistungsmengeninduziert kann auch auf die Berechnung des Aufwands in den produktionsnahen indirekten Bereichen übertragen werden. Die Leistungsmenge, die als Ausgangsgröße dient, ist die Produktionsleistung der direkten Wertschöpfungsprozesse. Für die Unterscheidung zwischen Tätigkeiten, die von der Produktionsleistung unabhängig bzw. abhängig sind, ist eine Betrachtung des Produktlebenszyklus angebracht. Tätigkeiten, die zu Beginn der Fertigung aus den indirekten Bereichen erbracht werden müssen, sind prinzipiell unabhängig von der später produzierten Menge. Zu diesen Tätigkeiten zählen beispielsweise das Erstellen von Arbeitsplänen oder NC-Programmen in der Arbeitsvorbereitung, die Herstellung von Spannmitteln im Vorrichtungsbau

oder die Erstellung von Prüfplänen in der Qualitätssicherung. Tätigkeiten, die während der Fertigung des Produkts kontinuierlich nachgefragt werden, sind als leistungsmengeninduziert einzustufen. Sie hängen direkt von der produzierten Menge ab und werden in Intervallen nachgefragt. Die Größe der Intervalle kann wiederum in Zusammenhang mit dem Absolutbetrag der Produktionsleistung und mit der Anzahl der Fertigungslose gebracht werden. Direkt vom Absolutbetrag der Produktionsleistung abhängig sind beispielsweise Tätigkeiten, die mit dem Verschleiß der Maschinen und Anlagen zusammenhängen. Abhängig von der Herstellung eines Fertigungsloses sind Tätigkeiten, wie sie beispielsweise in der Logistik oder der Qualitätssicherung anfallen. Eine Übersicht beispielhafter Tätigkeiten in den einzelnen Bereichen ist der Abbildung 4-11 zu entnehmen.

Reflektiert man die Gruppen der leistungsmengeninduzierten und -neutralen Tätigkeiten vor dem Hintergrund der strategischen Planung, ist festzustellen, dass die leistungsmengenneutralen Tätigkeiten auf Grund ihres singulären Auftretens zunächst nicht relevant sind. Relevant für strategische Betrachtung sind dagegen vielmehr die regelmäßigen Tätigkeiten, die einen hinreichend hohen Arbeitsinhalt aufweisen. Für die weiteren Betrachtungen werden somit nur die leistungsmengeninduzierten Tätigkeiten herangezogen, die für einen entsprechenden Zeitraum Personal binden. Welche Tätigkeiten leistungsmengenneutral und welche leistungsmengeninduziert sind, muss bei Anwendung der Methode bestimmt werden. Ebenso muss geklärt werden, welche Art des Zusammenhangs (Absolutbetrag der Produktionsleistung oder Anzahl der Fertigungslose) besteht.

Berücksichtigt wird hiermit aktuell lediglich die Anzahl der Tätigkeiten, die in den produktionsnahen indirekten Bereichen nachgefragt werden. Da die Tätigkeiten dieser Bereiche im Arbeitsinhalt bzw. Arbeitsumfang je nach Art und Komplexität des verursachenden direkt wertschöpfenden Prozesses variieren, liefert der Messwert „Anzahl_Tätigkeiten“ noch keine sinnvolle Aussage über die wirkliche Belastung. Die Tätigkeiten müssen folglich mit dem jeweils korrespondierenden zeitlichen Aufwand hinterlegt werden. Für jede Kombination aus Prozessschritt und Produkt ist demnach zudem zu ermitteln, wie hoch der zeitliche Aufwand für die Durchführung der Aktivitäten in den produktionsnahen indirekten Bereichen ist. Da die Bestimmung dieser Zeiten sehr aufwändig ist und die Werte in der Regel für Produktgruppen und -linien, nicht jedoch für einzelne Produktvarianten, stark unterschiedlich ausfallen, ist eine Gruppierung und die Angabe von Referenzwerten für verschiedene Abstufungen erforderlich.

Da die Ermittlung des Leistungsbedarfs nur partiell angegeben wird, kann im vorliegenden Fall für die Leistung der produktionsnahen indirekten Bereiche kein Gesamtbetrag angegeben werden. Es kann lediglich ein Vergleich zweier Szenarien der Leistungsgestaltung hinsichtlich der unterschiedlichen Belastung stattfinden.

4.4 Referenzstrukturen zur Erfassung der Ausgangssituation

Um eine Ausgangsbasis für die Szenarien der Veränderung der Produktionsleistung über Zeit zu schaffen, ist die Ausgangssituation des Produktionssystems abzubilden. Dabei sind Referenzstrukturen für das bestehende Produktprogramm, den Betriebsmittelbestand und das Mengengerüst abzubilden. Einhergehend mit der Erfassung der Ausgangssituation ist eine Abstrahierung der erfassten Daten notwendig, um die Planungskomplexität auf ein beherrschbares Maß zu reduzieren.

4.4.1 Produktprogramm nach Referenzprodukten

Das Produktprogramm eines Unternehmens lässt sich wie in Abbildung 4-12 dargestellt strukturieren. Um eine Leistungsplanung durchzuführen, ist in der Folge für jede Produktvariante sowohl die

Ausgangssituation der in der aktuellen und den zurückliegenden Planungsperioden notwendige Produktionsleistung zu ermitteln als auch deren Entwicklung in die Zukunft zu projizieren. Die Erfassung der Produktionsleistung für die zurückliegenden Planungsperioden dient im Wesentlichen der Bestimmung der Position auf der Lernkurve und der Lernrate.

Die ständig steigende Anzahl an Produktvarianten treibt die Planungskomplexität in die Höhe. Um den Aufwand für die Datenerhebung in einem akzeptablen Rahmen zu halten und auch dem Anspruch einer langfristig orientierten Prognose und Planung gerecht zu werden, ist an dieser Stelle eine Abstraktion des Inputs vorzunehmen. Innerhalb der Produktlinien variieren die Produkte im Sinne von Produktvarianten in der Regel nur geringfügig. Die Varianten werden dabei durch Faktoren wie Optik, Größe oder Qualität erzeugt, prinzipiell jedoch kann der Aufbau der Produkte als gleichartig angesehen werden. Aus diesem Grund werden unter den Produktvarianten innerhalb der einzelnen Produktlinien Referenzprodukte ausgewählt, die stellvertretend für die restlichen Produktvarianten einer Produktlinie für die weitere Planung herangezogen werden. Dies gilt jedoch nur hinsichtlich der Produktgestalt und damit hinsichtlich der Ausprägungen in den Kriterien des Produktmodells. Seitens der Stückzahlen werden alle Einzelstückzahlen der Produktvarianten innerhalb einer Produktlinie aufsummiert und dem Referenzprodukt zugeordnet.

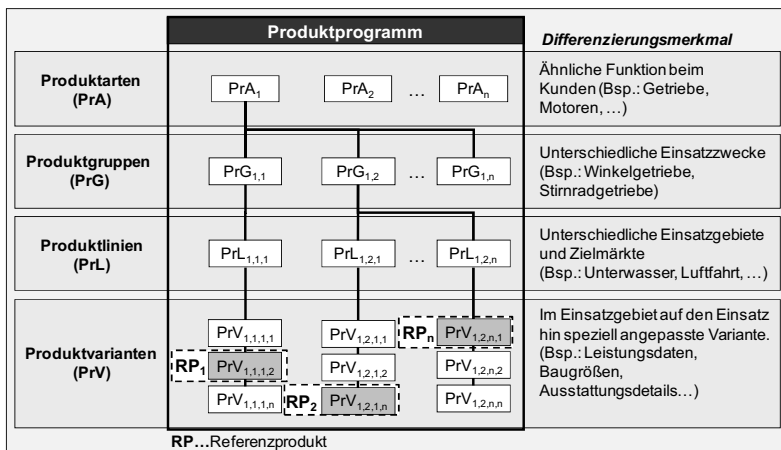


Abbildung 4-12: Bestimmung von Referenzprodukten [eigene Darstellung in Erweiterung zu EVERSHEIM et al. 1999, S.14-17]

Die Auswahl der Referenzprodukte aus den Produktvarianten einer Produktlinie erfolgt vorrangig nach dem Kriterium der Stückzahl. Als Referenzprodukt einer Produktlinie sollte diejenige Produktvariante dienen, die am häufigsten produziert wird. Dieses Kriterium ist in der Regel ausreichend. Weitere Kriterien können bei sehr stark streuenden Produktvarianten innerhalb der Produktlinien jederzeit hinzugefügt werden. In diesem Fall ist eine Produktlinie aufzuspalten und jeweils durch ein separates Referenzprodukt zu beschreiben. Ein derartiger Fall liegt beispielsweise vor, wenn die Fertigungszeiten auf Grund stark unterschiedlicher Abmessungen der Produkte eine hohe Differenz aufweisen. In diesem Fall hilft das Aufstellen einer Matrix bei der Strukturierung weiter. Auf den Achsen werden die Stückzahlen dem Fertigungsaufwand gegenüber gestellt. Jede Produktvariante wird anschließend im Achsenkreuz abgetragen. Es können nun Gruppen von Produktvarianten

ten abgegrenzt werden, die einen ähnlichen Fertigungsaufwand aufweisen. Innerhalb der Gruppen ist abschließend ein Referenzprodukt, nach den genannten Kriterien zu ermitteln.

Für den Fall, dass ein Produktprogramm in einer unstrukturierten Form vorliegt, sind ebenfalls Produktvarianten in Gruppen zusammenzufassen und durch Referenzprodukte zu beschreiben. Zur Gruppierung sind dabei Kriterien anzusetzen, wie sie bei der Strukturierung eines Produktprogramms üblicherweise zum Einsatz kommen (vgl. Kapitel 3.2.1). Je nach Branche variieren diese.

Es wird hierbei implizit davon ausgegangen, dass die Produktvarianten einer Produktlinie dieselbe Prozesskette im Rahmen der Produktion durchlaufen. Sollte die Prozesskette zwischen den einzelnen Produktvarianten einer Produktlinie stark variieren, ist dies bei der Bildung von Referenzprodukten zu berücksichtigen. Je Produktlinie sind dann mehrere Referenzprodukte abzugrenzen, die das Kriterium der Fertigungsfamilie explizit berücksichtigen.

Neben der Ermittlung von Referenzprodukten ist auf der Ebene der einzelnen Referenzprodukte eine weitere Vereinfachung durchzuführen, die im folgenden Teilkapitel beschrieben wird.

4.4.2 Planungsrelevante Produktkomponenten

Strategische Entscheidungen betreffen Entscheidungen, die unter anderem eine signifikante Bindung von Ressourcen zum Gegenstand haben (vgl. Kapitel 2.6.2). Der Großteil der benötigten Produktionsleistung wird durch ein relativ geringes Einzelteil- oder Baugruppenspektrum nachgefragt. Diese für die Gestaltung der Produktionsleistung zentralen Einzelteile und Baugruppen, im Folgenden planungsrelevante Komponenten genannt, gilt es aus der Summe der Einzelteile und Baugruppen eines jeden Referenzprodukts zu identifizieren. Nicht betrachtet werden somit Kleinteile, die zur Komplettierung des Gesamtprodukts notwendig sind, sowie Komponenten und Baugruppen, die im Gesamtprodukt eine untergeordnete Rolle spielen, d.h. keinen großen Wertbeitrag liefern, und auch seitens der Herstellung einen im Vergleich zu den anderen Komponenten geringen Fertigungsaufwand erzeugen. Ermittelt werden die planungsrelevanten Komponenten durch Stücklistenauflösung bis auf Ebene von Baugruppen oder gar Einzelteilen.

Bei einfach strukturierten Produkten, die eine geringe Produkttiefe besitzen, sind die planungsrelevanten Komponenten in der Regel einige wenige zentrale Bauteile. Sofern das betrachtete Entscheidungsproblem die Betrachtung komplexerer Produkte oder Baugruppen umfasst, kann auf Baugruppenebene die Zerlegung gestoppt und mit einem für die Baugruppe aggregierten Aufwand gerechnet werden. Planungsrelevante Komponenten erfüllen demnach die folgenden Kriterien:

- hoher Wertbeitrag zum Gesamtprodukt,
- hoher Fertigungsaufwand.

Auf Grund des langfristigen Ansatzes der Leistungsplanung sind generell nur wenige oder keine Informationen über die Detailgestaltung der Produkte von morgen verfügbar, sofern deren Einführungszeitpunkt noch entsprechend weit in der Zukunft liegt. Auch aus diesem Grund ist es sinnvoll, nur solche planungsrelevante Komponenten zu identifizieren, die eine zentrale Bedeutung für das Unternehmen haben. Hier ist die Datenverfügbarkeit am wahrscheinlichsten.

Um die Referenzprodukte zu beschreiben, sind die Kriterien des Produktmodells (vgl. Kapitel 4.3.1) heranzuziehen. Das Ergebnis dieses Schrittes ist somit eine Aufstellung aller planungsrelevanten Produktkomponenten, die in den Kriterien des Produktmodells beschrieben sind.

4.4.3 Planungsrelevante Betriebsmittel

Strategische Entscheidungen betreffen auch große Entscheidungen, die eine signifikante Bindung des Unternehmens an einmal etablierte Produktionsstrukturen bedeuten (vgl. Kapitel 2.2.2). Für die weitere Betrachtung sind daher nur solche Betriebsmittel in Form von Maschinen und Anlagen interessant, die eine zentrale Rolle im Wertschöpfungsprozess einnehmen. Da nicht alle Betriebsmittel diesem Anspruch genügen, sind diejenigen unter den Betriebsmitteln auszuwählen, die eine entsprechende Relevanz im Rahmen der strategischen Planung besitzen. Folgende Kriterien können zur Bestimmung dieser planungsrelevanten Betriebsmittel herangezogen werden:

- Ihre Anschaffung und der Betrieb sind sehr kapitalintensiv und bedeuten damit auch eine langfristige, signifikante Bindung von Kapital.
- Ihr Betrieb stellt für das Unternehmen den direkten Zugang zu einer für die Herstellung planungsrelevanter (Produkt-) Komponenten notwendigen Schlüsseltechnologie dar.
- Die Betriebsmittel leisten einen großen Arbeitsanteil an der Herstellung der planungsrelevanten (Produkt-) Komponenten, verbunden mit einem hohen Anteil an den Herstellkosten.

Durch diese Selektion wird eine Fokussierung auf die Aufgaben einer strategischen Planung erreicht. Gleichzeitig findet eine Reduzierung der Planungskomplexität statt.

4.4.4 Betriebsmittel nach Technologie-Clustern

Um eine szenariobasierte Prognose zur Entwicklung der Produktionsleistung in einem langfristigen Planungshorizont sinnvoll durchführen zu können, ist ein Vorgehen auf Basis der zum Einsatz kommenden Produktionstechnologien anzustreben. Die Ebene der Produktionstechnik in Form konkreter Maschinen und Anlagen (Betriebsmittel) ist für diese Aufgabe zu granular (vgl. Kapitel 3.1.3). Um dieser Anforderung gerecht zu werden und auch das Verhalten bestehender Produktionssysteme in die Zukunft projizieren zu können, wird eine Gruppierung der bestehenden, planungsrelevanten Betriebsmittel vorgenommen.

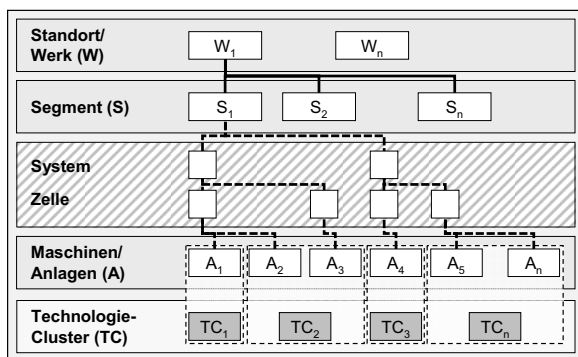


Abbildung 4-13: Ermittlung der Technologie-Cluster

Die entsprechend der in Kapitel 4.4.3 beschriebenen Vorgehensweise identifizierten planungsrelevanten Betriebsmittel (Maschinen und Anlagen) werden dazu in so genannten Technologie-Clustern zusammengefasst (siehe Abbildung 4-13). Ein Technologie-Cluster umfasst dabei alle Betriebsmittel des Untersuchungsbereichs, die als technologisch gleichwertig eingestuft werden

können. Es wird ferner angenommen, dass ein Technologie-Cluster einen abgrenzbaren Prozessschritt in der Prozesskette ausführt. Zur Feststellung der technologischen Gleichwertigkeit und damit zur Bildung der Technologie-Cluster werden die im Folgenden beschriebenen Kriterien herangezogen. Betriebsmittel können dann in einem Technologie-Cluster zusammengefasst werden, wenn

- die gleiche Prozesstechnologie mit der Maschine / Anlage umgesetzt wird, und
- die Betriebsmittel einen vergleichbaren Entwicklungsstand der Maschinen- / Anlagentechnik aufweisen.

Für unterschiedliche Prozesstechnologien ergeben sich bei der Projektion des Systemverhaltens in die Zukunft unterschiedliche Entwicklungspfade. Aus diesem Grund sind diese auch bei der Erfassung der Ausgangssituation zu trennen. Das Kriterium der einheitlichen Prozesstechnologie stellt damit die grundlegende Voraussetzung für die Zuordnung zu einem Technologie-Cluster dar. Die Prozesstechnologie als einziges Kriterium ist jedoch vor dem Hintergrund des Hauptbetrachtungsgegenstandes der Produktionsleistung nicht ausreichend. Betriebsmittel, die dieselbe Prozesstechnologie umsetzen, können beispielsweise auf Grund eines unterschiedlichen technologischen Standes der Gesamtmaschine bzw. -anlage oder eines bewusst unterschiedlich gestalteten Automatisierungsgrades einen deutlich divergierenden Bedarf an Produktionsleistung bei gleicher Bearbeitungsaufgabe aufweisen. Folglich ist darauf zu achten, dass die Betriebsmittel, die auf Grund gleicher Prozesstechnologie in ein Technologie-Cluster eingruppiert werden sollen, hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit vergleichbar sind. Nicht berücksichtigt werden kleinere Performanceunterschiede einzelner Maschinen und Anlagen sowie zunächst auch unterschiedliche Restlaufzeiten und Lebenslaufphasen.

Zur Beschreibung des Technologie-Clusters sind die Kriterien des Technikmodells der strategischen Leistungsplanung (vgl. Kapitel 4.3.2) anzuwenden. Da in einem Technologie-Cluster nur Betriebsmittel zusammengefasst werden, die sich auf einen vergleichbaren technologischen Entwicklungsstand befinden, ist die Wahl einer für das Technologie-Cluster repräsentativen Anlage unproblematisch. Das einzelne Technologie-Cluster ist durch eine repräsentative Produktionstechnik in den Ausprägungen des Technikmodells beschrieben. Für die einzelnen Technologie-Cluster wird ferner die Kapazität der darin enthaltenen Maschinen und Anlagen zu einer Gesamtkapazität je Cluster aufsummiert.

4.4.5 Mengengerüst

Um die notwendige Verbindung zwischen aktueller Marktlast und Produktionsleistung herstellen zu können, ist das aktuelle Mengengerüst zu erfassen. Für die einzelnen Produkte kann die Information über die in der aktuellen Periode herzustellenden Produkte an mehreren Stellen der digitalen Fabrik entnommen werden. Am einfachsten gestaltet sich in der Regel die Entnahme der Information aus dem ERP-System. Dabei muss Beachtet werden, dass die Stückzahlen erfasst werden, die innerhalb der Planungsperiode in der Produktion tatsächlich eingelastet wurden. Da die Stückzahlen meist nur für einzelne Produktvarianten erhoben werden können, für die weitere Verwendung jedoch die Stückzahlen je Referenzprodukt benötigt werden, sind die Einzelwerte entsprechend ihrer Zuordnung zu den Referenzprodukten aufzusummieren.

Um die Erfassung der Daten und vielmehr auch die Prognose der Produktionsleistung weiter zu erleichtern, ist an dieser Stelle eine weitere Maßnahme zu Verdichtung des Mengengerüsts vorzunehmen. Für die weiteren Arbeiten wird die Vereinfachung getroffen, dass nicht auf Basis einer

elementaren Stückzahl geplant wird, sondern sog. „Container“ gebildet werden. Die Größe eines solchen Containers kann in der Regel gleichgesetzt werden mit einem dem Umfang eines Fertigungsloses. Eine Bindung an die Fertigungslosgröße ist nicht erforderlich, vereinfacht jedoch die Kommunikation der Ergebnisse. Die Angabe und Prognose der Produktionsleistung erfolgt damit immer auf Basis eines Containers und nicht auf Basis einzelner Produkte. Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, dass in der Praxis die Abschätzung über künftig benötigte Produktionsleistungen leichter fällt, wenn Lose als Planungsgrundlage herangezogen werden. Dies gilt vor allem für neue Produkte. Ferner würde die Ermittlung der Werte für einzelne Produkte deutlich schwerer fallen, da beispielsweise Rüstzeiten nur für ein Los anfallen und diese aufgeteilt werden müssten. Bei der Betrachtung von Containern dagegen kann die Rüstzeit pro Container angegeben werden.

Für die Anzahl an Produkten, die in einem Container zusammengefasst werden, ist die jeweils gültige Fertigungslosgröße zu wählen. Diese kann den aktuellen Arbeitsplänen entnommen werden. Bei der Bildung von Referenzprodukten ist die Fertigungslosgröße des gewählten Produkts zu übernehmen. Im Zuge der Vereinfachung eines komplexen Produktprogramms mittels Bildung von Referenzprodukten ist für das Referenzprodukt eine Containergröße durch Bildung eines gewichteten Durchschnitts auf Basis der Stückzahlverteilung der zusammengefassten Produktvarianten im aktuellen Jahr anzugeben. Es ist bereits bei der Zusammenfassung einzelner Produktvarianten zu einem Referenzprodukt darauf zu achten, dass die in einem Container zusammengefassten Stückzahlen nicht zu sehr auseinander liegen. In diesem Fall kann es zu einer signifikanten und für die strategische Planung nicht tolerierbaren Abweichung kommen.

4.4.6 Produktionsleistung

Für die Abbildung der Ausgangssituation der Produktionsleistung sind die Fertigungs- und Montageprozesse aller Referenzprodukte zu analysieren. Die Produktionsleistung ist dabei für jede Kombination aus planungsrelevanter Produktkomponente und Technologie-Cluster separat anzugeben. Die Erfassung der Produktionsleistung erfolgt der Entstehungslogik des Produkts folgend entlang des jeweiligen Produktionsprozesses. Für die als planungsrelevant identifizierten Produktkomponenten ist zunächst die Produktionsleistung in den Prozessschritten zu erfassen, die auf planungsrelevanten Betriebsmitteln im eigenen Unternehmen durchgeführt werden (vgl. Abbildung 4-14). Anschließend wird die durch die Herstellung einzelner Komponenten auf einem Betriebsmittel generierte Produktionsleistung zu einer Produktionsleistung je Technologie-Cluster aggregiert.

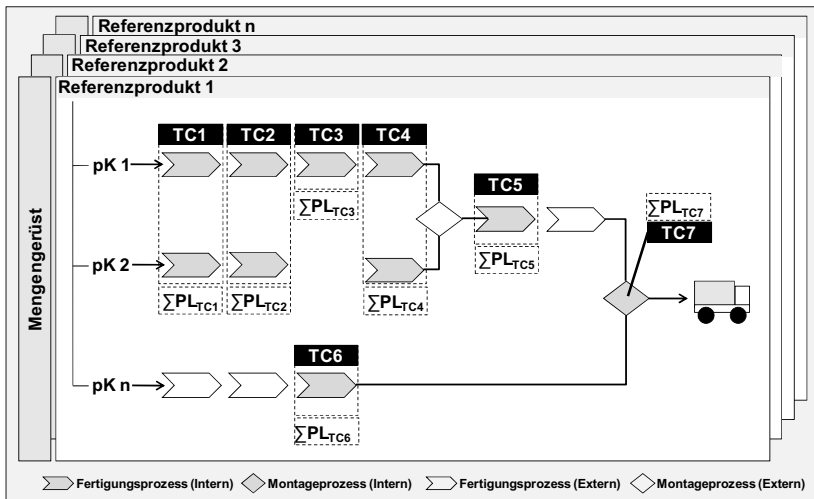


Abbildung 4-14: Abbildung der Ausgangssituation der Produktionsleistung

Für Prozessschritte, die bei Wertschöpfungspartnern durchgeführt werden, ist die Erfassung der aktuellen Produktionsleistung u.U. nicht möglich. Für die Planungsfälle der strategischen Leistungsplanung, die die Gestaltung der Produktionsleistung im Unternehmen betrachten, ist der Wert der Produktionsleistung bei Wertschöpfungspartnern uninteressant. Von Interesse ist dieser Wert dann, wenn über die Veränderung der Eigenfertigungstiefe entschieden und ein Prozessschritt von einem Wertschöpfungspartner in die eigene Produktion integriert werden soll. Als Anhaltspunkt für die Planung der künftig benötigten Leistung dient die Produktionsleistung, die der Wertschöpfungspartner aufwenden musste. Ist dieser Wert nicht zugänglich ist eine Abschätzung auf Basis der aktuellen Bezugskosten ein Weg um zu Werten zu kommen. Die Kenntnis dieses Kostensatzes ermöglicht ferner im späteren Verlauf der Betrachtungen ein Kostenvergleich zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug. Eine ausführliche Diskussion dieser Aspekte findet im Kapitel 4.7 unter den Aspekten „Leistungsprognose“ und „Bewertung alternativer Szenarien“ statt. Für die Erfassung der Ausgangssituation der Produktionsleistung ist an dieser Stelle festzuhalten, dass für Prozessschritte, die aktuell extern realisiert werden, lediglich der im Unternehmen vorhandene Kostensatz erhoben werden muss, zu dem die Leistung vom Wertschöpfungspartner bezogen wird. Alle weiteren Werte haben einen zu hohen Erhebungsaufwand, um sie pauschal zu erheben und sollten daher problemspezifisch nacherfasst werden.

Aktuelle Produkte	Master- / Referenzprodukt	Aktuelle Stückzahl	Planungsrelevante Komponenten	Aktuelle Produktionstechnik			
				TC ₁	TC ₂	TC ₃	TC _n
MP			MP-K1				
			MP-K2				
			MP-K3				
			MP-Kn				
RP _n					Aktuelle Produktionsleistung für die Kombination Produktkomponente / Technologie-Cluster		

Abbildung 4-15: Matrixdarstellung der Ausgangssituation der Produktionsleistung

Für die Darstellung der Produktionsleistung eignet sich die obige Matrixdarstellung (vgl. Abbildung 4-15) am besten. Die Informationen über die Ist-Werte der Produktionsleistung können Systemen wie ERP oder PPS sowie aus BDE-Meldungen entnommen werden.

4.5 Künftige Veränderungen

Wie in Kapitel 2.6.1 dargestellt, wird die langfristige Veränderung der Produktionsleistung im Wesentlichen durch eine Kombination der Faktoren Produkt und Produktionstechnik sowie durch das Mengengerüst und die Eigenfertigungstiefe beeinflusst. Diese Veränderungen sind dabei zum einen kontinuierlicher, zum anderen auch diskontinuierlicher Natur (vgl. Kapitel 2.4.2). Kontinuierliche Veränderungen bauen auf Bestehendem auf und beschreiben dessen inkrementelle Veränderung in der Zukunft. Diskontinuierliche Veränderungen dagegen schaffen Neues und verdrängen Altes. Die Auswirkungen diskontinuierlicher Veränderungen sind somit weit tiefgreifender. Sie stellen auf Grund ihrer weitreichenden Veränderungswirkung für die Prognose der künftig benötigten Produktionsleistung eine große Herausforderung dar. Für die Veränderung der Produktionsleistung über der Zeit ist zunächst von Interesse, wann und über welchen Zeithorizont diese Veränderungen wirksam werden. Ferner sind die bestehenden Abhängigkeiten zwischen den diskontinuierlichen Veränderungen einzelner Bereiche zu visualisieren, um dem Betrachter die Zusammenhänge vor Augen zu führen.

Für die Erfassung der diskontinuierlichen Veränderungen eignet sich das bereits mehrfach in der Praxis angewandte Konzept des Technologiekalenders. Entsprechend des in Kapitel 3.2.4 aufgearbeiteten Standes der Technik zu Technologiekalenderkonzepten wird für die weitere Ausarbeitung ein Technologiekalender nach dem Ansatz von *WESTKÄMPER* für die Strukturierung künftiger Veränderungen zu Grunde gelegt. Dieses Konzept ermöglicht die Darstellung und Synchronisation der kontinuierlichen Veränderungen in den Bereichen Produkt, Produktion und Programm mit Eintrittstermin und Wirkzeitraum. Ferner können in dieser Darstellungsform Abhängigkeiten zwischen einzelnen Veränderungen visualisiert werden.

Der Technologiekalender nach *WESTKÄMPER* berücksichtigt den für die langfristige Veränderung der Produktionsleistung ebenfalls relevanten Bereich der Gestaltung der Eigenfertigungstiefe jedoch nicht. Für das zu entwickelnde Modul „Künftige Veränderungen“ wird der Technologiekalender daher um den Aspekt der Veränderung der Eigenfertigungstiefe erweitert und im Folgenden als „erweiterter Technologiekalender“ bezeichnet. Eine Prinzipdarstellung des erweiterten Technologiekalenders gibt die folgende Abbildung 4-16 wieder:

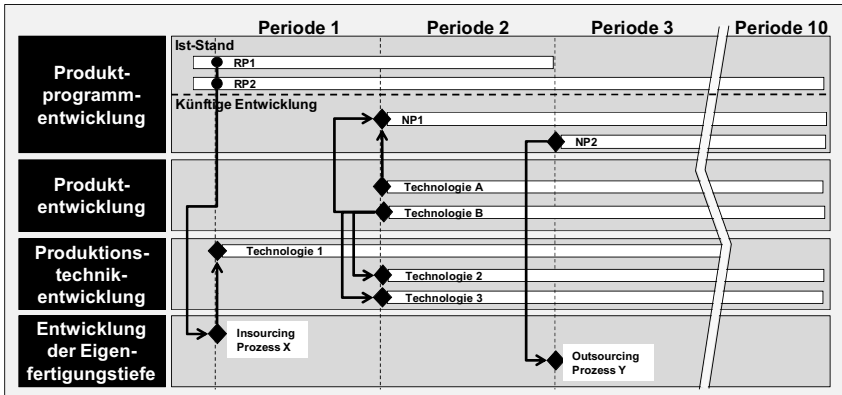


Abbildung 4-16: Erweiterter Technologiekalender

Wie aus der Darstellung ersichtlich, visualisiert der erweiterte Technologiekalender die vier relevanten Bereiche der Leistungsbeeinflussung (Mengengerüst, Produkt, Produktionstechnik und Eigenfertigungstiefe) in separaten Feldern entlang einer gemeinsamen Zeitachse. Visualisiert werden in den einzelnen Feldern zunächst die Eintrittszeitpunkte aller Veränderungen sowie deren geplanter Einsatzzeitraum im Unternehmen. Für die einzelnen Felder wird in der Folge dargestellt, welcher Art die visualisierten Veränderungen sind und wie diese beschrieben werden.

Im Feld „Produktprogrammentwicklung“ werden zum einen die Restlaufzeiten der Referenzprodukte und die Startertermine und Laufzeiten der Neuprodukte dargestellt. Je nachdem wie die Prognose über die erwartete Anzahl abgesetzter Produkte im Unternehmen vorliegt, kann es sinnvoll sein, in diesem Feld auch die Veränderung des Umsatzes anzugeben. Viele Unternehmen gerade im Mittelstand entwickeln keine auf Produktgruppenebene detaillierte, langfristige Prognose der Absatzstückzahlen. Sehr wohl ist jedoch in der Regel bekannt, wie sich der Umsatz entwickeln soll und mit welchen Produkten und zu welchen Anteilen dies geschehen soll. Ein Rückrechnen auf die benötigten Stückzahlen wird damit möglich.

In den Feldern Produkt- und Produktionstechnikentwicklung werden die in Produkten und Produktionstechnik zum Einsatz kommenden neuen Technologien abgebildet. Der Einsatzzeitpunkt wird mit einem Meilenstein gekennzeichnet und beschrieben werden diese Veränderungen mittels der in den in Kapiteln 4.3.1 und 4.3.2. entwickelten Modellen für Produkte und Produktionstechnik. Je nach Tragweite der Veränderung ist diese beschrieben durch die Angabe der neuen System- bzw. Komponententechnologie oder durch Veränderungen einzelner Kriterien der beiden Partialmodelle.

Im Feld „Entwicklung der Eigenfertigungstiefe“ werden Einzelentscheidungen über die Gestaltung der Eigenfertigungstiefe visualisiert. Diese sind gekennzeichnet durch das In- oder Outsourcing einzelner Prozessschritte im Herstellungsprozess eines Produkts.

Neben der Darstellung der einzelnen Felder und der Visualisierung der Veränderungen wird die Verbindung der einzelnen Veränderungen dargestellt. Abzubilden ist zum einen die Information, welche Produkttechnologie in welchen Produkten zum Einsatz kommt. Ferner sind Ursache-Wirkungsketten zu visualisieren, bei denen eine Veränderung in einem Bereich eine Veränderung in einem anderen Bereich erfordert. Dies ist beispielsweise dann der Fall, wenn zur Herstellung

einer neuen Produkttechnologie eine neue Produktionstechnologie benötigt wird. Beispielhaft ist dies auch in Abbildung 4-16 dargestellt. Die im Feld Produktentwicklung dargestellte Technologie A erfordert die Produktionstechnologien 2 und 3. Die Abhängigkeiten sind mit Pfeilverbindungen darzustellen, wobei über die Richtung des Pfeils eine Information zu Ursache und Wirkung wiedergegeben wird. Die Anforderung einer zeitlichen Synchronisation der Einzelbereiche ist damit erfüllt.

Hinsichtlich der Eintrittszeitpunkte diskontinuierlicher Veränderungen gilt es an dieser Stelle anzumerken, dass es sich um den Zeitpunkt handelt, an dem die Veränderung im Sinne einer Anwendung in der Serie ihre Wirkung in Bezug auf die Produktionsleistung entfaltet. Für die langfristige Prognose der künftig benötigten Produktionsleistung ist dieser Zeitpunkt zunächst ausreichend. Für alle weiteren Überlegungen, die in Bezug zur konkreten Realisierung einer Veränderung stehen, ist jedoch zu berücksichtigen, dass ein nicht unerheblicher Vorlauf für den Einsatz einzuplanen ist. Der Vorlauf hat dabei zum einen eine zeitliche Dimension, wenn es um die Entwicklung neuer Technologien oder den Aufbau eines neuen externen Wertschöpfungspartners geht. Zum anderen kann der notwendige Vorlauf bereits eine Wirkung in Bezug auf den Kapazitätsbedarf aufweisen. Dies ist beispielsweise immer dann der Fall, wenn neue Produktionstechnologien zum Einsatz kommen. Der Zeitraum, der notwendig ist, eine neue Anlage für die Serie zu qualifizieren, ist in diesen Überlegungen zu berücksichtigen.

Im erweiterten Technologiekalender können ebenfalls die Auswirkungen alternativer Szenarien visualisiert werden. Soll beispielsweise mit der Methode zur sLP ein technologischer Variantenvergleich angestrengt werden, sind die Alternativen mit all ihren Verbindungen in den Kalender einzzeichnen. Zur besseren Übersichtlichkeit sind sie als Optionen zu kennzeichnen. Dies kann beispielsweise durch einen Farbcode geschehen. Damit wird später die Generierung der Szenarien wesentlich erleichtert. Sollte dieser Darstellung zu unübersichtlich werden, empfiehlt es sich für jede Option einen eigenen Kalender zu zeichnen.

4.6 Kernmodell

Nachdem in den vorangegangenen Kapiteln wichtige Partialmodelle entwickelt sowie die Grundlagen zur strukturierten Erfassung der Ausgangssituation und der künftigen Veränderungen geschaffen wurden, ist nun ein Kernmodell zu entwickeln, das die gewonnenen Informationen zusammenführt und eine Basis für die szenarienhafte Prognose der künftigen Produktionsleistung bildet.

Die Aufgabe des Kernmodells der strategischen Leistungsplanung ist eine Zusammenführung aller Module des Wirkmodells, die einen Beitrag zur Bildung der Szenarien der künftig benötigten Produktionsleistung leisten. Dazu gehört zunächst die Zusammenführung der Detailinformationen zur Ausgangssituation des Produktprogramms und der Produktionsleistung mit den im Rahmen von Forecasts ermittelten künftigen Veränderungen (vgl. Kapitel 4.6.2). Dies betrifft das Mengengerüst, die technologische Ausgestaltung von Produktionstechnik und Produkten sowie die Eigenfertigtiefe.

Um eine Prognose der künftigen Produktionsleistung durchführen zu können, ist im Rahmen des Kernmodells jedoch zunächst herauszuarbeiten, welche künftigen Veränderungen die Veränderung der Produktionsleistung in welcher Art beeinflussen. Dazu muss ein Kausalmodell erstellt werden (vgl. Kapitel 4.6.1), das die wesentlichen Verbindungen abbildet und als Basis der Leistungsprognose dienen kann.

Um eine Ausgangsbasis für eine Prognose der künftig benötigten Produktionsleistung zu schaffen, ist eine Entflechtung der bisher als Gesamtentwicklung der betrachteten Prozesskette dargestellten Problematik in handhabbare Einzelfälle notwendig. Kapitel 4.6.3 beschreibt hierzu eine Vorgehensweise, die handhabbare Einzelfälle erfasst und freischneidet.

Da sich die erfassten Veränderungen vorrangig durch einen unterschiedlich hohen Innovationsgrad und damit auch in ihrer Tragweite in Bezug auf die strategische Gestaltung der Produktion und die Veränderung der Produktionsleistung unterscheiden, wird in Kapitel 4.6.4 ein Schema zu deren Systematisierung entwickelt. Diese Systematik dient, wie später zu zeigen sein wird, als Ausgangspunkt für die fallbasierte Wahl des Verfahrens zur Prognose der künftigen Produktionsleistung.

4.6.1 Kausalmodell der Produktionsleistung

Fundamentale Grundlage einer Prognose der Veränderung der Produktionsleistung über der Zeit ist zum einen die Kenntnis der Faktoren, die einen Einfluss auf die Veränderung dieser Größe haben und zum anderen die Kenntnis über deren Interdependenzen. Das folgende Kapitel fasst zunächst diese für eine strategische Leistungsplanung relevanten Faktoren zusammen. Anschließend werden die Faktoren in Beziehung zueinander gesetzt und ihr Bezug zur Veränderung der Produktionsleistung dargestellt.

Das Feld der zu betrachtenden Faktoren wurde bereits in der Aufgabenstellung und der Aufarbeitung der Grundlagen in Kapitel 2 eingegrenzt. An dieser Stelle werden sie deshalb nur im Überblick dargestellt und der Schwerpunkt auf die Ausarbeitung der leistungsbeflussenden Aspekte und der Interdependenzen gelegt. Die folgende Abbildung 4-17 zeigt die für eine strategische Leistungsplanung relevanten Faktoren und die leistungsbeflussenden Aspekte im Überblick.

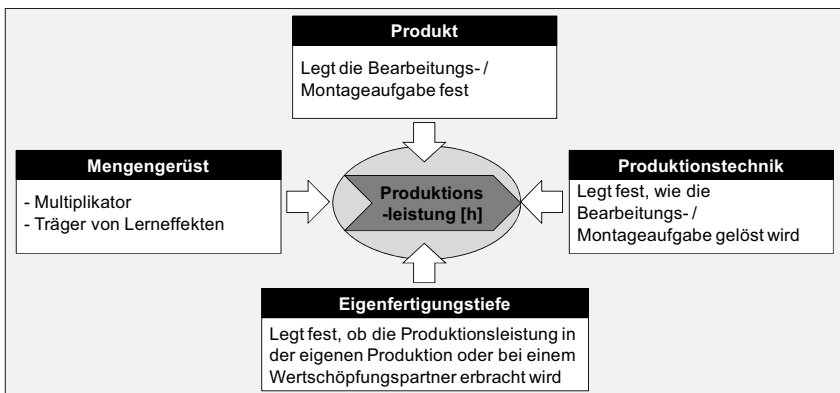


Abbildung 4-17: Faktoren und Aspekte der Produktionsleistung

Von zentraler Bedeutung ist die Interdependenz zwischen Produkt und Produktionstechnik. Folgt man den Ansätzen zur prozessorientierten Modellierung der Produktion (vgl. Kapitel 3.3.2.1), treffen diese beiden Faktoren im Transformationsprozess mit weiteren Produktionsfaktoren (Energie, Information, etc.) zusammen. Diese sind jedoch für die strategische Leistungsplanung nicht relevant, da sie die Produktionsleistung nicht beeinflussen. Betrachtet man den Transformationspro-

zess aus Sicht der eigentlich wertschöpfenden Tätigkeiten, ist erkennbar, dass der zeitlich zu betreibende Aufwand abhängig ist von der Aufgabe, die gelöst werden muss, und der Fähigkeit der Ressourcen, die zur Lösung der Aufgabe zur Verfügung stehen. Die zu lösende Aufgabe ist im vorliegenden Fall bestimmt durch das **Produkt**. Das Produkt legt die Fertigungs- bzw. Montageaufgabe (im Folgenden als Bearbeitungsaufgabe bezeichnet) fest, die im Transformationsprozess zu bewerkstelligen ist. Charakterisiert ist diese Bearbeitungsaufgabe in Bezug zur Produktionsleistung durch einen bestimmten zeitlichen Aufwand (Intensität der Bearbeitungsaufgabe). Gelöst wird die gestellte Aufgabe durch die **Produktionstechnik**. Sie hat den Transformationsprozess am Produkt zu vollziehen und bestimmt, wie und in welcher Geschwindigkeit (Leistungsfähigkeit der Produktionstechnik) die Bearbeitungsaufgabe gelöst wird. Dabei ergibt sich für die Wahl der Produktionstechnik ein gewisser Handlungsspielraum. Das technische bzw. technologische Konzept, mit dem der Transformationsprozess durchgeführt wird, kann variieren, da es in der Regel mehrere alternative Verfahren gibt, die in der Lage sind, die geforderte Bearbeitungs- bzw. Montageaufgabe am Produkt zu übernehmen. Beispielsweise kann in der Blechbearbeitung eine Aussparung mittels Laser- bzw. Wasserstrahl oder klassisch mit einem Stanzverfahren in das Material eingebracht werden. Das Ergebnis am Produkt ist dasselbe, der Weg dorthin und damit das zum Einsatz kommende Technologie-Cluster sowie die dort anfallende Produktionsleistung sind jedoch sehr unterschiedlich. Für jede Kombination aus Produkt und möglicher Produktionstechnik ist somit eine andere resultierende Produktionsleistung die Folge. Deutlich wird dies auch aus der Sicht der Arbeitsvorbereitung. So ist bei der Erstellung alternativer Arbeitspläne für jede mögliche Produkt-Produktionstechnik-Kombination eine Vorgabezeit je Stück zu bestimmen.

Für die Bestimmung der Ausgangssituation der Produktionsleistung und die Fortschreibung bestehender Paarungen (Einzelfälle) von Produkt und Produktionstechnik ist die Kenntnis dieser Zusammenhänge ausreichend. Will man jedoch im Rahmen von Szenarien die Veränderung der Produktionsleistung über der Zeit bestimmen und dabei auch diskontinuierliche Veränderungen auf Seiten von Produkt und Produktionstechnik berücksichtigen, ist diese Detaillierungsstufe nicht ausreichend. Um eine derartige Prognose zu unterstützen, ist unter anderem die Kenntnis der Interdependenzen zwischen den Kriterien des Produkt- sowie des Technikmodells und der Produktionsleistung notwendig. Da diese vielschichtig und von Fall zu Fall unterschiedlich sind, kann kein generisches Abbild hiervon erstellt werden. Eine individuelle Bestimmung je nach Anwendungsfall ist vorzunehmen. Eine Vorgehensweise, wie die Interdependenzen ermittelt und in Bezug zur Veränderung der Produktionsleistung gesetzt werden können, wird im Rahmen der Entwicklung der szenariobasierten Prognose in Kapitel 4.7 aufgezeigt.

Die **Menge** der produzierten Teile ist der Multiplikator der Vorgabezeit und damit auch Produktionsleistung, die je Stück anfällt. Ihre Größenordnung wird im Wesentlichen von der Entwicklung des Marktes bestimmt. Die Menge hat zwei wesentliche Aspekte, die es in Bezug auf die Produktionsleistung zu beachten gilt. Zum einen ist es der Absolutbetrag, der als direkter Multiplikator der Einzelzeit dient, und zum anderen die Losgröße, die einen Einfluss auf den in der Produktionsleistung enthaltenen Rüstaufwand hat. Je größer die Lose, desto weniger oft muss bei gleicher Stückzahl gerüstet werden und umso geringer ist die aufzuwendende Produktionsleistung zur Transformation dieser Stückzahl. Die Menge der produzierten Teile ist neben ihrer Eigenschaft als Multiplikator des Aufwands Träger von Lerneffekten in der Produktion. Wie in den Grundlagen zur Lern- und Erfahrungskurve in Kapitel 3.2.6.2 beschrieben, ist mit einem Anwachsen der kumulierten Stückzahl eine Reduzierung des Gesamtaufwands verbunden.

Der letzte hier betrachtete Faktor im Zusammenhang mit der Beeinflussung der Produktionsleistung ist die **Eigenfertigungstiefe**. Die Gestaltung der Eigenfertigungstiefe ist eine Aufgabe des strategischen Produktionsmanagements und beeinflusst die Produktionsleistung nicht in ihrem Betrag, sondern in ihrer organisatorischen Zuordnung. Die Eigenfertigungstiefe bestimmt, ob Produktionsleistung in der eigenen Produktion (Vertikale Integration) oder bei einem externen Wertschöpfungspartner (Outsourcing) erbracht wird. Die Gestaltung der Eigenfertigungstiefe hat somit über die organisatorische Zuordnung einen direkten Einfluss auf den Gesamtbetrag der Produktionsleistung.

Zur Verdeutlichung der Interdependenzen zwischen den leistungsbeeinflussenden Faktoren dient das in Abbildung 4-18 dargestellte Kausalmodell. Zur Modellierung der Zusammenhänge wurde auf die in Kapitel 3.1.3 dargestellten Grundlagen des Systemischen Denkens zurückgegriffen. Für die in einem Prozessschritt X anfallende Produktionsleistung sind im Folgenden die Systemzusammenhänge dargestellt.

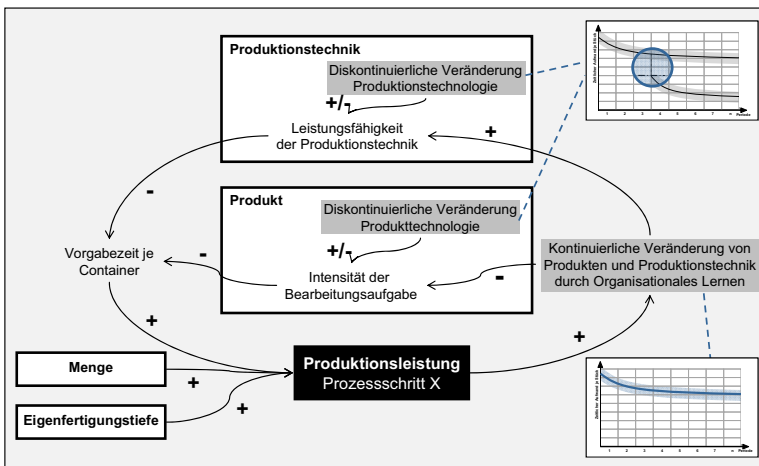


Abbildung 4-18: Kausalmodell der strategischen Leistungsplanung

Das Kausalmodell macht deutlich, dass im Zentrum der Leistungsbeeinflussung die beiden Faktoren Produkt und Produktionstechnik stehen, beschrieben durch die Leistungsfähigkeit der Produktionstechnik und die Intensität der Bearbeitungsaufgabe. Eine Steigerung der Produktionsleistung, hervorgerufen durch eine größere Stückzahl, hat dabei zur Folge, dass Lern- und Erfahrungseffekte nutzbar gemacht werden und sich mittelbar in einer Senkung der Vorgabezeit niederschlagen. Für Produkte und Produktionstechnik, die wenigen Änderungen unterworfen sind, stimmt dieser Zusammenhang. Zieht man jedoch zusätzlich diskontinuierliche Veränderungen in der Produkt- und Produktionstechnologie mit in Betracht, kann es in Folge des Technologiesprungs in Bezug auf den betrachteten Prozessschritt zunächst zu einer Erhöhung der Vorgabezeit kommen. Dieser Sachverhalt wird in Kapitel 4.7.1 näher durchleuchtet. Deutlich wird auch, dass die Faktoren Menge und Eigenfertigungstiefe lediglich multiplikative bzw. organisatorische Funktionen wahrnehmen.

4.6.2 Zeitabhängige Darstellung aller leistungsbeeinflussenden Veränderungen

Die Ergebnisse der Abbildung der Ausgangssituation und der Forecast künftiger Veränderungen müssen zur Generierung von Szenarien der künftigen Produktionsleistung in einer Gesamtdarstellung zusammengeführt werden. Dies ist notwendig, da sowohl künftige diskontinuierliche Veränderungen als auch die kontinuierliche Weiterentwicklung der bestehenden Produkte und Produktionstechnik im Sinne organisationalen Lernens die Produktionsleistung der Zukunft beeinflussen.

Teilweise ist diese Zusammenführung der Ausgangssituation mit den Veränderungen bereits im erweiterten Technologiekalender enthalten. Für das Produktprogramm sind dort bereits sowohl die weitere Entwicklung der aktuellen Referenzprodukte als auch die künftig hinzukommenden Neuprodukte abgetragen. Damit sind auch indirekt bereits alle Informationen über die Eigenschaften der aktuellen Referenzprodukte hinterlegt.

Noch nicht enthalten sind die Informationen über die Situation der aktuell existenten Betriebsmittel bzw. der aktuellen Technologie-Cluster. Im Sinne einer Zusammenführung aller leistungsbeeinflussenden Veränderungen ist diese Information folglich zu ergänzen (vgl. Abbildung 4-19). Damit wird ersichtlich, wann bestehende Technologie-Cluster abgestoßen werden und ihre Produktionsleistung entweder durch ein neu zu beschaffendes Technologie-Cluster oder einen externen Werteschöpfungspartner übernommen wird.

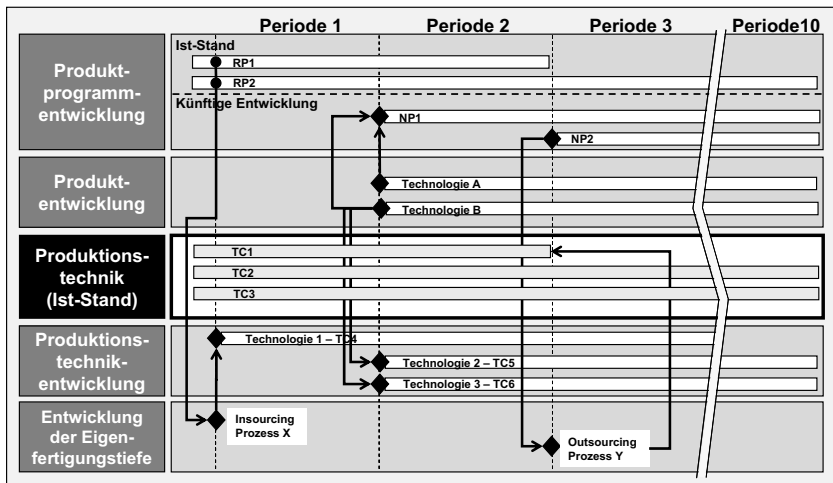


Abbildung 4-19: Erweiterter Technologiekalender aller leistungsbeeinflussenden Veränderungen

Die obige Darstellung gibt damit zum einen Aufschluss über alle Bereiche, die sich bedingt durch organisationales Lernen kontinuierlich weiterentwickeln, sowie über alle Diskontinuitäten. Es wird jedoch auch deutlich, dass auf dieser Grundlage keine Prognose der Produktionsleistung möglich ist. Die Verflechtung der einzelnen Bereiche ist zu hoch, um die Auswirkungen beispielsweise einer einzelnen Diskontinuität erfassen zu können. Aus diesem Grund ist eine Entflechtung dieser Gesamtdarstellung in auch für die Prognose handhabbare Einzelfälle notwendig.

4.6.3 Entflechtung der Gesamtentwicklung in Einzelfälle

Die Vielzahl der Veränderungen und gegenseitigen Beeinflussungen macht eine sinnvolle Zukunftsprognose entlang der gesamten betrachteten Prozesskette unmöglich. Würde man pauschal in die Zukunft rechnen, wie dies extrapolierende Verfahren tun, vernachlässigte man unter anderem den Einfluss einzelner Technologiesprünge. Aus diesem Grund ist es notwendig, das im erweiterten Technologiekalender entstandene Gesamtbild in handhabbare Einzelfälle aus je einem Referenzprodukt und einem Technologie-Cluster zu zerlegen.

Wie in Kapitel 4.6.1 mit der Entwicklung des Kausalmodells der Leistungsbeeinflussung dargestellt, spielt die Kombination aus Produktionstechnik und Produkt bzw. der darin zum Einsatz kommenden Technologien die wesentliche Rolle in der Festlegung des künftigen Leistungsbedarfs. Da diese Kombination eine derart zentrale Rolle spielt, muss sie bei der Abgrenzung der betrachteten Einzelfälle als Grundlage dienen. Einen für die Prognose noch handhabbaren Einzelfall stellt die Kombination aus Technologie-Cluster und planungsrelevanter Produktkomponente dar. Für jede Kombination dieser beiden Faktoren kann entlang der Prozesskette sowohl ein Wert für die aktuell benötigte Produktionsleistung angegeben als auch im Rahmen einer Einzelfallprognose eine Aussage über die künftige Entwicklung formuliert werden. Welche Kombinationen hierbei über alle Referenzprodukte bzw. planungsrelevanten Produktkomponenten und Technologie-Cluster jeweils über den Betrachtungshorizont hinweg auftreten, ist dem erweiterten Technologiekalender zu entnehmen. Um die Entflechtung zu visualisieren und den für die spätere Prognose wichtigen Aspekt des zeitlichen Rahmens, in dem eine jede Kombination aktiv ist, mit aufzunehmen, hilft der Aufbau einer Matrix, wie sie vereinfacht in Abbildung 4-20 dargestellt ist.

			Prozessschritt			
			P1	P2	P3	
Aktuelle Produkte	Referenz- produkt	Planungsrelevante Komponenten	Technologie - Cluster			
			TC ₁	TC ₂	TC ₃	TC _n
	RP ₁	RP ₁ -K ₁			Periode 1-6	Periode 7-10
		RP ₁ -K ₂			Periode 1-6	Periode 7-10
		RP ₁ -K _n				
NP ₁	NP ₁ -K _n	Periode 7-10	Periode 7-10		Periode 7-10	

Einzelfall
kommt nie vor

Einzelfall ist über
den gesamten
Planungshorizont aktiv

Periode X - Y

Zeitspanne des Planungs-
horizonts, in dem der
Einzelfall aktiv ist

Abbildung 4-20: Entflechtung der Einzelfälle

Der Grundaufbau der Matrix stellt zunächst die Referenzprodukte bzw. deren planungsrelevante Produktkomponenten den in den einzelnen Prozessschritten zum Einsatz kommenden Technologie-Clustern gegenüber. Für jeden Einzelfall können in der Folge drei alternative Zustände auftreten. Der erste Zustand bildet den Fall ab, dass der Einzelfall über den gesamten Betrachtungszeitraum nicht auftritt. Der zweite Zustand bildet den Fall ab, dass der Einzelfall über den gesamten Betrachtungszeitraum auftritt. Technologie-Cluster und Produkt bleiben unverändert und werden über den gesamten Zeitraum so betrieben bzw. gefertigt. Der dritte Zustand bildet den Fall ab, dass der Einzelfall nur in einem bestimmten Ausschnitt des Betrachtungszeitraums vorkommt. Dies ist dann der Fall, wenn Produkte neu an- oder auslaufen bzw. Technologie-Cluster ver-

altet sind und durch neue ersetzt werden oder der Prozessschritt von einem Wertschöpfungspartner übernommen oder an ihn vergeben wird.

Ausgehend von dieser Darstellung kann für jeden Einzelfall in der Folge eine Prognose zur Entwicklung des Leistungsbedarfs der Zukunft (Einzelfallprognose) vorgenommen werden und diese den einzelnen Perioden des Betrachtungshorizonts zugewiesen werden.

4.6.4 Systematisierung der Veränderungen in Produkt und Produktionstechnik

Die Erfassung künftiger Veränderungen im erweiterten Technologiekalender hat gezeigt, dass die dort abgetragenen Veränderungen von unterschiedlicher Tragweite sind. Während einzelne Veränderungen eine Abwandlung von Bestehendem darstellen, sind andere komplette Systeminnovationen, die das Unternehmen selbst vorantreibt. Eine Systematisierung hinsichtlich des Grades der Innovation, den die einzelne Veränderung darstellt, erscheint vor diesem Hintergrund sinnvoll.

Zur Umsetzung einer solchen Systematisierung wird eine Vorgehensweise erweitert, wie sie vom Grundsatz her in Kapitel 3.2.6 beschrieben wird. Die dort zitierte von ZÄPFEL und CORSTEN beschriebene Systematisierung von Vorgehensweisen zur Ermittlung des Kapazitätsbedarfs ist auf den Ausschnitt des Produkts beschränkt. Betrachtet werden alternative Bekanntheitsgrade des Produkts, die sich auf die Auswahl einer Vorgehensweise zur Kapazitätsprognose auswirken. Da im Rahmen dieser Arbeit auch technologische Veränderungen der Produktionstechnik und damit auch Innovationen in diesem Bereich betrachtet werden, wird die Systematisierung diesbezüglich erweitert. Veränderungen, wie sie im erweiterten Technologiekalender abgetragen sind, stellen eine Kombination aus Innovationen auf Seiten der Produkte und/oder der Produktionstechnik dar. Diese Art der Systematisierung gibt zunächst einen Aufschluss darüber, wo die Informationen zu Gestaltung neuer Produkte bzw. Produktionstechnik vorliegen und welcher Detaillierungsgrad zu erwarten ist.

ZÄPFEL und CORSTEN unterscheiden in ihrer ursprünglichen Systematisierung vier Abstufungen des Bekanntheitsgrades eines Produkts. Die folgende Abbildung 4-21 beschreibt, welche Produkte (-komponenten) bzw. Produktionstechnik den einzelnen Abstufungen zugeordnet werden können. Ferner wird beschrieben, welche Informationen über die Gestalt der Produkte bzw. die Leistungsfähigkeit der Produktionstechnik in den einzelnen Abstufungen vorliegen und wie diese gewonnen werden können.

Ergänzt wird diese Darstellung durch Aspekte des ebenfalls in Kapitel 3.2.6 diskutierten Innovationswürfels nach WETTENGL (vgl. Abbildung 3-5). Diese Systematik durchleuchtet Innovationen nach ihrem Ursprung. Der Innovationswürfel unterscheidet unterschiedliche Tragweiten der Innovation im Systemaufbau und den Komponenten und zieht zusätzlich die Anzahl der betroffenen Komponenten in Betracht. Damit gibt diese Systematisierung Aufschluss über die Komplexität einer Innovation. Diese Überlegungen fließen in die Beschreibung der einzelnen Abstufungen ein.

Ein Problem, auf das in der Praxis hingewiesen wird, ist die Frage nach der Abgrenzung der Branche, in der man sich befindet. Für ein Maschinenbauunternehmen stellt sich beispielsweise die Frage, ob die Branche der gesamte Maschinen- und Anlagenbau ist oder eines der Branchenfelder, in die beispielsweise der VDMA seine Mitglieder unterteilt. Es ist anzuraten, hier eine klare und enge Abgrenzung zu wählen, die direkten Wettbewerber des Unternehmens mit einbezieht. Wählt man die Branche zu groß, können beispielsweise Produktionstechniken als für die Branche

bekannt eingestuft werden, obwohl sie für das eigene Produkt noch derart adaptiert werden müssen, dass sie eigentlich eine komplette Neuentwicklung darstellen.

		Produkt (-komponente)	Produktionstechnik
Für das Unternehmen ...	bekannt	• Produkte / Komponenten, die in genau dieser Form bereits im Unternehmen produziert werden. • Informationen über die Gestalt sind in Form detaillierter Konstruktionszeichnung und Stücklisten vorhanden.	• Produktionstechnologien und deren Umsetzung in Form von Produktionstechnik (Betriebsmitteln), die aktuell bereits im Unternehmen betrieben werden. • Informationen über die Leistungsfähigkeit sind aus Arbeitsplänen und Rückmeldedaten verfügbar.
	ähnlich	• Produkte / Komponenten, die eine Weiterentwicklung oder Modifikation von in dieser Form bereits im Unternehmen produzierten Produkten / Komponenten darstellen. • Systemtechnologie bleibt konstant, einzelne Komponententechnologien verändern sich. • Die Ausprägungen einzelner Kriterien des Produktmodells variiert gegenüber den bekannten Komponenten. • Informationen über die Gestalt liegen in Form erster Prototypen oder in Form von Studien vor.	• Produktionstechnologien, die aktuell bereits im Unternehmen bekannt sind. Ihre Umsetzung in Form von Produktionstechnik (Betriebsmitteln) stellt jedoch eine Weiter-/Neuentwicklung dar – Variation einzelner Komponententechnologien. • Die Ausprägungen einzelner Kriterien des Technikmodells variieren gegenüber der aktuellen Technik. • Informationen über die Leistungsfähigkeit sind in Form von Zeitstudien vom Anlagenhersteller verfügbar.
Für das Unternehmen neu, für die Branche ...	bekannt	• Produkte / Komponenten, die in dieser Form noch nicht im Unternehmen produziert werden. • System- und Komponententechnologie sind für das Unternehmen Neuland, die Branche besitzt jedoch bereits Erfahrung mit deren Einsatz. • Grobe Informationen über die Gestalt sind in Form erster Studien und aus Wettbewerbsanalysen vorhanden. • Evolutionäre Weiterentwicklung der in der Branche aktuellen Produkte.	• Produktionstechnologien, die aktuell im Unternehmen noch unbekannt sind. • Die Produktionstechnologie kommt jedoch in anderen Unternehmen der Branche bereits zum Einsatz. Bei Anlagenherstellern sind Lösungen zur Umsetzung der Produktionstechnik in Form von Betriebsmitteln verfügbar. • Evolutionäre Weiterentwicklung von Komponententechnologien zur Anpassung an die Bedarfe des Unternehmens. • Informationen über die Leistungsfähigkeit sind in Form von Zeitstudien vom Anlagenhersteller verfügbar.
	neu	• Produkte / Komponenten, die in dieser Form aktuell weder im Unternehmen, noch in der Branche produziert werden. • System- und Komponententechnologie sind für das Unternehmen Neuland, auch die Branche besitzt zum aktuellen Zeitpunkt keine Erfahrung mit deren Einsatz. • Revolutionäre Produktinnovation. • Grobe Informationen über die Gestalt sind in Form erster Studien und Grobentwürfe verfügbar.	• Produktionstechnologien, die aktuell im Unternehmen und der Branche noch unbekannt sind. • Anlagenhersteller bieten keine katalogisierten Lösungen zur Umsetzung der Produktionstechnik in Form von Betriebsmitteln an. Eine Lösung muss in Zusammenarbeit mit einem Anlagenhersteller entwickelt werden. • Revolutionäre Innovation der Produktionstechnologie. • Informationen über die Leistungsfähigkeit sind in Form von Zeitstudien vom Anlagenhersteller verfügbar. Sie können vor Realisierung der Betriebsmittel aus Maschinensimulationen gewonnen werden.

Abbildung 4-21: Definition der Abstufungen zur Systematisierung künftiger Veränderungen
 [eigene Darstellung in Erweiterung zu ZÄPFEL 2000a, S.135; CORSTEN 2000, S.358f und WETTENGL 1999, S.33]

Stellt man die beiden Träger technologischer Innovationen, das Produkt und die Produktionstechnik gegenüber, ergibt sich eine Matrix mit 16 Feldern (vgl. Abbildung 4-22). Den einzelnen Feldern können nun die aus dem erweiterten Technologiekalender ablesbaren Kombinationen aus Produkt und Produktionstechnik zugeordnet werden.

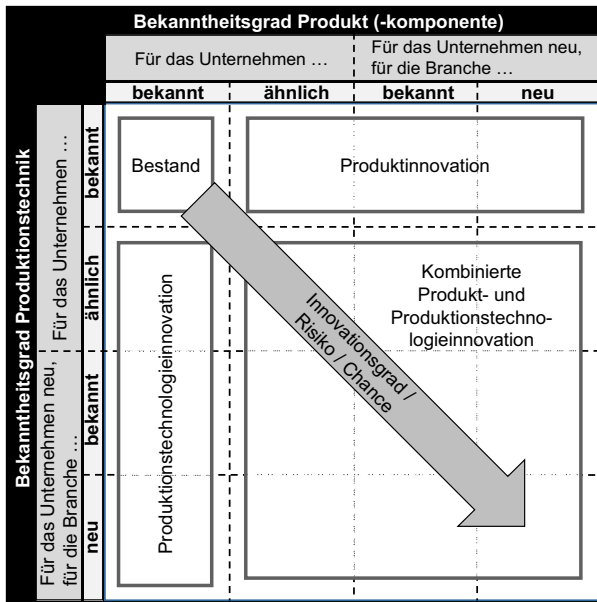


Abbildung 4-22: Systematisierung der Veränderungen in Produkt und Produktionstechnik

Die in den 16 Feldern abgebildeten Innovationskombinationen werden wie folgt charakterisiert: Die Kombination aus bekanntem Produkt und bekannter Produktionstechnik spiegelt das aktuelle Produktprogramm und die aktuelle Produktionstechnik wieder. Es findet, kleinere Optimierungsmaßnahmen ausgenommen, keine Innovation statt. Die Kombination aus bekannter Produktionstechnik und einem für das Unternehmen ähnlichen bis für die Branche neuen Produkt spiegelt den Fall der Produktinnovation wieder. Die Produktionstechnik, auf der die Produkte gefertigt werden, ist bereits im Unternehmen im Einsatz. Die Innovation liegt vollständig auf der Seite des Produktes. Ist das Produkt als bekannt eingestuft und die Produktionstechnik für das Unternehmen ähnlich bis für die Branche neu, liegt eine Produktionstechnologieinnovation vor. Das Produkt ist in diesem Fall unverändert, die zu betrachtende Veränderung wird rein von der Seite der Produktionstechnik aus getrieben. Alle weiteren Felder stellen eine kombinierte Produkt- und Produktionstechnologieinnovation dar. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Innovationsgrad der für die Leistungsplanung wichtigen Kombination aus Produkt und Produktionstechnik in dieser Grafik von links oben (keine Innovation) nach rechts unten (maximale Innovation) kontinuierlich zunimmt.

Abbildung 4-22 spiegelt über den Innovationsgrad hinausreichende Informationen wider. So steigen entsprechend der Zunahme des Innovationsgrades auch gleichzeitig die Chancen und das Risiko für den Unternehmer. Je weiter in Richtung für die Branche unbekannter Technologien das Unternehmen sich vorwagt, umso größer wird auch das Realisierungsrisiko. Gleichzeitig ist damit selbstverständlich auch die Chance verbunden, gegenüber den Wettbewerbern einen Vorsprung im Rennen um die Vorherrschaft am Markt zu erzielen. Die Grafik spiegelt somit auch die Strategie eines Unternehmens wider. Trägt man die aus dem erweiterten Technologiekalender ablesbaren Kombinationen aus Produkt und Produktionstechnik in die Systematik ein, zeigt sich, ob ein Unter-

nehmen hauptsächlich durch innovative Produkte einen Vorsprung am Markt erzielen will oder durch innovative Produktionstechnik eine herausragende Ressourcenbasis anstrebt, die wiederum Kunden anzieht.

Daraus lässt sich ableiten, dass die Innovationen in den einzelnen Abstufungen mit unterschiedlichen Fristigkeiten verbunden sind. Die Einführung neuer Technologien weist im Wesentlichen zwei markante Zeiträume auf. Zum einen ist dies der Zeitraum, der zur Einführung benötigt wird und zum anderen die Zeitspanne, die vergeht, bis die Neuerung eine Liquiditätswirkung in Bezug auf das Unternehmensergebnis erzielt. Die Frage nach der Umsetzungszeitspanne wird für die vorliegende Methode ausgeklammert, da sie nicht in Verbindung mit der Produktionsleistung steht, sie ist jedoch bei der Realisierung derartiger Projekte zwingend zu berücksichtigen.

Abschließend ist zudem festzuhalten, dass die Auswirkungen von Veränderungskombination auf unterschiedlichen Ebenen des Produktionssystems stattfinden. Während eine ähnliche Produktionstechnik eine Änderung auf Ebene der Maschinen und Anlagen darstellt, kann eine für das Unternehmen neue Produktionstechnik beispielsweise durch eine Integration von Verfahrensschritten ganze Produktionszellen oder -systeme verändern.

4.7 Verfahren zur Leistungsprognose

Nachdem das im erweiterten Technologiekalender entworfene Gesamtbild in handhabbare Einzelfälle für die Prognose zerlegt und diese entsprechend ihres Innovationsgrades systematisiert wurden, ist nun eine Prognose der künftig benötigten Produktionsleistung vorzunehmen. Für die einzelnen Perioden ist zu bestimmen, wie sich die in einem Technologie-Cluster anfallende Produktionsleistung entwickelt (vgl. Abbildung 4-23).

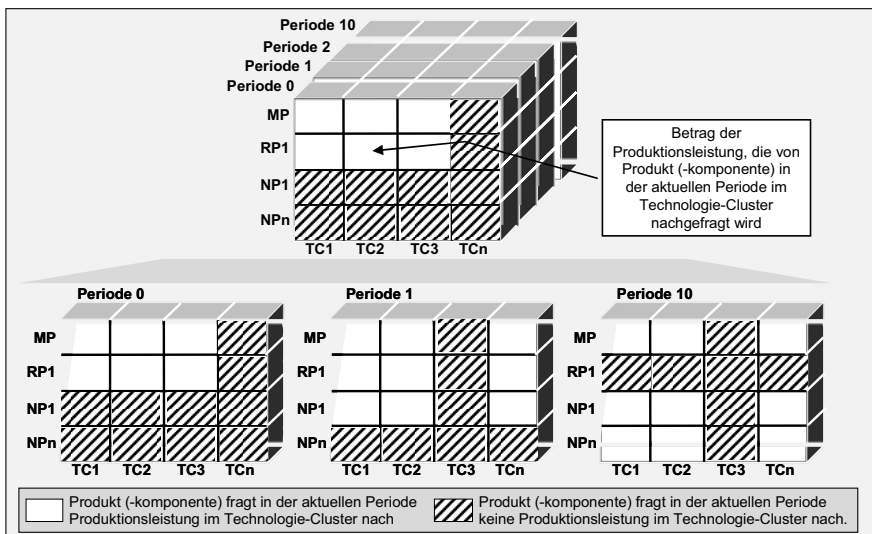


Abbildung 4-23: Bestimmung der nachgefragten Produktionsleistung je Produkt (-komponente), Technologie-Cluster und Periode

Wie in Kapitel 4.6.1 dargestellt, hängt diese Entwicklung von der Kombination aus Produkt und Produktionstechnik, die sich in einem zeitlichen Aufwand je Stück bzw. je Container widerspiegelt sowie von den beiden Faktoren Eigenfertigungstiefe und Mengengerüst ab. Die Informationen zur Entwicklung der Eigenfertigungstiefe lassen sich direkt aus dem erweiterten Technologiekalender ablesen. Ist ein Prozessschritt an einer Produktkomponente an einen Wertschöpfungspartner vergeben, fällt für den Zeitraum der Vergabe im eigenen Produktionssystem keine Produktionsleistung an.

Für Prozessschritte, die im eigenen Unternehmen durchgeführt werden, ist das Zusammenwirken der drei Faktoren Menge, Produkt und Produktionstechnik zu betrachten. Der Betrag der Produktionsleistung, die von einem Produkt bzw. einer Produktkomponente in einem Technologie-Cluster nachgefragt wird, ergibt sich aus einem zeitlichen Aufwand je Stück, der mit der Menge multipliziert wird. Die Entwicklung des Mengengerüsts kann direkt den als Input aufgenommenen Absatzprognosen entnommen werden. Der Aufwand je Stück ist jedoch einer Degression unterworfen, hervorgerufen durch Lern- und Erfahrungseffekte. Diese kontinuierlichen Veränderungen gilt es auf Grund der Langfristigkeit der Betrachtungen zu berücksichtigen, da sie zu einer erheblichen Reduzierung des Gesamtaufwands führen können (vgl. Abbildung 4-24). Es wird angenommen, dass kontinuierliche Veränderungen grundsätzlich über den gesamten Zeitraum hinweg stattfinden, in dem eine Produkt/Technologie-Cluster-Paarung aktiv ist. Der Zeitraum lässt sich der Tabelle zur Entflechtung der Einzelfälle (vgl. Abbildung 4-20) entnehmen.

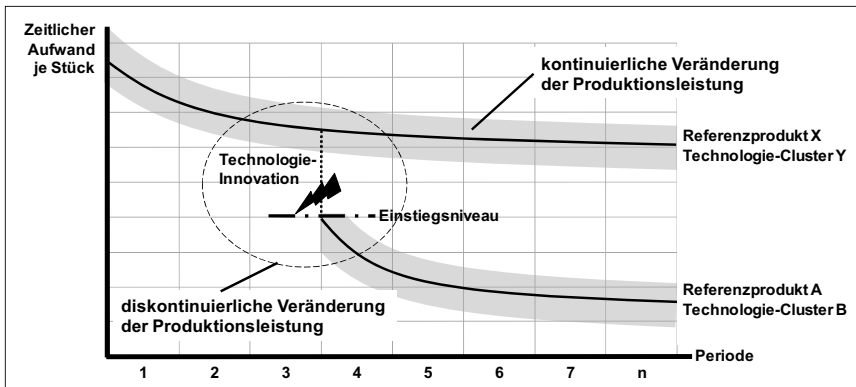


Abbildung 4-24: Effekt kontinuierlicher und diskontinuierlicher Veränderungen auf den zeitlichen Fertigungsaufwand je Stück

Eine weitere Herausforderung für die Prognose stellen die diskontinuierlichen Veränderungen in Produkten und Produktionstechnik dar. Hervorgerufen durch Technologie-Innovationen, kommt es zu Technologie-Sprüngen auf beiden Seiten. Derartige sprunghafte Veränderungen werden im erweiterten Technologiekalender durch neue Produkte und Technologie-Cluster abgebildet, da sie technologisch auf einem nicht mehr mit ihren Vorgängern vergleichbaren Niveau sind. Mit der Verschiebung des technologischen Niveaus verändert sich auch der zeitliche Aufwand je Stück (vgl. Abbildung 4-24). Für diese neuen Kombinationen aus Produkt und Produktionstechnik existieren jedoch auf Grund ihrer Neuheit in der Ausgangssituation zunächst keine Vergleichswerte. Diskontinuierliche Veränderungen sind sämtliche Veränderungen, die in der Systematisierung nicht in das

Feld bekannter Produkt (-komponente) und bekannter Produktionstechnik eingetragen werden können, da stets mindestens ein Partner (Produkt oder Produktionstechnik) eine Technologie-Innovation beinhaltet. Die Auswirkung der Verschiebungen des technologischen Niveaus auf den zeitlichen Aufwand je Stück, also das Einstiegsniveau, ist zu ermitteln.

Somit sind für die Prognose der künftig benötigten Produktionsleistung zwei wesentliche Aspekte zu berücksichtigen. Zum einen die durch einen Technologie-Sprung hervorgerufene sprunghafte Veränderung der Produktionsleistung und zum anderen die über die Zeit auftretende und durch Lern- und Erfahrungseffekte bedingte kontinuierliche Reduktion der Produktionsleistung. In den folgenden Unterkapiteln werden hierfür fallspezifische Lösungen erarbeitet, die auf der in Kapitel 4.6.4 entwickelten Systematisierung aufbauen.

4.7.1 Bestimmung diskontinuierlicher Leistungsveränderungen

Diskontinuierliche Entwicklungen in Produkt und Produktionstechnologien sind gleichbedeutend mit einem Technologie-Sprung. Damit sind sie in der in Kapitel 4.6.4 entwickelten Systematisierung künftiger Veränderungen mit Ausnahme der Kombination aus bekanntem Produkt und bekannter Produktionstechnik in allen Feldern der Matrix anzutreffen. Sie beschreiben dabei zwei Fälle, die im Unternehmen auftreten können. Zum einen beschreiben sie den Fall, der gleich gesetzt werden kann mit einer Ersatzinvestition. Eine Technologie wird hierbei durch eine neue ersetzt und es entsteht die Frage, wie sich die Differenz der Leistungsfähigkeit von alter und neuer Technik auf den zeitlichen Aufwand je Stück auswirkt. Andererseits umfassen diskontinuierliche Veränderungen auch den Fall, dass Technologien eingesetzt werden, die keinen Vorgänger im Unternehmen haben. Damit fehlt die Vergleichsbasis im Unternehmen und die Durchführung einer Prognose des zeitlichen Aufwands je Stück ist deutlich schwieriger. Ein Prognoseverfahren, das die Höhe dieser diskontinuierlichen Leistungsveränderung bestimmen soll, hat die eben beschriebenen Umstände zu berücksichtigen. Ferner sind weitere Punkte wie beispielsweise der Innovationsgrad (System- oder Komponenteninnovation) zu berücksichtigen.

Bereits hier wird deutlich, dass es nicht *ein* Verfahren geben kann, das all diese Aspekte berücksichtigt. Vielmehr sind mehrere, auf unterschiedliche Anwendungsfälle zugeschnittene Grundverfahren erforderlich. Ausgangspunkt für diese fallbasierte Auswahl des Prognoseverfahrens stellt die Systematisierung künftiger Entwicklungen dar. Den einzelnen Feldern der Matrix wird ein Verfahren zugeordnet, das eine Bestimmung des zeitlichen Aufwandes für neue Produkt-Produktionstechnik-Kombinationen ermöglicht.

Die folgende Grafik Abbildung 4-25 zeigt das vorweggenommene Ergebnis im Überblick. Dargestellt ist der Grundcharakter der Prognoseverfahren in den einzelnen Feldern der Systematik.

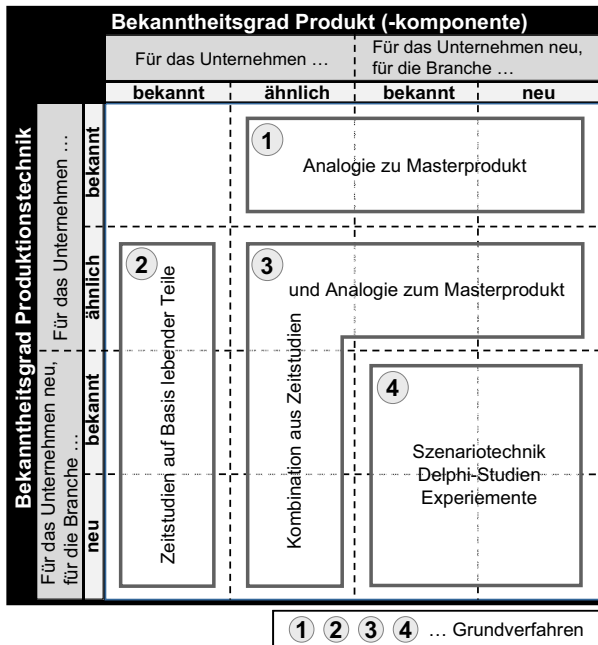


Abbildung 4-25: Übersicht der Grundverfahren zur Bestimmung der Auswirkung diskontinuierlicher Veränderungen in Bezug auf die Produktionsleistung

Die Analyse bestehender Vorgehensweisen und die Arbeit an der Entwicklung der Verfahren haben gezeigt, dass sich vier Grundverfahren ableiten lassen. Die Grundverfahren eins und zwei beschreiben dabei Vorgehensweisen, die angewendet werden, wenn entweder das Produkt oder die Produktionstechnik keinen diskontinuierlichen Entwicklungen unterworfen ist. Das Grundverfahren drei geht davon aus, dass sowohl das Produkt als auch die Produktionstechnik sich sprunghaft verändern, mindestens einer der beiden Parameter sich jedoch nur in den Grenzen des im Unternehmen vorhandenen Know-hows weiterentwickelt. Das vierte Grundverfahren berücksichtigt darüber hinausgehend alle Fälle, bei denen sich sowohl das Produkt als auch die Produktionstechnik in einem Rahmen ändern, der über das im Unternehmen vorhandene Know-how hinausgeht. Die Herleitung der Grundverfahren sowie deren Anwendung wird in Kapitel 4.7.1.1 bis 4.7.1.4 näher beschrieben. Kapitel 4.7.1.5 beschreibt ferner ein Vorgehen, das die meist auf Expertenwissen basierenden Prognosen methodisch unterstützt.

4.7.1.1 Grundverfahren 1

Der Anwendungsfall des ersten Grundverfahrens ist der einer gleich bleibenden Produktionstechnik und eines sich auf Grund einer Technologie-Innovation diskontinuierlich entwickelnden Produkts. Die diskontinuierliche Entwicklung des Produkts umfasst dabei drei Abstufungen:

1. Das Produkt bzw. die Produktkomponente und die darin eingesetzte System- und Komponententechnologie werden ausgehend von bestehenden Produkten weiterentwickelt. Dies ist im Zuge einer Modellpflege oder einer Überarbeitung von Produkten der Fall.
2. Das Produkt bzw. die Produktkomponente stellen ein für das Unternehmen neues technisches System dar, das teils oder ganz auf für das Unternehmen noch unbekannten System- und Komponententechnologien basiert. Dieser Fall ist gleich zu setzen mit einer Erweiterung des Produktprogramms oder einer radikalen Überarbeitung von Produkten.
3. Fall drei unterscheidet sich vom vorangegangenen Fall lediglich durch den Innovationsgrad. Das zur Umsetzung des neuen Produkts bzw. der neuen Produktkomponente notwendige Know-how ist nicht im Unternehmen und nicht in der Branche verfügbar. Es muss folglich gänzlich vom Unternehmen selbst entwickelt werden.

In Bezug auf die Prognose der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung ergibt sich damit das Bild, dass das Produkt unterschiedlich starken Weiterentwicklungen unterworfen ist, während die Produktionstechnik dieselbe bleibt. Die Leistungsfähigkeit der Produktionstechnik ist damit bekannt, während die Leistungsnachfrage durch das Produkt noch unbekannt ist. Für eine Prognose der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung ist somit zu ermitteln, wie hoch die Leistungsnachfrage des Produkts (Intensität der Bearbeitungsaufgabe) ist.

Für bereits sehr detaillierte Produktkonzepte, wie sie im Fall der ersten Abstufung vorliegen, eignen sich einschlägige digitale Werkzeuge zur Bearbeitungssimulation. Unter Zuhilfenahme eines digitalen Abbildes von Produkt und Produktionstechnik kann der zeitliche Aufwand präzise ermittelt werden. Führt man dieses Verfahren über das gesamte neue Produktprogramm hinweg durch, ist mit einem hohen zeitlichen und finanziellen Aufwand zu rechnen. Da es sich bei der strategischen Leistungsplanung um ein langfristig orientiertes Verfahren handelt, ist vorrangig mit Fällen der Abstufung 2 und 3 zu rechnen, in denen die präzisen Informationen, die dieses Verfahren als Input erfordert, nicht vorhanden sind. Eine absolute Prognose über die Höhe der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung wird damit unmöglich. Es ist somit ein Verfahren zu wählen, das den im strategischen Zeithorizont vorliegenden Informationen gerecht wird.

Aus diesem Grund besser geeignet ist die Technologie-Prognose mittels Bildung von Analogien (vgl. Kapitel 3.2.6.2). Die damit ermöglichte relative Prognose nutzt an dieser Stelle alle verfügbaren Informationen über neue Produkte und setzt diese im Zuge einer qualifizierten Expertenschätzung über die Analogie zu einem bestehenden Produkt in ein Ergebnis um. Auf Grund des langfristigen Zeithorizonts ist davon auszugehen, dass die Prognosegüte unter dem Umstand einer doch im weitesten Sinne subjektiven Expertenschätzung nicht leidet. Eine zu analytische Lösung würde an dieser Stelle eine Scheingenauigkeit erzeugen, da die Informationen, auf denen sie beruht, vom Grundsatz her vage sind und ebenfalls auf subjektiv erzeugten Zukunftsbildern beruhen.

Um eine derartige analogiebasierte Prognose der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung vornehmen zu können, ist zunächst eine Bezugsgröße zu wählen, mit der die neuen Produkte bzw. Produktkomponenten verglichen werden. Unter der Summe aller Referenzprodukte wird hierzu ein **Masterprodukt** (MP) bestimmt. Damit es eine sinnvolle und belastbare Bezugsgröße darstellen kann, hat das Masterprodukt folgende Eigenschaften zu erfüllen:

- Es wird bereits seit geraumer Zeit vom Unternehmen produziert, d.h. umfangreiches Wissen und Erfahrungen in der Herstellung des Produkts sind vorhanden.

- Dadurch ist es in allen Prozessschritten bestens beherrscht, d.h. die größten Degressions-effekte, die durch die Lern- und Erfahrungskurve beschrieben werden, wurden bereits nutzbar gemacht.
- Das Produkt ist noch über einen längeren Zeitraum Teil des Produktprogramms.

In der Regel handelt es dabei um ein Standardprodukt, das in großen Stückzahlen hergestellt wird. Nicht selten sind ausgehend von diesem Produkt weitere Produkte und Produktlinien entwickelt worden, die in der Summe das aktuelle Produktprogramm ergeben.

Nach der Ermittlung des Masterprodukts ist die Analogiebildung für die neu zu bewertenden Produkte vorzunehmen. Der zeitliche Aufwand für die Bearbeitung bzw. Montage des Masterprodukts in den einzelnen Technologie-Clustern wird hierfür zunächst auf den Wert 1 normiert. Für alle Neuprodukte wird in der Folge in einer Expertenbefragung ermittelt, um wie viel zeitintensiver oder weniger zeitintensiv als das Masterprodukt es in Bezug auf das einzelne Technologie-Cluster eingeschätzt wird. Ergebnis ist eine Vergleichsmatrix, wie sie in Abbildung 4-26 dargestellt ist.

Produkt Name	Prozessschritt			
	P1	P2	P3	
	Technologie - Cluster			
	TC ₁	TC ₂	TC ₃	TC _n
Masterprodukt MP = RP _x	1	1	1	1
NP ₁	1,2	1,5	1,2	1
NP ₂	0,5	1,2	0,8	0,8
NP ₃	2,5	2,8	3	2

Abbildung 4-26: Vergleichsmatrix zur Bestimmung diskontinuierlicher Leistungsveränderungen, hervorgerufen durch eine Änderung des Produkts (Beispiel)

Die in den einzelnen Feldern ermittelten normierten Vergleichswerte lassen sich durch Multiplikation mit dem aus der Ausgangssituation gewonnen zeitlichen Aufwand des Masterprodukts an dieser Stelle in den zeitlichen Aufwand für das Neuprodukt umrechnen. Es ist ferner sinnvoll, bei der Analogiebildung für jedes Technologie-Cluster den Wert für Bearbeiten und Rüsten zu unterscheiden. Nicht immer wirken sich die an einem Neuprodukt geänderten Merkmale auf beide Faktoren gleich aus. Oft bleibt beispielsweise der Rüstaufwand von Änderungen unberührt.

Da die Bildung von Analogien auf subjektiven Einschätzungen der Beteiligten basiert, ist so weit es geht eine Objektivierung des Bestimmungsprozesses zu unterstützen. Sind hierbei komplexere Zusammenhänge zu bewerten, kann eine Vorgehensweise helfen, die neben einer gewissen Objektivität auch den analytischen Gedanken mit berücksichtigt. Die Methode des Vernetzten Denkens (vgl. Kapitel 3.1.3) wird diesen zusätzlichen Anforderungen gerecht. In einer Detaillierung des in Kapitel 4.6.1 dargestellten Kausalmodells der Produktionsleistung kann die Methode helfen, ein Verständnis für die Wirkung einzelner Veränderungen auf den zeitlichen Aufwand zu entwickeln. Da die Methode in allen vier Grundverfahren zur Bestimmung der Auswirkungen diskontinuierlicher Entwicklungen unterstützend wirken kann, sie aber keine Voraussetzung für deren Anwendung darstellt, wird sie im Anschluss an die Vorstellung der Grundverfahren in Kapitel 4.7.1.5 beschrieben.

4.7.1.2 Grundverfahren 2

Das zweite Grundverfahren befasst sich mit dem Fall eines bekannten Produkts und einer neuen Produktionstechnik, die so im Unternehmen noch nicht betrieben wird. Die Technologie-Innovation auf Seiten der Produktionstechnik kann im Regelfall mit einer Ersatz- oder Erweiterungsinvestition gleich gesetzt werden. Die diskontinuierliche Entwicklung der Produktionstechnik umfasst somit drei verschiedene Abstufungen:

1. Eine Produktionstechnik wird im Zuge einer Ersatz- oder Erweiterungsinvestition so verändert, dass sie mit den ursprünglich in diesem Prozessschritt zum Einsatz kommenden Maschinen und Anlagen nicht mehr vergleichbar ist und somit nicht mehr demselben Technologie-Cluster zugeordnet werden kann. Die Technologie-Innovationen beschränken sich jedoch auf einige wenige Komponenten des technischen Systems. Die Systemtechnologie bleibt weitestgehend gleich, sodass von einer „ähnlichen“ Produktionstechnik gesprochen werden kann.
2. Ist die Technologie-Strategie eines Unternehmens offensiver, werden im Zuge von Ersatz- oder Erweiterungsinvestitionen bestehende Wege verlassen und vom Grundsatz her für das Unternehmen neue Produktionstechniken und -technologien in Betracht gezogen. Im Unternehmen ist noch kein Know-how in Bezug auf den Umgang mit diesen Technologien vorhanden. Die Branche dagegen hat sich bereits mit diesen Themen beschäftigt, so dass davon auszugehen ist, dass bei den Anlagenherstellern bereits Know-how über den Einsatz im vorliegenden Anwendungsfall vorliegt.
3. Die dritte Abstufung stellen Spezialmaschinen oder neue Bearbeitungs- oder Montageverfahren dar. Hierzu existiert weder im eigenen Unternehmen noch in der Branche breites Know-how. In der Regel bauen solche Entwicklungen auf neuen Erkenntnissen aus dem Bereich der Forschung und Entwicklung auf. Die Umsetzung der Erkenntnisse treibt das Unternehmen in der Regel gemeinsam mit dem Anlagenhersteller voran.

In Bezug auf die Prognose der durch diese Entwicklungen hervorgerufenen diskontinuierlichen Leistungsentwicklung ergibt sich damit das folgende Bild: Das Produkt und somit auch die von der Produktionstechnik zu lösende Aufgabe bleiben im Wesentlichen gleich. Unterschiedliche Innovationsgrade der Produktionstechnik dagegen führen zu einer diskontinuierlichen Entwicklung der Produktionsleistung. Die Prozesskette kann ebenfalls als weitestgehend konstant angenommen werden, es sei denn, die neue Produktionstechnik integriert mehrere Prozessschritte oder macht weitere Prozessschritte (beispielsweise durch eine höhere Präzision) überflüssig.

Da das Produkt den konstanten Faktor in dieser Kombination darstellt, kann eine Prognose über den zeitlichen Aufwand zu dessen Bearbeitung auf ihm aufbauen. Das notwendige Expertenwissen ist an dieser Stelle auf das Unternehmen selbst (Produkt) und den Anlagenhersteller (Produktionstechnik) verteilt.

Für die Abstufungen eins und zwei bietet der Anlagenhersteller dem Unternehmen in der Regel eine Lösung in Form von standardisierter und katalogisierter Produktionstechnik an. Das bedeutet, dass die Anlagen, die das Unternehmen einzusetzen gedenkt, bis auf einige wenige Ausstattungsdetails mit bereits existierenden Anlagen übereinstimmen. Diesen Umstand machen sich die Unternehmen im Angebotsprozess zunutze. Sie fordern von den Anlagenherstellern sog. Zeitstudien, die belegen müssen, dass die im Vorfeld zugesicherten Leistungsdaten auch realistisch sind. Dazu wird dem Anlagenhersteller eine Charge der Produkte bzw. Produktkomponenten, die später auf

der Anlage gefertigt oder montiert werden sollen, sog. „lebende Teile“, bereitgestellt. Anhand dieser lebenden Teile muss der Anlagenhersteller nachweisen, dass die Bearbeitung bzw. Montage in der von ihm angegebenen Zeit erfolgen kann. Für die Prognose der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung bedeutet dies, dass die Informationen über den zeitlichen Aufwand zur Bearbeitung bzw. Montage bestehender Produkte auf neuer Produktionstechnik dem Unternehmen mit der Anlage zusammen vom Anlagenhersteller geliefert werden.

Für die dritte Abstufung ist diese Aussage zu relativieren. Hier bringt das Produkt eine Vielzahl der Anforderungen mit, auf deren Basis der Anlagenhersteller die Produktionstechnik und die zum Einsatz kommenden Technologien entwickelt. In der Regel werden hierzu neue und bestehende Technologien miteinander verknüpft. Es entsteht ein technisches System, das so noch nie existiert hat. In der Regel werden hier auch Prozessintegrationen vorgenommen. Die Prognose über den zeitlichen Aufwand zur Bearbeitung der Teile kann, zumindest in der Konzeptphase der Anlage, folglich nicht dem Anlagenhersteller alleine überlassen werden. Eine Kombination aus Produkt und Prozesswissen ist hierfür erforderlich. Folglich sollte bei der Prognose des zeitlichen Aufwandes zur Bearbeitung der Teile in einem Expertenkreis beider Seiten auf Kreativitätstechniken zurückgegriffen werden.

Die Qualität der Ergebnisse, die bei diesem Grundverfahren zu erwarten sind, ist auf Grund der Realitätsnähe von Abstufung eins und zwei als sehr gut einschätzen. Für Abstufung drei ist davon auszugehen, dass die Qualität der Prognose ebenfalls ausreichend genau das Ergebnis im späteren Betrieb widerspiegelt. Dies ist zu erwarten, da der zeitliche Aufwand zur Bearbeitung der Teile in der Regel in einer Expertenrunde im Vorfeld der Realisierung der Anlage ermittelt wurde.

4.7.1.3 Grundverfahren 3

Entgegen der bisher beschriebenen ist das dritte Grundverfahren dadurch gekennzeichnet, dass sowohl das Produkt als auch die Produktionstechnik durch Technologie-Innovationen verändert werden. Die Innovationen beschränken sich jedoch bei zumindest einem Parameter auf Komponenten-Innovationen, sodass hier noch von einem ähnlichen Produkt bzw. einer ähnlichen Produktionstechnik gesprochen werden kann und das zugehörige Know-how im Unternehmen vorhanden ist. Anzutreffen ist eine solche Kombination dann, wenn im Zuge eines Modellwechsels oder der Neueinführung einer verwandten Produktlinie die Produktionstechnik modernisiert oder erweitert wird.

Die zu Beginn von Kapitel 4.7.1 dargestellte Abbildung 4-25 zeigt, dass die Abstufungen dieses Grundverfahrens sich mit denen bereits in den Kapiteln 4.7.1.1 und 4.7.1.2 erläuterten decken. Je nachdem, ob der Innovationsgrad auf Seiten des Produkts oder der Produktionstechnik größer ist, lehnt sich die Abstufung an das Produkt oder die Produktionstechnik an.

Zur Prognose des zeitlichen Aufwands der Bearbeitung und damit der diskontinuierlichen Entwicklung der Produktionsleistung kommt eine Kombination der beiden vorangegangenen Grundverfahren zum Einsatz. Da einer der beiden Partner nur im geringen Rahmen modifiziert wird und somit als ähnlich beschrieben werden kann, stellt er noch eine ausreichend belastbare Vergleichsgrundlage dar.

Das Vorgehen zur Prognose gestaltet sich folglich zweistufig. Zunächst ist über Zeitstudien für die neue Produktionstechnik ein Referenzwert für das im Vorfeld bestimmte Masterprodukt (vgl. Kapi-

tel 4.7.1.1) zu ermitteln. Anschließend ist zwischen dem Masterprodukt und dem Neuprodukt mittels Analogiebildung der Wert für den zeitlichen Aufwand für die Bearbeitung zu bestimmen.

Das dritte Grundverfahren verbindet folglich zwei teils subjektive Verfahren miteinander. Unter der Annahme, dass die bereits mehrfach erwähnten Maßnahmen zur Objektivierung der Ergebnisse zur Anwendung kommen, kann jedoch davon ausgegangen werden, dass auch die Kombination der Verfahren noch aussagekräftige Ergebnisse liefert. In den entscheidungstheoretischen Grundlagen können die skizzierten Entwicklungen noch mit einer Entscheidung unter Risiko beschrieben werden. Zur Abbildung der Unsicherheit kann sowohl für das Produkt als auch für die Produktionstechnik mit Wertebereichen statt einzelnen Werten gearbeitet werden.

4.7.1.4 Grundverfahren 4

Der vierte Grundfall zur Prognose diskontinuierlicher Leistungsveränderungen ist durch einen sehr hohen Innovationsgrad auf Seiten von Produkt und Produktionstechnik charakterisiert. Das Wissen zur Umsetzung beider Partner ist nicht im Unternehmen vorhanden. Damit fällt die diskontinuierliche Entwicklung entsprechend umfangreich aus.

Der Grundfall ist in der Praxis vor allem dann anzutreffen, wenn ein Unternehmen eine Pionierstrategie auf dem Feld der Technologien verfolgt. Es hofft, Wettbewerbsvorteile aus einem technologisch einzigartigen Produktprogramm zu ziehen. Gleichzeitig oder bedingt dadurch ist eine einzigartige Ressourcenausstattung auf Seiten der Produktionstechnik notwendig. Diese Einzigartigkeit macht es schwierig, eine Aussage über den zeitlichen Aufwand der Bearbeitung zu treffen.

Im Sinne der entscheidungstheoretischen Grundlagen handelt es sich hier um eine Entscheidung unter Unsicherheit. Da auf beiden Seiten nur wenig konkrete Informationen zur Verfügung stehen, ist das Bild, das sich dem Betrachter aus heutiger Sicht liefert, nicht eine einzelne Kombination aus Produkt und Produktionstechnik, sondern ein Feld möglicher Kombinationen. Die Anzahl der möglichen Kombinationen aus Produktgestalt und Aufbau der Produktionstechnik ist unter Umständen sehr groß. Die Frage, welche der Kombinationen letztendlich zum Zuge kommt, ist abhängig von der Zeitspanne, die bis zur Umsetzung vergeht. Ist eine zeitnahe Umsetzung vorgesehen, ist sehr schnell eine Kombination zu priorisieren und auszuarbeiten. Die Bewertung der alternativen Kombinationen erfolgt dabei nach aktuell relevanten Kriterien. Liegt der Zeitpunkt der Umsetzung jedoch weiter in der Zukunft, ist nicht klar, welche der möglichen Kombinationen sich durchsetzen wird. Die Entwicklung der Kombinationen ist getrieben durch Entwicklungen im Makroumfeld des Unternehmens. Eine Bewertung der Alternativen ist ferner nach Kriterien vorzunehmen, die die Situation des Unternehmens zum Zeitpunkt der Umsetzung kennzeichnen. Aus diesem Grund ist im hier vorliegenden Fall auf ein Prognoseverfahren zu setzen, das den diffusen Charakter des Grundfalls berücksichtigt. Hierzu eignet sich die Szenariotechnik bestens (vgl. Kapitel 3.1.3). Die Bündelung alternativer Kombinationen zu Szenarien hilft, sich ein Bild von der Zukunft und den möglichen Kombinationen aus Produkt und Produktionstechnik zu machen. Es kann damit zumindest grob abgebildet werden, welche Ausprägungen die jeweilige Kombination besitzt.

Eine Prognose des zeitlichen Aufwands der Bearbeitung fällt an dieser Stelle entsprechend schwer. Eine rein subjektive Abschätzung ist hier auf Grund des Neuheitsgrades der Technologie-Innovationen nicht im Geringsten tragfähig und von daher auszuschließen. Einzig ein Ansatz, der versucht, die aus den Szenarien verfügbaren Informationen zu interpretieren und in Beziehung zur Produktionsleistung zu setzen, ist an dieser Stelle sinnvoll. Auch hier empfiehlt sich deshalb der Einsatz von Vernetztem Denken. Eine Vorgehensweise, die für alle vier Grundfälle beschreibt, wie

mit System Dynamics die Prognosegüte verbessert werden kann, ist im folgenden Kapitel dargestellt.

4.7.1.5 Unterstützung durch Vernetztes Denken

Das Problem der zwar durch Expertenunterstützung objektivierten, dennoch subjektiven Ergebnisse bei der Bestimmung der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung wurde bereits angesprochen. Ebenfalls wurde die Methode des Vernetzten Denkens (vgl. Kapitel 3.1.3) bereits als eine Möglichkeit zur weiteren Objektivierung der Ergebnisse postuliert. Das folgende Kapitel stellt im Einzelnen dar, wie eine Objektivierung durch Anwendung dieser Methode erzielt werden kann.

Das Grundproblem bei der Prognose der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung ist die Bewertung der Auswirkung von Technologie-Innovationen auf den zeitlichen Aufwand je Stück. Im Allgemeinen werden hierzu Schätzverfahren angewandt, die jedoch als wenig objektiv anzusehen sind. Ferner werden zur Bestimmung von Vorgabezeiten wie im Stand der Technik beschrieben auch Simulations- und Analysemethoden eingesetzt, die jedoch auf Grund des hohen Aufwands und des hohen Detaillierungsgrades der benötigten Informationen für eine strategische Planung weitgehend ungeeignet sind.

Um die Expertenschätzung des zukünftigen Aufwands je Stück zu unterstützen, wird mit System Dynamics eine Vorgehensweise angeboten, mit der die kausalen Wirkzusammenhänge zwischen Produkt und Produktionstechnik und der diskontinuierlichen Entwicklung der Produktionsleistung bestimmt werden können. Ausgangspunkt für die Beschreibung der Wirkzusammenhänge ist die Auswahl der Kriterien, deren Ausgestaltung oder Veränderung in Bezug zur diskontinuierlichen Entwicklung der Produktionsleistung gesetzt werden soll. Hier wird auf die Kriterien der eingangs entwickelten Partialmodelle für Produkt und Technik (vgl. Kapitel 4.3.1 & 4.3.2) zurückgegriffen. Für die Ausprägungen dieser Kriterien wurden sowohl im Zuge der Erfassung der Ausgangssituation als auch im Forecast bei der Beschreibung der künftigen Veränderungen die dazugehörigen Werte ermittelt. Sie beschreiben somit, wie Produkte und Produktionstechnik der Zukunft gestaltet sind und liefern zudem eine Vergleichsgrundlage durch die Beschreibung der aktuellen Situation. Je nach Detaillierungsgrad der verfügbaren Informationen kann auf die unterschiedlichen Ebenen im Produkt- wie im Technikmodell zurückgegriffen werden. Kriterien, die sich auf eine gesamtheitliche Beschreibung der eingesetzten Technologien beziehen, sind in den Partialmodellen ebenso berücksichtigt wie Kriterien, die einzelne Technologie- oder Technik-Aspekte im Detail beschreiben.

Zur Ermittlung der Kausalzusammenhänge zwischen Produkt, Produktionstechnik und der Produktionsleistung werden die beiden Parameter den Zeitanteilen der Produktionsleistung in einer Einflussmatrix gegenüber gestellt (vgl. Abbildung 4-27).

Die Spalten der Einflussmatrix zeigen die auf einzelne Tätigkeiten heruntergebrochenen Zeitanteile der Produktionsleistung. In den Zeilen sind die Kriterien des Produkt- sowie des Technikmodells der strategischen Leistungsplanung abgetragen. Im Kreuzungspunkt wird für jede Paarung aus Produkt- bzw. Technik-Kriterium und Zeitanteil der Produktionsleistung ermittelt, wie stark der zu erwartende Einfluss des Kriteriums auf die Produktionsleistung ist.

		Produktionsleistung									Intensität Kriterium Produkt / Produktionstechnik	
		Rüstanteil				Bearbeitungsanteil						
		Bereitstellen Information	Zuführen Werkzeuge vor Prozess	Zuführen Teile vor Prozess	Spannen	Zuführen Werkzeuge im Prozess	Zuführen Teile im Prozess	Positionieren	Bearbeiten	Prüfen		Ausführen Information
Kriterien Produktmodell	Struktur	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
	Geometrie	0	0	1	1	0	1	3	3	1	1	11
	Werkstoff	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	6
	Abmessungen	0	0	1	1	0	1	2	3	1	1	10
	Gewicht	0	0	2	0	0	2	1	0	0	0	5
	Genauigkeit	0	0	0	2	0	0	2	3	2	0	9
	Oberfläche	0	0	0	2	0	0	2	3	0	0	7
Kriterien Technikmodell	Gestell	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	6
	Steuerungssystem	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
	Bestückungssystem	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
	Werkzeugwechselsystem	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
	Spann- & Positioniersystem	0	0	0	3	0	0	3	0	0	0	6
	Bearbeitungssystem	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	4
	Prüfsystem	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	4
Intensität Anteil Produktionsleistung		1	1	5	10	1	5	16	21	8	5	
0 = kein Einfluss; 1 = schwacher Einfluss; 2 = starker Einfluss; 3 = sehr starker Einfluss												

Abbildung 4-27: Einflussmatrix zur Ermittlung der Kausalzusammenhänge (Beispiel)

Summiert man die Werte zeilen- und spaltenweise auf, erhält man Aufschluss zum einen über die Intensität der beeinflussenden Kriterien und zum anderen über die Intensität, mit der die Anteile der Produktionsleistung beeinflusst werden. Hiermit lassen sich diejenigen Kriterien im Produkt und Technikmodell ermitteln, die den zeitlichen Aufwand je Stück am meisten beeinflussen. Zudem wird erkennbar, an welchen zeitlichen Anteilen der Produktionsleistung diese Veränderungen am stärksten wirken. Für die weitere Betrachtung sind nur die Kriterien und Zeitanteile näher zu betrachten, deren Intensität im Sinne von beeinflussen und beeinflusst werden am höchsten ist.

Wie bereits angesprochen, kann auf Grund der hohen Individualität von Produkten und Produktionstechnik im Vorfeld keine generische Aussage zu kausalen Zusammenhängen zwischen den beiden Faktoren und dem Einfluss auf die Produktionsleistung getroffen werden. Aus diesem Grund müssen sie für jede diskontinuierliche Entwicklung neu bestimmt werden.

Im Gegensatz zu einem Pauschalurteil, das eine Aussage über die Beeinflussung der Produktionsleistung auf Ebene der technischen Gesamtsysteme trifft, wird durch die Darstellung der Beeinflussung der Produktionsleistung durch einzelne Technologien klar, wo starke und wo eher schwache Auswirkungen durch neue oder veränderte Konzepte zu erwarten sind. Zur Verdeutlichung der Kausalzusammenhänge werden die Informationen in einem Kausaldiagramm zusammengeführt. Beispielhaft ist dies in der folgenden Abbildung 4-29 dargestellt.

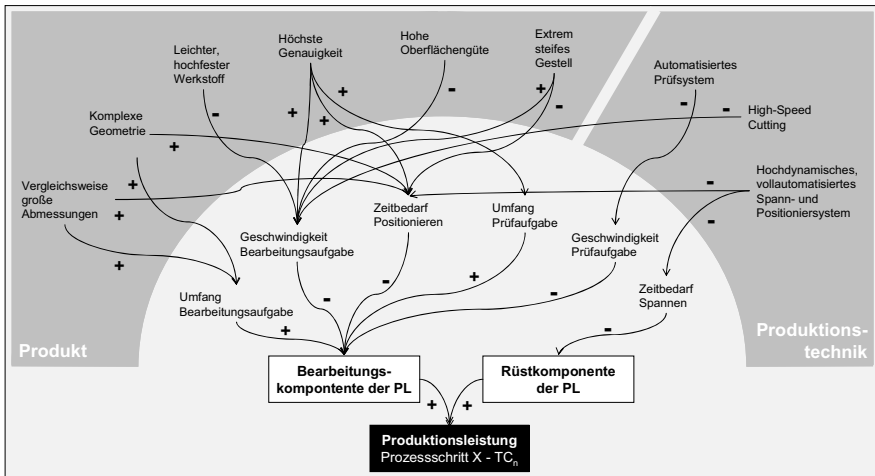


Abbildung 4-28: Kausaldiagramm zu Bestimmung diskontinuierlicher Entwicklungen der Produktionsleistung (Beispiel)

Zur Erstellung des Kausaldiagramms werden die in der Einflussmatrix aufgelisteten Kriterien von Produkt- und Technikmodell die für diesen Einzelfall zutreffenden Ausprägungen beschrieben. Die Ausprägungen, die das betrachtete Produkt oder die betrachtete Produktionstechnik kennzeichnen, verdeutlichen, in welche Richtung sich das Kriterium im aktuellen Fall entwickelt. Die Auswirkungen dieser Entwicklung werden anschließend auf die Zeitanteile der Produktionsleistung bezogen. Es wird dargestellt, ob sie den Zeitbedarf erhöhen oder verringern. Bei einigen Zeitanteilen kann es sinnvoll sein, diesen in Umfang und Geschwindigkeit aufzuspalten, mit der die jeweilige Aufgabe erledigt wird. Besonders bei den Zeitanteilen der Bearbeitung und des Positionierens ist dies auf Grund der hohen Bedeutung sinnvoll.

Das Ergebnis der Ermittlung der kausalen Zusammenhänge ist ein tieferes Verständnis über die Faktoren, die einen Einfluss auf die Produktionsleistung haben. Es sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen, dass die ermittelten Zusammenhänge zunächst qualitativer Natur sind. Die Bestimmung der quantitativen Zusammenhänge und des ebenfalls quantitativen Ergebnisses, das sich in einem zeitlichen Aufwand je Stück ausdrückt, wird weiterhin von den im Prozess beteiligten Experten vorgenommen.

4.7.2 Bestimmung kontinuierlicher Leistungsveränderungen

Neben den diskontinuierlichen Entwicklungen sind auf Grund des langfristigen Zeithorizontes auch die Wirkungen kontinuierlicher Entwicklungen auf die Produktionsleistung für die Leistungsprognose

zu berücksichtigen. Hierbei geht es im Wesentlichen um Lern- und Erfahrungseffekte, die über die kumulierte gefertigte Stückzahl zu einer Reduzierung des zeitlichen Aufwandes je Stück führen.

Die Grundlagen dieser Effekte sind im Wesentlichen beschrieben durch organisationales Lernen und die Theorie der Lern- und Erfahrungskurve (vgl. Kapitel 3.2.6.2). Die Praxis hat gezeigt, dass die Bestimmung der Faktoren, die zur Berechnung der Lern- und Erfahrungskurve notwendig sind, sehr aufwändig ist und vielfach auf Schätzungen beruht. Die Theorie der Lern- und Erfahrungskurve gilt zudem hauptsächlich für die Massen- und Großserienproduktion. Eine Anwendung auf die Serienfertigung im Mittelstand ist auch auf Grund der geringen Wiederholraten daher nicht direkt möglich. Auf Grund der vielen Unsicherheiten würde hier eine Scheingenauigkeit erzeugt.

Die Berücksichtigung von Lern- und Erfahrungseffekten ist dennoch notwendig. Aus diesem Grund wird in der Folge eine vereinfachte Vorgehensweise zur Bestimmung der durch die kontinuierliche Entwicklung von Produkten und Produktionstechnik hervorgerufenen Degression des Bearbeitungsaufwandes beschrieben.

Eine erste Vereinfachung stellt der Übergang von einer stückzahlbezogenen Betrachtung zu einer periodenbezogenen Betrachtung dar. Die Praxis hat gezeigt, dass die Berechnung der Lern- und Erfahrungseffekte auf Basis der kumulierten Stückzahl bei einer variantenreichen Serienproduktion einen hohen Rechenaufwand mit sich bringt. Das Hauptproblem bei einer stückzahlbezogenen Betrachtung ist die Bestimmung der Gesamtstückzahl aller Produkte, die ähnlich dem aktuell betrachteten sind und aus deren Herstellung Erfahrungswissen in die Bearbeitung des aktuell betrachteten Produkts mit einfließen. Diese Transformation von Wissen macht es schwierig, die für die Lern- und Erfahrungseffekte verantwortliche Gesamtstückzahl zu bestimmen. Diesem Umstand wird in der Praxis dadurch Rechnung getragen, dass Lern- und Erfahrungseffekte nicht für einzelne Maschinen berechnet werden. Vielmehr stehen stets ganze Bereiche im Fokus der Betrachtung, wie sie auch die hier postulierten Technologie-Cluster darstellen. Die periodenbezogene Betrachtung hilft diese Problematik zudem dadurch zu umgehen, dass jedem Produkt ein pauschaler Degressionsfaktor zuordnet wird, um den der Aufwand innerhalb einer Periode sinkt. Kritisch wäre diese Vereinfachung, wenn Produkte länger nicht gefertigt werden und somit keine Lern- bzw. Erfahrungseffekte realisiert werden können. Auf Grund der Betrachtung von Referenzprodukten, die eine bestimmte Anzahl einzelner Produktvarianten summieren, kann davon ausgegangen werden, dass innerhalb einer Periode eine ausreichende Stückzahl gefertigt wird, um die Degressionseffekte zu erzielen. Die Länge der betrachteten Perioden wird in Einklang mit den in der strategischen Leistungsplanung verwendeten Perioden auf ein Jahr festgesetzt.

Eine weitere Vereinfachung wird in der Bestimmung der Degression vorgenommen, die die Verringerung des Fertigungsaufwandes von einer zur nächsten Periode beschreibt. Der durch einen Degressionsfaktor beschriebene Effekt bildet die prozentuale Abnahme des Fertigungsaufwandes über der Zeit nach. Legt man das Konzept der Lern- und Erfahrungskurve zu Grunde wird deutlich, dass der Degressionsfaktor über der Zeit variiert.

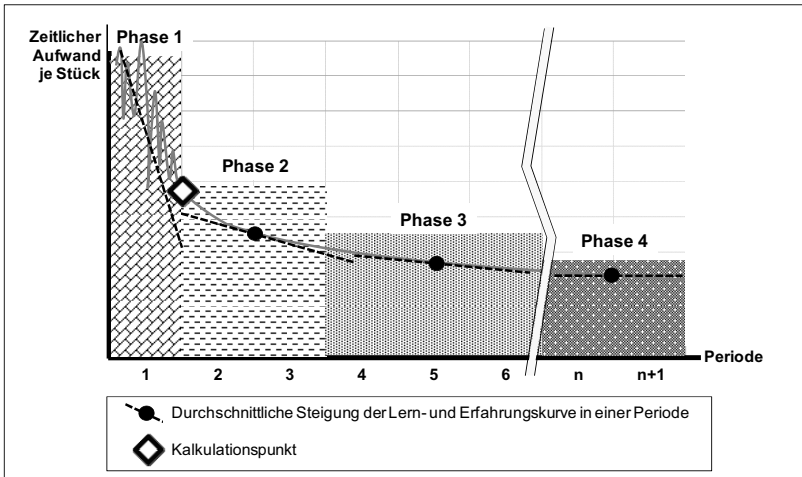


Abbildung 4-29: Prinzipdarstellung der Lern- und Erfahrungskurve inkl. charakteristischer Phasen

Abbildung 4-29 zeigt eine Prinzipdarstellung des Erfahrungskurvenkonzeptes. Eine Betrachtung der Steigung der Kurve macht deutlich, dass der Degressionsfaktor mit der Zeit abnimmt. Während die Steigung der Kurve und damit auch der Wert des Degressionsfaktors anfangs sehr groß sind, streben beide Werte mit zunehmender Zeit gegen Null. Die Berücksichtigung des sich stetig ändernden Wertes des Degressionsfaktors ist in einer stückzahlbezogenen Betrachtung unproblematisch. In der periodenbezogenen Betrachtung muss hingegen mit einem Durchschnittswert für den Degressionsfaktor innerhalb einer Periode gerechnet werden. Dieser Durchschnittswert nimmt dabei über die Perioden hinweg ab. Hierzu wird der Verlauf der Lern- und Erfahrungskurve in vier charakteristische Phasen unterteilt:

Phase 1 bildet den Beginn der Kurve ab. Die zu erwartenden Degressionseffekte sind mit der Lern- und Erfahrungskurve nicht abbildbar. Innerhalb einer Zeitperiode schwanken die realen Fertigungszeiten sehr stark. Die Probleme, die in dieser Phase von den Mitarbeitern zu bewältigen sind, hängen in erster Linie mit Anlaufschwierigkeiten neuer Technologien zusammen. Die Mitarbeiter müssen sich zunächst mit den Eigenheiten der neuen Technologien vertraut machen. In Bezug auf die Produktionstechnik stellt die eigenständige Bedienung der Maschine die größte Herausforderung dar. Die in dieser Phase beobachteten Degressionseffekte sind zwar recht hoch, rühren aber nicht aus einer Verbesserung des Prozesses und der Produktgestaltung, sondern aus dem schrittweisen Beherrschen der Grundfunktionen durch die Mitarbeiter her. In dieser Phase werden somit effektiv keine Degressionseffekte erzielt, auch wenn bereits in dieser Phase erste Verbesserungspotenziale identifiziert werden.

In **Phase 2** nimmt die Steigung der Kurve zwar ab, weist aber dennoch einen hohen Betrag auf. Die Mitarbeiter haben ihre anfänglichen Probleme mit den neuen Technologien in dieser Phase überwunden. Sie haben die technischen Zusammenhänge weitestgehend durchdrungen und sind in der Lage, Verbesserungspotenziale zu identifizieren. Projekte zur Umsetzung der Potenziale werden initiiert und durchgeführt. Die Dauer dieser Phase ist länger als die der ersten.

Phase 3 weist bereits einen recht flachen Verlauf der Kurve auf. Die größten Verbesserungspotenziale wurden bereits in der vorangegangenen Phase nutzbar gemacht. In dieser Phase werden durch die Erfahrung der Mitarbeiter sporadisch weitere, vom Umfang her tendenziell eher kleinere Potenziale ermittelt. Die Dauer dieser Phase ist gegenüber der zweiten nochmals länger einzuschätzen.

Phase 4 stellt den Bereich des asymptotischen Verlaufs der Lern- und Erfahrungskurve dar. Es sind in dieser Phase bereits fast alle Potenziale nutzbar gemacht worden. Eine Degression des Fertigungsaufwandes ist praktisch nicht mehr zu verzeichnen.

Reflektiert man die Bildung der Phasen vor dem Hintergrund der Theorie der Lern- und Erfahrungskurve, ergibt sich ein wichtiger Zusammenhang mit dem im Zuge der Prognose der diskontinuierlichen Entwicklung prognostizierten Einstiegsniveau. Die dort ermittelte Vorgabezeit unterstellt Serienbedingungen. Anlaufprobleme, wie sie in Phase 1 auftreten, sind in der Ermittlung dieses Wertes nicht berücksichtigt. Sie stellen ein zusätzliches Handicap dar, das die realen Zeiten in dieser Phase gegenüber den eigentlich prognostizierten Vorgabezeiten erhöht. Diese Beobachtung deckt sich mit dem in der Theorie zur Lern- und Erfahrungskurve postulierten Kalkulationspunkt. Der Kalkulationspunkt, oder auch Pitch-Point genannt, stellt die kumulierte Stückzahl dar, ab der genau diese Anlaufschwierigkeiten überwunden sind. Erst ab diesem Punkt besitzt die Theorie der Lern- und Erfahrungskurve eigentlich ihre Gültigkeit. Der Kalkulationspunkt ist somit für die hier vorgenommene Vereinfachung am Übergang der Phasen 1 und 2 (vgl. Abbildung 4-29).

Berücksichtigt man somit, dass der eigentlich im Zuge der diskontinuierlichen Entwicklung prognostizierte Vorgabewert nicht zu Beginn der Betrachtung, sondern erst zu Beginn der Phase 2 erreicht wird, bedeutet dies einen gegenüber dem Einstiegsniveau negativen Degressionsfaktor für Phase 1. Die folgende Grafik gibt einen Überblick zur Entwicklung des Degressionsfaktors über die Phasen hinweg.

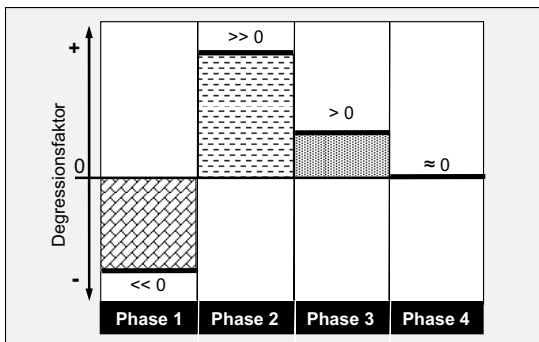


Abbildung 4-30: Entwicklung des Degressionsfaktors

Der Durchschnittswert, der für jede Phase angesetzt werden soll, ist von den Anwendern der Methode zur sLP im Hinblick auf die Eigenheiten des Unternehmens zu schätzen. Bei der Bestimmung der Degressionsfaktoren sind gewisse Eigenschaften der Produkte und der Produktionstechnik zu berücksichtigen:

Auf Seiten des Produkts und der Produktionstechnik:

- der Neuheitsgrad der Technologie-Innovation,
- den Zeitraum über den die Technologie im Unternehmen bereits zum Einsatz kommt,
- die Qualifikation der Mitarbeiter.

Speziell auf Seiten des Produkts:

- die Komplexität des Produkts,
- die Anzahl der Varianten.

Speziell auf Seiten der Produktionstechnik:

- der Automatisierungsgrad der Produktionstechnik.

Die Einteilung der Phasen und die damit verbundene phasenabhängige Höhe des Degressionsfaktors wird in der Folge mit der in Kapitel 4.6.4 entwickelten Systematisierung überein gebracht (vgl. Abbildung 4-31). Für die jeweiligen Felder der Systematisierung lässt sich damit eine Aussage vornehmen, welchen Verlauf die Entwicklung des Degressionsfaktors über der Zeit im Einzelfall nimmt.

		Bekantheitsgrad Produkt (-komponente)			
		Für das Unternehmen ...		Für das Unternehmen neu, für die Branche ...	
		bekannt	ähnlich	bekannt	neu
Bekantheitsgrad Produktionstechnik	Für das Unternehmen ...	 Phasen 3,4	 Phasen 2,3,4	 Phasen 1,2,3,4	 Phasen 1,2,3,4
	Für das Unternehmen ...	 Phasen 2,3,4	 Phasen 2,3,4	 Phasen 1,2,3,4	 Phasen 1,2,3,4
	bekannt	 Phasen 1,2,3,4	 Phasen 1,2,3,4	 Phasen 1,2,3,4	 Phasen 1,2,3,4
	neu	 Phasen 1,2,3,4	 Phasen 1,2,3,4	 Phasen 1,2,3,4	 Phasen 1,2,3,4

Abbildung 4-31: Zuordnung der Phasen zu den Feldern der Systematisierung

Die in der Systematisierung angewandte Einteilung hinsichtlich des Bekantheitsgrades von Produkt und Produktionstechnik spiegelt sich auch in den zu durchlaufenden Phasen der Lern- und Erfahrungskurve wider. Die Kombination aus bekanntem Produkt und bekannter Produktionstechnik bedeutet, dass diese so in dieser Form bereits im Unternehmen betrieben wird. Die Degressionseffekte sind somit weitestgehend ausgeschöpft. Lediglich die Phasen 1 und 2 können maximal noch ausgeschöpft werden.

Weist entweder das Produkt oder die Produktionstechnik eine Technologie-Innovation auf, die jedoch noch im Rahmen des Unternehmens verfügbaren Know-how liegt, birgt diese Innovation noch Raum für Verbesserungen. Auf Grund der Ähnlichkeit ist nicht mit Anlaufproblemen zu rechnen. Somit sind die Phasen 2, 3 und 4 zu durchlaufen.

Liegt das Produkt oder die Produktionstechnik außerhalb der Know-how-Grenze des Unternehmens, ist neben den Verbesserungspotenzialen auch mit Anlaufproblemen zu rechnen. Zusätzlich wird somit für diese Fälle Phase 1 relevant. Für die Fälle, in denen sowohl das Produkt als auch die Produktionstechnik außerhalb der Know-how-Grenze des Unternehmens liegen, ist mit zum Teil erheblichen Anlaufproblemen zu rechnen. Die Länge der Phase 1 wird somit deutlich über der der anderen Fälle liegen.

Bei der Bestimmung der Degressionsfaktoren ist zu berücksichtigen, dass der Automatisierungsgrad der Produktionstechnik sowohl die Anzahl der zu durchlaufenden Phasen wie auch die Höhe der zu erwartenden Degressionsfaktoren stark beeinflusst. Bedingt durch den hohen Invest und die starre Verkettung einzelner Teilsysteme sind nach der Inbetriebnahme keine Änderungen im Sinne kontinuierlicher Verbesserungen mehr möglich. Es sind somit auch bei großen Technologie-Innovationen nur geringe Degressionseffekte über der Zeit zu erwarten.

Die Bestimmung der Länge der Phasen, sowie die Höhe der Degressionsfaktoren erfolgt nach diesen Grundsätzen durch die Anwender der Methode.

4.7.3 Generierung von Szenarien

Wie im Stand der Technik dargestellt, bauen moderne Methoden der strategischen Vorausschau und Planung auf dem Grundgedanken der Erarbeitung und Bewertung alternativer Szenarien auf (vgl. Kapitel 3.1.3). Die System- bzw. Umfeldzustände der Zukunft sind zu komplex, als dass eine singuläre Prognose eine sinnvolle Aussage über die Zukunft liefert. Das zukunftsoffene Denken in alternativen, trendbasierten Zuständen unterstützt den Entscheider in der Identifikation von Chancen- und Risikopotenzialen, ohne sich dabei zu sehr auf einen einzelnen Weg zu fokussieren. Die Bildung alternativer Szenarien steht damit in Einklang mit der Forderung, die strategische Planung solle sich weniger mit der Entwicklung eines optimalen Weges in die Zukunft beschäftigen, sondern vorrangig diejenigen Optionen im Vorfeld identifizieren und ausschließen, die das Unternehmen in eine ausweglose Position manövrieren (vgl. Kapitel 3.1.1). Aus diesen Gründen wird die Bildung von Szenarien als wesentlicher Bestandteil in die Methode zur strategischen Leistungsplanung integriert. Unterschieden werden dabei zwei Grundarten von Szenarien:

1. **Globale Szenarien:** Stellen alternativen Wege zur Weiterentwicklung der Produktion dar. Berücksichtigt werden alternative Technologien, deren Einführungszeitpunkte, sowie unterschiedliche Ausgestaltungen der Eigenfertigungstiefe. Sie stellen damit unterschiedliche Optionen der in Kapitel 4.1.1 beschriebenen Entscheidungsprobleme und Planungsfälle dar.
2. **Lokale Szenarien:** Geben im Sinne einer Sensitivitätsanalyse die Auswirkungen der Variation einzelner Parameter wieder. Berücksichtigt werden unter anderem alternative Entwicklungen der zu erwartenden Absatzzahlen, sowie alternative Werte für die kontinuierliche und diskontinuierliche Entwicklung der Produktionsleistung.

Die globalen Szenarien stellen somit die generellen Wege des Unternehmens in die Zukunft dar, die Mittels der Methode zur strategischen Leistungsplanung verglichen werden sollen. Die einzel-

nen Szenarien wurden im Zuge der Entwicklung des erweiterten Technologiekalenders erzeugt (vgl. Kapitel 4.5) und dort kenntlich gemacht. Bei globalen Szenarien, die sich stark voneinander unterscheiden, ist das Erzeugen eigenständiger erweiterter Technologiekalender sinnvoll, da sonst die Übersichtlichkeit verloren geht. Entsprechend der zu Beginn formulierten Anforderungen an eine moderne Planungssystematik gilt es unter ihnen diejenigen Szenarien zu identifizieren, die das Unternehmen in eine ausweglose Situation manövrieren. Dazu wird für jedes dieser globalen Szenarien die künftig resultierende Produktionsleistung prognostiziert. Ferner werden für jedes globale Szenario die Auswirkungen auf Kostenstrukturen und produktionsnahe indirekte Bereiche prognostiziert und in eine Gesamtbewertung aufgenommen. Die Vorgehensweise, mit der die globalen Szenarien verglichen und bewertet werden, wird im folgenden Kapitel 4.8 dargestellt.

Die lokalen Szenarien hingegen haben eine Variation einzelner Faktoren innerhalb eines globalen Szenarios zum Gegenstand. Im Sinne einer Sensitivitätsanalyse werden einzelne Faktoren im Rahmen zweier Extrem- und eines Trendszenarios (bestes/ schlechtestes/ realistisches) variiert. Diese Faktoren werden in der Folge als „**aktive Veränderungen**“ bezeichnet. Damit unterscheiden sie sich maßgeblich von den „**passiven Veränderungen**“, deren Werte und Ausprägungen konstant gehalten werden, um die Veränderungen in der Produktionsleistung, die durch die Variation der aktiven Einflussfaktoren hervorgerufen werden, beurteilen zu können. Durch die Variation einzelner Faktoren wird erkennbar, wie sich eine Abweichung vom Trendszenario auswirkt und wie robust ein globales Szenario gegenüber Turbulenzen ist. Zu beachten ist hierbei, dass stets nur ein Faktor gleichzeitig variiert wird. Auf Grund der Komplexität der globalen Szenarien sind die beobachteten Auswirkungen sonst den Auslösern nicht mehr zuzuordnen. Zur Generierung der lokalen Szenarien ist auf Grund des strategischen Zeithorizontes der vorliegenden Betrachtungen die Entwicklung von Faktoren aus dem Makroumfeld der Unternehmen einzubeziehen. Diese Entwicklungen werden entsprechend der eingangs vorgenommenen Eingrenzung auf die Betrachtung alternativer Absatzzahlen und alternativer Entwicklungen und Entwicklungsgeschwindigkeiten im Bereich der Technologien begrenzt.

4.7.4 Ergebnisse der Leistungsprognose

Die zur Prognose der Produktionsleistung notwendige Entflechtung eines globalen Szenarios in Einzelfälle (vgl. Kapitel 4.6.3) muss zu seiner Bewertung rückgängig gemacht werden. Die Einzelfallprognosen zur künftig anfallenden Produktionsleistung einzelner Technologie-Cluster müssen zusammengeführt werden und ergeben damit ein aussagekräftiges Gesamtbild zur Entwicklung des im globalen Szenario betrachteten Ausschnitts der Produktion. Dargestellt werden die Ergebnisse im Leistungsdiagramm (vgl. Abbildung 4-32).

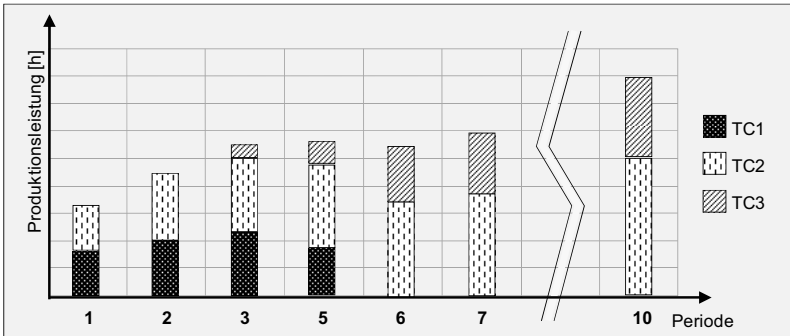


Abbildung 4-32: Leistungsdiagramm (Beispiel)

Es ist an dieser Stelle zu berücksichtigen, dass die Prognose der Produktionsleistung sich bis dato ausschließlich auf die zur Herstellung der planungsrelevanten Komponenten notwendige Produktionsleistung bezieht. Um die Gesamtproduktionsleistung zu bestimmen, ist aus der Ausgangssituation das Verhältnis der Gesamtproduktionsleistung zu derjenigen Produktionsleistung zu bestimmen, die durch die planungsrelevanten Komponenten erzeugt wird. Da die planungsrelevanten Produktkomponenten gemäß Definition den wesentlichen Anteil der Produktionsleistung und ihrer Veränderung ausmachen, wird angenommen, dass die für die restlichen Komponenten erforderliche Leistung sich in ähnlichem Ausmaß verändert. Die Veränderung der Leistung aus den nicht planungsrelevanten Produktkomponenten kann somit unter Berücksichtigung des Pareto Prinzips als prozentualer Aufschlag verrechnet werden.

Die Prognose der Produktionsleistung stellt zu diesem Zeitpunkt eine rein technologiebezogene Bedarfsplanung dar. Sie berücksichtigt dabei weder das aktuelle noch das künftige Kapazitätsangebot der installierten Produktionstechnik. Um die technologieorientierte Prognose somit in eine Aussage hinsichtlich der resultierenden Veränderung der Produktionsstrukturen zu übersetzen, ist eine Rückführung notwendig. Dazu wird die verfügbare Belegungszeit der in den einzelnen Technologie-Clustern zusammengefassten Produktionstechnik dem in der Prognose ermittelten Leistungsbedarf gegenübergestellt.

Der Abgleich der Leistungsnachfrage in den Technologie-Clustern mit den Kapazitätstöpfen der dahinter liegenden Produktionstechnik gibt Aufschluss über mögliche Kapazitätsengpässe und evtl. notwendige Erweiterungsinvestitionen. Die Erweiterungsinvestitionen sind in der Folge ebenfalls in der Kostenbetrachtung zu berücksichtigen. Sie äußern sich hier durch einen sprunghaften Anstieg der Fixkostenbelastung durch die zusätzlich anfallenden Abschreibungen und Kapitalkosten.

Neben dem Leistungsprofil künftiger Produktionsstrukturen lassen sich aus den Leistungsdiagrammen weitere Information für die strategische Gestaltung der Produktion ableiten. Diese Informationen lassen sich dann gewinnen, wenn ein Teil der Untergliederung der bei der Einteilung der Technologie-Cluster vorgenommen wurde wieder rückgängig gemacht wird. Lässt man beispielsweise die den Technischen Entwicklungsstand außer acht und fasst alle Technologie-Cluster zusammen die dieselbe Prozesstechnologie umsetzen, wird erkennbar, wie sich die zum Einsatz kommenden Prozesstechnologien über der Zeit entwickeln. Diese Information ist vor allem dann

wertvoll wenn sich die zum Einsatz kommenden Prozesstechnologien dramatisch wandeln (z.B. Umstellung von Aluminium auf Kohlefaser im Flugzeugbau). Hebt man auf der anderen Seite das Untergliederungskriterium der Prozesstechnologie auf und fasst alle Technologie-Cluster zusammen die auf demselben technischen Entwicklungsstand sind, wird erkennbar wie sich die Technische Ausstattung über der Zeit verändert. Hiermit wird beispielsweise erkennbar, wie sich das Verhältnis von Automatisierten, hoch produktiven zu manuellen, flexiblen Anlagen über der Zeit entwickelt.

4.8 Bewertung alternativer Szenarien

Die aus den globalen Szenarien gewonnenen Erkenntnisse über alternative Wege der Produktion in die Zukunft sollen das Management in strategischen Entscheidungen über die Entwicklung der Produktion unterstützen. Wie jede Entscheidung folgt auch diese einem individuellen bzw. unternehmenseigenen Zielsystem. In mittelständischen Unternehmen, deren Management oft noch durch den Eigentümer bestimmt wird, ist das Zielsystem nicht immer explizit formuliert. Entscheidungen werden hier oft aus der Erfahrung der Beteiligten heraus getroffen. Diese Erfahrung stellt implizite Zielhierarchien zur Verfügung, nach denen alternative Wege bewertet werden.

Da das vorliegende Verfahren gerade auf mittelständische Unternehmen ausgerichtet ist, muss es derartige Entscheidungsstrukturen berücksichtigen. Es besteht folglich nicht der Anspruch, unternehmerische Entscheidungen durch eine starre Vorgehensweise zu ersetzen. Vielmehr wird eine Systematisierung der aus Sicht der Wandlungsfähigkeit notwendigen Bewertungskriterien vorgenommen. Die Anwendung dieser Bewertungskriterien auf die Szenarien hilft eine Entscheidung vorzubereiten und für alle Beteiligten transparent zu machen.

Zur Unterstützung einer systematischen Entscheidungsvorbereitung bei komplexen Handlungsalternativen, wie sie die globalen Szenarien darstellen, wird ein Scoring-Verfahren implementiert. Das auf dem Konzept der Nutzwertanalyse nach ZANGEMEISTER basierende Verfahren berücksichtigt die in Kapitel 2.6.1 definierten Bewertungskriterien.

Bewertungs-kriterium (BK)		A	B	C	D	Gesamtnutzwert
Gewicht		G _A	G _B	G _C	G _D	
Szenario 1	Sz ₁	E _{Sz1/A}	E _{Sz1/2}	E _{Sz1/3}	E _{Sz1/4}	Σ NW _{Sz1}
		NW _{Sz1/A}	NW _{Sz1/B}	NW _{Sz1/C}	NW _{Sz1/D}	
Szenario 2	Sz ₂	E _{Sz2/A}	E _{Sz2/2}	E _{Sz2/3}	E _{Sz2/4}	Σ NW _{Sz2}
		NW _{Sz2/A}	NW _{Sz2/B}	NW _{Sz2/C}	NW _{Sz2/D}	
Szenario 3	Sz ₃	E _{Sz3/A}	E _{Sz3/2}	E _{Sz3/3}	E _{Sz3/4}	Σ NW _{Sz3}
		NW _{Sz3/A}	NW _{Sz3/B}	NW _{Sz3/C}	NW _{Sz3/D}	
Szenario n	Sz _n	E _{Szn/A}	E _{Szn/2}	E _{Szn/3}	E _{Szn/4}	Σ NW _{Szn}
		NW _{Szn/A}	NW _{Szn/B}	NW _{Szn/C}	NW _{Szn/4/D}	

Ausprägungen Erfüllungswert (E)	
0	nicht erfüllt
1	teilweise erfüllt
2	erfüllt
3	gut erfüllt
4	sehr gut erfüllt

Abbildung 4-33: Scoring-Verfahren zur Bewertung der Szenarien

Abbildung 4-33 zeigt die Matrix zur Durchführung der Nutzwertanalyse im Überblick. Zur Durchführung der Nutzwertanalyse wird zunächst das Gewicht G_j eines jeden Bewertungskriteriums im Vergleich zu den anderen Kriterien bestimmt, wobei die Summe der Gewichte 1 ergeben muss. Anschließend wird für jedes Szenario der Erfüllungswert $E_{Szi/j}$ in Bezug zu den einzelnen Bewertungskriterien ermittelt. Die Ausprägungen des Erfüllungswerts richten sich dabei nach der in Abbildung 4-33 enthaltenen Abstufung. Anschließend werden die Erfüllungswerte mit den jeweiligen Gewichten multipliziert und damit zu einem Einzelnutzwert $NW_{Szi/j}$ transformiert. Die Summe der Einzelnutzwerte ergibt den Gesamtnutzwert ΣNW_{Szi} je Szenario.

Für die Bewertungskriterien Produktionsleistung, Kostenstruktur und produktionsnahe indirekte Bereiche werden die Werte der jeweiligen Szenarien direkt gegenübergestellt, in Diagrammen visualisiert und der Erfüllungswert von den beteiligten Experten bestimmt. Für die Produktionsleistung werden hierzu der Absolutwert, bzw. der Wert für einzelne Segmente, entsprechend der Aufgabenstellung gegenüber gestellt. Für die Beurteilung der Auswirkungen auf die produktionsnahen indirekten Bereiche und die Kostenstrukturen sind ebenfalls entsprechende Diagramme zu erstellen und den Experten zur Bewertung vorzulegen. Für die Beurteilung des strategischen Fits ist auf Grund der durchzuführenden mehrdimensionalen Bewertung ein eigenes Scoring hinsichtlich der Unterstützung der strategischen Ziele durch die jeweiligen Szenarien durchzuführen (vgl. Abbildung 4-34), dessen Ergebnis anschließend in das Gesamtscoring übernommen wird.

Strategische Ziele		Ziel I	Ziel II	Ziel III	Ziel X	Erwartungswert strateg. Fit
Gewicht		G_I	G_{II}	G_{III}	G_X	
Szenario 1	Sz_1	$\Sigma NW_{Sz1/I}$	$\Sigma NW_{Sz1/II}$	$\Sigma NW_{Sz1/III}$	$\Sigma NW_{Sz1/X}$	ΣEW_{Sz1}
Szenario 2	Sz_2	$\Sigma NW_{Sz2/I}$	$\Sigma NW_{Sz2/II}$	$\Sigma NW_{Sz2/III}$	$\Sigma NW_{Sz2/X}$	ΣEW_{Sz2}
Szenario 3	Sz_3	$\Sigma NW_{Sz3/I}$	$\Sigma NW_{Sz3/II}$	$\Sigma NW_{Sz3/III}$	$\Sigma NW_{Sz3/X}$	ΣEW_{Sz3}
Szenario n	Sz_n	$\Sigma NW_{Sz n/I}$	$\Sigma NW_{Sz n/II}$	$\Sigma NW_{Sz n/III}$	$\Sigma NW_{Sz n/X}$	$\Sigma EW_{Sz n}$

Abbildung 4-34: Scoring-Verfahren zu Bewertung des Kriteriums "strategischer Fit"

Diese Vorgehensweise des Scorings würde unter stabilen Umfeldzuständen ausreichend genaue Ergebnisse liefern. In einem turbulenten Umfeld jedoch ist neben dieser statischen Beurteilung zu analysieren, wie sich die Szenarien unter Turbulenz verhalten. Dazu wird im Rahmen einer Sensitivitätsanalyse überprüft, wie robust die globalen Szenarien unter unsicheren Umfeldbedingungen sind. Hierzu werden die lokalen Szenarien (vgl. Kapitel 4.7.3) genutzt. Einzelne Inputfaktoren werden im Rahmen zu erwartender alternativer Umfeldzustände U (mindestens bester/schlechtester und realistischer Fall) variiert. Die Ergebnisse der lokalen Szenarien werden entsprechend der im Vorausgegangenen beschriebenen Vorgehensweise zum Scoring mit Erfüllungswerten versehen und mit Nutzwerten belegt.

Um eine Gesamtaussage über die Robustheit eines Szenarios unter Turbulenz treffen zu können, wird für die globalen Szenarien ein Erwartungswert bestimmt. Dazu werden die lokalen Szenarien eines jeden globalen Szenarios mit Eintrittswahrscheinlichkeiten p_u ($\sum p_u = 1$) versehen. Durch Multiplikation der Nutzwerte jedes lokalen Szenarios mit der jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeit erhält man nach Aufsummieren aller lokalen Szenarien einen Erwartungswert EW_{Szi} für jedes globale Szenario (vgl. Abbildung 4-35).

Umfeldzustände		lokale Szenarien			Erwartungs- wert	
		Umfeld- zustand a	Umfeld- zustand b	Umfeld- zustand c		
		Eintrittswahr- scheinlichkeit (p)	P _a	P _b		P _c
globale Szenarien	Szenario 1	Sz ₁	∑ NW _{Sz1;a}	∑ NW _{Sz1;b}	∑ NW _{Sz1;c}	∑ EW _{Sz1}
	Szenario 2	Sz ₂	∑ NW _{Sz2;a}	∑ NW _{Sz2;b}	∑ NW _{Sz2;c}	∑ EW _{Sz2}
	Szenario 3	Sz ₃	∑ NW _{Sz3;a}	∑ NW _{Sz3;b}	∑ NW _{Sz3;c}	∑ EW _{Sz3}
	Szenario n	Sz _n	∑ NW _{Szn;a}	∑ NW _{Szn;b}	∑ NW _{Szn;c}	∑ EW _{Szn}

Abbildung 4-35: Bestimmung des Erwartungswertes für globale Szenarien unter Berücksichtigung alternativer Umfeldzustände

Das globale Szenario mit dem höchsten Erwartungswert weist damit die größte Robustheit gegenüber der im Rahmen der alternativen Umfeldzustände prognostizierten Turbulenz auf. Es ist folglich zur anschließenden Verfolgung vorzuschlagen.

Mit Abschluss des Kapitels 4 wurden folgende Lösungsbausteine entwickelt und stehen nun dem Phasenmodell zur Applikation zur Verfügung:

- Partialmodelle für die Hauptbetrachtungsgegenstände Produkt, Produktionstechnik, produktionsnahe indirekte Bereiche und Kosten,
- Referenzstrukturen zur Abbildung der Ausgangssituation für das Produktprogramm, die Betriebsmittel, das Mengengerüst und die Produktionsleistung,
- eine Systematik zur Erfassung der Veränderungen in Produkten, Produktionstechnik, Mengengerüst und Eigenfertigungstiefe,
- ein Kernmodell zur Komposition der Module,
- Grunderfahren der Leistungsprognose diskontinuierlicher Leistungsveränderungen sowie eine Verfahren zur Bestimmung kontinuierlicher Leistungsveränderungen,
- ein Verfahren zur Bewertung der Szenarien.

Diese Teillösungen werden im Folgenden methodisch Zusammengeführt.

5 Phasenmodell der Methode zur strategischen Leistungsplanung

Die im vorhergehenden Kapitel ausgearbeiteten Module und Lösungsbausteine sind die Basis für die Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen. Die Methode in ihrem zeitlichen Ablauf wird in den folgenden Kapiteln schrittweise im Rahmen eines Phasenmodells aufgebaut und durch Hinweise zur Anwendung ergänzt. Die Beschreibung fokussiert dabei auf allgemeine Verfahrensanweisungen und die zum Einsatz kommenden Arbeitsblätter.

Das in Kapitel 4.2 entwickelte Wirkmodell gibt einen Überblick über die Module und Lösungsbausteine der Methode zur sLP und liefert eine hinreichende Aussage über die notwendigen Partialmodelle der Gesamtmethode. Es lässt jedoch keine Rückschlüsse auf die erforderlichen Schritte der Anwendung der Methode zur sLP zu. Aus diesem Grund ist eine Überführung des Wirkmodells in ein Phasenmodell notwendig. Die Anwendung der Methode zur sLP kann in insgesamt acht Phasen gegliedert werden, die nacheinander auszuführen sind. Die folgende Abbildung 5-1 stellt zum einen das entwickelte Phasenmodell dar und bildet zum anderen die inhaltliche Verbindung mit den Bausteinen des Wirkmodells ab.

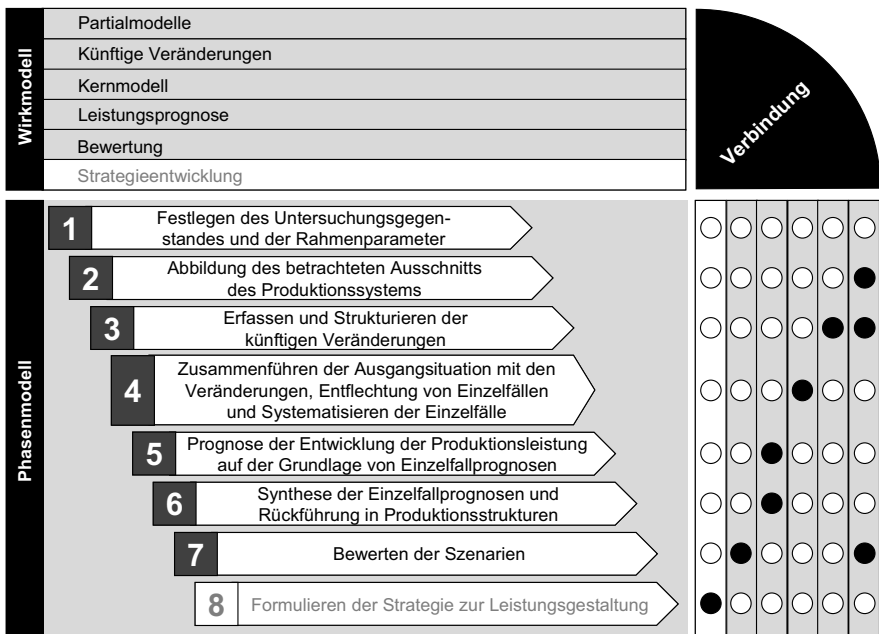


Abbildung 5-1: Verbindung von Wirk- & Phasenmodell der Methode zur sLP

Die einzelnen Phasen des Phasenmodells stellen ebenso wie die Lösungsbausteine des Wirkmodells eine Detaillierung des Prozesses der strategischen Führung nach GAUSEMEIER dar (vgl. Kapitel 3.1.1). Die darin enthaltenen Schritte Analyse und Prognose werden hier aufgegriffen und um die Phase der Bewertung erweitert.

Im Folgenden werden die einzelnen Phasen der Methode zur sLP näher beschrieben. Dazu werden die Phasen in Anlehnung an die Prozessdarstellung nach *HORVATH & PARTNERS* [vgl. SCHMELZER/SESSELMANN 2006, S.111] in Teilprozesse, Prozessschritte und Aktivitäten untergliedert, wobei grundsätzlich gilt, dass Prozessschritte und Aktivitäten auch ausgelassen werden können, sofern sie aufgrund der Sache nicht erforderlich sind (vgl. Abbildung 5-2).

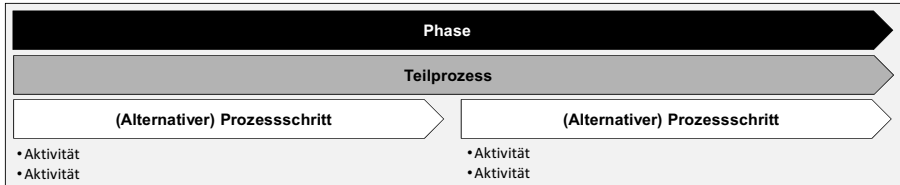


Abbildung 5-2: Gliederung des Phasenmodells in Teilprozesse, alternative Prozessschritte und Aktivitäten

Ferner werden die einzelnen Arbeitsblätter zur Umsetzung der Methode vorgestellt. Die Arbeitsblätter wurden in Microsoft Excel realisiert, da dieses Werkzeug sowohl eine Abbildung der Kriterien der Partialmodelle, als auch eine Kalkulation der künftig benötigten Produktionsleistung (vgl. Kapitel 3.2.7) auf Basis einfacher Algorithmen ermöglicht.

Die Anwendung der Methode findet größtenteils im Rahmen von Workshops statt. Bei der Zusammenstellung des Workshop-Teams ist darauf zu achten, dass die beteiligten Personen über fundiertes Wissen in den einzelnen Themenbereichen verfügen. Dazu zählt Wissen über die historische Entwicklung, den aktuellen Zustand und künftige Veränderungen. Die Größe der Gruppe sollte 4-5 Personen betragen, und die Fachbereiche Vertrieb, Produktentwicklung, Produktion/ Technologieentwicklung und Unternehmensführung repräsentieren. Generell ist darauf zu achten, dass die Gruppe nicht zu groß wird und die Teilnehmer ausreichendes Expertenwissen und einen Überblick über mögliche Veränderungen und langfristige Perspektiven ihres Fachgebiets haben. Für einzelne Phasen sind Workshops ungeeignet, da hier in der Regel Informationen mit einander zu vernetzen sind. Diese sind von Einzelpersonen durchzuführen und die Ergebnisse anschließend in der Gruppe zu diskutieren. In den einzelnen Phasen wird auf die jeweilige Form der Durchführung hingewiesen.

5.1 Festlegen des Untersuchungsgegenstandes und der Rahmenparameter

Zu Beginn der Anwendung der Methode zur sLP sind zunächst einige vorbereitende Schritte durchzuführen und allgemeine Informationen zu erfassen. Die in dieser Phase enthaltenen Teilprozesse und Aktivitäten sind in Abbildung 5-3 dargestellt.

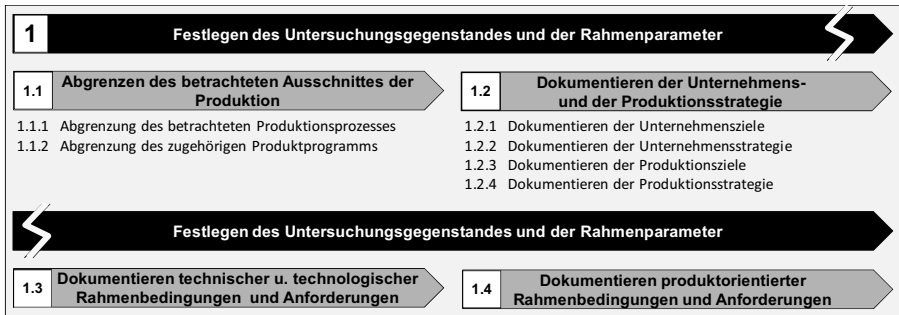


Abbildung 5-3: Phase 1 – Teilprozesse und Aktivitäten

Ausgehend von den in Kapitel 4.1.1 formulierten und zu unterstützenden Entscheidungsproblemen und Planungsfällen ist zu Beginn der eigentliche Untersuchungsgegenstand festzulegen, der im Laufe der Analysen und Prognosen untersucht werden soll. Entsprechend der Problemstellung ist der zu betrachtende Ausschnitt des Produktionssystems zu wählen. Ausgehend von dieser Eingrenzung lassen sich die Ausschnitte des Produktprogramms ableiten, die diesem System zugeordnet werden können. Dieser Ausschnitt des Produktprogramms ist ferner sowohl im Rahmen der Erfassung der Ausgangssituation als auch der künftigen Veränderungen weiter zu betrachten.

Neben der Dokumentation der Unternehmens- und Produktionsstrategie ist auch die Dokumentation zentraler Rahmenbedingungen und Anforderungen Bestandteil dieser Phase. Dabei steht vor allem die Erfassung zentraler interner Rahmenbedingungen wie Budgetgrenzen für die Entwicklung der Produktion oder die Berücksichtigung gesetzlicher Rahmenbedingungen wie beispielsweise die zwingende Berücksichtigung neuer Umweltstandards in Produkten im Vordergrund.

Die Durchführung dieser Schritte empfiehlt sich im Rahmen eines Kick-off-Workshops. Dabei ist neben dem obligatorischen Lenkungskreis auch das eigentliche Projektteam zu definieren. Der Umfang des Projektteams sollte nicht zu groß sein. Eine Größe von maximal vier Personen erscheint angemessen. Im Projektteam vertreten sein sollten auf jeden Fall Verantwortliche aus den Bereichen Produktionsplanung, Entwicklung und Konstruktion sowie Vertrieb. Evtl. kann es notwendig werden, im Bereich Produktion zusätzliche Personen hinzuziehen, wenn neben allgemeinem Know-how über die langfristige Entwicklung der Produktion auch technologisches Prozesswissen zur Weiterentwicklung der Fertigungstechnologien gefragt ist.

5.2 Abbildung des betrachteten Ausschnittes des Produktionssystems

In Phase 2 wird für den betrachteten Ausschnitt mit der Abbildung der Ausgangssituation die Basis für die Prognose der künftigen Entwicklung der Produktionsleistung getroffen. Die hierzu notwendigen Teilprozesse, Prozessschritte und Aktivitäten sind in Abbildung 5-4 dargestellt.

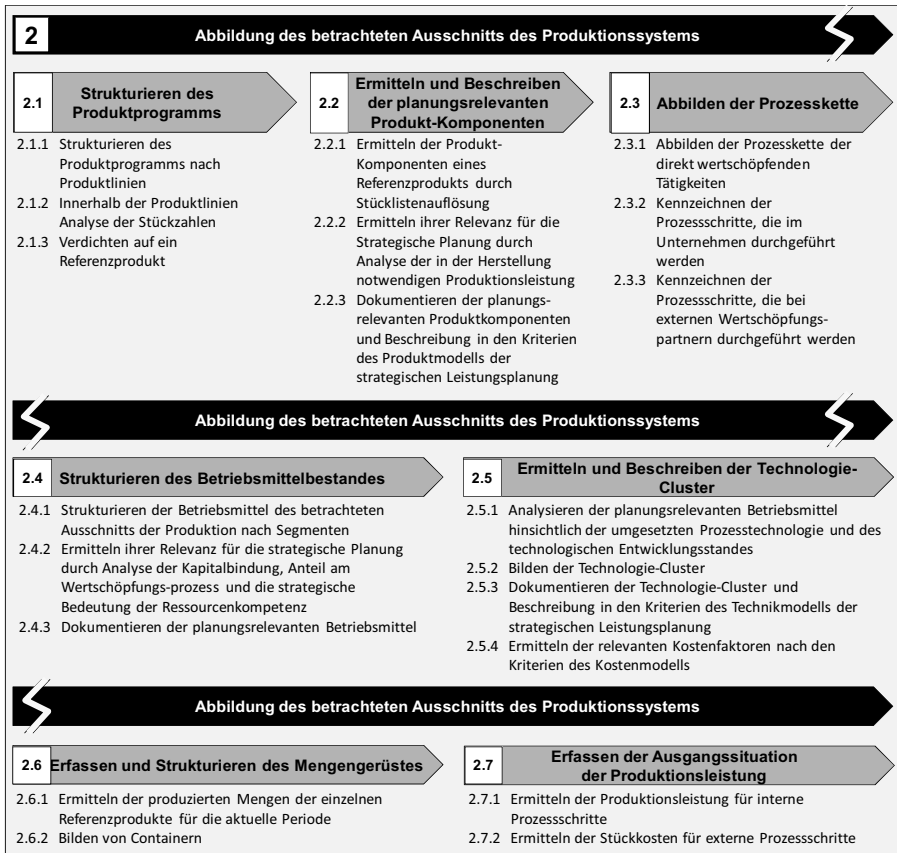


Abbildung 5-4: Phase 2 - Teilprozesse und Aktivitäten

Die Erfassung der Ausgangssituation gliedert sich zunächst in einen qualitativen Teil zur Abbildung der Gestalt der aktuellen Produkte und Produktionstechnik und in einen quantitativen Teil zur Erfassung des aktuellen Mengengerüsts und der aktuellen Produktionsleistung.

Die Herausforderung im qualitativen Teil der Erfassung ist neben der Abbildung der Ausgangssituation die Aufgabe der Reduzierung der Planungskomplexität. Dazu wird entsprechend der in Kapitel 4.4.1 entwickelten Vorgehensweise das unter Umständen komplexe Produktprogramm durch die Bildung von Referenzprodukten vereinfacht. Anschließend werden zur weiteren Reduzierung der Planungskomplexität zentrale planungsrelevante Produktkomponenten identifiziert (vgl. Kapitel 4.4.2), die als Betrachtungsgegenstand der weiteren Planung dienen. Die identifizierten planungsrelevanten Komponenten werden anschließend in den Kriterien des Produktmodells beschrieben. Zur Erfassung der Kriterien dient das im Anhang A dargestellte Arbeitsblatt 1 (vgl. Anhang A-1).

Nachdem die planungsrelevanten Produktkomponenten aufgenommen wurden, ist mit der Erfassung der relevanten Prozesskette fortzufahren. Zur Abbildung der Prozesskette kann die Methode

des Wertstromdesigns wichtige Hilfestellung leisten. Entlang der erfassten Prozesskette sind anschließend entsprechend der in Kapitel 4.4.3 entwickelten Vorgehensweise die planungsrelevanten Betriebsmittel zu identifizieren. Diese sind anschließend zu Technologie-Clustern zu verdichten (vgl. Kapitel 4.4.4) und in den Kriterien des Technikmodells zu beschreiben. Ferner sind Informationen zum Kapazitätsangebot der einzelnen Betriebsmittel zu hinterlegen. Bei der Erfassung dieser Informationen hilft das im Anhang A dargestellte Arbeitsblatt 2 (vgl. Anhang A-2).

Im Anschluss an diesen vorrangig qualitativen Teil der Erfassung der Ausgangssituation sind weitere quantitative Informationen in Bezug auf das aktuelle Mengengerüst und die dadurch entlang der Prozesskette in den Technologie-Clustern erzeugte Produktionsleistung zu hinterlegen. Zur Erfassung des aktuellen Mengengerüsts und der aktuellen Produktionsleistung wurde das im Anhang A dargestellte Arbeitsblatt 3 entwickelt (vgl. Anhang A-3). Dabei ist zu beachten, dass bei den Technologie-Clustern alle Prozessschritte entlang des gesamten Ausschnittes des betrachteten Wertschöpfungsprozesses zu berücksichtigen sind, auch solche, die aktuell von Wertschöpfungspartnern außerhalb des eigenen Unternehmens durchgeführt werden. Für Prozessschritte, die bei Wertschöpfungspartnern ausgeführt werden, sind anstelle der Produktionsleistung Informationen über die Kosten des Fremdbezugs der erbrachten Leistung (pro Produkt, oder kumuliert über die Jahresmenge) anzugeben.

Für die Bildung der Referenzprodukte und der Technologie-Cluster empfiehlt es sich, diese Schritte im Rahmen eines Workshops mit allen Beteiligten durchzuführen, da hiervon das Ergebnis der Analyse und maßgeblich auch die spätere Akzeptanz im Unternehmen abhängt. Für die Schritte, bei denen operative Daten erfasst werden, empfiehlt es sich, diese in Einzelsitzungen mit den Verantwortlichen aus Konstruktion, Arbeitsvorbereitung und Produktionssteuerung aufzunehmen.

5.3 Erfassen und Strukturieren der künftigen Veränderungen

Nachdem der Betrachtungsbereich abgegrenzt und die Ausgangssituation beschrieben wurde, sind die maßgeblichen künftigen Veränderungen zu erfassen. Die Teilprozesse und Aktivitäten innerhalb dieser Phase der Methode visualisiert Abbildung 5-5.

Zur Unterstützung der Erfassung der Veränderungen in den betrachteten Bereichen wurde das im Anhang dargestellte Arbeitsblatt 4 entwickelt (vgl. Anhang A-4). Den einzelnen Planungsperioden werden in diesem Arbeitsblatt die entsprechenden Veränderungen zugeordnet und ihre Verbindung zu den anderen Bereichen abgebildet. Im Rahmen eines Workshops mit allen Projektmitgliedern wird die Entwicklung der Absatzzahlen erarbeitet und dokumentiert. Dabei ist festzuhalten, wie sich die Altprodukte über den restlichen Lebenszyklus verhalten und wann Neuprodukte mit welcher Stückzahlentwicklung hinzutreten. So fern existent, können die Workshopteilnehmer auf Forecasts der Absatz- bzw. Unternehmensplanung zurückgreifen.

Anschließend werden die Veränderungen im Bereich der Produkte erfasst. Die Technologieinnovationen werden den Perioden zugeordnet, in denen sie auftreten. Zu beachten ist dabei, dass es sich um den Einsatzzeitpunkt der Technologien handelt. Vorlaufzeiten für Entwicklung und Serienreife sind hierbei nicht berücksichtigt. Die Technologieinnovationen sind nach der zeitlichen Einordnung und der Bestimmung der Verknüpfungen zu Referenzprodukten und der Produktionstechnik in den Kriterien des Produktmodells zu beschreiben. Zur Beschreibung der Kriterien des Produktmodells dient ein weiteres Arbeitsblatt, das sich sowohl inhaltlich als auch im Aufbau mit dem Arbeitsblatt 1 (vgl. Anhang A-1) zur Abbildung der aktuellen Produkte deckt. Ebenso ist für die Abbildung der Veränderungen im Bereich der Produktionstechnik von morgen zu

verfahren. Das Arbeitsblatt zur Beschreibung der Veränderungen in den Kriterien des Technikmodells lehnt sich ebenfalls an das Arbeitsblatt zur Erfassung der Ausgangssituation (Arbeitsblatt 2; vgl. Anhang A-2) an.

Abschließend ist in dieser Phase die Entwicklung der Eigenfertigungstiefe zu ermitteln. Dazu sind die Veränderungen im entwickelten Arbeitsblatt 4 (vgl. Anhang A-4) den einzelnen Perioden zuzuordnen. Aus den erfassten Veränderungen ist nun der erweiterter Technologiekalender (vgl. Kapitel 4.5) zu zeichnen. Erst in dieser Form werden die Abhängigkeiten zwischen den Bereichen in ihrer Komplexität übersichtlich.

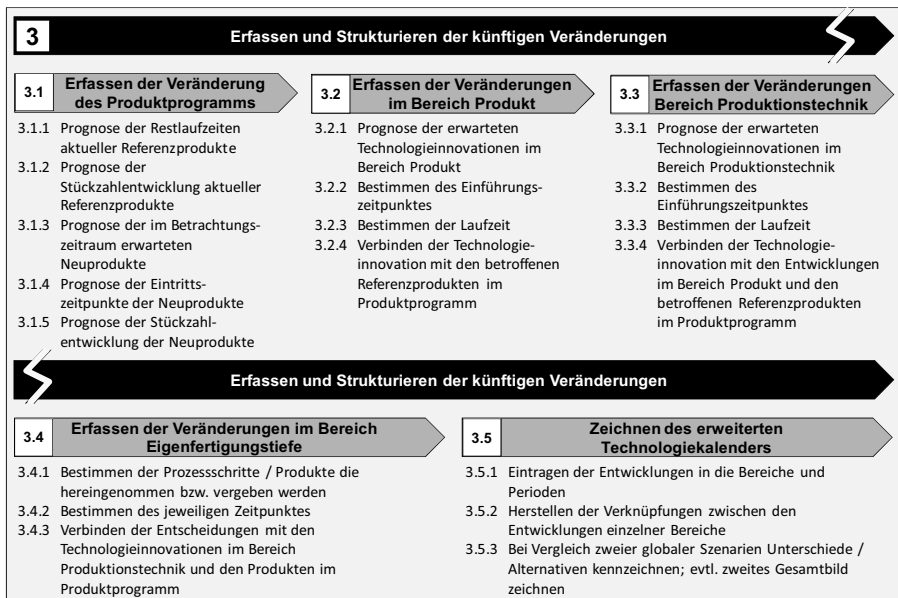


Abbildung 5-5: Phase 3 – Teilprozesse und Aktivitäten

Diese Phase ist mit allen Personen des Projektteams im Rahmen eines Workshops durchzuführen. Dabei ist seitens der Moderation darauf zu achten, dass sich die Teilnehmer auf die wesentlichen Veränderungen fokussieren und keine allgemeine Debatte über die Zukunft des Unternehmens geführt wird. Ferner kann es sinnvoll sein, die Erfassung der Veränderungen direkt im Stile eines erweiterten Technologiekalenders zu visualisieren und diese erst anschließend in das Arbeitsblatt 4 (vgl. Anhang A-4) zur weiteren Verwendung zu übertragen.

5.4 Zusammenführen und Systematisieren der Einzelfällen

Nachdem in den vorangegangenen Phasen sowohl die Ausgangssituation, als auch die künftigen Veränderungen erfasst wurden, gilt es in der Phase 4 beide Bilder zusammenzuführen. Eine Basis für die Prognose der künftig benötigten Produktionsleistung wird damit geschaffen. Abbildung 5-6 visualisiert die Teilprozesse und Aktivitäten dieser Phase:

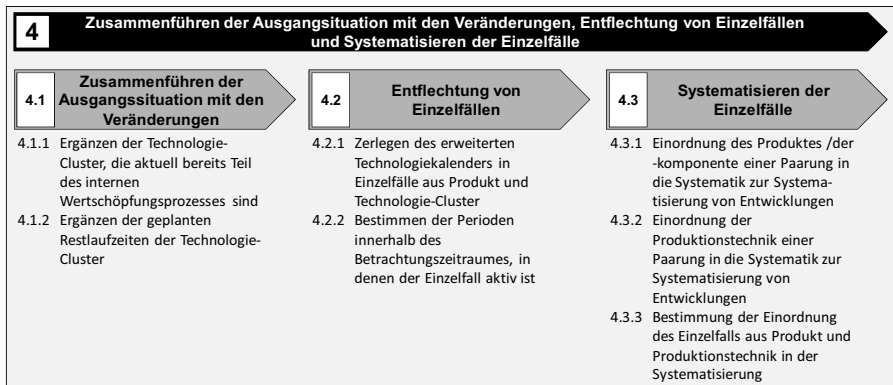


Abbildung 5-6: Phase 4 – Teilprozesse und Aktivitäten

Zur Durchführung von Phase 4 wurde das Zentralblatt der strategischen Leistungsplanung entwickelt (vgl. Anhang A-5). Dieses Zentralblatt stellt für die einzelnen Perioden die Produkte den Prozessschritten und den darin enthaltenen Technologie-Clustern gegenüber. Dabei sind sowohl Alt- und Neuprodukte, als auch alle Prozessschritte und alle darin im Planungszeitraum enthaltenen Technologie-Cluster abzubilden. Damit entsteht eine Matrix, die alle Kombinationen von Produkten und Technologie-Clustern entlang der Prozesskette abbildet. Diese Matrix gilt es in der Folge auf die Situation des globalen Szenarios anzupassen.

Um diese Anpassung durchzuführen, ist zunächst die Ausgangssituation mit den Veränderungen zusammenzuführen. Der erweiterte Technologiekalender ist dazu durch eine Darstellung der Restlaufzeiten der bestehenden Technologie-Cluster zu ergänzen (vgl. Kapitel 4.6.2). Für die Produkte ist diese Information bereits in der Entwicklung des Produktprogramms hinterlegt. Das hiermit entstandene Gesamtbild über die Entwicklung der Produktion ist anschließend in Einzelfälle aus Produkten und Technologie-Clustern zu zerlegen. Es muss bestimmt werden, welches Produkt in welcher Periode von welchem Technologie-Cluster gefertigt wird (vgl. Kapitel 4.6.3). Die Information zu den Perioden, innerhalb derer eine Paarung aus Produkt und Technologie-Cluster aktiv ist, kann aus dem erweiterten Technologiekalender entnommen werden. Die Information ist ferner in die Zentralmatrix zu übernehmen. Dazu werden die Felder der Paarungen, die in einer Periode nicht aktiv sind, durch eine Schraffur gekennzeichnet. Dies erleichtert bei der späteren Verknüpfung die Orientierung.

Sind die Einzelfälle aus Produkt und Technologie-Cluster bestimmt, gilt es die Paarungen zu systematisieren. Dazu werden die Einzelfälle in die Systematik (vgl. Kapitel 4.6.4) eingeordnet und entsprechend der resultierenden Prognosemethode für die kontinuierliche und diskontinuierliche Leistungsentwicklung gekennzeichnet. Hierzu eignet sich die Kennzeichnung mittels Farbcode.

Die ersten Teilprozesse dieser Phase können von einem einzelnen Projektmitarbeiter durchgeführt werden. Der Aufbau der Zentralmatrix und die Entflechtung von Einzelfällen stellen den aufwändigsten Teil der gesamten Methode dar. Die Systematisierung der Einzelfälle dagegen ist wieder im Rahmen eines Workshops mit allen Projektteilnehmern durchzuführen.

5.5 Prognose der Veränderung der Produktionsleistung

Die Teilprozesse, Prozessschritte und Aktivitäten der Phase 5 stellt Abbildung 5-7 dar.



Abbildung 5-7: Phase 5 – Teilprozesse, alternative Prozessschritte und Aktivitäten

Im Anschluss an die Generierung der Zentralmatrix und die Systematisierung der Einzelfälle erfolgt die Prognose der Produktionsleistung auf Grundlage von Einzelfallprognosen. Auf Grund der fallbasierten Wahl des Prognoseverfahrens enthält diese Phase eine Reihe alternativer Prozessschritte.

Zur Prognose der Entwicklung der Produktionsleistung im Rahmen von Einzelfallprognosen ist zunächst die Höhe der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung zu bestimmen. Für diejenigen Einzelfälle, die nicht Teil der Ausgangssituation sind und somit im Laufe des Betrachtungszeitraumes neu hinzukommen ist dieser Wert zu bestimmen. Es ist zu ermitteln welche Vorgabezeit für den Einzelfall aus Produkt und Produktionstechnik anzusetzen ist. Entsprechend der in der vorangegangenen Phase vorgenommenen Systematisierung ist hierzu fallbasiert ein Prognoseverfahren zu wählen (vgl. Kapitel 4.7.1).

Zur Unterstützung der Bestimmung der Vorgabezeiten durch Kausalzusammenhänge zwischen den Veränderungen in Produkten, Produktionstechnik und Produktionsleistung dient das im Anhang dargestellte Arbeitsblatt 6 (vgl. Anhang A-6). Hier sind zunächst die Ausprägungen der Kriterien des Technikmodells für alle Technologie-Cluster entlang der Prozesskette aus dem Arbeitsblatt 2 zu übertragen. Gleiches gilt für die Referenzprodukte, deren Kriterienausprägungen aus dem Arbeitsblatt 1 zu übernehmen sind.

Sind diese Informationen vorhanden, ist aus der Summe der Produkte zunächst ein Masterprodukt zu bestimmen (vgl. Kapitel 4.7.1.1). Für dieses Masterprodukt ist anschließend der zeitliche Aufwand je Stück (Container) in den einzelnen Technologie-Clustern zu bestimmen. Entsprechend der Vorgehensweise zur Prognose bei bekanntem Produkt und unbekannter Produktionstechnik (vgl. Kapitel 4.7.1.2) sind für die neuen Technologie-Cluster Zeitstudien in Zusammenarbeit mit dem Maschinenhersteller anzufertigen. Das Ergebnis der Zeitstudien sind Vorgaben für den zeitlichen Aufwand je Stück (Container). Abschließend ist der zeitliche Aufwand je Stück für das Masterprodukt in allen Technologie-Clustern auf den Wert eins zu normieren.

Daran anschließend findet die eigentliche Prognose der diskontinuierlichen Leistungsentwicklungen statt. Für alle Einzelfälle aus Produkt und Produktionstechnik, die zum aktuellen Zeitpunkt nicht im Unternehmen existieren und für die folglich keine Vorgabezeiten vorliegen, ist mittels Bildung von Analogien ein Vergleichsaufwand in Bezug auf das Masterprodukt zu bestimmen. Unterteilt nach dem Bearbeitungs- und Rüstanteil der Produktionsleistung ist durch die Betrachtung von Kausalzusammenhängen zu bestimmen, wie sich die Ausprägungen der Kriterien von Produkt und Technikmodell auf die Zeitanteile auswirken. Für die Fälle der Technologieinnovation auf Seiten des Produkts (vgl. Kapitel 4.7.1.1) und auf Seiten der Produktionstechnik (vgl. Kapitel 4.7.1.2), sowie für den Fall der Technologieinnovation auf beiden Seiten, bei dem mindestens ein Faktor auf aktuell im Unternehmen vorhandenem Know-how aufbaut (vgl. Kapitel 4.7.1.3), ist dieses Vorgehen zutreffend. Der sich verändernde Faktor (Produkt oder Produktionstechnik) ist mit den Kriterien des jeweiligen Partialmodells zu beschreiben und die Auswirkung der Ausprägung auf den Anteil der Produktionsleistung zu bestimmen. Dazu wird im Arbeitsblatt 6 (vgl. Anhang A-6) zwischen dem „Einfluss“ und der „Richtung“ unterschieden. Das Feld „Einfluss“ hat die Aufgabe zu erfassen, ob die Wirkung des Kriteriums direkt erfolgt, oder mittelbar über andere Kriterien wirkt. Das Feld „Richtung“ hingegen hat die Aufgabe zu erfassen, wie sich die Ausprägung auswirkt und in welchem Umfang.

Es wird dabei folgende Abstufung vorgenommen:

- ++ Erhöht den zeitlichen Aufwand stark
- + Erhöht den zeitlichen Aufwand
- 0 Lässt den zeitlichen Aufwand unverändert
- Senkt den zeitlichen Aufwand
- Senkt den zeitlichen Aufwand stark

Aus diesen Informationen kann anschließend zur Unterstützung der Bestimmung der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung ein Kausaldiagramm (vgl. Kapitel 4.7.1.5) erzeugt werden. Aus der Kenntnis der Kausalzusammenhänge ist für die Einzelfälle nun ein Vergleichswert für den zeitlichen Aufwand zu bestimmen. Dies geschieht durch eine Abschätzung, die von den Projektteilnehmern vorgenommen wird. Als Entscheidungshilfe dienen ihnen dabei die ermittelten Kausalzusammenhänge und das Kausaldiagramm. Der ermittelte normierte Wert für den zeitlichen Aufwand ist in das Arbeitsblatt einzutragen und durch Multiplikation mit der Vorgabezeit für das Masterprodukt in einen Absolutwert zu transformieren.

Dieses Vorgehen der Analogiebildung ist nur dann sinnvoll, wenn wenigstens das Produkt oder die Produktionstechnik des betrachteten Einzelfalls auf aktuell im Unternehmen vorhandenem Know-how aufbaut. Ist dies nicht der Fall, fehlt eine belastbare Vergleichsgrundlage, die zur Analogiebildung herangezogen werden kann (vgl. Kapitel 3.2.6.2). In diesem Fall ist auf die Ermittlung der Kausalzusammenhänge in einem Expertenworkshop zu setzen. Bei diesem Workshop sind die das Produkt und die Produktionstechnik beschreibenden Ausprägungen der Partialmodelle abzuschätzen und in Beziehung zur den Anteilen der Produktionsleistung zu setzen. Dabei unterstützt ebenfalls das im Anhang enthaltene Arbeitsblatt 6 (vgl. Anhang A-6). Die Ergebnisse des Workshops werden dort dokumentiert und zur Weiterverwendung in der Methode zur sLP bereitgestellt. Abschließend ist auch für diese Einzelfälle ein zeitlicher Aufwand je Stück im Arbeitsblatt zu hinterlegen.

Nachdem die Bestimmung der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung damit abgeschlossen ist, sind die Werte für die kontinuierliche Leistungsentwicklung zu bestimmen (vgl. Kapitel 4.7.2). Für alle Einzelfälle werden hierzu über die Perioden hinweg Lern- und Erfahrungseffekte berücksichtigt, die zu einer Reduzierung des zeitlichen Aufwandes führen. Hierfür werden für die einzelnen Felder der Systematik sowohl die Länge der Phasen als auch die Höhe der zugehörigen Degressionsfaktoren bestimmt. Dies geschieht ebenfalls im Rahmen eines Workshops, bei dem die Projektteilnehmer zum einen auf ihr Erfahrungswissen und zum anderen auf Daten aus dem laufenden Betrieb zurückgreifen. In Unternehmen, in denen die realen Fertigungszeiten permanent nacherhoben und zu einer Anpassung der Vorgabezeiten genutzt werden, lassen sich die Werte über die Höhe der Degressionsfaktoren aus diesen Daten herleiten. In den meisten Unternehmen ist dies jedoch keine gängige Praxis, da die Qualität der Rückmeldedaten aus der Fertigung oft mangelhaft ist. Da eine zusätzliche flächendeckende Nacherfassung teuer und aufwändig ist, wird hier auf die Erfahrung der Mitarbeiter zurückgegriffen.

Da für die Einzelfälle nun bekannt ist, wie hoch die Vorgabezeiten zu Beginn des Auftretens einer neuen Paarung aus Produkt und Produktionstechnik sind und wie sich diese bedingt durch Degressionsfaktoren über den Lauf der Perioden verringern, kann nun für jeden Einzelfall die Produktionsleistung über die Perioden hinweg bestimmt werden. Dazu werden alle Informationen in das Zentralblatt (vgl. Anhang A-5) verknüpft. Es empfiehlt sich hierzu ein sequentielles Vorgehen entlang der einzelnen Technologie-Cluster der Prozesskette. Ferner ist es empfehlenswert, bei

dieser sequentiellen Vorgehensweise zunächst ein Technologie-Cluster über alle Perioden hinweg abzuarbeiten, bevor zum nächsten übergegangen wird.

Zur Verknüpfung der Informationen startet man folglich bei Technologie-Cluster 1 und Referenzprodukt 1. Zunächst ist aus dem erweiterten Technologiekalender die Periode zu bestimmen, ab der die Paarung aktiv ist. In dieser Periode ist anschließend die Information über den zeitlichen Aufwand je Stück aus dem Arbeitsblatt 6 mit der Stückzahl von Referenzprodukt 1 in dieser Periode zu multiplizieren. Damit erhält man für diese Periode den aus der Paarung von Technologie-Cluster 1 und Referenzprodukt 1 resultierenden Bearbeitungsanteil der Produktionsleistung. Für die Bestimmung der Rüstkompente der Produktionsleistung ist ferner die Anzahl der Container dieser Periode mit dem Rüstaufwand für Referenzprodukt 1 in Technologie-Cluster 1 aus Arbeitsblatt 6 zu multiplizieren. Für die anschließenden Perioden ist bei dieser Berechnung ferner der jeweilige Degressionsfaktor zu berücksichtigen. Dieser wird als prozentualer Abschlag mit der Vorgabezeit verrechnet. Nachdem diese Schritte für alle Referenzprodukte in Technologie-Cluster 1 unternommen wurden, ist zu Technologie-Cluster 2 überzugehen.

5.6 Synthese der Einzelprognosen und Rückführung in Produktionsstrukturen

Im Anschluss an die Einzelprognosen der Entwicklung der Produktionsleistung sind die Einzelwerte zusammenzuführen und die aktuell im Sinne von Technologiebedarfsmengen vorliegenden Informationen in reale Produktionsstrukturen zurück zu übersetzen. Die Teilprozesse und Aktivitäten dieser Phase visualisiert die folgende Abbildung 5-8:

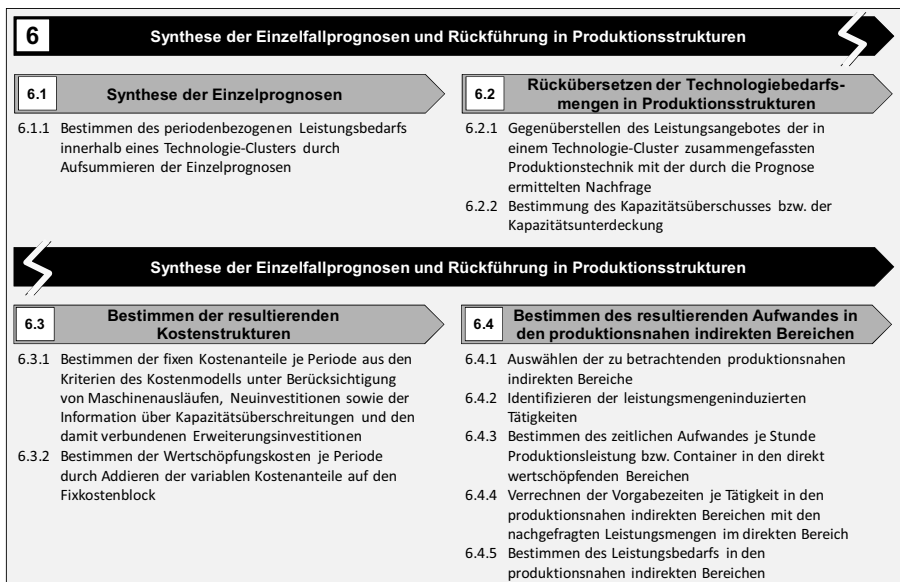


Abbildung 5-8: Phase 6 – Teilprozesse und Aktivitäten

Um diese Synthese der Informationen durchzuführen, sind zunächst in den einzelnen Perioden und Technologie-Clustern die auf Ebene einzelner Referenzprodukte ermittelten Werte für die Pro-

duktionsleistungen aufzusummieren. Dies geschieht im Arbeitsblatt 5, dem Zentralblatt (vgl. Anhang A-5). Für die einzelne Periode wird damit sichtbar, welche Produktionsleistung in den einzelnen Technologie-Clustern nachgefragt wird.

Zur Rückführung der Technologiebedarfsmengen in reale Produktionsstrukturen wird dieser Wert dem Kapazitätspaket gegenübergestellt, das eine einzelne Anlage eines jeden Technologie-Clusters in einer Periode zur Verfügung stellt. Für die Bereitstellung der Kapazitätspakete wird eine Hilfsmatrix erzeugt, die sich aus den Informationen hinsichtlich der Kapazitätsgrenzen einzelner Anlagen aus Arbeitsblatt 2 (vgl. Anhang A-2) speist. Durch die anschließende Gegenüberstellung von Produktionsleistung (Kapazitätsnachfrage) und Kapazitätspaketen (Kapazitätsangebot) wird deutlich, wann die Kapazitätsgrenze einzelner Anlagen überschritten ist und für einen Technologie-Cluster eine Erweiterungsinvestition ansteht.

Die Information über die Zeitpunkte, zu denen Kapazitätsgrenzen überschritten und Erweiterungsinvestitionen notwendig werden, spielt eine wichtige Rolle in der weiteren Bestimmung der resultierenden Kostenstrukturen. Besonders interessant ist diese Information in Bezug auf die Gestaltung des Fixkostenblocks. Die in einem weiteren Arbeitsblatt hinterlegten Informationen des Kostenmodells der strategischen Leistungsplanung (vgl. Kapitel 4.3.3) werden zur Bestimmung der Kostenstruktur den einzelnen Perioden zugeordnet. In einer weiteren Hilfsmatrix werden dabei zunächst die entscheidungsrelevanten Fixkosten den einzelnen Perioden und Technologie-Clustern zugeordnet. Zu berücksichtigen ist hierbei, in welchen Perioden die Kapazitätsgrenzen überschritten werden und somit eine Erweiterungsinvestition notwendig wird. Diese schlägt sich dann in einer Multiplikation der Fixkosten, entsprechend der Anzahl der neu zu beschaffenden Maschinen nieder. Für die Bestimmung der variablen Kostenanteile wird der im Kostenmodell hinterlegte Wert für variable Kostenanteile je Maschinenstunde mit der Produktionsleistung des Technologie-Clusters je Periode multipliziert. Die Summe aus diesen variablen Kostenanteilen und den Fixkosten der Periode ergeben die Wertschöpfungskosten der Eigenfertigung. Diese Wertschöpfungskosten der Eigenfertigung geben einen Aufschluss darüber, was das Unternehmen die Durchführung eines Prozessschrittes im eigenen Haus in einem Jahr kostet. Durch die Betrachtung dieses Wertes sollen vorrangig Prozesse oder Technologien identifiziert werden, die zwar auf Grund niedriger Fixkosten zunächst als positiv beurteilt werden, jedoch hohe variable Kosten mit sich bringen.

Abschließend sind in dieser Phase die Auswirkungen auf die produktionsnahen indirekten Bereiche zu bestimmen. Zur Bestimmung dieser Auswirkungen wurde das im Anhang dargestellte Arbeitsblatt 7 (vgl. Anhang A-7) entworfen. Es stellt die produktionsnahen indirekten Bereiche den Technologie-Clustern und den Perioden gegenüber.

Zur Durchführung der Ermittlung der kapazitiven Auswirkungen auf die produktionsnahen indirekten Bereiche sind zunächst einige Basisdaten der Kalkulation zu bestimmen. Für den einzelnen Bereich wird zunächst in einem Workshop ermittelt, ob die Nachfrage der Leistung von der Anzahl der Container oder der Produktionsleistung im direkten Bereich abhängt. Anschließend wird ein entsprechender Aufwand hinterlegt, der mit den nachgefragten Tätigkeiten verbunden ist.

Sind die Basisdaten erhoben, wird der Aufwand in den einzelnen Bereichen durch Multiplikation des Zeitwertes je Tätigkeit mit den Mengenfaktoren Produktionsleistung oder Anzahl der Container multipliziert. Ergebnis dieser Verrechnung ist eine Aussage über die zeitliche Belastung der produktionsnahen indirekten Bereiche durch die direkt wertschöpfenden Tätigkeiten. Nachdem die Einzelwerte bestimmt wurden, werden sie zu einer Summe je Bereich und Periode zusammengefasst, um die Gesamtbelastung des Bereichs darzustellen.

5.7 Bewerten der Szenarien

Die in den vorherigen Kapiteln dargestellten Phasen resultieren in lokalen und globalen Szenarien, die es in Phase 7 zu bewerten gilt. Die Teilprozesse und Aktivitäten der Bewertungsphase stellt Abbildung 5-9 im Überblick dar.

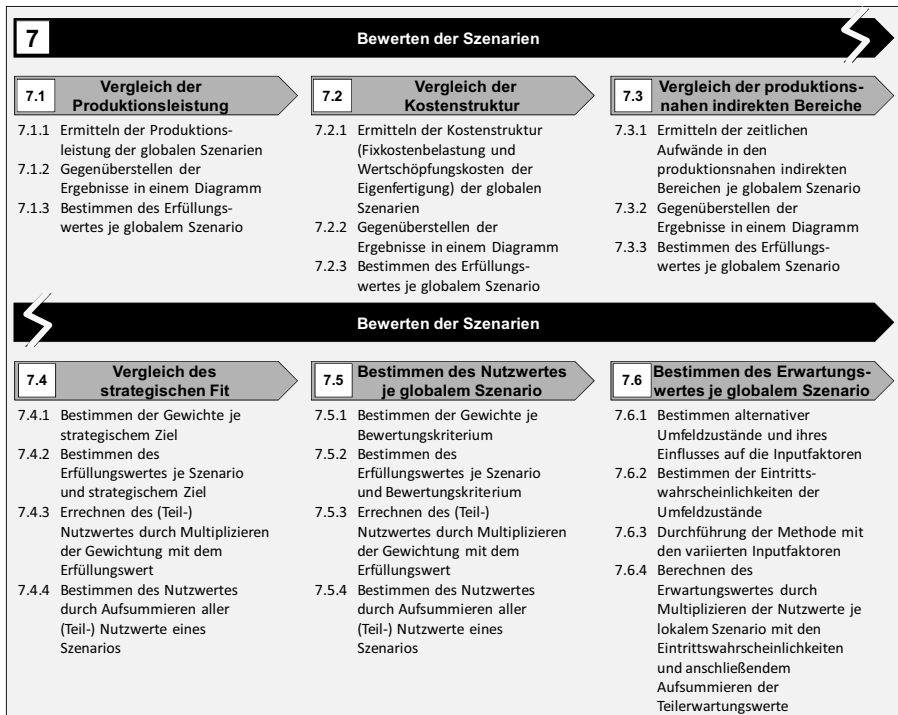


Abbildung 5-9: Phase 7 - Teilprozesse und Aktivitäten

Entsprechend der in Kapitel 3.1.4 dargestellten Bewertungskriterien strategischer Entscheidungen werden die Szenarien nach den vier Kriterien Produktionsleistung, Kostenstrukturen, Auswirkungen auf produktionsnahe indirekte Bereiche und strategischer Fit bewertet. Dazu werden die Szenarien in einem Scoring-Verfahren in den einzelnen Kriterien mit Erfüllungsgraden bewertet (vgl. Kapitel 4.8), mit einem Gewichtungsfaktor multipliziert und anschließend zu einem Nutzwert je Szenario zusammengeführt. Diese Art der Bewertung wird für jedes lokale Szenario durchgeführt.

Um abschließend eine Aussage über die Robustheit der globalen Szenarien unter den wechselnden Rahmenbedingungen der lokalen Szenarien treffen zu können, werden die Ergebnisse in Form der einzelnen Nutzwerte zu einem Erwartungswert je globalem Szenario zusammengeführt. Dazu werden die Umfeldzustände der lokalen Szenarien mit Eintrittswahrscheinlichkeiten versehen. Die einzelnen Nutzwerte werden anschließend mit der jeweiligen Eintrittswahrscheinlichkeit multipliziert, aufsummiert und ergeben damit den Erwartungswert eines globalen Szenarios. Das

Szenario mit dem höchsten Erwartungswert verspricht die größte Zielüberdeckung auch unter den angenommenen turbulenten Umfeldbedingungen.

5.8 Formulieren der Strategie zur Leistungsgestaltung

Die abschließende Phase der Methode zur strategischen Leistungsplanung wandlungsfähiger Produktionsstrukturen stellt die Phase der Strategieformulierung dar. Sie ist nicht mehr Teil der Aufgabenstellung und wird daher nur aus Gründen der Vollständigkeit erwähnt. Die Teilprozesse dieser Phase visualisiert die folgende Abbildung 5-10.

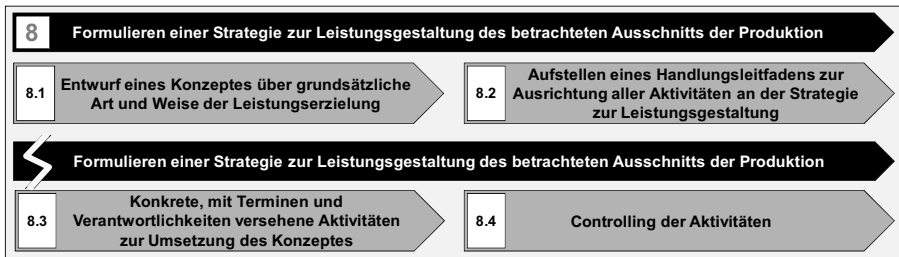


Abbildung 5-10: Phase 8 - Teilprozesse

Das auf Basis der Bewertung zu präferierende globale Szenario kommt einem Konzept über die grundsätzliche Art und Weise der Leistungserzielung nahe. Es zeigt schrittweise den Weg in die Zukunft auf. Folglich ist zunächst ein Handlungsleitfaden daraus abzuleiten, der die Ausrichtung aller Aktivitäten an dieser Strategie zur Leistungsgestaltung ermöglicht. Ferner sind konkrete, mit Terminen und Verantwortlichkeiten versehene Aktivitäten zu definieren. Abschließend sind Messgrößen zu definieren, die ein Strategiecontrolling ermöglichen.

Mit Abschluss des Kapitels 5 sind die Lösungsbausteine im Phasenmodell methodisch zusammengeführt. Die Darstellung des Phasenmodells und die Beschreibung der Teilprozesse und Aktivitäten ermöglichen dem Anwender, die Methode zur sLP durchgängig anzuwenden. Die wesentlichen Arbeitsblätter wurden ebenso erläutert wie ihre Verbindung untereinander. Es sei ferner festgehalten, dass der Hauptaufwand in der erstmaligen Abbildung des Produktionssystems sowie in der Bestimmung der Einzelfälle und der Durchführung der Einzelfallprognosen liegt. Wird die Methode kontinuierliche angewandt sinkt der Aufwand zur Durchführung deutlich, da nur die veränderten Parameter nachgepflegt werden müssen. Die erstellten logischen Verknüpfungen, die beispielsweise zur Durchführung der Einzelfallprognosen benötigt werden, bleiben bestehen.

6 Validierung der Methode zur strategischen Leistungsplanung

Das folgende Kapitel stellt die Ergebnisse der Anwendung der entwickelten Methode in einem Fallbeispiel dar. Ziel ist die Validierung der Methode. In Kapitel 6.1 wird zunächst das allgemeine Vorgehen zur Validierung beschrieben. Daran anschließend werden in Kapitel 6.2 die Ergebnisse der Methodenanwendung an einem Fallbeispiel dargestellt. Die Kapitel 6.3 und 6.4 geben die Ergebnisse von Expertenbefragungen zu unterschiedlichen Aspekten der Methode wieder

6.1 Vorgehen

Das Vorgehen zur Validierung der Methode erfolgt in zwei Schritten. Zunächst ist zu belegen, dass die Methode die zu Beginn der Arbeit (vgl. Kapitel 1.3 und 2.6.2) festgelegten Anforderungen erfüllt. Dieser Abgleich zwischen dem Anforderungsprofil und der entwickelten Methode im Sinne einer **Verifizierung** [vgl. DIN EN ISO 8402] wird anhand eines Fallbeispiels vorgenommen. Die Methode zur sLP wird angewendet und muss zeigen, dass sie die geforderten Informationen aufnehmen, verarbeiten und erzeugen kann. Zusätzlich wird zur Absicherung der Verifizierung und zum Beleg der Durchgängigkeit der Methode vor und nach der Anwendung mittels eines Fragebogens verglichen, welche Schritte und Methoden zur Leistungsplanung eingesetzt werden, und ob dies bereits vor Kenntnis der entwickelten Methode der Fall war.

Folgende Anforderungen an die Methode wurden zu Beginn der Arbeit (vgl. Kapitel 1.3 & 2.6.2) aufgestellt:

- Die Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen unterstützt durch die Generierung und Bewertung von Szenarien die Planung der benötigten Produktionsleistung in einem strategischen Zeithorizont von bis zu zehn Jahren.
- Die Methode stellt dabei ein durchgängiges Vorgehen dar, das eine kontinuierliche strategische Entwicklung der Produktion in Abstimmung mit der Unternehmensstrategie ermöglicht.
- Die Partialmodelle für Produkt, Produktionstechnik, Kosten und produktionsnahe indirekte Bereiche bilden die für die strategische Leistungsplanung relevanten Faktoren ab und unterstützen damit die Leistungsprognose.
- Die Referenzstruktur zur Darstellung der Ausgangssituation erlaubt eine der strategischen Planung angemessene Abbildung der Realität. Ergebnis ist eine belastbare Ausgangssituation für die Prognose der Produktionsleistung.
- Die Systematik zur Erfassung und Abbildung der Veränderungstreiber erfasst alle relevanten Veränderungen in den Bereichen Produkt, Produktionstechnik, Produktprogramm und Eigenfertigungstiefe, die sich auf die Produktionsleistung auswirken.
- Das Kernmodell zur Komposition führt alle wesentlichen Bereiche zusammen und bildet eine Basis für die Leistungsprognose. Die Systematisierung der Technologie-Innovationen erlaubt eine Einteilung der Einzelfälle in gleichartige Problemstellungen in Bezug auf die Leistungsprognose.
- Das Vorgehen zur Leistungsprognose ermöglicht eine szenarienhafte Vorausschau der Produktionsleistung.

- Das Verfahren zur Szenariobewertung unterstützt die Bewertung der Szenarien auf Basis wirtschaftlicher und strategieorientierter Kriterien.
- Das Ergebnis der methodischen Zusammenführung aller Lösungsbausteine, das Phasenmodell, dokumentiert den Ablauf der Methode und dient dem Anwender als Leitfaden.

Zur Verifizierung der Methode und des Aspektes der Durchgängigkeit werden folgende Teilschritte durchgeführt:

1. **Erste Expertenbefragung des Validierungspartners.** Ziel ist die Ermittlung der Prozessschritte (Phasen), Teilprozesse und Aktivitäten des Phasenmodells der strategischen Leistungsplanung, die vom Validierungspartner aktuell bereits durchgeführt werden.
2. **Anwendung der Methode im Fallbeispiel.** Dadurch wird gezeigt, dass die beschriebenen Anforderungen umgesetzt wurden und die entstandenen Bausteine die erforderlichen Informationen aufnehmen, umsetzen und erzeugen können.
3. **Zweite Expertenbefragung des Validierungspartners:** Welche der Schritte des Referenzmodells wurden in der Methodenanwendung am Fallbeispiel ausgeführt? Hiermit wird gezeigt, dass die entwickelte Methode ein durchgängiges Verfahren darstellt.

In einem zweiten Schritt ist zu zeigen, dass die Methode die Wirkungen erzielt, die von ihr erwartet werden (**Validierung**). Folgende Wirkungen sollen durch den Einsatz der Methode zur sLP erzielt werden (vgl. Kapitel 1.3):

- W1 Entscheidungen des Produktionsmanagements zum Einsatz von Technologie-Innovationen in Produkten und Produktionstechnik, sowie einer Veränderung der Eigenfertigungstiefe werden durch die Prognose der erforderlichen Produktionsleistung in ihrer strategischen Wirkung transparent. Dies erfolgt durch die Darstellung der Entwicklung der resultierenden Produktionsleistung, Kostenstrukturen, Aufwand in den produktionsnahen indirekten Bereichen, sowie dem strategischen Fit.
- W2 Die Bildung alternativer Szenarien gewährleistet die Sensibilisierung des Produktionsmanagements für Unsicherheitsfaktoren.
- W3 Die Prognosegenauigkeit wird durch eine differenzierte Betrachtung unterschiedlicher Umfänge der Technologie-Innovation von Produkt und Produktionstechnik und die damit ermöglichte fallbasierte Wahl der Prognosemethode erhöht.
- W4 Es erfolgt eine Erhöhung der Prognosegenauigkeit des künftigen Leistungsbedarfs für Produkte und Produktionstechnik, deren Technologien aktuell noch nicht Bestandteil des Unternehmensinternen Know-hows sind. Dies geschieht durch Ermittlung von Kausalzusammenhängen zwischen Technologie-Innovationen und Zeitanteilen der Produktionsleistung.
- W5 Der Kapazitätsbedarf in den produktionsnahen indirekten Bereichen kann anhand der erforderlichen Produktionsleistung errechnet und damit in Abstimmung mit der Veränderung des direkt wertschöpfenden Bereichs gestaltet werden.

Bei Wirkung W1 handelt es sich um die Hauptwirkung, die mit der Methode zur sLP erzielt werden soll. Die Wirkungen W2 bis W5 haben dagegen unterstützenden Charakter.

Die Validierung müsste exakterweise mit einer Überprüfung der vorhergesagten Wirkungen nach Ablauf des betrachteten Zeitraums, d.h. nach ca. zehn Jahren erfolgen. Da dieser Zeithorizont je-

doch äußerst lang und damit für die Überprüfung im Rahmen dieser Arbeit nicht geeignet ist, wird auf eine andere Methode zur Validierung zurückgegriffen. Mittels eines zweiten Fragebogens werden ausgewählte Experten befragt, ob mit der Anwendung der Methode die erwarteten Wirkungen erzielt werden können. Vor Anwendung der Methode werden die Experten zunächst befragt, inwiefern die Wirkungen W1 bis W5 mit den aktuell eingesetzten Methoden und Vorgehensweisen bereits erzielt werden. Nach Anwendung der Methode zur sLP werden den beteiligten Experten die Fragen erneut vorgelegt. Durch Vergleich der beiden Befragungsrunden wird sichtbar, ob und in welchem Umfang sich die gewünschten Wirkungen einstellen. Die Ergebnisse von Verifizierung und Validierung sind in der Folge beschrieben.

6.2 Anwendung der Methode

Die Anwendung der Methode erfolgte am Beispiel eines auf Verzahnungen spezialisierten mittelständischen Unternehmens mit ca. 70 Mitarbeitern, davon ca. 50 im Produktionsbereich. Das Unternehmen stellt zum einen als Lohnfertiger Verzahnungsteile nach Zeichnung her, zum anderen führt es eigene Verzahnungsteile als Serienprodukte für wenige, zentrale Kunden. Die entwickelte Methode zur sLP wurde am Beispiel des Herstellungsprozesses für Serienprodukte angewendet. Die Konzentration auf einen bestimmten Ausschnitt des Produktspektrums von Teilen geringer Komplexität unterstützt die beispielhafte Anwendung der Methode. Für den betrachteten Prozess plant die Geschäftsführung für die kommenden Jahre eine bedeutende Veränderung der eingesetzten Technologien und der Eigenfertigungstiefe, gekoppelt mit einer Ausweitung des Produktspektrums bzw. einer Veränderung seiner Zusammensetzung. Dieses Vorhaben wurde bisher durch die Erstellung einer strategischen Roadmap strukturiert und gesteuert, ohne jedoch die Leistungsanforderungen an die Produktion systematisch aufzunehmen und explizit Gestaltungsvarianten zu vergleichen.

6.2.1 Anwendung der Methode zur sLP am Fallbeispiel

Die Anwendung der Methode zur sLP und die dabei gewonnenen Erkenntnisse werden in den folgenden Kapiteln dargestellt. Das Vorgehen folgt den Phasen des in Kapitel 5 entwickelten Phasenmodells. Es ist zu beachten, dass die quantitativen Ergebnisse der Anwendung aus Geheimhaltungsgründen verfremdet wurden. Ebenfalls wurden die in der Prozesskette zum Einsatz kommenden Technologien unkenntlich gemacht und verändert, um keine Rückschlüsse auf die fertigungstechnische Kompetenz des Unternehmens zu ermöglichen.

Bei den betrachteten Serienprodukten handelt es sich um Verzahnungsteile für einen Schlüsselkunden, bei dem die langfristige Abnahme auch über die aktuelle Produktgeneration hinaus gesichert ist. Der Herstellungsprozess besteht aktuell aus sieben Prozessschritten vom Rohteil bis zum fertigen Endprodukt. Es handelt sich dabei um einen reinen Fertigungsprozess mit hauptsächlich spanender Bearbeitung. Der Prozess ist aktuell geprägt durch eine sehr geringe Eigenfertigungstiefe und die Einbindung vieler unterschiedlicher externer Wertschöpfungspartner.

Um langfristig am Markt und im Wettbewerb mit den Konkurrenten bestehen zu können, folgt das Unternehmen unter anderem den folgenden strategischen Leitlinien:

- **Unternehmensstrategie** (Ausschnitt):
 - Wachstumsstrategie
 - High-Tech Strategie
 - Schnelligkeit
- **Produktionsstrategie** (Ausschnitt):
 - Beherrschung der gesamten Prozesskette
 - Realisierung kurzer Durchlaufzeiten
 - Senkung der Materialbestände

Der Vergleich mit der aktuellen Gestaltung des Produktionsprozesses hat gezeigt, dass die strategischen Zielstellungen nur schlecht unterstützt werden. Vor allem die Aspekte kurzer Durchlaufzeiten und des Aufbaus von Know-how und Ressourcenpotenzialen sind mit einem derart auf externe Wertschöpfungspartner konzentrierten Prozess nicht zu realisieren. Aus diesem Grund wird angestrebt, die Produktion in den nächsten Jahren entsprechend umzubauen. Kern dieses Umbaus sind die folgenden Aspekte:

- Integration bisher externer Prozessschritte,
- Einsatz neuer hochleistungsfähiger Technologien.

Gleichzeitig ist auf der Produktseite die Einführung einer neuen Produktgeneration vorgesehen. In diesen Produkten ist ebenfalls der Einsatz aufkommender bzw. weiterentwickelter Technologien zur Realisierung innovativer Produkteigenschaften geplant. Die Integration der Prozessschritte und die Einführung dieser Technologien stellt das mittelständische Unternehmen vor allem finanziell vor große Herausforderungen.

Aktuell werden zwei unterschiedliche Wege zur Umsetzung einer zukunftsfähigen Produktion diskutiert. Diese beinhalten unterschiedliche zeitliche Abfolgen bei der Integration der Prozessschritte sowie die Anwendung unterschiedlicher technologischer Konzepte bei deren Umsetzung.

Mit Hilfe der Methode zur sLP soll im Folgenden geklärt werden, welcher der alternativen Wege den strategisch günstigeren darstellt, bzw. welcher das Unternehmen unter Umständen sogar in einen Engpass führt und die Wandlungsfähigkeit nachhaltig beschränkt. Die beiden Wege werden als globale Szenarien abgebildet (im Folgenden mit Szenario A und B bezeichnet) und mit einem dritten Szenario verglichen, das die unveränderte Situation des Produktionsprozesses darstellt (im Folgenden mit Szenario 0 bezeichnet). Damit wird nochmals nachgewiesen, dass eine Fortführung der Produktion wie sie sich heute darstellt die schlechteste Alternative ist. Zur Absicherung der Robustheit der Szenarien gegenüber alternativen Stückzahlentwicklungen wird die nachgefragte Menge an Produkten variiert. Die dadurch erzeugten lokalen Szenarien fließen mit in die Gesamtbewertung durch Berechnung des Erwartungswertes ein.

Für die Anwendung der Methode zur sLP werden zehn einteilige Referenzprodukte betrachtet, die sich vorrangig in den Abmessungen voneinander unterscheiden. Das zugehörige Mengengerüst weist sowohl stark nachgefragte, als auch weniger nachgefragte Referenzprodukte auf. Die Größe der Produkt-Container wird gleich der Fertigungslosgröße gesetzt. Einen Überblick über die aktuellen Prozessschritte, die Stückzahlen der betrachteten Referenzprodukte, sowie die damit im aktuellen Jahr notwendige bzw. nachgefragte Produktionsleistung gibt Abbildung 6-1.

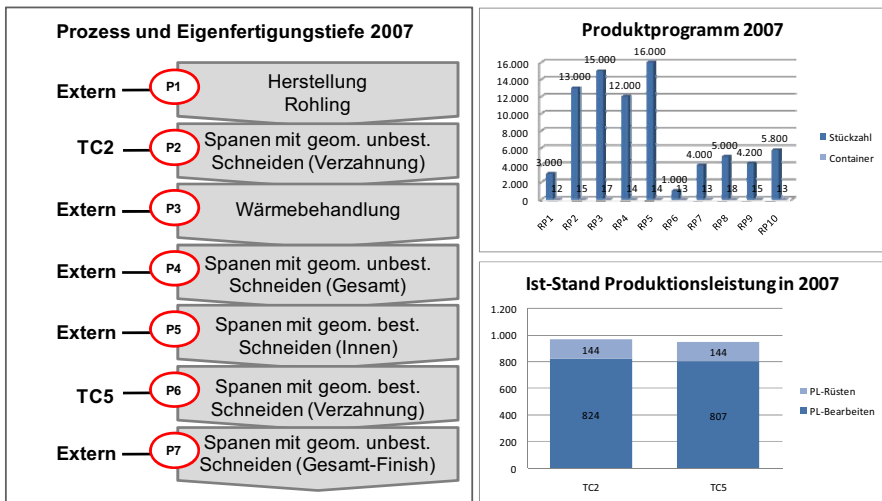


Abbildung 6-1: Ausgangssituation des Fallbeispiels

Die Darstellung der Ausgangssituation der Produktionsleistung zeigt, dass sowohl für das Technologie-Cluster 2 als auch für das Technologie-Cluster 5 rund 1000 Stunden pro Jahr an zeitlichem Aufwand anfallen. Eine Übersicht aller im Laufe des Fallbeispiels gegeneinander abgegrenzten Technologie-Cluster ist in Anhang B-1 dargestellt.

Im Rahmen eines Expertenworkshops wurden mit dem Validierungspartner die künftigen Entwicklungen erfasst und abschließend in einem erweiterten Technologiekalender für die Szenarien A und B strukturiert dargestellt. Eine Abbildung des erweiterten Technologiekalenders ist im Anhang enthalten (vgl. Anhang B-2 und Anhang B-3). An dieser Stelle wird lediglich kurz auf die wichtigsten Veränderungen eingegangen.

Für die Entwicklung der Produkte wird prognostiziert, dass in Periode 6 über das gesamte Produktprogramm hinweg eine Weiterentwicklung der aktuellen Referenzprodukte angeboten wird. Diese drückt sich vor allem in der Anwendung eines neuen Werkstoffes und einer verbesserten Oberflächengüte aus. Für das Mengengerüst wird prognostiziert, dass eine stetige Steigerung der Stückzahl um 15% pro Jahr zu erwarten ist. Mit der Einführung der Neuprodukte in Periode 6 bleibt dieser Gesamtrend bestehen. Die Alt-Produkte werden stufenweise zurückgefahren, laufen jedoch nicht ganz aus. Diese Entwicklungen sind bei beiden Szenarien identisch. Die Größe der Container für die Alt-Produkte bleibt weiterhin unverändert, während die Größe der Container für die Neuprodukte im Vergleich zu der der Alt-Produkte halbiert wird. Damit soll dem Ziel einer Reduzierung der Bestände in der Produktion Rechnung getragen werden.

In Bezug auf die Entwicklung der Produktionstechnik unterscheiden sich die beiden Szenarien A und B. Szenario A stellt dabei den eher konservativen Weg dar. Es werden alle Prozessschritte entlang der Prozesskette nach und nach ins Unternehmen integriert. Für den Prozessschritt 7 wird in diesem Szenario zunächst auf eine ebenfalls konservative Technologie gesetzt, die aus Verfügbarkeitsgründen drei Perioden später durch eine innovativere Variante ersetzt wird. Die Integration von Prozessschritt 1 wird aufgrund der kapitalintensiven Technologie auf einen späteren Zeitpunkt

verschoben. Erst mit einem Anwachsen der Stückzahl ist hier ein wirtschaftlicher Herstellprozess zu erwarten.

In Szenario B wird die Erweiterung der Prozesskette direkt zur Verfahrensintegration zweier Prozessschritte genutzt. Die Prozessschritte P7 und P8 werden durch eine Produktionstechnik integriert. Aufgrund der Integration zweier Prozessschritte wird die Realisierung des Technologie-Clusters zeitlich vorgezogen. Die Integration weiterer Prozessschritte verschiebt sich damit zeitlich nach hinten.

Die Zusammenführung aller Veränderungen und die Entflechtung der Einzelfälle wurden durchgeführt. Die Systematisierung der Einzelfälle hat gezeigt, dass die Technologie-Innovationen im Bereich der Produkte auf Know-how aufbauen, das aktuell bereits im Unternehmen vorhanden ist. Die Veränderungen im Bereich der Produktionstechnik sind dagegen gravierender. Hier bewegt sich das Unternehmen mit den geplanten Veränderungen auf allen Stufen der Systematik. Von Produktionstechniken, die lediglich eine Weiterentwicklung bestehender Maschinen und Anlagen darstellen, bis hin zu Neuentwicklungen, die für die Branche eine Neuerung darstellen, sind alle Fälle vorhanden.

Bereits an dieser Stelle wird ein positiver Effekt der Methode zur sLP transparent. Die eigentlich als Unterstützung der Leistungsprognose gedachte Systematik erlaubt bereits jetzt Rückschlüsse darauf, ob die geplanten Veränderungen die Produktions- / Unternehmensstrategie unterstützen. Die starke Fokussierung der Veränderungen auf den Bereich der Produktionstechnik und das Besetzen aller Stufen der Systematik in diesem Bereich spiegelt die gesetzte High-Tech-Strategie bestens wider.

Die anschließende Prognose der diskontinuierlichen und kontinuierlichen Leistungsentwicklung wurde entsprechend der auf der Systematisierung beruhenden fallbasierten Wahl des Prognoseverfahrens durchgeführt. Zunächst wurden entsprechend des Ablaufs der Methode die diskontinuierlichen Leistungsentwicklungen im Rahmen von Einzelfallprognosen bestimmt. Dazu wurde zunächst wie gefordert ein Masterprodukt als Basis für die Analogiebildung ermittelt. In einem Expertenworkshop wurden anschließend für bestehende Produktionstechnik und neue Produkte die normierten Vergleichswerte zur Intensität Bearbeitungsaufgabe bestimmt.

Für den Fall bekannter bzw. ähnlicher Produkte und unbekannter Produktionstechnik konnte auf eine Reihe von Zeitstudien für das Masterprodukt zurückgegriffen werden. Diese Zeitstudien lagen dem Unternehmen zum Zeitpunkt der Methodenanwendung bereits vor und konnten direkt weiterverwendet werden.

An einzelnen Stellen wurden zur Unterstützung der Analogiebildung Kausaldiagramme angefertigt. Sie visualisieren den Einfluss der jeweiligen Ausprägungen der Kriterien des Produkt und Technikmodells auf die Anteile der Produktionsleistung. Die folgende Abbildung 6-2 stellt ein Exempel des Fallbeispiels dar. Es hat sich gezeigt, dass die Ermittlung der Kausalzusammenhänge zielführend ist und die Prognose der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung bestens unterstützt. Es hat sich jedoch ebenfalls als nicht zwingend erforderlich herausgestellt, für jede Einzelfallprognose ein Kausaldiagramm anzufertigen. In der Regel sind die Einflüsse überschaubar und ohne aufwändige Visualisierung greifbar.

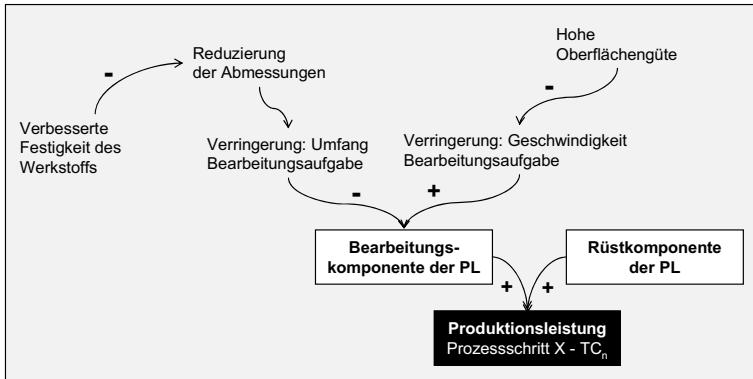


Abbildung 6-2: Beispiel Kausaldiagramm

Nachdem die Prognose für das Szenario 0 durchgeführt wurde, wurden die Arbeitsblätter an die globalen Szenarien A und B angepasst und die Leistungsprognose ebenfalls hier durchgeführt. Zur Absicherung der Robustheit der Szenarien gegenüber Stückzahlchwankungen wurden die erwarteten Absatzzahlen um plus fünf und minus fünf Prozent gegenüber dem Trend variiert.

Im Anschluss an das Durchspielen der globalen und lokalen Szenarien wurden diese im Rahmen eines abschließenden Expertenworkshops systematisch bewertet. Die Ergebnisse der Methoden-anwendung und die daraus gewonnenen Erkenntnisse sind im folgenden Kapitel dargestellt.

6.2.2 Ergebnisse der Methoden-anwendung am Fallbeispiel

Im vorliegenden Kapitel werden die Ergebnisse der Methoden-anwendung dargestellt und die daraus abgeleiteten Erkenntnisse in Bezug auf die strategische Gestaltung der Produktion diskutiert. Es wird dabei gezielt auf die Punkte hingewiesen, die die Wandlungsfähigkeit der Produktionsstrukturen konkret begünstigen oder hemmen. Zur übersichtlichen Darstellung der Ergebnisse werden die Trend-Szenarien der drei globalen Szenarien einander gegenübergestellt. Die Ergebnisse aller lokalen Szenarien sind im Anhang B enthalten.

Zunächst wird die Entwicklung der Produktionsleistung der drei globalen Szenarien miteinander verglichen (vgl. Abbildung 6-3). Wie durch die umfangreichen Insourcing-Aktivitäten zu erwarten, steigt der Wert für die globalen Szenarien A und B hier schneller und sprunghafter an, als für Szenario 0. Ebenfalls deutlich zu erkennen ist die Einführung der Neuprodukte im Jahr 2013. Bedingt durch die Halbierung der Containergrößen kommt es durch Verdopplung des Rüstaufwandes zu einem Knick im Kurvenverlauf. Die Kurve aller Szenarien weist anschließend einen deutlich steileren Verlauf auf, als vor dieser Veränderung. Erkennbar ist ebenfalls der leicht nach unten gekrümmte Verlauf der Kurve, besonders in den Perioden nach 2013, der die Wirksamkeit der Degressionsfaktoren widerspiegelt.

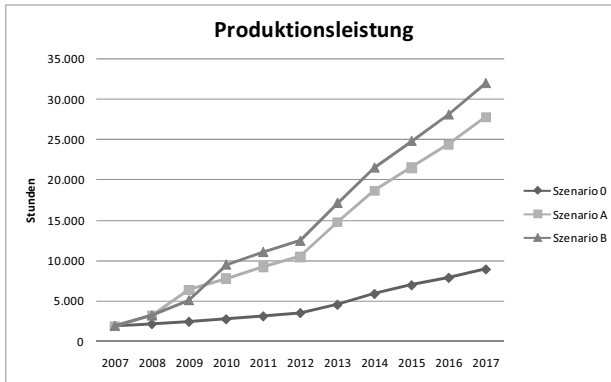


Abbildung 6-3: Globale Szenarien (Trend): Verlauf der Produktionsleistung

Stellt man diese Entwicklung der Produktionsleistung den Kapazitätspaketen der Produktionstechnik in den einzelnen Technologie-Clustern gegenüber, wird erkennbar, wann Erweiterungsinvestitionen notwendig werden (die Grafiken zur Kapazitätsbetrachtung sind im Anhang B enthalten). Für die Wandlungsfähigkeit des Gesamtsystems ist es fördernd, wenn diese Investitionen erst zu einem späteren Zeitpunkt getätigt werden, da dann genauere Informationen über die Entwicklung des Umfeldzustandes vorliegen.

Weitergehende Aussagen in Bezug auf die Wandlungsfähigkeit der globalen Szenarien liefert die Betrachtung der Fixkostenbelastung (vgl. Abbildung 6-4). Sie zeigt auf, wie sich die Fixkosten der betrachteten Produktionsstruktur über der Zeit und unter Einfluss der Veränderungen entwickeln. Wie zu erwarten, bewegt sich die Kurve für das Szenario 0 auf einem deutlich niedrigen Niveau als die der Szenarien A und B. Durch die geringere Anzahl der Produktionstechnik im eigenen Haus fällt der Wert hier sehr gering aus. Erkennbar sind auch die durch Erweiterungsinvestitionen entstehenden Sprünge in der Fixkostenbelastung gegen Ende des Betrachtungshorizontes.

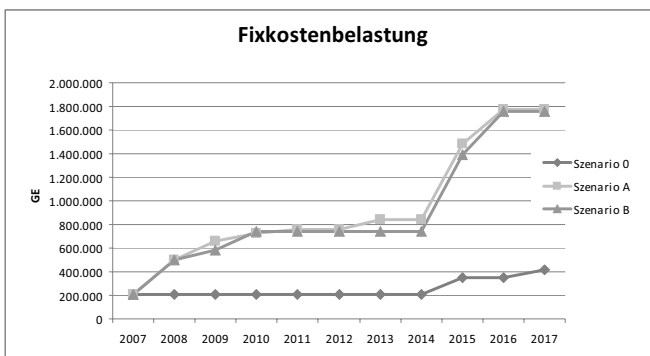


Abbildung 6-4: Globale Szenarien (Trend): Verlauf der Fixkostenbelastung

Stellt man die beiden Szenarien A und B gegeneinander, entwickeln sie sich weitestgehend synchron. Es sind auf beiden Seiten keine absolut negativen Auswirkungen erkennbar, die ein Szenario in Bezug auf die Fixkosten vollständig ausschließen würden.

Es ist jedoch erkennbar, dass sich ab 2015 zwei Effekte überlagern, die zu einem immensen Anstieg der Fixkostenbelastung führen. Zum einen sind auf Grund des Überschreitens von Kapazitätsgrenzen der Produktionstechnik mehrerer Technologie-Cluster umfangreiche Erweiterungsinvestitionen notwendig. Zum anderen treibt das geplante teure Investment in die Umformtechnologie die Fixkosten ab diesem Zeitpunkt zusätzlich in die Höhe. Diese Entwicklung ist als deutlich negativ zu bewerten. Von der Anschaffung der Umformtechnologie ist daher abzu-sehen. Die Technologie sollte bei einem Wertschöpfungspartner eingekauft werden, um die strategische Beweglichkeit des Unternehmens sicherzustellen.

Die Bewertung der Szenarien in der Methode zur sLP sieht ferner den Vergleich der Auswirkungen auf die produktionsnahen indirekten Bereiche vor. Für das Fallbeispiel werden beispielhaft die Bereiche der Qualitätssicherung (vgl. Abbildung 6-5) und der Logistik (vgl. Abbildung 6-6) verglichen.

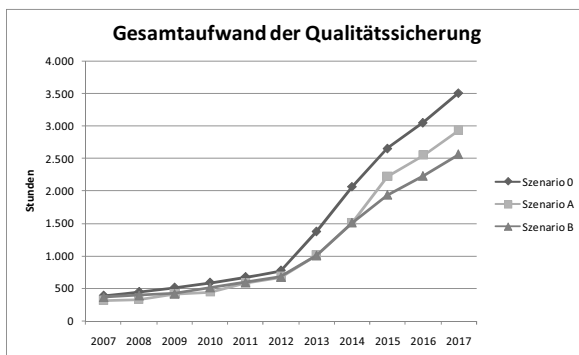


Abbildung 6-5: Globale Szenarien (Trend): Verlauf des Aufwandes in den produktionsnahen indirekten Bereichen (Beispiel Qualitätssicherung)

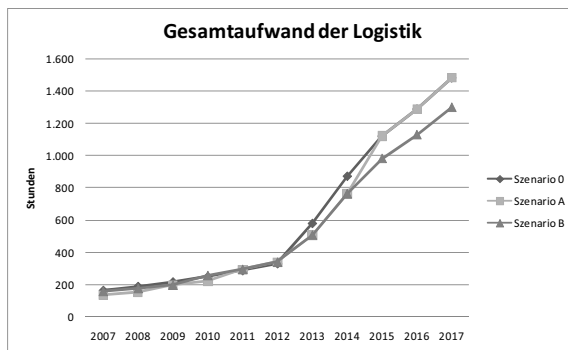


Abbildung 6-6: Globale Szenarien (Trend): Verlaufs des Aufwandes in den produktionsnahen indirekten Bereichen (Beispiel Logistik)

Der Vergleich der drei globalen Szenarien in Bezug auf die Leistungsnachfrage in den produktionsnahen indirekten Bereichen zeigt, dass das Szenario 0 sich über der Zeit schlechter oder zumindest gleich entwickelt wie die Szenarien A und B. Der Aufwand in den produktionsnahen indirekten Bereichen ist folglich höher oder zumindest gleich hoch, wenn die Prozessschritte bei den externen Wertschöpfungspartnern belassen werden. Ein Insourcing wirkt sich folglich positiv auf die vorzuhaltenden Kapazitäten in diesen Bereichen aus. Ferner zeigt sich, dass der Invest in die Prozessintegration zweier Teilprozesse in Szenario B sich positiv auf den Aufwand in den produktionsnahen indirekten Bereichen auswirkt. Gegen Ende des Betrachtungszeitraumes steigt der Aufwand bei Szenario A deutlich stärker an als bei Szenario B. Es lässt sich hier deutlich zeigen, dass weniger Prozessschritte gleichbedeutend sind mit einer Reduzierung des administrativen und organisatorischen Aufwandes.

Ebenfalls deutlich aus diesen Diagrammen erkennbar ist, dass die Halbierung der Containergröße zu einem überdurchschnittlichen Anstieg des Aufwandes auch und gerade in den produktionsnahen indirekten Bereichen führt. Die Maßnahme ist somit kritisch zu hinterfragen, da hier eine logistische Flexibilität zu hohen Kosten eingekauft wird. Erfolgt dagegen keine Reduzierung der Fertigungslosgrößen um 50%, würden die Kapazitätsgrenzen erst deutlich später überschritten. Neuinvestitionen würden damit vermieden und die Fixkostenbelastung sich auf einem niedrigeren Niveau bewegen. Wird an der Maßnahme allerdings festgehalten, muss in den nächsten Jahren durch eine Reihe von Optimierungsprojekten eine deutliche Reduzierung der Rüstzeiten entlang der kompletten Prozesskette erfolgen.

Die abschließende Durchführung des Scorings unter Berücksichtigung der drei lokalen Szenarien für alternative Entwicklungen der Absatzzahlen hat ergeben, dass das Szenario B den größten Erwartungswert aufweist. Szenario A und Szenario 0 weisen einen zum Teil deutlich geringeren Erwartungswert auf. Die in Szenario B vorausgedachten Schritte sind somit zunächst weiter zu verfolgen. In den folgenden Perioden muss durch eine erneute Anwendung der Methode zur sLP überprüft werden, ob der eingeschlagene Weg noch den dann herrschenden Umfeldbedingungen gerecht wird.

6.3 Erkenntnisse aus der Anwendung - Expertenbefragung zur Verifizierung

Zur Führung des Nachweises, dass es sich bei der Methode zur sLP um eine durchgängige Methode zur langfristigen Entwicklung der Produktion in Abstimmung mit der Unternehmensstrategie handelt und alle Module und Lösungsbausteine ihre Aufgabe erfüllen, wurde eine Expertenbefragung des Validierungspartners durchgeführt. Um diesen Nachweis zu führen, wurde der Validierungspartner befragt, welche Schritte des Phasenmodells der Methode zur sLP bereits vor Kenntnis der Methode von ihm angewandt wurden, um eine langfristige Gestaltung der Produktion zu unterstützen. Dieselbe Befragung wurde nach Anwendung der Methode zur sLP wiederholt. Dabei wurde ermittelt, ob wirklich alle Schritte durchgeführt wurden und ob diese zwingend erforderlich sind, oder ob sie durchgeführt werden können, für ein stimmiges Ergebnis jedoch nicht zwingend notwendig sind.

Zunächst kann festgehalten werden, dass alle Schritte durchgeführt wurden und die Module und Lösungsbausteine die als Anforderungen formulierten Funktionalitäten aufweisen. Die Durchgängigkeit der Methode konnte damit ebenso belegt werden.

Auch bei der Frage, ob die Schritte zwingend notwendig sind oder unter Umständen auch ausgelassen werden können, hat sich ein klares Bild ergeben. Die meisten Schritte wurden als zwingend

notwendig erachtet. Dort, wo die Methode weitergehende Unterstützung liefert, muss diese vom Anwender nicht zwingend in Anspruch genommen werden. So hat sich gezeigt, dass beispielsweise das Zeichnen der Kausaldiagramme nicht zwingend notwendig ist. Eine Abschätzung des Aufwandes kann bei einfachen Zusammenhängen auch ohne diese Diagramme erfolgen. Bei der Kombination von neuem Produkt und neuer Produktionstechnik wurde das Zeichnen eines Kausaldiagrammes jedoch vom Validierungspartner als optimale Unterstützung empfunden.

Die detaillierten Ergebnisse dieser Befragung zur Verifizierung sind im Anhang C enthalten. Aufgrund der Ergebnisse dieser Expertenbefragung kann festgehalten werden, dass die in Kapitel 1.3 und 2.6.2 formulierten Anforderungen erfüllt werden, eine Durchgängigkeit der Methode gegeben ist und alle notwendigen sowie keine überflüssigen Schritte enthalten sind.

6.4 Erkenntnisse aus der Expertenbefragung zur Validierung

Um zu zeigen, dass die Methode zur sLP die erwarteten Ergebnisse erzielt, wurde eine Reihe von Experten vor und nach deren Anwendung befragt. Um die Befragung auf eine breitere Basis zu stellen, wurden neben den am Fallbeispiel Beteiligten zusätzliche Experten außerhalb dieses Unternehmens befragt. Die Methode zur sLP wurde hierzu in ihren Grundzügen vorgestellt, was den Experten ein Urteil ermöglichte. Als Grundlage dienten das Phasenmodell sowie die entwickelten Arbeitsblätter. Die Befragung hat dabei im Einzelnen die folgenden Ergebnisse geliefert:

Die Wirkung einer höheren Transparenz strategischer Entscheidungen in der Produktion (**W1**) konnte gezeigt werden. Zu ihrem Nachweis wurden die Experten befragt, inwiefern die Auswirkungen der Einführung einer neuen Produkt- bzw. Produktionstechnologie, einer Kombination dieser beiden Faktoren oder des In-/Outsourcing eines Produkts bzw. Prozessschrittes für sie transparent sind. Die Transparenz wurde dabei unterteilt in die Bekanntheit der Auswirkungen auf die Produktionsleistung, den Fixkostenblock, die produktionsnahen indirekten Bereiche und den Fit zur Produktions- bzw. Unternehmensstrategie (Eine detaillierte Auswertung der Fragen ist in Anhang C enthalten). Es zeigte sich hierbei, dass der eigentliche Fit einer Maßnahme zur Strategie in der Regel bekannt ist, die Methode zur sLP die bereits sehr hohe Transparenz jedoch nur gering verbessert. Einen besonders hohen Gewinn an Transparenz hingegen liefert die Methode zur sLP bei komplexen Problemen, wie der Einführung einer Kombination aus Produkt- und Produktionstechnologie. Hier konnte der größte Gewinn an Transparenz gerade bei der Frage nach den Auswirkungen auf die Produktionsleistung ermittelt werden. Ferner kann festgehalten werden, dass eine erhöhte Transparenz strategischer Entscheidungen durch die Anwendung der Methode zur sLP vor allem in Bezug auf die Entwicklung des Fixkostenblocks und der produktionsnahen indirekten Bereiche erzielt werden kann.

Ebenfalls gezeigt werden konnte, dass die Bildung alternativer Szenarien eine Sensibilisierung der Entscheider hinsichtlich der Wirkung von Unsicherheitsfaktoren (**W2**) zur Folge hat. Als Unsicherheitsfaktoren wurden die Höhe der diskontinuierlichen Leistungsentwicklung, bedingt durch einen Technologiesprung, die Höhe kontinuierlicher Leistungsentwicklung durch Degressionseffekte, die Eintrittszeitpunkte von Veränderungen sowie eine zeitliche und mengenmäßige Verschiebung im Mengengerüst bestimmt. Gefragt wurde, inwiefern die Experten in der Lage sind, die Auswirkungen der Variation eines dieser Faktoren in Bezug auf die Produktionsleistung, den Fixkostenblock, die produktionsnahen indirekten Bereiche und den Fit zur Produktions-/Unternehmensstrategie abzuschätzen (Eine detaillierte Auswertung der Fragen ist in Anhang C enthalten). Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass von den Experten insbesondere die Wirkung der Unsicherheitsfak-

toren auf die Veränderung der Produktionsleistung als Mehrwert gesehen wird. Die Generierung von Szenarien im Rahmen der sLP ermöglicht hier die Darstellung unterschiedlicher Verläufe, aus denen deutlich wird, wann beispielsweise Kapazitätsgrenzen überschritten werden.

Zur Ermittlung der Frage, ob die differenzierte Betrachtung der Technologie-Innovation und die dadurch ermöglichte fallbasierte Wahl des Prognoseverfahrens die Planungssicherheit erhöht, wurden die Experten zunächst befragt, welche Methoden zur Prognose sie aktuell anwenden (**W3**). Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die befragten Experten vor allem pauschale Prognoseverfahren anwenden. Die Aufteilung des Gesamtplanungsfalles in Einzelfälle, die Systematisierung der Einzelfälle und die anschließende fallbasierte Wahl des Prognoseverfahrens wurde als positiv gesehen. Die erwartete Wirkung wurde somit ebenfalls in diesem Bereiche erzielt, auch wenn es sich lediglich um eine subjektive Erhöhung der Prognosesicherheit handelt.

Bestätigt werden konnte ebenfalls die erwartete Unterstützung der Kausal diagramme bei der Ermittlung des Leistungsbedarfs für aktuell noch nicht im Unternehmen vorhandene Produkte und Produktionstechnik (**W4**). Die Experten wurden hierzu befragt, wie gut sie einen derartigen Leistungsbedarf intuitiv abschätzen können. Die Auswertung der Befragung hat ergeben, dass dies erwartungsgemäß schwierig ist und die Ergebnisse sehr subjektiv sind. Die Erstellung der Kausal diagramme wurde hier als sehr hilfreich zur Erlangung eines tieferen Verständnisses der Zusammenhänge zwischen Technologie-Innovationen und der diskontinuierlichen Entwicklung der Produktionsleistung empfunden.

Ebenfalls von den Experten bestätigt wurde die erwartete Wirkung (**W5**). Der Kapazitätsbedarf in den produktionsnahen indirekten Bereichen lässt sich in Anlehnung an die Entwicklung im direkt wertschöpfenden Bereich, durch die entwickelte Verbindung mit der Produktionsleistung bestimmen. Die Befragten bestätigten, dass die Methode zur sLP eine kontinuierliche Entwicklung der produktionsnahen indirekten Bereiche in Anlehnung an die Veränderung der Produktionsleistung ermöglicht.

Aus Sicht der befragten Experten wird damit die Methode zur sLP den in Kapitel 1.3 formulierten Anforderungen gerecht und erzielt die angestrebten Wirkungen. Mit der Anwendung der Methode wird das Zusammenspiel der Veränderungen in den einzelnen Bereichen offensichtlich. Aus dem Bild der Produktionsleistung der Zukunft lassen sich schon heute die Stellhebel ableiten, an denen gedreht werden muss, damit das Unternehmen auch morgen noch wettbewerbsfähig ist und seine strategische Beweglichkeit, bzw. Wandlungsfähigkeit nicht einschränkt.

7 Zusammenfassung und Ausblick

7.1 Zusammenfassung

Die mit dem Begriff des „turbulenten Handlungsumfeldes“ umschriebene Entwicklung markiert das Ende der wirtschaftlichen Stabilität. Die per se komplexe und vielfältige Verknüpfung der Unternehmen mit ihrer Makroumwelt ist durch diese gestiegene Dynamik und die steigende Zahl der Trendbrüche noch anspruchsvoller geworden. Gerade im technologischen Umfeld führen rapide Fortschritte bei Produkt- und Prozesstechnologien zu drastisch verkürzten Innovationszyklen sowie zu häufigen Diskontinuitäten in den Leistungsangeboten und somit auch in den Systemen der Leistungserstellung. Ausgangspunkt der Arbeit bildete daher die Problemstellung, ob angesichts eines zunehmend turbulenten Umfeldes das Ende der Planbarkeit in den Unternehmen erreicht sei. Lösungsorientiert ging es um die Aspekte: Wie viel und welche Art der langfristigen Vorausschau und Planung lässt ein wandlungsfähiges Produktionssystem sinnvoll zu, bzw. bedarf es, um dieses wandlungsfähig gestalten zu können?

Eine Produktion, selbst durch ständige Innovationen in den Prozesstechnologien von Veränderungen geprägt, muss in die Lage versetzt werden, neue wie alte Produkte zu einem wirtschaftlichen Kostenniveau zu fertigen. Zur Erfüllung dieser Aufgabe reichen operative Maßnahmen, auch wenn die Reaktionsschnelligkeit noch so hoch ist, nicht aus. Neben den kurzfristigen Rationalisierungsmaßnahmen und inkrementellen Adaptionen ist eine systematische Vorausschau gefragt, wenn es beispielsweise um die Frage nach der Integration neuer Technologien oder um strukturelle Maßnahmen wie die Gestaltung der Eigenfertigungstiefe geht. Viele der zu treffenden Entscheidungen weisen eine zeitliche Tiefe auf, die sie zum Betrachtungsgegenstand des strategischen Managements werden lassen. Sie legen das Unternehmen für einen längeren Zeitraum auf gewisse Aspekte fest und begrenzen dadurch die operative Dynamik. Zur Erhaltung der strategischen Flexibilität im turbulenten Umfeld muss eine zeitgemäße strategische Planung der Produktion daher in der Lage sein, verschiedene Strategien zur Erstellung der geforderten Leistung darzustellen, deren wirtschaftliche Auswirkungen sowie die Auswirkungen auf die Wandlungsfähigkeit abzuschätzen und die erforderliche Aktivitäten und Investitionen rechtzeitig und adäquat abzuleiten.

Die vorhandenen Methoden zur strategischen Gestaltung der Produktion sind hierzu jedoch nicht in der Lage. Es existieren zwar Teilkonzepte für das Erkennen (Schwache Signale etc.) und Bewerten (Portfolios, etc.) von Trendbrüchen, diese arbeiten jedoch weitestgehend isoliert voneinander. Die notwendige Durchgängigkeit, um eine strategische Leistungsplanung schnell und effizient durchzuführen, ist aktuell nicht gegeben. Ferner kommen zur Prognose der künftig benötigten Kapazität vorrangig extrapolierende Verfahren zum Einsatz, die Trendbrüche nicht explizit berücksichtigen. Diese Verfahren stoßen zudem an ihre Grenzen, wenn es um die Berücksichtigung neuer Produkte und Produktionstechnik geht. Ebenfalls nicht unterstützt wird die kontinuierliche Gestaltung der produktionsnahen indirekten Bereiche, in Abstimmung mit der Entwicklung der Produktionsleistung. Als Zielsetzung der vorliegenden Arbeit wurde daher in **Kapitel 1** die Verbesserung der langfristigen Gestaltung der Produktion im turbulenten Umfeld durch die Entwicklung einer Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen (sLP) definiert.

Das Konzept der Wandlungsfähigkeit von Produktionsstrukturen ist heute ein wesentliches Denkmodell zur nachhaltigen Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit im turbulenten Umfeld und wurde in

Kapitel 2 als gedanklicher Rahmen der Arbeit vorgestellt. Anschließend wurde der Begriff der Leistung im Kontext eines Produktionssystems erläutert. Darauf aufbauend erfolgte eine Einordnung der Arbeit in den Kontext der strategischen Planung sowie der Fabrikplanung. Kontinuierliche und diskontinuierliche technologische Veränderungen wurden zusammen mit der Eigenfertigungstiefe und dem Mengengerüst als wesentliche Einflussfaktoren auf die Veränderung der Produktionsleistung über der Zeit eingeführt.

Strategische Leistungsplanung wurde darauf aufbauend wie folgt definiert: Die Planung der Leistung eines Produktionssystems umfasst ausgehend von der Planung des angestrebten Outputs (Stückzahl abzusetzender Produkte) die Planung des durch den Transformationsprozess entstehenden Aufwands (Faktorverzehr bzw. Produktionsleistung), sowie die Planung der zu dessen Bewältigung notwendigen Produktionsressourcen (qualitative und quantitative Kapazität).

Anwendungsbereich der zu entwickelnden Methode sind mittelständische Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus. Als zu betrachtende Veränderungen wurden Veränderungen des Mengengerüsts, kontinuierliche und diskontinuierliche Veränderungen in Produkten und Produktionstechnik, sowie Veränderungen der Eigenfertigungstiefe festgelegt. Die Betrachtung bezieht sich jeweils auf einen Standort eines Unternehmens mit einem strategischen Zeithorizont von bis zu zehn Jahren. Objekt der Leistungsplanung ist der Leistungsbedarf in Stunden (Produktionsleistung) und daraus abgeleitet der Bedarf an Maschinen und Anlagen sowie der Stundenbedarf in zugeordneten produktionsnahen indirekten Bereichen.

In **Kapitel 3** wurden bereits vorhandene Ansätze zur Unterstützung der strategischen Leistungsplanung auf ihre Anwendbarkeit hin untersucht. Hierzu gehören im Wesentlichen Ansätze zur strategischen Planung unter turbulenten Bedingungen, sowie Ansätze zur langfristigen Gestaltung und Modellierung der zu betrachtenden Bereiche. Es wurde deutlich, dass Teilaspekte der Aufgabenstellung durchaus unterstützt werden und die entsprechenden Ansätze als Grundlage für die Entwicklung spezifischer Lösungsbausteine der Methode zur sLP genutzt werden können. Eine zusammenhängende Methode zur sLP in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen ist jedoch nicht identifizierbar.

Daher erfolgte in **Kapitel 4** die Entwicklung der erforderlichen Lösungsbausteine für die Methode zur strategischen Leistungsplanung in Form von Partialmodellen, Referenzstrukturen, Systematiken, Verfahren sowie einem Kernmodell. Startpunkt bildete das Wirkmodell der Lösungsbausteine, in dem die grundsätzlichen Zusammenhänge der strategischen Leistungsplanung dargestellt sind. Anschließend erfolgte die Entwicklung der Partialmodelle für Produkt, Technik, Kosten sowie produktionsnahe indirekte Bereiche als Voraussetzungen für die spätere Leistungsprognose und Bewertung der Szenarien. Als Referenz für die Leistungsprognose wurden zur Erfassung der Ausgangssituation verschiedene Strukturierungsansätze entwickelt. Ausgangspunkt war die Strukturierung des Produktprogramms nach Referenzprodukten. Anschließend wurde ein Vorgehen zur Festlegung planungsrelevanter Produktkomponenten abgeleitet. Ähnlich wurde auf Seiten der Betriebsmittel verfahren. Hier wurde ein Vorgehen zur Ermittlung der planungsrelevanten Betriebsmittel sowie zur Zusammenfassung der Betriebsmittel nach Technologie-Clustern ausgearbeitet. Diese Verfahren dienen zur Reduzierung der Planungskomplexität. Vorgaben zur Strukturierung von Mengengerüst und Produktionsleistung rundeten die Strukturierungsansätze ab. Anschließend wurde mit dem erweiterten Technologiekalender eine Systematik zur Abbildung der künftigen Veränderungen entwickelt.

Schließlich wurden im Kernmodell der Methode zur sLP die auf die Produktionsleistung wirkenden Veränderungen miteinander und mit der Produktionsleistung in Zusammenhang gebracht. Hierzu wurde zunächst ein Kausalmodell der Produktionsleistung entwickelt, das die Wirkzusammenhänge verdeutlicht. In dem erweiterten Technologiekalender werden die leistungsbeeinflussenden Veränderungen der Mengen, Produkt- und Produktionstechniken sowie der Eigenfertigungstiefe schließlich zeitabhängig gemeinsam dargestellt. Zur sinnvollen Prognose der Produktionsleistung wurde ein Verfahren zur Entflechtung der Gesamtentwicklung in Einzelfälle entwickelt. Zusammen mit der ebenfalls entwickelten Systematik der Veränderungen in Produkt und Produktionstechnik bildet es die Grundlagen der Leistungsprognose in Form von Einzelfallprognosen. Die Leistungsprognose erfolgt für diskontinuierliche und kontinuierliche Veränderungen separat. Für die Prognose der Wirkung diskontinuierlicher Veränderungen wurden vier Grundverfahren entwickelt. Diese bieten abhängig von Innovationsgrad der Produkt- bzw. Produktionstechnikveränderung unterschiedliche Vorgehensweisen zur Prognose. Die Grundverfahren wurden durch eine Einflussmatrix und ein Kausaldiagramm auf Basis des Vernetzten Denkens ergänzt. Für die Prognose der Wirkung kontinuierlicher Veränderungen wurde das Konzept der Lern- und Erfahrungskurve vereinfacht und auf die Aufgabenstellung übertragen. Auf Basis dieses Grundkonzepts wurde ein für die im Maschinen- und Anlagenbau häufig anzutreffende variantenreiche Serienproduktion anwendbares vereinfachtes Vorgehen zur Quantifizierung der kontinuierlichen Veränderungen entwickelt.

Einhergehend mit den Verfahren zur Prognose der Produktionsleistung wurden Vorgehensweisen zur Erzeugung von Szenarien der Produktionsleistung ausgearbeitet. Globale Szenarien bilden dabei jeweils unterschiedliche Wege in die Zukunft ab. Die durch Turbulenz induzierte Unsicherheit wird bei der Leistungsplanung durch die Bildung lokaler Szenarien abgefangen, die im Sinne einer Sensitivitätsanalyse unterschiedliche Umfeldzustände abbilden. Um anschließend eine Bewertung der globalen Szenarien zu ermöglichen, wurde zunächst ein Vorgehen beschrieben, wie die Einzelfallprognosen zu einem Gesamtbild des betrachteten Ausschnitts des Produktionssystems zusammengeführt werden können. Ferner wurde beschrieben, wie aus den prognostizierten Technologiebedarfsmengen die künftigen Produktionsstrukturen abgeleitet werden. Für die Bewertung der alternativen globalen Szenarien wurde ein Scoring-Verfahren eingesetzt. Der Nutzwert der verschiedenen globalen Szenarien in verschiedenen Umfeldzuständen (lokalen Szenarien) bzgl. der Bewertungskriterien Struktur der Produktionsleistung, Kosten, Eigenfertigungstiefe sowie strategischer Fit wurde bestimmt. Er bildet eine systematisch abgeleitete Entscheidungsgrundlage.

Diese Lösungsbausteine wurden in **Kapitel 5** in der Methode zur strategischen Leistungsplanung zusammengeführt. Hierzu wurde ein Phasenmodell entwickelt, das alle Lösungsbausteine auf der Grundlage des Wirkmodells in einen durchgängigen Prozess der strategischen Leistungsplanung überführt. Die in den einzelnen Phasen zu durchlaufenden Teilprozesse, Prozessschritte und deren Aktivitäten wurden beschrieben, mit Arbeitsblättern hinterlegt und mit Hinweisen zu deren Anwendung ergänzt.

In **Kapitel 6** erfolgte schließlich die Validierung der entwickelten Methode zur sLP anhand eines Fallbeispiels in einem mittelständischen, auf Verzahnungen spezialisierten Unternehmen. In diesem Unternehmen sind starke Veränderungen von Eigenfertigungstiefe und eingesetzten Technologien geplant. Diese dienen direkt als Grundlage für die Methodenanwendung. Die Gesamtvalidierung umfasst die Verifizierung und eine Bewertung der Wirkung der Methode zur sLP.

Das Ergebnis der vorliegenden Arbeit stellt erstmalig eine durchgängige Methode zur strategischen Leistungsplanung in wandlungsfähigen Produktionsstrukturen dar. Diese umfasst die Analy-

se der aktuellen Produktionsstruktur, die systematische Dokumentation künftiger Veränderungen über die Leistungsprognose bis hin zum Ableiten und Bewerten möglicher Szenarien.

Die Ergebnisse der Validierung haben unter Beweis gestellt, dass durch die Anwendung der Methode sLP, mit Szenarien der Produktionsleistung erstmalig nachvollziehbare Zahlen, Daten und Fakten hinsichtlich entstehender kapazitiver Auswirkung (Stunden im direkten und produktionsnahen indirekten Bereich), Kosten und strategischer Fit bei:

- Einsatz alternativer Technologie-Innovationen (Produkt und Produktionstechnik)
- Veränderungen der Eigenfertigungstiefe
- Veränderung des Produktprogramms

vorliegen.

Es wurde zusätzlich nachgewiesen, dass sich die Prognosegenauigkeit in dem vorliegenden Fallbeispiel sich auf Basis der Bewertung von Merkmalen in einigen Bereichen um bis zwei Notenpunkte erhöht hat. Die qualitative Befragung der Experten belegte und dokumentierte die Sensibilisierung des Produktionsmanagements für Unsicherheitsfaktoren auf der Grundlage alternativer Szenarien. Basierend auf der Durchgängigkeit der entwickelten Methode zur sLP lassen sich erstmals wertschöpfende und produktionsnahe indirekte Bereiche durch Kopplung der Wirkzusammenhänge bei Veränderungen in der Produktionsleistung synergetisch gestalten.

7.2 Ausblick

Die Grenzen der beschriebenen Methode zur sLP sind vorrangig durch die Komplexität des betrachteten Ausschnitts des Produktionssystems und hierbei durch die enthaltenen Wertschöpfungsprozesse sowie das korrespondierende Produktprogramm gesetzt. Die Zerlegung der Gesamtentwicklung des Produktionssystems in Einzelfälle und darauf aufbauende Einzelfallprognosen ist für Prozessketten mit begrenzter Komplexität bzw. eine begrenzte Anzahl planungsrelevanter Produkte und Produktkomponenten handhabbar.

Ferner bleibt festzuhalten, dass die Methode zur sLP wie alle Verfahren der Zukunftsforschung die Zukunft nicht vorhersagen kann. Im Rahmen der Bildung lokaler Szenarien werden einzelne Umfeldzustände zwar mit Eintrittswahrscheinlichkeiten hinterlegt, diese sind jedoch keine Garantie für das definitive Eintreten der prognostizierten Veränderungen. Damit sind die generierten Szenarien zur Entwicklung der Produktionsleistung nicht als festes Ziel zu betrachten, auf das hin das Produktionssystem verändert werden muss, sondern als ein Bild einer mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit eintretenden Zukunft. Es entsteht für den Entscheider ein Bild, wie sich unter Einbeziehung der aktuell absehbaren Veränderungen die Produktionsleistung entwickeln wird. Dadurch wird für ihn transparent, wie sich heutige Entscheidungen auf die Veränderung des Produktionssystems in der Zukunft auswirken. Vor allem wird deutlich, wie einzelne Veränderungen, die sich im Lauf der Zeit überlagern, die Entwicklung der Produktionsleistung beeinflussen. Gerade die Kenntnis dieser Überlagerungen ist wichtig, um zu verstehen, wie sich der gesamte Ausschnitt des Produktionssystems weiterentwickelt. Es lassen sich damit beispielsweise schon heute die Optionen verwerfen, die langfristig die Wandlungsfähigkeit des Unternehmens unangemessen begrenzen und damit in eine Krise führt. Lassen sich derartige Engpässe nicht vermeiden, wird durch die Methode zur sLP bereits heute transparent, wann und wo diese voraussichtlich entstehen werden. Dadurch wird der Entscheider in die Lage versetzt, bereits heute Maßnahmen zu ergreifen, um den Engpass proaktiv zu beseitigen. Damit schafft er Raum, sich zu diesem späteren

Zeitpunkt auf kurzfristig auftretende Turbulenzen konzentrieren zu können, anstatt sich mit der Beseitigung bereits seit längerem absehbarer Engpässe zu beschäftigen.

Die Tatsache, dass die Methode zur sLP zur Entwicklung strategischer Pfade in einem turbulenten Umfeld dient, erfordert einen kontinuierlichen Einsatz der Methode. Die Methode sollte immer dann eingesetzt werden, wenn sich neue Veränderungen ergeben, oder bereits erfasste sich auf Grund veränderter Umfeldbedingungen deutlich anders entwickeln als gedacht. Durch eine kontinuierliche Anwendung der Methode sinkt ferner der Aufwand zu ihrer Durchführung. Werden die verarbeiteten Informationen ständig an die neuen Umfeldzustände angepasst, steht dem Entscheider jederzeit ein aktuelles Modell zur Verfügung, das die Auswirkungen neu auftretender Veränderungen schnell in die Zukunft projizieren kann.

Ansätze für weiterführende Arbeiten ergeben sich aus der Möglichkeit der Realisierung unterstützender Werkzeuge, aus der Erweiterung des Betrachtungsrahmens, aus Ansätzen der Standardisierung sowie zusätzlicher Forschungsarbeiten auf dem Themenfeld der Produktionsstrategie:

- Um die Methode zur sLP beispielsweise in Consulting-Projekten einzusetzen, ist die Umsetzung der in dieser Arbeit entwickelten Vorgehensweisen und Arbeitsunterlagen in einem Softwaretool wünschenswert. Die Verwaltung der Veränderungen, sowie die Entflechtung der Einzelfälle und die Durchführung der Einzelfallprognosen können durch ein Softwaretool, das über die beispielhafte Realisierung in MS-Excel hinausgeht, sinnvoll unterstützt werden. Es ist darauf zu achten, dass ein einfaches Werkzeug entsteht, das einer Anwendung im Mittelstand entgegenkommt.
- Eine weitere Forschungsaufgabe im Feld der strategischen Leistungsplanung ergibt sich aus der Erweiterung des Betrachtungsrahmens dieser Arbeit. Eine Erweiterung des Gedankens der strategischen Leistungsplanung auf indirekte Bereiche würde es ermöglichen, die Entwicklung eines ganzen Unternehmens zu simulieren, basierend auf Veränderungen, die eine noch größere Granularität als die hier betrachteten aufweisen. Dazu muss der Aspekt des Personals stärker in den Fokus gerückt werden. Mit der expliziten Berücksichtigung des Faktors Personal wäre ferner eine umfangreichere Einbindung manuell geprägter Montagebereiche möglich. Eine Erweiterung des Betrachtungsbereiches auf das Produktionsnetzwerk würde es ferner erlauben, den gezielten Auf- und Ausbau des Unternehmensnetzwerks zu steuern.
- Eine Aufgabenstellung, die die Durchführung der Methode zu sLP weiter vereinfachen würde, besteht in der Entwicklung einer Bibliothek von Kausalzusammenhängen zwischen den Veränderungen durch Technologie-Innovationen und der Veränderung der Produktionsleistung. Die wesentlichsten Kausalzusammenhänge gilt es hierfür zu identifizieren und für den Anwender in einer Bibliothek zu hinterlegen. Standardzusammenhänge sind somit schneller abzubilden, was dem Anwender Raum gibt, sich auf die Sonderfälle zu konzentrieren.
- Weiterer Forschungsbedarf besteht im allgemeinen Themenfeld der Produktionsstrategie. Dynamische Strategieansätze, wie die Berücksichtigung emergenter Strategien oder die Entwicklung von Strategiepopulationen sind zwar in der Theorie beschrieben, ihre praxisnahe Übertragung auf die Produktion bleibt jedoch aus. Die Methode zur sLP leistet hier einen Beitrag zur Realisierung derartiger Konzepte, es bedarf jedoch einer weiterführenden grundlegenden Aufarbeitung dieser Themen. Die Potentiale und Grenzen dieser Ansätze für eine Anwendung in der Produktion müssen ausgeleuchtet werden. Ferner ist anzustreben diese modernen Denkweisen der Strategieforschung in ganzheitlichen Produktionssystemen der Zukunft zu verankern.

Summary

The term “turbulent environment” designates the end of economic stability. The complex and manifold relationships of enterprises with their macro-environment have become even more challenging by the increasing dynamics and the growing number of trend reversals. Especially in the technological area, rapid progress in production and processing techniques results in drastically shortened cycles of innovation as well as in frequent discontinuities of the product and service range, both in turn leading to ongoing changes of the manufacturing system. In view of this highly dynamic system, the question arises whether the end of mid and/or long term planning has come? This is the central question of the thesis: Taking into account a turbulent environment, how much and what kind of long-term preview and planning does a transformable manufacturing system allow and need?

Production in itself is affected by constant changes due to ongoing innovations in process technologies. Good manufacturing requires the economical production of new as well as old products. Short term planning and improvements do not always cope with this challenge. No matter how fast the system can respond, there are always long term considerations to be made. Besides short-term improvements and incremental adaptations, a systematic preview is necessary, for example when dealing with the integration of new technologies or with structural tasks such as the definition of the range of vertical integration. Many of the related decisions require a time frame which makes them the domain of strategic management. They may determine certain aspects of the enterprise for an extended time period and therefore set a limit to its transformability. Thus, to ensure strategic flexibility in a turbulent environment, modern strategic production planning has to provide different strategies to achieve the required performance. Commercial effects as well as possible consequences with respect to transformability must be taken into account. Furthermore, modern strategic production planning must support the management in deducing activities and investments required.

Existing methods for strategic production design are not able to fully meet these requirements. Isolated solutions, e.g. for the identification and evaluation of trend reversals, do exist. Still, the necessary consistency to execute strategic performance planning in a fast and efficient way is not given. Moreover, to forecast the required capacity, extrapolation techniques are applied which do not consider trend reversals explicitly. These techniques reach their limits when new products and production technologies are involved. Also the continuous design of production-related indirect divisions in line with the development of production performance is not supported by these methods. Taking into account these deficiencies, the goal of this thesis is to improve the long-term design of production in a turbulent environment. This will be accomplished by developing a method for strategic performance planning in transformable production structures (method “SPP”). The derivation of this goal is the purpose of chapter 1.

The concept of “transformable manufacturing structures” is an important paradigm for maintaining competitiveness in a turbulent environment. Chapter 2 introduces this concept which is the theoretical background of the thesis. The term “performance” is illustrated in the context of a manufacturing system. Based on these definitions the thesis is set in the context of strategic and factory planning. Continuous and discontinuous technological changes, together with vertical integration and quantity structure of parts, are introduced as essential influencing factors for the change of production performance. “Strategic performance planning” is then defined as follows: Based on an output plan (quantity of products to be distributed), strategic planning of production system per-

formance consists of planning the operating expense (consumption of factors or production performance), as well as the required production resources (qualitative and quantitative capacity).

The method to be developed addresses small and medium sized enterprises (SME) doing business in mechanical engineering. Influences considered are variances of the output quantity structure of parts, continuous and discontinuous changes of products and production technologies, and changes of vertical integration. The scope is limited to a single site of an enterprise and considers a strategic time frame of up to ten years. Object of performance planning is the required performance in hours (production performance) and, derived thereof, the need of production equipment as well as the need of capacity in the respective production-related indirect divisions.

Chapter 3 analyses already existing approaches with respect to their suitability for strategic performance planning. Previous approaches for strategic planning in turbulent environment are reviewed, as well as approaches developed for long-term design and modeling of the divisions to be considered. The result of this analysis shows that those approaches support, indeed, certain aspects of the thesis' task. They may be used in developing partial solutions within the method SPP. However, an integrated method that supports the task of strategic production planning in transformable production structures could not be identified.

As a consequence the necessary modules of the method SPP are developed as described in chapter 4. This includes partial models, reference structures, taxonomies, methods and a core model. Starting point is an effect-model, mapping the basic interdependences between the solutions' modules. As a premise for the performance forecast subsequently partial models for product, technology, cost and indirect divisions are developed. As a reference for the performance forecast several reference structures are designed to map the current state. Here, the first step is to structure the production program along reference products. Further on, an approach to define product components which are relevant to the planning ("relevant components") is deduced. A similar approach is chosen for the manufacturing resources. Here the manufacturing resources which are relevant to planning (relevant resources) are identified and condensed to technology-clusters. These operations were necessary to reduce the planning complexity. Requirements for structuring the quantity structure of parts and the production performance completed the reference structures. These activities are followed by the development of an extended technology-calendar, to map future changes.

Finally, the core model of the method SPP brings together the changes that affect production performance and links them with the production performance. To achieve this goal a causal model of the production performance is developed, displaying all cause-effect relationships. Within the extended technology calendar all future changes that affect the production performance are displayed on a timeline. Changes are displayed in the four relevant categories: quantity structure of parts, product and production technologies and vertical integration. In order to expediently forecast production performance, a procedure to disentangle the overall development into individual cases is developed. Together with the also developed taxonomy of changes in product and production technologies, it serves as basis for performance forecast in terms of singular case forecasts. The performance forecast is executed separately for continuous and discontinuous changes. For the forecast of discontinuous changes, four basic methods are introduced. They provide different forecast proceedings depending on the level of product and production technology innovation. These basic methods are supplemented by an influence matrix and a cause-and-effect diagram applying cross-linked thinking. In order to forecast the effects of continuous changes, the concept of the

learning and experience curve is simplified and adapted to the thesis' task. Based on this basic concept a simplified approach to quantify continuous changes is developed. It is applicable to versatile batch production, a frequently used concept for production in mechanical engineering.

Accompanying the development of methods for forecasting production performance, an approach to generate scenarios is elaborated. "Global scenarios" illustrate different roads to the future. In addition, "local scenarios" are used to reflect the effects of uncertainty induced by turbulence. For the purpose of a sensitivity analysis, they illustrate different states of the environment. To finally evaluate the global scenarios, an approach is described to integrate all singular case forecasts. Thus integrated, they draw an overall picture of the considered manufacturing system. Furthermore it is described how the future structure of a production system can be derived from the forecasted technology requirements. A scoring method is used for the assessment of alternative global scenarios. The utility value is calculated for each global scenario in selected environmental states (local scenarios). The value represents the sum of all single values for the criteria: structure of the production performance, cost, vertical integration and strategic fit. Thus it represents a methodically deduced foundation for decision-making.

These solution modules are merged to the method for strategic performance planning in chapter 5. A phase model is developed. Based on the effect-model, it converts all solution modules into an integrated process for strategic performance planning. The sub-processes, process-steps and activities, which have to be executed within the different phases, are described. Also the corresponding worksheets and additional information for their use are introduced.

Concluding the thesis chapter 6 deals with the validation of the developed method SPP. The validation is based on a case study, supported by a SME specialized on gear tooth forming. In this company, large-scale changes regarding vertical integration and applied technologies are planned. So it is possible to apply the method SPP directly to the problem stated above. The overall validation contains the verification and evaluation of the effects implied by the method SPP.

The result of this thesis represents the first integrated method for strategic performance planning in transformable production structures. It incorporates mapping the current state, systematic documentation of future changes, performance forecast and finally the definition and evaluation of possible scenarios.

The validation proves that the scenarios of production performance generated in applying the method SPP generate one-of-a-kind comprehensible facts and figures for the strategic configuration of production. Those indicators cover information regarding effects on the capacity structure (production performance in direct and production-related indirect divisions), cost and strategic fit caused by:

- the application of different innovations of product and production technology,
- changes regarding vertical integration,
- changes of products to be manufactured.

As a result of the final interviews with several experts it is shown that in the case study the forecast precision in some aspects is raised by up to two credits after applying the method SPP. Furthermore it becomes obvious that by applying scenarios to the strategic configuration of manufacturing structures, the management becomes sensitized for the implications of uncertainties. Based on the integrated approach of the method SPP, for the first time value-adding and production-related indirect divisions can be designed simultaneously by coupling cause-effect relationships of changes of production performance.

					Aktuelle Technologie-Cluster				
					Segment	IS1		S2	
					Technologie-Cluster	TC1	TC2	TCn	
					Anlage/Arbeitsplatz	A1	A2	A3	An
Aktuelle Produktsituation									
Referenz- / Masterproc	planungsrelevante Produktkomponenten	Stückzahl Vorjahr	Stückzahl akt. Jahr	Lebenszyklusphase	Produktionsleistung				
RP1									
RP2									
RPn									
					Jahresleistung A				
					Jahresleistung TC				
					Jahresleistung S				

Anhang A-3: Arbeitsblatt 3 - Erfassen des aktuellen Mengengerüsts und Ausgangssituation der Produktionsleistung [Eigene Darstellung]

Planungsperiode		1	2	...	10
Kalender		2008	2009		2017
Produktprogrammentwicklung					
Alt- & Neuprodukte	Absatzprognose (Gesamt)				
	Absatzprognose Altprodukte				
	Absatzprognose Neuprodukte				
Altprodukte	Absatzprognose RP ₁				
	Absatzprognose RP ₂				
	Absatzprognose RP _n				
Neuprodukte	Absatzprognose NP ₁				
	Absatzprognose NP ₂				
	Absatzprognose NP _n				
Produktentwicklung					
1 Ereignis					
Betrifft Referenzprodukte					
Betrifft Technologie-Cluster					
n Ereignis					
Betrifft Referenzprodukte					
Betrifft Technologie-Cluster					
Produktionsentwicklung					
1 Ereignis					
Betrifft Referenzprodukte					
Betrifft Technologie-Cluster					
n Ereignis					
Betrifft Referenzprodukte					
Betrifft Technologie-Cluster					
Entwicklung Eigenfertigungstiefe					
Prozessschritt	Produkt	TC intern	Wertschöpfungs-partner		
P1					
P2					
P3					
P4					
Pn					

Anhang A-4: Arbeitsblatt 4 - Erfassen der künftigen Veränderungen [eigene Darstellung]

[illegible]

Anhang A-5: Arbeitsblatt 5 - Zentralblatt [eigene Darstellung]

Prozessschritt	P1			P2		
	TC1			TC2		
Kriterien Technikmodell						
Gestell						
Steuerung						
Spann- & Positioniersystem						
Bearbeitungssystem						
Prüfsystem						
Bestückungssystem						
Werkzeugwechselsystem						
Aktionsfeld für MP						
Absolut						
Normiert	1		1	1		1
Kriterien Technikmodell						
Gestell						
Steuerung						
Spann- & Positioniersystem						
Bearbeitungssystem						
Prüfsystem						
Bestückungssystem						
Werkzeugwechselsystem						
Kriterien Produktmodell						
MP						
NPx						
Technologie						
Material						
Gestaltung						
Werkstoff						
Abmessung						
Gewicht						
Genauigkeit						
Oberfläche (Rz)						
Aktionsfeld für NPx						
Normiert						
Absolut						

Anhang A-6: Arbeitsblatt 6 - Erfassen der Kausalzusammenhänge [eigene Darstellung]

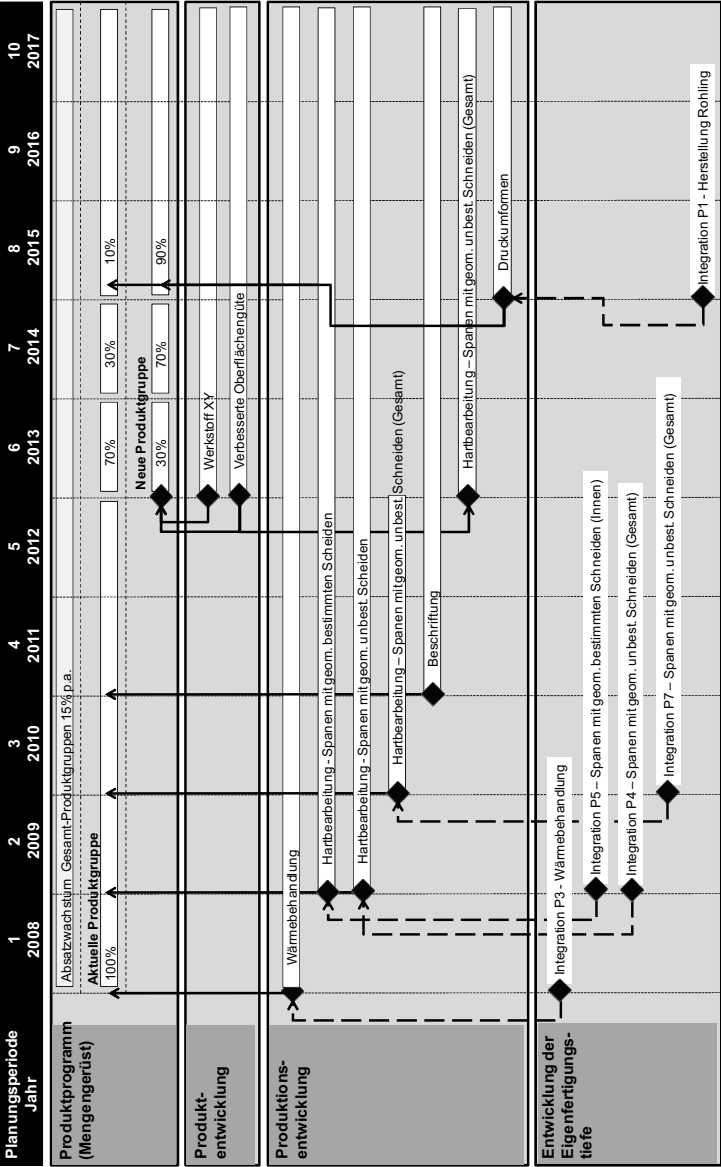
Produktionsnahe indirekte Bereiche										
Periode	Jahr	Anzahl Teile	Anzahl Container	P1						
				TC1			TC2			
	0	2007		Bereich A	Bereich B	Bereich C	Bereich D	Bereich E	Bereich F	PL
	1	2008								
	2	2009								
	3	2010								
	4	2011								
	5	2012								
	6	2013								
	7	2014								
	8	2015								
	9	2016								
	10	2017								

Basisdaten		
Bereich	Aufwand je Container	Aufwand je Stunde Produktionsleistung
A		
B		
C		
D		
E		
F		

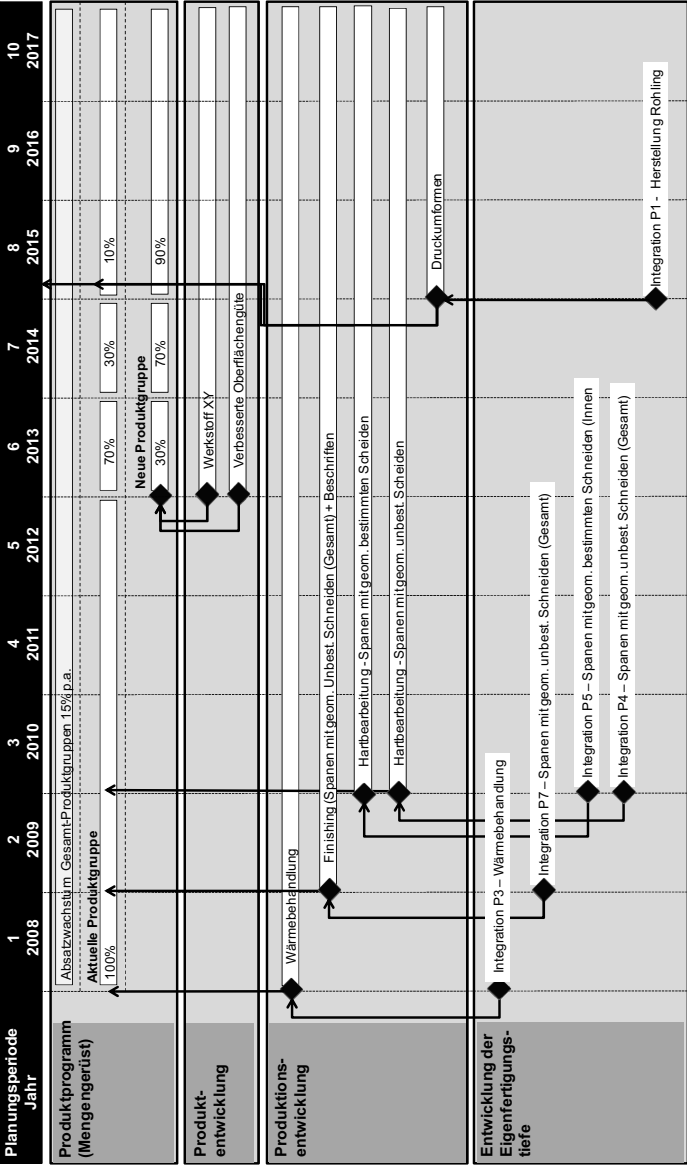
Anhang B – Ergebnisse der Methodenanwendung am Fallbeispiel

Prozessschritt	Beschreibung	Technologie-Cluster	Beschreibung
P1	Herstellung Rohling	TC13	Umformtechnologie zur Herstellung des Rohlings
P2	Spanen mit geom. unbest. Schneiden (Verzahnung)	(TC1) TC2	Zerspanntechnologie zur Herstellung der Verzahnung.
P3	Wärmebehandlung	TC7	Wärmebehandlungstechnologie zum Ändern der Stoffeigenschaften
P4	Spanen mit geom. unbest. Schneiden (Gesamt)	TC9	Zerspanungstechnologie zur Oberflächenverbesserung
P5	Spanen mit geom. best. Schneiden (Innen)	TC8	Zerspanungstechnologie zur Innenbearbeitung
P6	Spanen mit geom. best. Schneiden (Verzahnung)	(TC3) (TC4) TC5 (TC6)	Zerspanungstechnologie zur abschließenden Formgebung der Verzahnung.
P7	Spanen mit geom. unbest. Schneiden (Gesamt-Finish)	TC10 TC12	Zerspanungstechnologie zur abschließenden Oberflächenverbesserung. TC10 und TC12 stellen alternative Technologien dar die im Planungszeitraum nacheinander realisiert werden sollen
	Bezeichnen	TC11	Beschriftungstechnologie
	Finsihing	TC14	Kombination aus abschließender Oberflächenverbesserung und Beschriftung
(TCX) Technologiecluster die eine Prozessalternative darstellen. Sie werden in den weiteren Analysen nicht weiter betrachtet, da sie technologisch weniger weit entwickelt sind als andere Alternativen und die High-Tech Strategie des Unternehmens damit auf lange Sicht nicht unterstützen.			

Anhang B-1: Übersicht Bezeichnung, Zuordnung und Beschreibung der Technologie-Cluster im Fallbeispiel

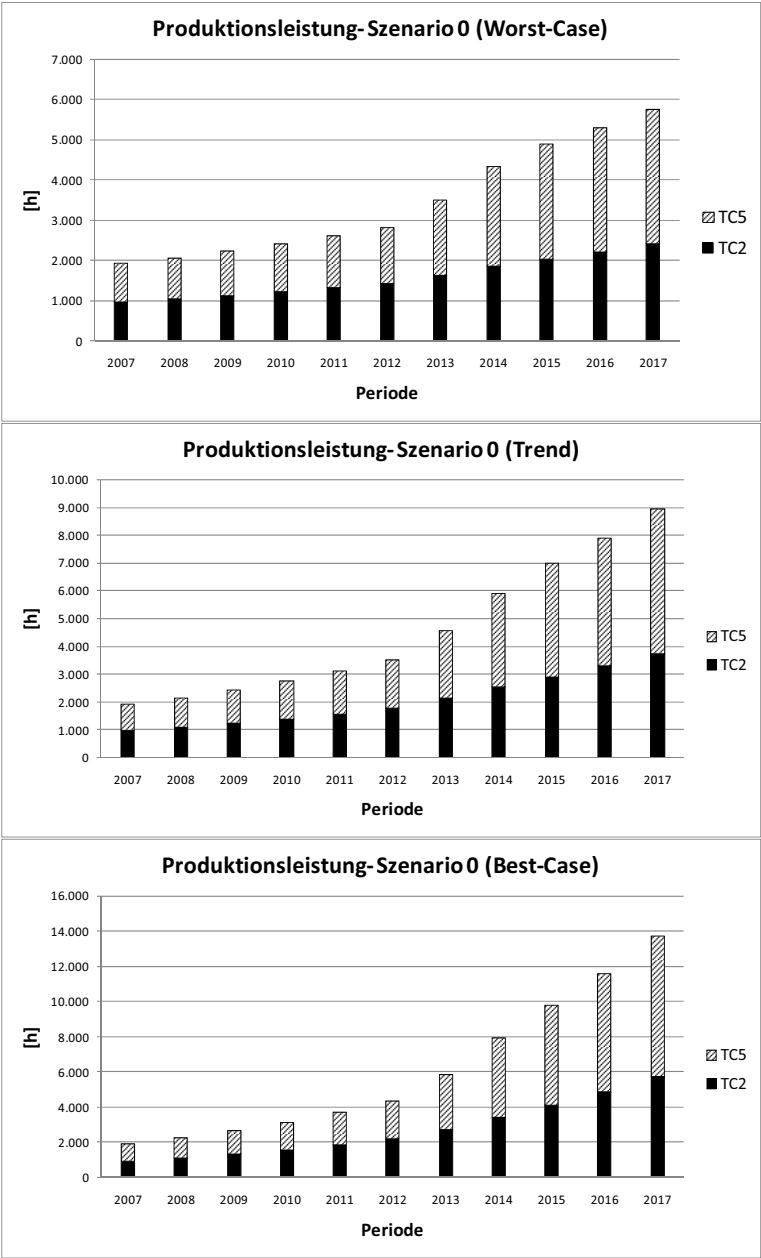


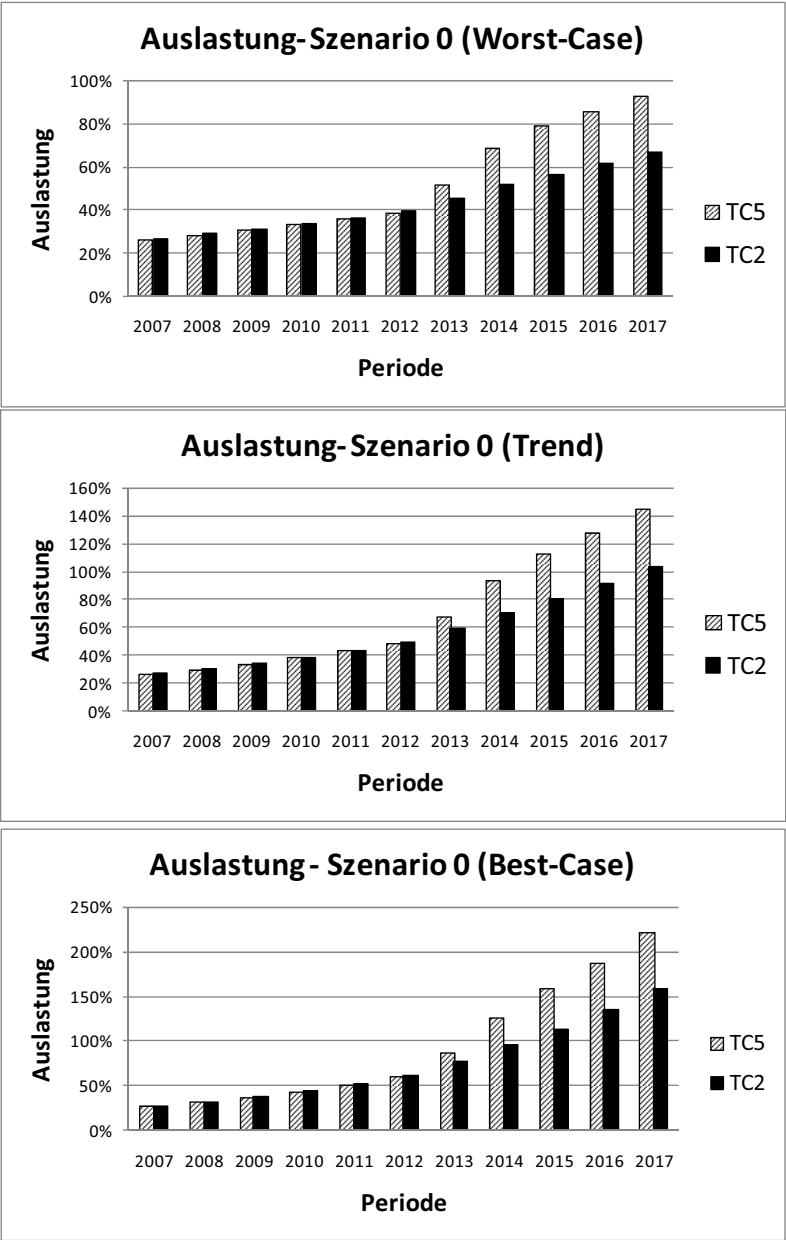
Anhang B-2: Erweiterter Technologiekalender - Praxisbeispiel Szenario A [eigene Darstellung]



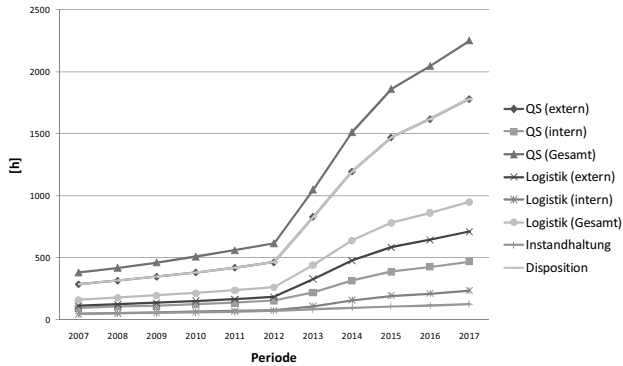
Anhang B-3: Erweiterter Technologiekalender – Praxisbeispiel Szenario B
[Eigene Darstellung]

Auswertung Szenario 0

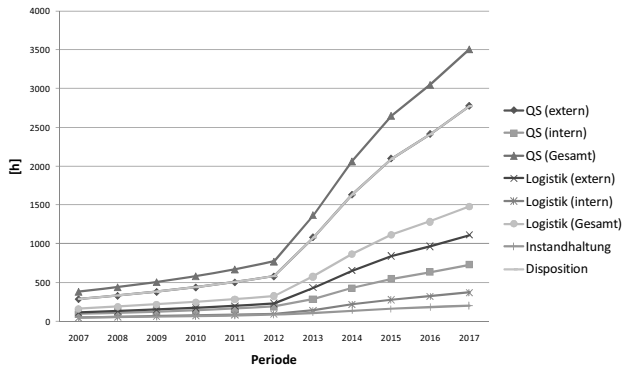




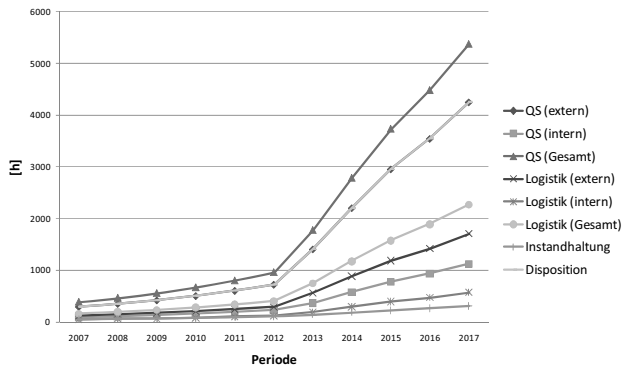
**Aufwand produktionsnahe indirekte Bereiche-
Szenario 0 (Worst-Case)**



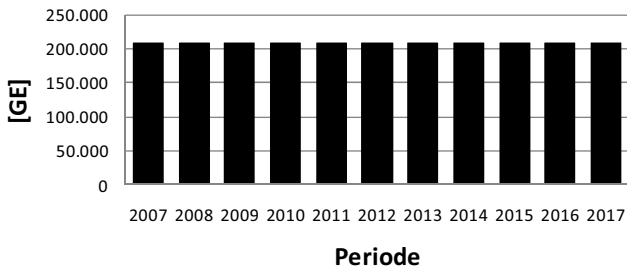
**Aufwand produktionsnahe indirekte Bereiche-
Szenario 0 (Trend)**



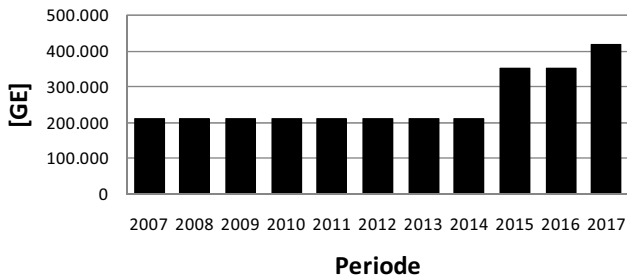
**Aufwand produktionsnahe indirekte Bereiche-
Szenario 0 (Best-Case)**



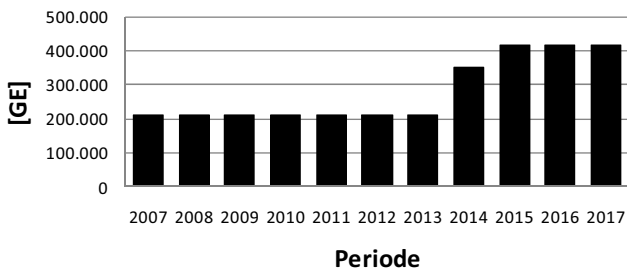
Fixkostenbelastung- Szenario 0 (Worst-Case)



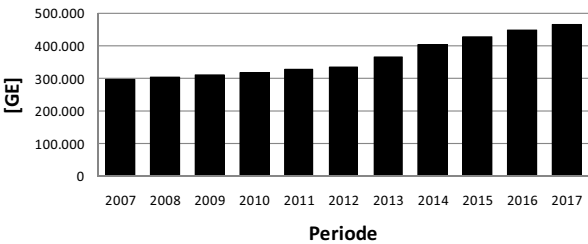
Fixkostenbelastung- Szenario 0 (Trend)



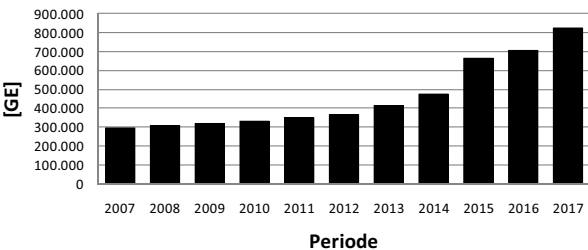
Fixkostenbelastung- Szenario 0 (Best-Case)



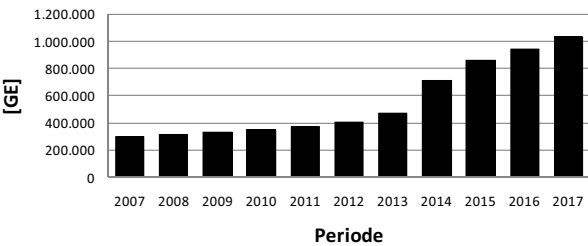
**Wertschöpfungskosten der Eigenfertigung-
Szenario 0 (Worst-Case)**



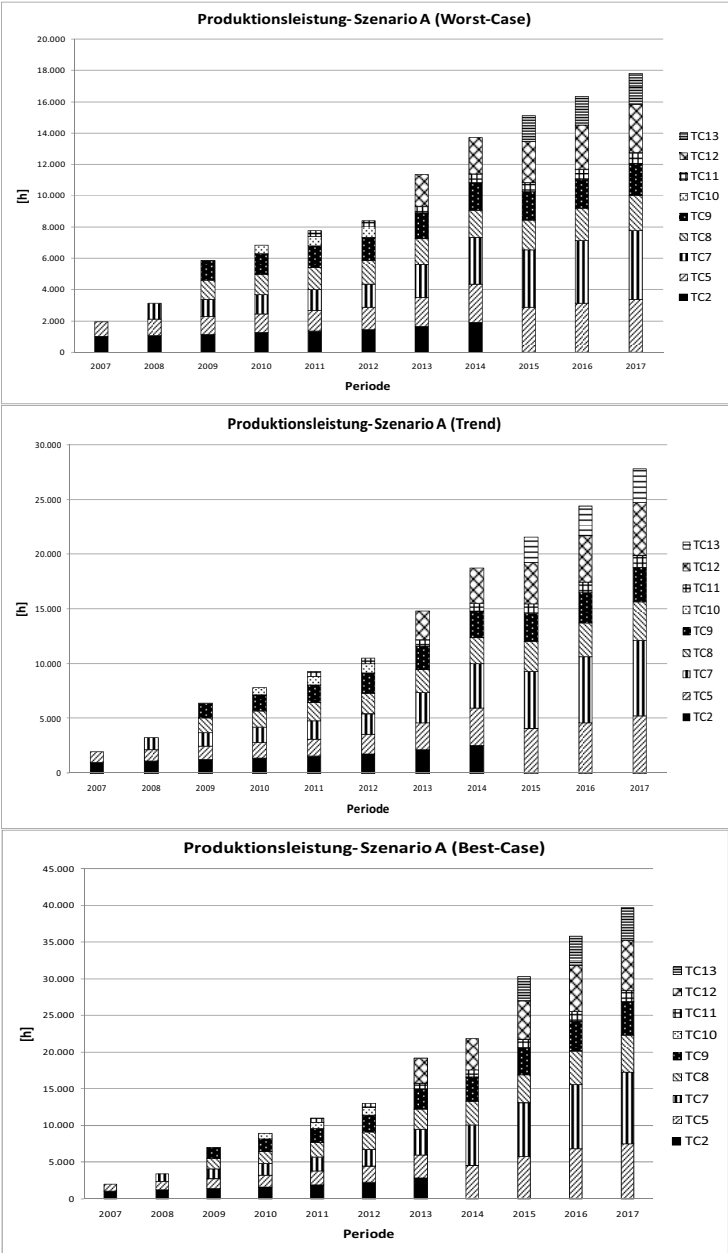
**Wertschöpfungskosten der Eigenfertigung-
Szenario 0 (Trend)**

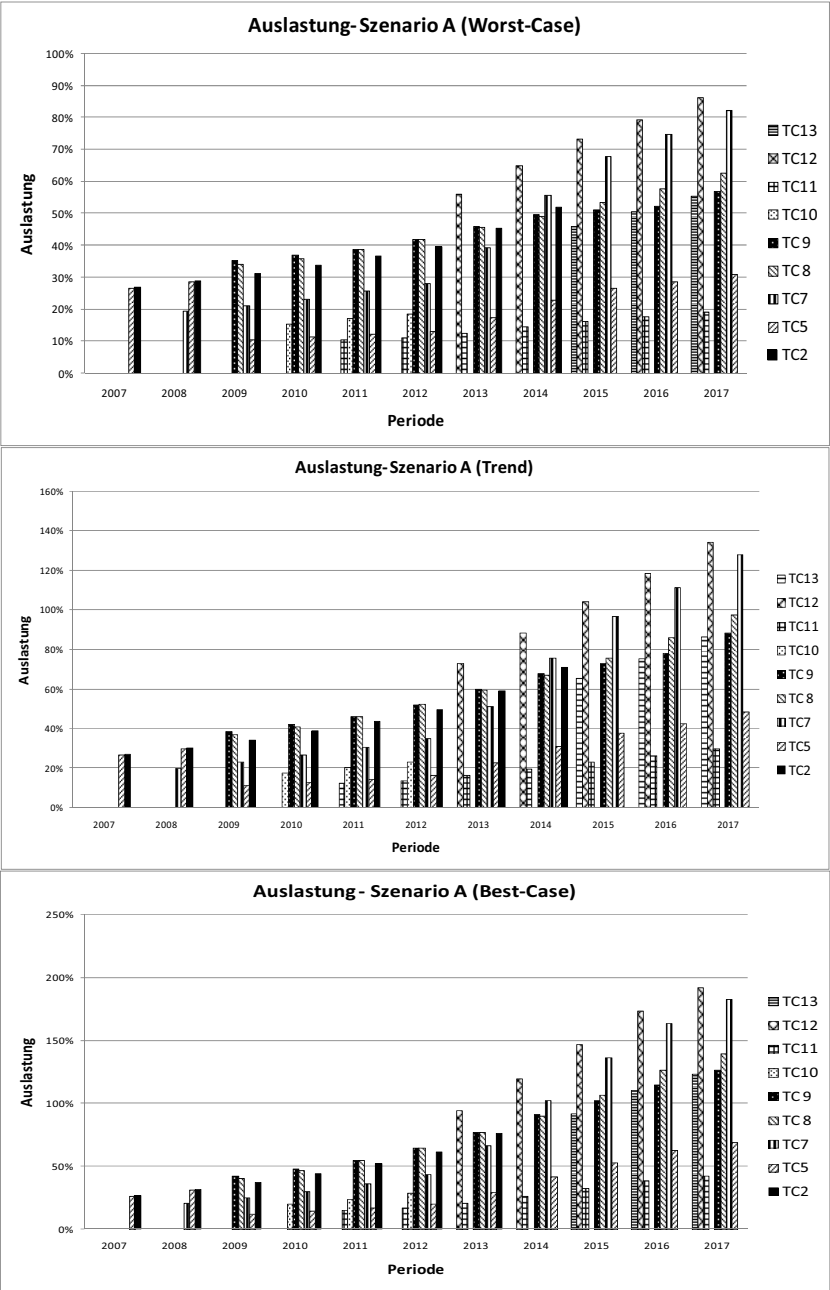


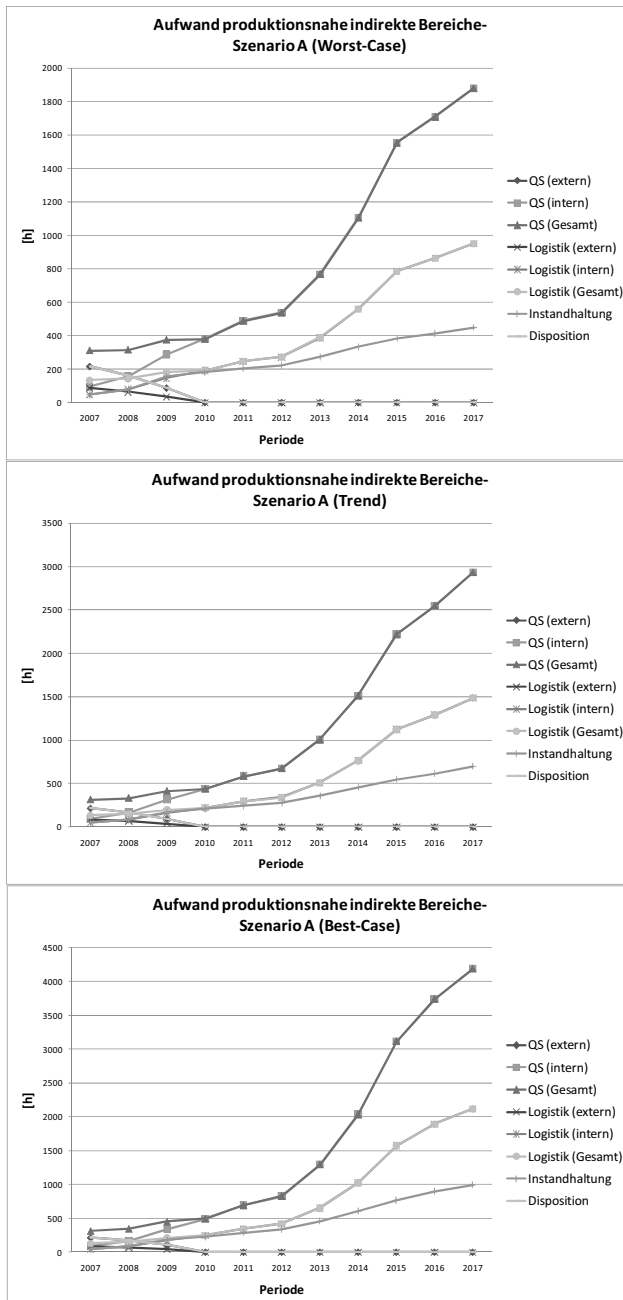
**Wertschöpfungskosten der Eigenfertigung-
Szenario 0 (Best-Case)**

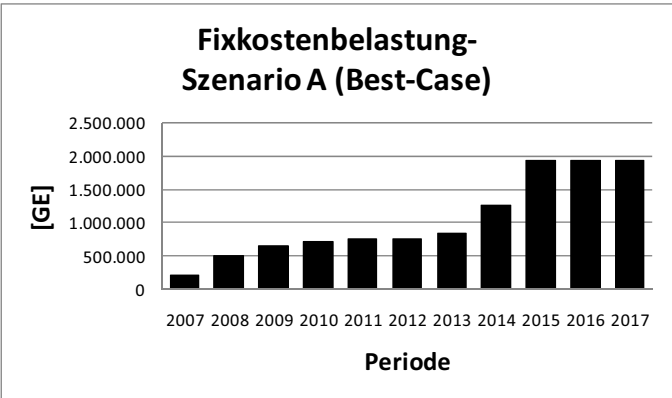
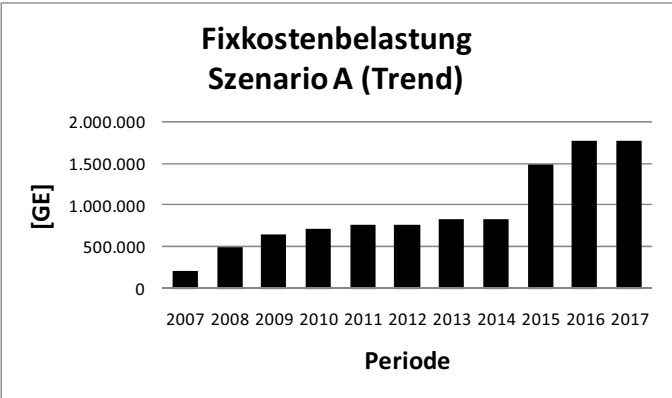
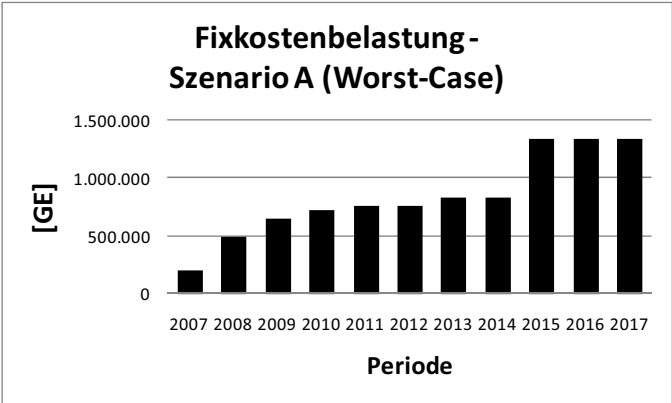


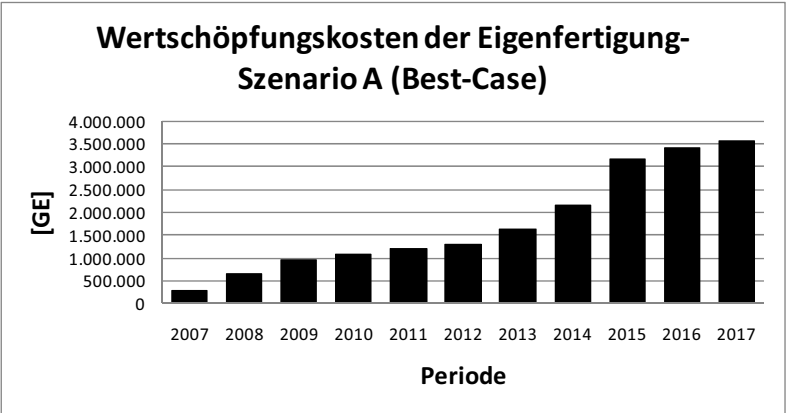
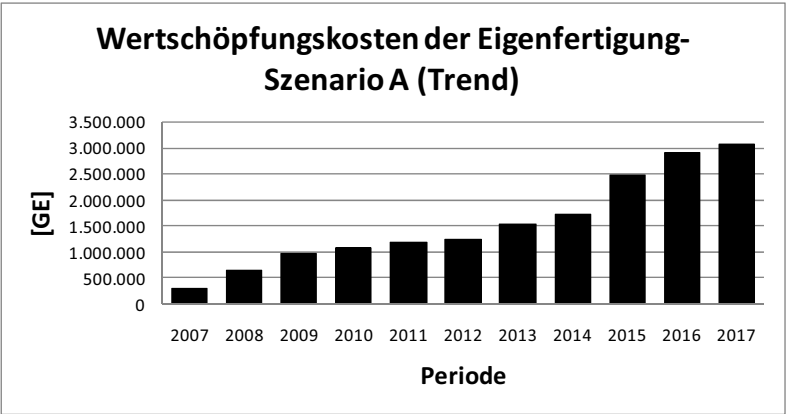
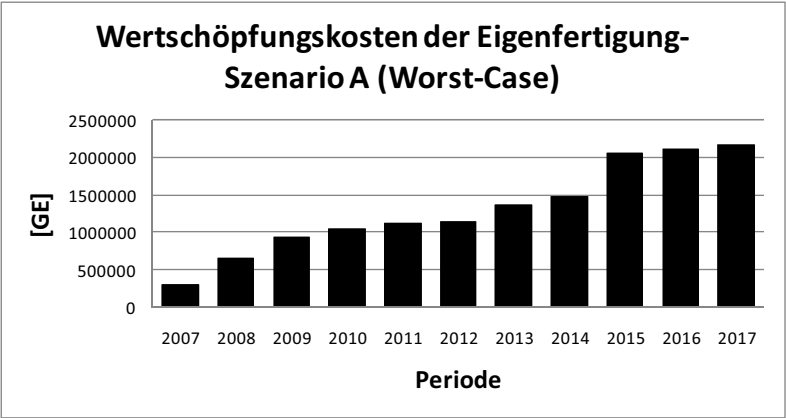
Auswertung Szenario A



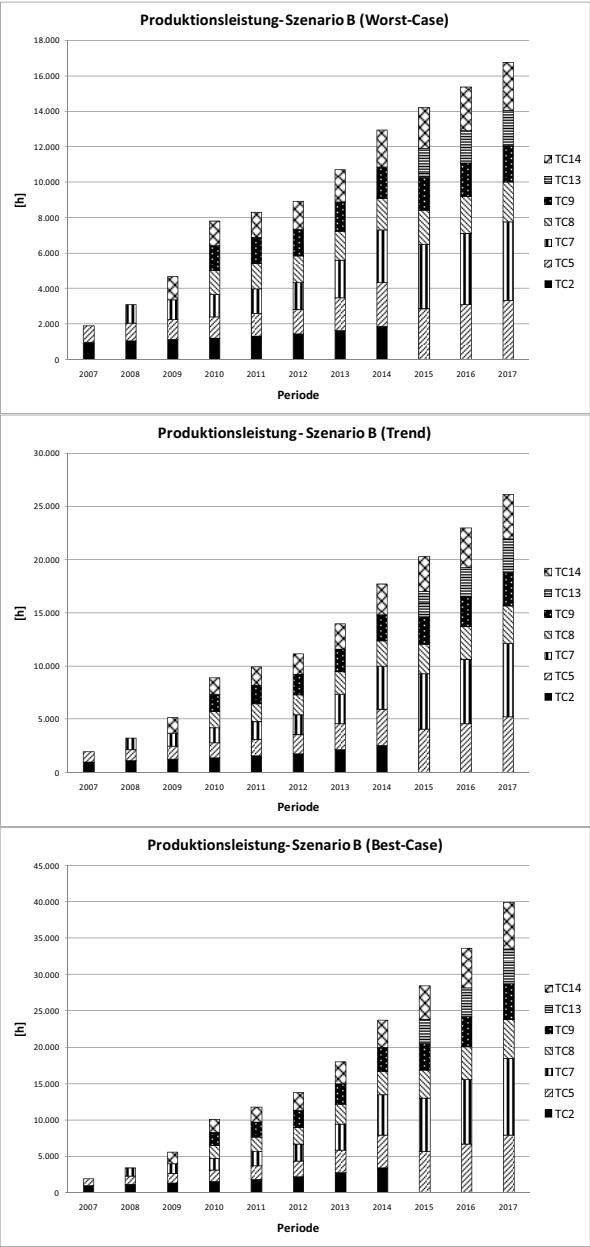


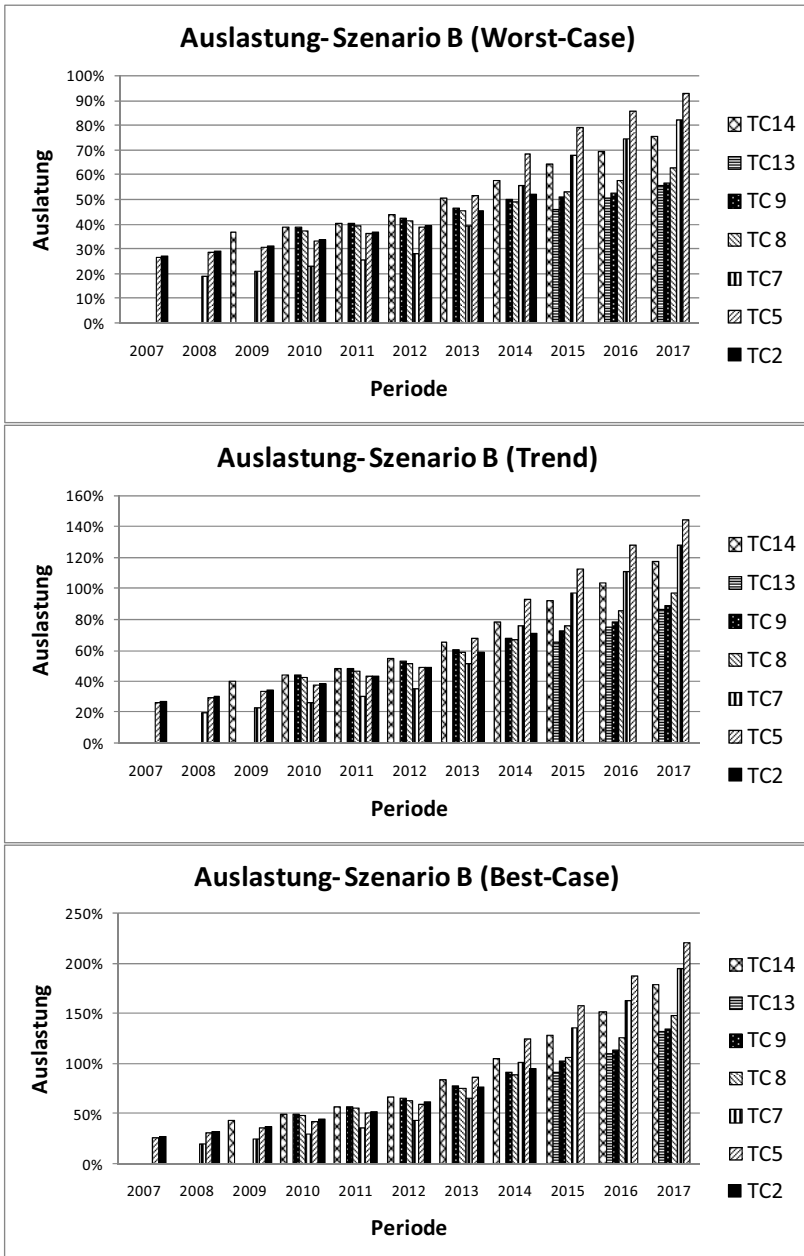


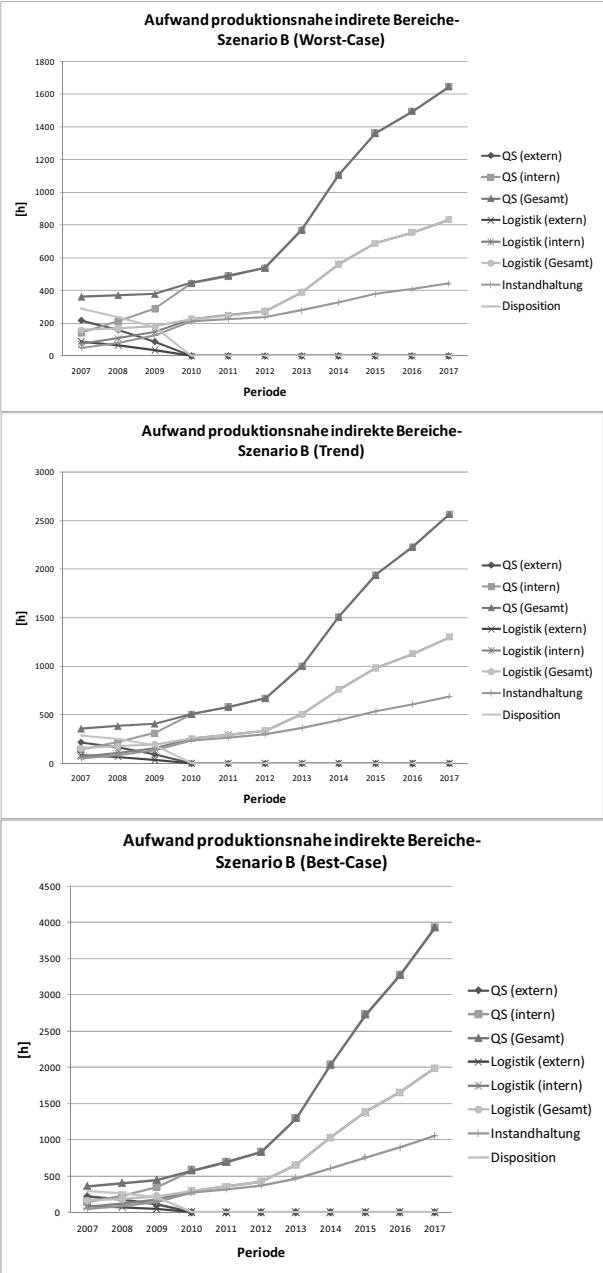


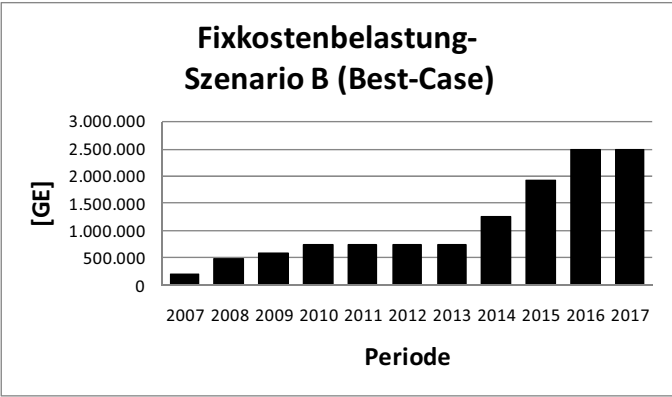
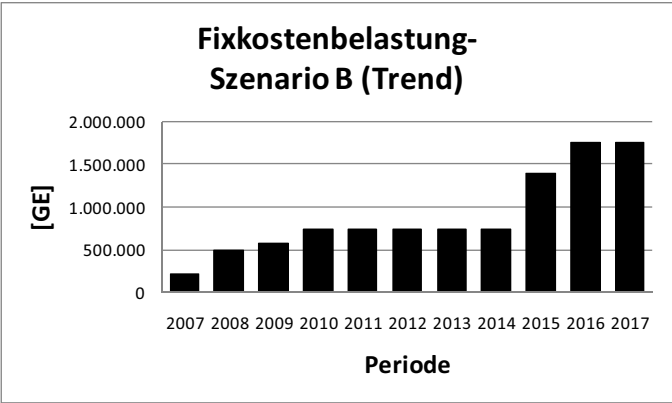
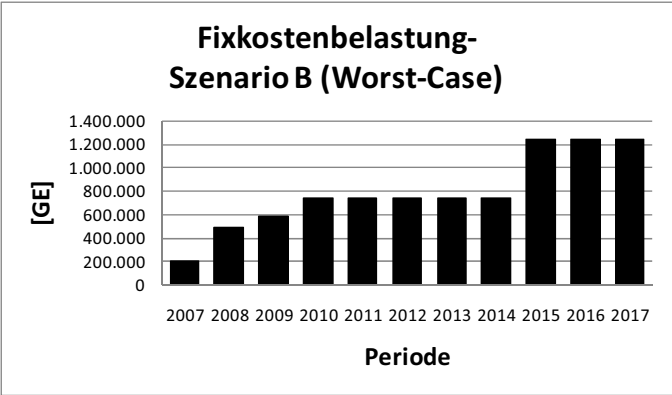


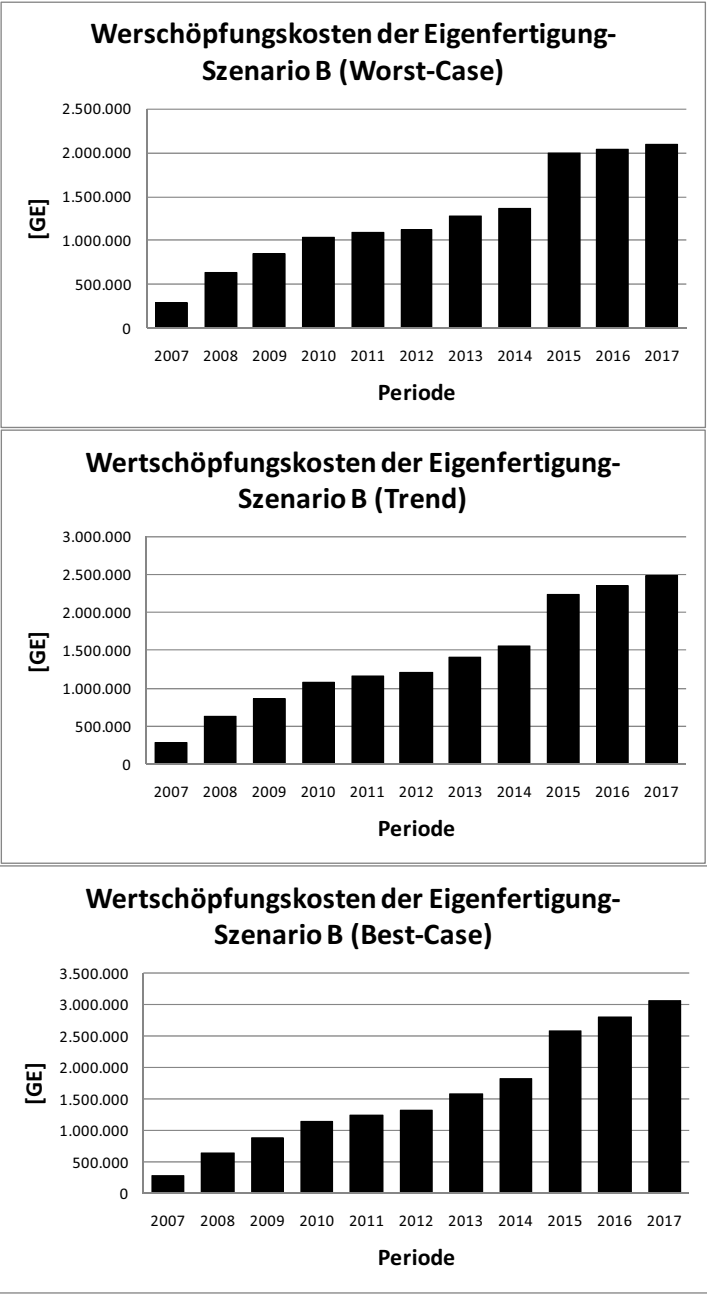
Auswertung Szenario B









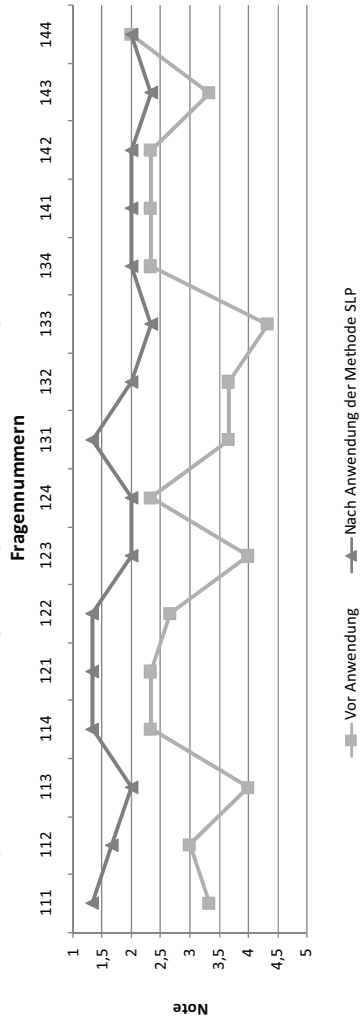


Anhang C – Ergebnisse der Expertenbefragung

Prozessschritt Referenzmodell der sLP	Vor Durchführung der Methode zur sLP bereits angewendet	Bei Durchführung der Methode zur sLP angewendet	
		muss	kann
1,1,1	ja	x	
1,1,2	ja	x	
1,2,1	ja	x	
1,2,2	ja	x	
1,2,3	ja	x	
1,2,4	ja	x	
1,3	nein	x	
1,4	nein	x	
2,1,1	nein	x	
2,1,2	nein	x	
2,1,3	nein	x	
2,2,1	ja	x	
2,2,2	nein	x	
2,2,3	nein	x	
2,3,1	ja	x	
2,3,2	ja	x	
2,3,3	ja	x	
2,4,1	nein	x	
2,4,2	nein	x	
2,4,3	nein	x	
2,5,1	nein	x	
2,5,2	nein	x	
2,5,3	nein	x	
2,5,4	nein	x	
2,6,1	ja	x	
2,6,2	nein		x
2,7,1	ja	x	
2,7,2	ja	x	
3,1,1	nein	x	
3,1,2	nein	x	
3,1,3	nein	x	
3,1,4	nein	x	
3,1,5	nein	x	
3,2,1	ja	x	
3,2,2	ja	x	
3,2,3	ja	x	
3,2,4	nein	x	
Prozessschritt Referenzmodell der sLP	Vor Durchführung der Methode zur sLP bereits angewendet	Bei Durchführung der Methode zur sLP angewendet	
		muss	kann
3,3,1	ja	x	
3,3,2	ja	x	
3,3,3	ja	x	
3,3,4	nein	x	
3,4,1	ja	x	
3,4,2	ja	x	
3,4,3	nein	x	
3,5,1	nein	x	
3,5,2	nein	x	
3,5,3	nein	x	
4,1,1	nein	x	x
4,1,2	nein	x	
4,2,1	nein	x	
4,2,2	nein	x	
4,3,1	nein	x	
4,3,2	nein	x	
4,3,3	nein	x	
5,1,1,1	nein	x	
5,1,1,2	nein	x	
5,1,1,3	nein	x	
5,1,1,4	nein	x	
5,1,1,5	nein		x
5,1,1,6	nein	x	
5,1,2,1	nein	x	
5,1,2,2	nein		x
5,1,2,3	nein	x	
5,1,3,1	nein	x	
5,1,3,2	nein		x
5,1,3,3	nein	x	
5,1,3,4	nein	x	
5,1,3,5	nein	x	
5,1,3,6	nein	x	
5,1,3,7	nein		x
5,1,3,8	nein	x	
5,1,4,1	nein	x	
5,1,4,2	nein	x	
5,1,4,3	nein	x	
5,1,4,4	nein	x	
5,1,4,5	nein	x	
Prozessschritt Referenzmodell der sLP	Vor Durchführung der Methode zur sLP bereits angewendet	Bei Durchführung der Methode zur sLP angewendet	
		muss	kann
5,2,1	nein	x	
5,2,2	nein	x	
5,2,3	nein	x	
5,2,4	nein	x	
5,2,5	nein	x	
6,1,1	nein	x	
6,2,1	nein	x	
6,2,2	nein	x	
6,3,1	nein	x	
6,3,2	nein	x	
6,4,1	nein		x
6,4,2	nein		x
6,4,3	nein		x
6,4,4	nein		x
6,4,5	nein		x
7,1,1	nein	x	
7,1,2	nein	x	
7,1,3	nein	x	
7,2,1	nein	x	
7,2,2	nein	x	
7,2,3	nein	x	
7,3,1	nein		x
7,3,2	nein		x
7,3,3	nein		x
7,4,1	nein	x	
7,4,2	nein	x	
7,4,3	nein	x	
7,4,4	nein	x	
7,5,1	nein	x	
7,5,2	nein	x	
7,5,3	nein	x	
7,5,4	nein	x	
7,6,1	nein		x
7,6,2	nein		x
7,6,3	nein		x
7,6,4	nein		x
8,1	nein	x	
8,2	nein	x	
8,3	ja	x	
8,4	ja	x	

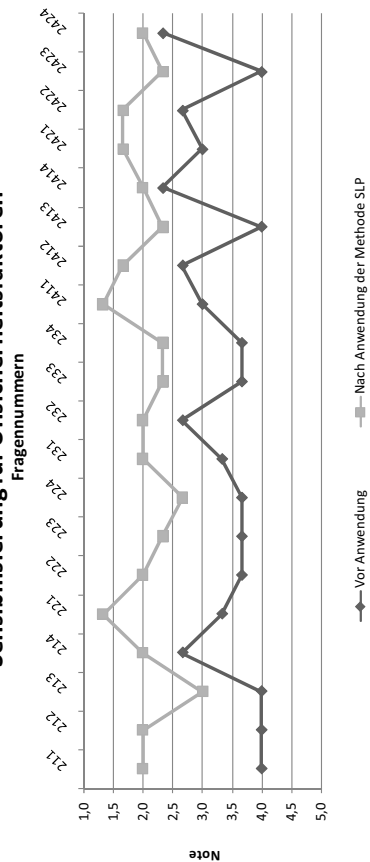
Fragen Nr.			Transparenz der Wirkung einer strategischen Entscheidung:
1	1		Bei Einführung einer neuen Produkttechnologie
1	1	1	Auswirkung auf Produktionsleistung
1	1	2	Auswirkung auf Fixkostenblock
1	1	3	Auswirkung auf produktionsnahe indirekte Bereiche
1	1	4	Auswirkung auf den Fit zur Produktions-/Unternehmensstrategie
1	2		Bei Einführung einer neuen Produktionstechnologie
1	2	1	Auswirkung auf Produktionsleistung
1	2	2	Auswirkung auf Fixkostenblock
1	2	3	Auswirkung auf produktionsnahe indirekte Bereiche
1	2	4	Auswirkung auf den Fit zur Produktions-/Unternehmensstrategie
1	3		Bei Einführung einer Kombination neue Produkt- und Produktionstechnologie
1	3	1	Auswirkung auf Produktionsleistung
1	3	2	Auswirkung auf Fixkostenblock
1	3	3	Auswirkung auf produktionsnahe indirekte Bereiche
1	3	4	Auswirkung auf den Fit zur Produktions-/Unternehmensstrategie
1	4		Bei In-/ Outsourcing eines Prozessschrittes / Produktes
1	4	1	Auswirkung auf Produktionsleistung
1	4	2	Auswirkung auf Fixkostenblock
1	4	3	Auswirkung auf produktionsnahe indirekte Bereiche
1	4	4	Auswirkung auf den Fit zur Produktions-/Unternehmensstrategie

Transparenz der Wirkung strategischer Entscheidungen in der Produktion

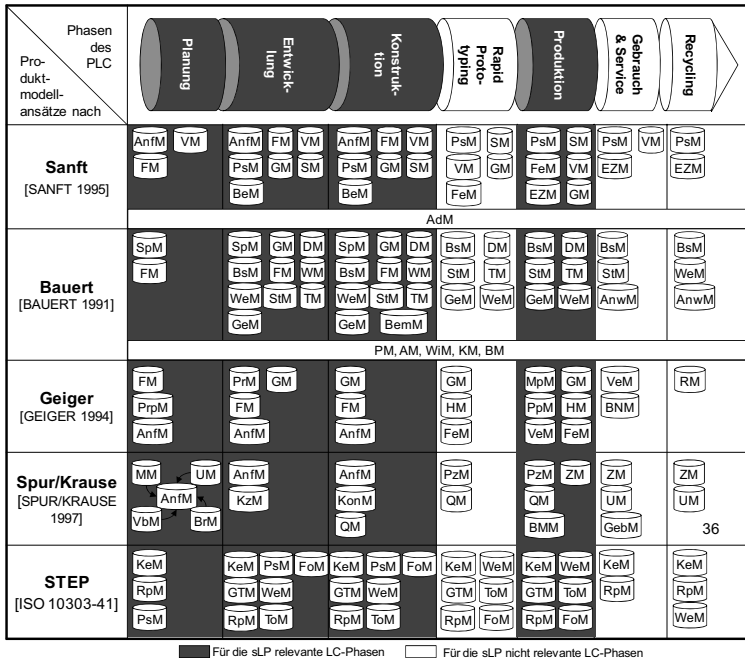


Frage Nr.	Sensibilisierung für Auswirkungen hinsichtlich einer Variation von:
2 1	Höhe des Technologiesprungs
2 1 1	Auswirkung auf Produktionsleistung
2 1 2	Auswirkung auf Fixkostenblock
2 1 3	Auswirkung auf produktionsnahe indirekte Bereiche
2 1 4	Auswirkung auf den Fit zur Produktions-/Unternehmensstrategie
2 2	Höhe kontinuierlicher Degressionseffekte
2 2 1	Auswirkung auf Produktionsleistung
2 2 2	Auswirkung auf Fixkostenblock
2 2 3	Auswirkung auf produktionsnahe indirekte Bereiche
2 2 4	Auswirkung auf den Fit zur Produktions-/Unternehmensstrategie
2 3	Eintrittszeitpunkte von Veränderungen
2 3 1	Auswirkung auf Produktionsleistung
2 3 2	Auswirkung auf Fixkostenblock
2 3 3	Auswirkung auf produktionsnahe indirekte Bereiche
2 3 4	Auswirkung auf den Fit zur Produktions-/Unternehmensstrategie
2 4	Stückzahlen im Mengengerüst
2 4 1	zeitliche Verschiebung
2 4 1 1	Auswirkung auf Produktionsleistung
2 4 1 2	Auswirkung auf Fixkostenblock
2 4 1 3	Auswirkung auf produktionsnahe indirekte Bereiche
2 4 1 4	Auswirkung auf den Fit zur Produktions-/Unternehmensstrategie
2 4 2	mengenmäßige Verschiebung
2 4 2 1	Auswirkung auf Produktionsleistung
2 4 2 2	Auswirkung auf Fixkostenblock
2 4 2 3	Auswirkung auf produktionsnahe indirekte Bereiche
2 4 2 4	Auswirkung auf den Fit zur Produktions-/Unternehmensstrategie

Sensibilisierung für Unsicherheitsfaktoren



Anhang D – Weiterführende Abbildungen zum Stand der Technik



Abkürzung	Bezeichnung	Abkürzung	Bezeichnung	Abkürzung	Bezeichnung	Abkürzung	Bezeichnung
AM	Analysemodell	FM	Funktionsmodell	MpM	Montageplanungsmodell	TM	Technologiemodell
AdM	Administrationsmodell	FeM	Fertigungsmodell	PM	Personal-/Terminmodell	ToM	Toleranzmodell
AnfM	Anforderungsmodell	FoM	Formelemente-modell	PpM	Prüfplanungsmodell	UM	Umweltmodell
AnwM	Anwendungsmodell	GM	Gestaltmodell	PrM	Prinzipmodell	VM	Variantenmodell
BM	Bewertungsmodell	GeM	Geometriemodell	PrpM	Produktplanungsmodell	VbM	Verbrauchermodell
BeM	Berechnungsmodell	GebM	Gebrauchsmodell	PsM	Produktstrukturmodell	VeM	Vertriebsmodell
BemM	Bemaßungsmodell	GTM	Geom.-/Technolog.modell	PzM	Prozessmodell	WM	Wirkmodell
BMM	Betriebsmittelmodell	HM	Herstellungsmodell	QM	Qualitätsmodell	WeM	Werkstoffmodell
BNM	Betriebs-/Nutzungsmodell	KM	Kostenmodell	RM	Recyclingmodell	WiM	Wissensmodell
BrM	Branchenmodell	KeM	Kernmodell	RpM	Repräsentationsmodell	ZM	Zulieferermodell
BsM	Baustrukturmodell	KonM	Konstruktionsmodell	SM	Simulationsmodell		
DM	Darstellungsmodell	KzM	Konzeptmodell	SpM	Sprachmodell		
EzM	Eigen-/Zukaufteilmodell	MM	Marktmodell	SiM	Stücklistenmodell		

Literatur

- Abele 2006
Abele, Thomas:
Verfahren für das Technologie-Roadmapping zur Unterstützung des strategischen Technologiemanagements.
Heimsheim: Jost-Jetter 2006.
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2006
- Abell 1999
Abell, Derek F.:
Competing Today While Preparing for Tomorrow.
In: Sloan Management Review 40 (1999), Nr. 3, S. 73-81
- Ackermann 1993
Ackermann, Karl-Friedrich:
Personalmanagement in mittelständischen Unternehmen.
Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1993
- Aggteleky 1987
Aggteleky, Béla:
Fabrikplanung - Band 1 : Grundlagen, Zielplanung, Vorarbeiten, unternehmerische und systemtechnische Aspekte, Marketing und Fabrikplanung. 2. durchges. Auflage.
München; Wien: Hanser, 1987
- Aldinger et al. 2006
Aldinger, Lars; Constantinescu, Carmen; Hummel, Vera; Kreuzhage, Rita; Westkämper, Engelbert:
Neue Ansätze im "advanced Manufacturing Engineering".
In: wt Werkstattstechnik online 96 (2006), Nr. 3, S. 110-114
- Aldinger et al. 2007
Aldinger, Lars; Hummel, Vera; Westkämper, Engelbert:
Echtzeitfähiges Fabrik-Cockpit: Ein System zur integrierten Unternehmensplanung und -steuerung im produzierenden Mittelstand.
In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 102 (2007), Nr. 1-2, S. 19-21
- Anderl 1985
Anderl, Reiner:
Fertigungsplanung durch die Simulation von Arbeitsvorgängen auf der Basis von 3-D-Produktmodellen.
Düsseldorf: VDI-Verl. 1985.
Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 1985
- Ansoff 1976
Ansoff, Harry I.:
Manageing Surprise and Discontinuity – Strategic Response to Weak Signals.
In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zfbf) 28 (1976), Nr. 1, S. 129-152
- Argyris 1999
Argyris, Chris:
On organizational learning. 2. ed., Reprint.
Oxford [u. a.]: Blackwell Business, 1999
- Bamberg/Coenenberg 2002
Bamberg, Günter; Coenenberg, Adolf G.:
Betriebswirtschaftliche Entscheidungstheorie. 11. überarb. Auflage
München: Vahlen, 2002
- Bamberger/Wrona 1996
Bamberger, Ingolf; Wrona, Thomas:
Der Ressourcenansatz und seine Bedeutung für die strategische Unternehmensführung.
In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zfbf) 48 (1996), Nr. 2, S. 130-153

- Bauert 1991
Bauert, Frank:
Methodische Produktmodellierung für den rechnergestützten Entwurf.
Berlin: TU, Univ.-Bibliothek, 1991.
Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1991
- Baumeister 2002
Baumeister, Michael:
Fabrikplanung im turbulenten Umfeld: Methodik zur Zielplanung einer Fabrik unter Berücksichtigung eines turbulenten Unternehmensumfeldes und der übergeordneten Unternehmensziele.
Karlsruhe: Inst. für Werkzeugmaschinen und Betriebstechnik, 2002.
Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 2003
- BDI et al. 2005
Bundesverband der Deutschen Industrie e.V. (BDI); Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. (FhG); Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V. (VDMA) (Hrsg.):
Intelligenter Produzieren: 32 Thesen zur Forschung für die Zukunft der industriellen Produktion, 2005.
http://www.bdi.info/Dokumente/Technologie-Innovationspolitik/pos_int_prod.pdf (Zugriff am 16.02.2008)
- Bea/Haas 2005
Bea, Franz Xaver; Haas, Jürgen:
Strategisches Management, 4. neu bearb. Auflage.
Stuttgart: Lucius & Lucius, 2005
- Becker 1998
Becker, Fred G.:
Grundlagen betrieblicher Leistungsbeurteilungen. Leistungsverständnis und -prinzip, Beurteilungsproblematik und Verfahrensprobleme.
Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1998
- Beinhocker 1999
Beinhocker, Eric D.:
Robust Adaptive Strategies.
In: Sloan Management Review 40 (1999), Nr. 3, S. 95-106
- Berger et al. 2000
Berger, Markus, Buchner, Holger, Weigand, Andreas:
Status und Anforderungen an die frühkennungs-basierte Navigation bestimmen – Identifikation strategischer Schlüsselbereiche durch Messung der Turbulenz am Beispiel der Festo AG & Co.
In: Horváth & Partner (Hrsg.): Früherkennung in der Unternehmenssteuerung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2000, S. 79-103
- Bertling 1994
Bertling, Lutz:
Informationssysteme als Mittel zur Einführung neuer Produktionstechnologien.
Essen: Vulkan-Verl., 1994.
Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1994
- Binner 2005
Binner, Hartmut F.:
Handbuch der prozessorientierten Arbeitsorganisation: Methoden und Werkzeuge zur Umsetzung. 2., überarb. Auflage.
München: Hanser, 2005
- Black/ Scholes 1973
Black, Fisher; Scholes, Myron:
The Pricing of Options and Corporate Liabilities.
In: Journal of Political Economy 81 (1973), S. 637-654
- BMW 2007
Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (Hrsg.):
Der Mittelstand in Deutschland: Eine volkswirtschaftliche Bestandsaufnahme. Dokumentation Nr. 561, 2007.
<http://www.ifm-bonn.org/presse/bmwi-mittelstand-doku-561.pdf> (Zugriff am 18.03.2007)

- Bokranz/Landau 2006
Bokranz, Rainer; Landau, Kurt; Becks, Carl (Mitarb.) u.a.; Deutsche MTM-Vereinigung e.V.:
Produktivitätsmanagement von Arbeitssystemen: MTM-Handbuch.
Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2006
- Bornhäuser et al. 2003
Bornhäuser, Matthias; Kirchner, Sören; Reinert, Hans:
Methodik für eine vorausschauende Logistikplanung: Planung einer situationsgerechten Wandlungsfähigkeit mit Hilfe einer zukunftsbezogenen Szenarienbetrachtung.
In: Wt Werkstatttechnik online 93 (2003), Nr. 3, S. 172-177
- Brandenburg 2002
Brandenburg, Frank:
Methodik zur Planung technologischer Produktinnovationen.
Aachen: Shaker 2002.
Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2001
- Brenner/Paulus 2005
Brenner, Markus; Paulus, Jürgen:
Ansätze zur Steigerung der Prozessperformance.
In: Horváth & Partners (Hrsg.): Prozessmanagement umsetzen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2005, S. 7-16
- Buchner 2000
Buchner, Holger:
Anforderungen an die Person des Controllers in turbulenten Zeiten.
In: Horváth & Partner (Hrsg.): Früherkennung in der Unternehmenssteuerung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2000, S. 385-411
- Buchner 2002
Buchner, Holger:
Planung im turbulenten Umfeld: Konzeption idealtypischer Planungssysteme für Unternehmenskonfigurationen.
München: Vahlen, 2002.
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2001
- Buchner et al. 2000
Buchner, Holger; Grundler, Christian; Höhner, Marc-Armand; Kogler, Sabine:
Dauerhafte Anwendung der frühkennungs-basierten Navigation sicherstellen – Die Balanced Scorecard in die Führungs- und Steuerungssysteme integrieren am Beispiel der Unternehmensgruppe fischerwerke.
In: Horváth & Partner (Hrsg.): Früherkennung in der Unternehmenssteuerung. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2000, S. 309-347
- Bühner 2001
Bühner, Rolf (Hrsg.):
Management-Lexikon.
München; Wien: Oldenbourg, 2001
- Bullinger 1994
Bullinger, Hans-Jörg:
Einführung in das Technologiemanagement: Modelle, Methoden, Praxisbeispiele.
Stuttgart: Teubner, 1994
- Bullinger 2002
Bullinger, Hans-Jörg:
Technologiemanagement: Forschen und Arbeiten in einer vernetzten Welt.
Berlin [u.a.]: Springer, 2002
- Bullinger et al. 2003
Bullinger, Hans-Jörg; Warnecke, Hans Jürgen; Westkämper, Engelbert (Hrsg.):
Neue Organisationsformen im Unternehmen: ein Handbuch für das moderne Management. 2., neu bearb. und erw. Auflage.
Berlin [u.a.]: Springer, 2003

- Bullinger/Zinser 1997 Bullinger, Hans-Jörg; Zinser, Stefan:
Zukunftsforschung und Zukunftsberufe.
In: wt Werkstattstechnik 87 (1997), Nr. 1, S. 64
- Bürgel 2001 Bürgel, Robert:
Prozessanalyse an spannenden Werkzeugmaschinen mit digital geregelten Antrieben.
München: Herbert Utz, 2001.
Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2001
- Burgstahler 1997 Burgstahler, Bernd:
Synchronisation von Produkt- und Produktionsentwicklung mit Hilfe eines Technologiekalenders.
Essen: Vulkan-Verlag, 1997.
Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1997
- Chakravarthy 1997 Chakravarthy, Bala:
A new strategy framework for coping with turbulences.
In: Sloan Management Review 38 (1997), Nr. 2, S. 69-82
- Chatterjee/Wernerfelt 1991 Chatterjee, Sayan; Wernerfelt, Birger:
The Link between Resources and Type of Diversification: Theory and Evidence.
In: Strategic Management Journal 12 (1991), Nr.1, S. 33-48
- Coase 1937 Coase, Ronald H.:
The nature of the firm.
In: Economica 16 (1937), Nr. 4, S. 386-405
- Coenenberg et al. 2007 Coenenberg, Adolf G.; Fischer, Thomas M., Günther, Thomas:
Kostenrechnung und Kostenanalyse. 6. Auflage.
Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2007
- Corsten 1998 Corsten, Hans:
Grundlagen der Wettbewerbsstrategie.
Stuttgart, Leipzig: Teubner, 1998
- Corsten 2000 Corsten, Hans:
Produktionswirtschaft: Einführung in das industrielle Produktionsmanagement. 9., vollst. überarb. Auflage.
München [u.a.]: Oldenbourg, 2000
- Coyle 1996 Coyle, Robert G.:
System-Dynamics modelling – A practical approach.
London [u.a.]: Chapman & Hall, 1996
- Cuhls 1998 Cuhls, Kerstin:
Technikvorausschau in Japan. Ein Überblick auf 30 Jahre Delphi-Expertenbefragungen.
Heidelberg: Physica-Verl., 1998
- Däumler 2000 Däumler, Klaus-Dieter:
Grundlagen der Investitions- und Wirtschaftlichkeitsrechnung. 10. Neubearb. und erw. Auflage.
Herne; Berlin: Verlag Neue Wirtschafts-Briefe, 2000

- de Jong 1960 De Jong, John R.:
Fertigkeit, Stückzahl und benötigte Zeit. Sonderheft der REFA-Nachrichten.
Berlin: Beuth, 1960.
- Ehmann 1993 Ehmann, Bertram:
Operatives Fertigungscontrolling durch Optimierung auftragsbezogener Bearbeitungs-
abläufe in der Elektronikfertigung.
München; Wien: Hanser, 1993.
Zugl.: Erlangen-Nürnberg, Univ., Diss., 1993
- Ehrmann 2006 Ehrmann, Thomas:
Strategische Planung: Methoden und Praxisanwendungen.
Berlin [u.a.]: Springer, 2006
- Eisenführ/Theuvsen 2004 Eisenführ, Franz; Theuvsen, Ludwig:
Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. 4. Auflage.
Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2004
- Eisenführ/Weber 2003 Eisenführ, Franz; Weber, Martin:
Rationales Entscheiden. 4., neu bearb. Auflage.
Berlin; Heidelberg [u.a.]: Springer, 2003
- Emmert 1994 Emmert, Dietrich:
Planung von Investitionsprogrammen: Investitionsprogrammplanung mit Hilfe eines
Technologiekalenders am Beispiel von Fallstudien
Ludwigsburg, Berlin: Verlag Wissenschaft & Praxis, 1994.
Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 1994
- EU-Kommission 2003 EU-Kommission:
KMU-Definition
http://ec.europa.eu/enterprise/enterprise_policy/sme_definition/index_de.htm
(Zugriff am 31.03.2008)
- Eversheim et al. 1996 Eversheim, Walter; Böhlke, Uwe H.; Martini, Claus J. et al.:
Innovativer mit dem Technologiekalender.
In: Harvard Business Manager 18 (1996), Nr. 1, S. 105-112
- Eversheim et al. 1999 Eversheim, Walter (Hrsg.); Schuh, Günther (Hrsg.); Akademischer Verein Hütte:
Produktion und Management / CD-ROM. 7., völlig Neubearb. Auflage.
Berlin [u.a.]: Springer, 1999
- Eversheim et al. 2001 Eversheim, Walter; Gerhards, Anne; Walker, Ralf:
Elektronisches Technologiemanagement.
In: wt Werkstattstechnik online 91 (2001), Nr. 1, S. 39-42
- Fallböhmer 2000 Fallböhmer, Markus:
Generierung alternativer Technologieketten in frühen Phasen der Produktentwicklung.
Aachen: Shaker, 2000.
Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2000
- Fandel 2005 Fandel, Günter:
Produktion I: Produktions- und Kostentheorie. 6. Auflage.
Berlin, Heidelberg: Springer, 2005

- Fiebig 2004 Fiebig, Christian:
Synchronisation von Fabrik- und Technologieplanung.
Düsseldorf : VDI-Verlag, 2004
Zugl.: Hannover, Univ., Diss., 2004
- Fink et al. 2001 Fink, Alexander; Schlake, Oliver; Siebe, Andreas:
Erfolg durch Szenario-Management: Prinzip und Werkzeuge der strategischen Vorausschau.
Frankfurt/Main [u.a.]: Campus, 2001
- Fischer 1994 Fischer, Mark:
Make-or-Buy der Distributionsleistung, Überlegungen aus transaktionstheoretischer Sicht.
In: BFuP 46 (1994), Nr. 4, S. 291-315
- Foschiani 1995 Foschiani, Stefan:
Strategisches Produktionsmanagement: ein Modellsystem zur Unterstützung produktionsstrategischer Entscheidungen.
Frankfurt am Main [u.a.]: Lang, 1995.
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1994
- Frank 1994 Frank, Christian:
Strategische Partnerschaften in mittelständischen Unternehmen: Option zur Sicherung der Eigenständigkeit.
Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl. [u.a.], 1994.
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1993
- Friedrich 2000 Friedrich, Stephan A.:
Quo vadis Strategisches Management?
In: Hinterhuber, Hans H. et al. (Hrsg.): Das neue strategische Management – Perspektiven und Elemente einer zeitgemäßen Unternehmensführung. 2. Auflage, Wiesbaden: Gabler, 2000
- Gabler 1997 Gabler-Wirtschafts-Lexikon
13. vollst. überarb. Aufl., Nachdruck 1997.
Wiesbaden: Gabler, 1997
- Gagsch 2002 Gagsch, Bernd:
Wandlungsfähigkeit von Unternehmen: Konzept für ein kontextgerechtes Management des Wandels.
Frankfurt a.M. [u.a.]: Lang, 2002
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2002
- Gausemeier et al. 1996 Gausemeier, Jürgen; Fink, Alexander; Schlake, Oliver:
Szenariomanagement: Planen und Führen mit Szenarien. 2., bearb. Auflage.
München [u.a.]: Hanser, 1996
- Gausemeier et al. 2001 Gausemeier, Jürgen; Ebbesmeyer, Peter; Kallmeyer, Ferdinand:
Produktinnovation – Strategische Planung und Entwicklung der Produkte von morgen.
München, Wien: Hanser, 2001

- Gausemeier et al. 2004
Gausemeier, Jürgen; Lindemann, Udo; Schuh, Günther; Bundesminister für Bildung und Forschung / Projektträger Produktion und Fertigungstechnologien; Forschungszentrum Karlsruhe; Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau:
Planung der Produkte und Fertigungssysteme für die Märkte von morgen: Ein praktischer Leitfaden für mittelständische Unternehmen des Maschinen- und Anlagenbaus. Abschlussbericht des Verbundprojekts Strategische Produkt- und Prozessplanung SPP, BMBF Rahmenprogramm "Forschung für die Produktion von morgen".
Frankfurt/M.: VDMA Verlag, 2004
- Gausemeier et al. 2006
Gausemeier, Jürgen; Stollt, Guido; Wenzelmann, Christoph:
Szenariogestützte Technologieplanung.
In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 101 (2006), Nr. 6, S. 349-355
- Geiger 1994
Geiger, Kerstin:
System zur Unterstützung der optischen Prüfung von Werkstücken durch den Vergleich von Bildern auf der Basis eines integrierten Produktmodellierungssystems.
Aachen: Shaker, 1994.
Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss., 1994
- Gerpott 2005
Gerpott, Torsten J.:
Strategisches Technologie- und Innovationsmanagement: eine konzentrierte Einführung. 2.Auflage
Stuttgart: Schäffer-Pöschel, 2005
- Ghemawat/del Sol 1998
Ghemawat, Pankaj; del Sol, Patricio:
Commitment versus Flexibility?.
In: California Management Review 40 (1998), Nr. 4, S. 26-42
- Graf 2003
Graf, Hans Georg:
Was ist eigentlich Zukunftsforschung?.
In: Sozialwissenschaften und Berufspraxis 26 (2003), Nr. 4, S. 355-364
- Grienitz 2005
Grienitz, Volker :
Technologie-Scorecards als Baustein der strategischen Technologiefrühaufklärung im Prozess der strategischen Technologieplanung.
In: Gausemeier, Jürgen (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung: 2. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung Heinz Nixdorf Institut, 9. und 10. November 2006. Paderborn: HNI, 2006, S. 55-65
- Größler 2007
Größler, Andreas:
Struktur und Dynamik strategischer Fähigkeiten in der Produktion.
Mannheim: Mannheim Univ. Press, 2007.
Zugl.: Mannheim, Univ., Habil., 2007
- Grünig/Kühn 2004
Grünig, Rudolf; Kühn; Richard:
Entscheidungsverfahren für komplexe Probleme
Berlin [u.a.]: Springer, 2004
- Grundig 2006
Grundig, Claus-Gerold:
Fabrikplanung: Planungssystematik - Methoden - Anwendungen. 2., aktual. Auflage.
München [u.a.]: Hanser, 2006
- Günther 2005
Günther, Uwe:
Methodik zur Struktur- und Layoutplanung wandlungsfähiger Produktionssysteme.
Chemnitz: IBF 2005.
Zugl.: Chemnitz, Techn. Univ., Diss., 2005

- Hamer 1987
Hamer, Eberhard:
Das mittelständische Unternehmen, Eigenarten, Bedeutung, Risiken und Chancen.
Stuttgart: Poller, 1987
- Handelbauer et al. 1998
Handlbauer, Gernot; Hinterhuber, Hans H.; Matzler, Kurt:
Kernkompetenzen.
In: Wisu – das Wirtschaftsstudium 27 (1998), Nr. 8/9, S. 911-916
- Hansmann 1996
Hansmann, Karl-Werner:
Just in Time-Production.
In: Kern, Werner (Hrsg.): Handwörterbuch der Produktionswirtschaft, Enzyklopädie der Betriebswirtschaftslehre, Band 7, 2. Auflage. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1996, S. 827-838
- Harms 2004
Harms, Thomas:
Agentenbasierte Fabrikstrukturplanung.
Garbsen: PZH Produktionstechn. Zentrum, 2004.
Zugl.: Hannover, Univ., Diss., 2004
- Hauser 2007
Hauser, Christian:
ittelstand in Deutschland: Eine Einführung. 6th Russian German Young Leaders Forum der BMW Stiftung Herbert Quandt; 14.-17. Juni 2007 in Hamburg.
<http://www.ifm-bonn.org/index.htm?dienste/definition.htm> (Zugriff am 13.08.2007)
- Heinen 1991
Heinen, Edmund:
Industriebetriebslehre als entscheidungsorientierte Unternehmensführung.
In: Heinen, Edmund (Hrsg.): Industriebetriebslehre, 9. Auflage. Wiesbaden: Gabler, 1991, S. 1-71
- Heisel 2006
Heisel, Uwe:
Innovationen und Trends im Werkzeugmaschinenbau.
In: Heisel, Uwe (Gesellschafter); Gesellschaft für Fertigungstechnik u.a.: FtK2006 - Fertigungstechnisches Kolloquium : Stuttgarter Impulse. Schriftliche Fassung der Vorträge zum Fertigungstechnischen Kolloquium am 20. und 21. September in Stuttgart. Stuttgart, 2006
- Heisel/Wurst 2006
Heisel, Uwe; Wurst Karl-Heinz:
Wandelbare, zielvariable Bearbeitungssysteme.
In: Westkämper, Engelbert (Hrsg.) et al: Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion - Abschlußbericht 1997-2005: Sonderforschungsbereich 467. Stuttgart, 2006
- Heiß 2004
Heiß, Marianne:
Strategisches Kostenmanagement in der Praxis.
Wiesbaden: Gabler, 2004
- Held et al. 2007
Held, Holger; Ruppert, Marc; Ziegenbein, Felix:
Strategische Planung in kleinen und mittleren Unternehmen.
HTW Aalen, Aalen, 2007
- Henderson 1980
Henderson, Bruce D:
The Experience Curve Revisited.
In: The Boston Consulting Group (Hrsg.): Perspektiven.
München, 1980 - Firmenschrift

- Hill 2000
Hill, Terry:
Manufacturing strategy: text and cases. 2nd edition.
Basingstoke, Hampshire: Palgrave, 2000
- Hinterhuber 2004
Hinterhuber, Hans H.:
Strategische Unternehmensführung – I. Strategisches Denken : Vision, Unternehmenspolitik, Strategie. 7., grundl. neu bearb. Auflage.
Berlin: de Gruyter, 2004
- Horváth 2006
Horváth, Péter:
Controlling. 10., vollst. überarb. Auflage.
München: Vahlen, 2006
- Hummel 2006
Hummel, Vera:
Die Fabrik der nächsten Generation : "advanced Industrial Engineering" Innovative Ansätze für Forschung, Praxis und Lehre.
In: Intelligenter Produzieren (2006), Nr. 3, S. 5-8
- Ifm Mannheim 2007
Ifm Mannheim: KMU-Definition
http://www.ifm.uni-mannheim.de/unter/faq/kmu_definition.html (Zugriff am 13.08.2007)
- ISO 10303-41
ISO 10303-41 2005:
Integrated generic resource: Fundamentals of product description and support.
- Johnson et al. 2006
Johnson, Gerry; Scholes, Kevan; Whittington, Richard:
Exploring corporate strategy: [text and cases]. 7th, enhanced media edition.
Harlow [u.a.]: Financial Times Prentice Hall, 2006
- Jonas 2000
Jonas, Christian:
Konzept einer durchgängigen, rechnergestützten Planung von Montageanlagen.
München: Herbert Utz Verlag, 2000.
Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 2000
- Kahle 1990
Kahle, Egbert:
Betriebliche Entscheidungen. 2. Auflage.
München, Wien: Oldenbourg, 1990
- Kaiser 1997
Kaiser, Jürgen:
Vernetztes Gestalten von Produkt und Produktionsprozeß mit Produktmodellen.
Berlin [u.a.]: Springer, 1997.
Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 1997
- Kajüter 2000
Kajüter, Peter:
Proaktives Kostenmanagement: Konzeption und Realprofile.
Wiesbaden : Dt. Univ.-Verl. [u.a.], 2000.
Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 1999
- Kaluza 1994
Kaluza, Bernd:
Rahmenentscheidungen zu Kapazität und Flexibilität produktionswirtschaftlicher Systeme.
In: Corsten, Hans (Hrsg.): Handbuch Produktionsmanagement: Strategie, Führung, Technologie, Schnittstellen. Wiesbaden: Gabler, 1994
- Kapp et al. 2006
Kapp, Ralf; Le Blond, Jan; Schreiber, Stefan; Pfeffer, Matthias:
Echtzeitfähiges Fabrik-Cockpit für den produzierenden Mittelstand.
In: Industrie Management 22 (2006), Nr. 2, S. 49-52

- Karlöf 2001 Karlöf, Bengt:
Renaissance der Strategie.
München: Hanser, 2001
- Kern 1962 Kern, Werner:
Die Messung industrieller Fertigungskapazitäten und ihrer Ausnutzung : Grundlagen
und Verfahren.
Köln; Opladen: Westdeutscher Verlag, 1962.
Zugl.: Darmstadt, Techn. Hochsch., Habil., 1962
- Kettner et al. 1984 Kettner, Hans; Schmidt, Jürgen; Greim, Hans-Robert:
Leitfaden der systematischen Fabrikplanung.
München [u.a.]: Hanser, 1984
- Kidd 1994 Kidd, Paul T.:
Agile Manufacturing: Forging new frontiers.
Wokingham: Addison-Wesley, 1994
- Kieser 1996 Kieser, Alfred:
Moden & Mythen des Organisierens.
In: DBW 56 (1996), Nr.1, S. 21-39
- Kluge et al. 2006 Kluge, Stefan; Hummel, Vera; Westkämper, Engelbert:
Assembly Configuration in a Virtual Environment.
In: Westkämper, Engelbert (Ed.); CIRP u.a.: First CIRP International Seminar on As-
sembly Systems: November 15-17, 2006. Stuttgart: Fraunhofer IRB Verlag, 2006,
S. 233-238
- Korn 1995 Korn, Goy Hinrich:
Informationssysteme als Mittel der Entscheidungsfindung während des Produktentste-
hungsprozesses.
Essen: Vulkan-Verl., 1996.
Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1995
- Kreisler 2006 Kreisler, Benjamin:
Strategische Unternehmensplanung – Konzepte auf konstruktivistischer Basis.
Saarbrücken: VDM Verlag Dr. Müller, 2006
- Kremin-Buch 2004 Kremin-Buch, Beate:
Strategisches Kostenmanagement. Grundlagen und moderne Instrumente. 3. überarb.
Auflage.
Wiesbaden: Gabler, 2004
- Kruschwitz 2007 Kruschwitz, Lutz:
Investitionsrechnung. 11. aktualisierte und erweiterte Auflage.
München: Oldenbourg Verlag, 2007
- Kühn 2006 Kühn, Wolfgang:
Digitale Fabrik: Fabriksimulation für Produktionsplaner.
München [u.a.]: Hanser, 2006
- Laux 1993 Laux, Christian:
Handlungsspielräume im Leistungsbereich des Unternehmens: Eine Anwendung der
Optionspreistheorie
In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zfbf) 45 (1993), Nr.11, S. 933-958

- Laux 2007
Laux, Helmut:
Entscheidungstheorie. 7., überarb. Auflage.
Berlin, Heidelberg: Springer, 2007
- Liebau 1990
Liebau, H.-D.; REFA Verband für Arbeitsstudien und Betriebsorganisation:
Die Lernkurven-Methode: Ein Hilfsmittel für die Ermittlung von Fertigungszeiten nach betrieblichen Fertigungsbereichen.
Darmstadt, 1990
- Lorenzen 1997
Lorenzen, Jochen:
Simulationsgestützte Kostenanalyse in produktorientierten Fertigungsstrukturen.
Berlin [u.a.]: Springer, 1997.
Zugl.: München, Techn. Univ., Diss., 1996
- Lovas/Goshal 2000
Lovas, Bjorn; Ghoshal, Sumantra:
Strategy as Guided Revolution.
In: Strategic Management Journal 21 (2000), Nr. 9, S. 875-896
- Lücke 1999
Lücke, Oliver:
Methodische Nutzung der betrieblichen Lernfähigkeit: Ein Beitrag zum verbesserungsorientierten Auftragsmanagement in der Kleinserienfertigung komplexer Produkte.
Essen: Vulkan-Verlag, 1999.
Zugl.: Braunschweig, Techn. Univ., Diss., 1998
- Malik 1996
Malik, Fredmund:
Strategie des Managements komplexer Systeme: ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme. 5., erw. und erg. Auflage.
Bern [u.a.]: Haupt, 1996
- Männel 1981
Männel, Wolfgang:
Die Wahl zwischen Eigenfertigung und Fremdbezug: theoretische Grundlagen und praktische Fälle. 2. Auflage.
Stuttgart: Poeschel, 1981
- Männel 1998
Männel, Wolfgang:
Entwicklungsperspektiven der Kostenrechnung.
In: krp – Kostenrechnungspraxis (1998), Nr. 5, S. 289-291
- Martini 1995
Martini, Claus Josef:
Marktorientierte Bewertung neuer Produktionstechnologien.
Hallstadt: Rosch-Buch, 1995.
Zugl.: St. Gallen, Univ., Diss., 1995
- Martino 1993
Martino, Joseph P.:
Technological Forecasting for Decision Making. 3. Auflage.
New York [u.a.]: McGraw-Hill, 1993
- McCann/Selsky 1984
McCann, John E.; Selsky, John W.:
Hyperturbulence and the Emergence of Type 5 Environments.
In: Academy of Management Review 9 (1984), Nr. 3, S. 460-470
- Meffert 1993
Meffert, Heribert:
Marketing: Grundlagen der Absatzpolitik; mit Fallstudien Einführung und Relaunch des VW-Golf. 7., überarb. und erw. Auflage, Nachdruck.
Wiesbaden: Gabler, 1993

- Michel et al. 2004 Michel, Rudolf; Torspecken, Hans-Dieter; Jandt, Jürgen:
Neuere Formen der Kostenrechnung mit Prozesskostenrechnung. 5. überarb. u. erw. Auflage.
München [u.a.]: Hanser, 2004
- Mieke 2006 Mieke, Christian:
Technologiefrühaufklärung in Netzwerken.
Wiesbaden: Dt. Univ.-Verl., 2006.
Zugl.: Cottbus, Brandenburgische TU., Diss. u. d. T.: Mieke, Christian: Kooperative Technologiefrühaufklärung mittels szenariobasiertem Technologie-Roadmapping - Entscheidungsmodelle, Organisation, Methodik, 2005
- Mintzberg 1994 Mintzberg, Henry:
That's not „turbulence“, chicken little, it's really opportunity.
In: Planning Review, 22 (1994), Nr. 6, S. 7-9
- Mintzberg 1995 Mintzberg, Henry:
Die Strategische Planung – Aufstieg, Niedergang und Neubestimmung.
München [u.a.]: Carl Hanser Verlag, 1995
- Mintzberg 1999 Mintzberg, Henry:
The innovative organization.
In: Mintzberg, Henry et al. (Hrsg.): The strategy process – revised european edition.
London 1999, S. 707-723
- Müller-Stewens/Lechner 2005 Müller-Stewens, Günter; Lechner, Christoph:
Strategisches Management: wie strategische Initiativen zum Wandel führen; der St. Galler General Management Navigator. 3., aktual. Auflage.
Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2005
- Nebi 2004 Nebi, Theodor:
Produktionswirtschaft. 5., unwesentlich veränd. Auflage.
München [u.a.]: Oldenbourg, 2004
- Niemann 2007 Niemann, Jörg:
Eine Methodik zum dynamischen Life Cycle Controlling von Produktionssystemen.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 2007.
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2007
- Nyhuis/Wiendahl, H.-P. 2003 Nyhuis, Peter; Wiendahl, Hans-Peter:
Logistische Kennlinien: Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. 2., erw. und neu-
bearb. Auflage.
Berlin [u.a.]: Springer, 2003
- Oechsler 2000 Oechsler, Walter A.:
Personal und Arbeit. Grundlagen des Human Resource Management und der Arbeit-
geber-Arbeitnehmer-Beziehung. 7., grundlegend überarb. und erw. Auflage.
München, Wien: Oldenbourg: 2000
- Okino 1994 Okino, Nori:
Bionic Manufacturing Systems.
In: Manufacturing Systems 23 (1994), Nr. 3, S. 175-187
- Olbrich 1993 Olbrich, Ralf:
Aufbau einer Zeitwirtschaft: Beschreibung der Vorgehensweise.
Köln: Wirtschaftsverlag Bachem, 1993

- Opitz 1966 Opitz, Herwart:
Werkstückbeschreibendes Klassifizierungssystem - Teil 1-3.
Essen: Girardet, 1966
- Ossimitz 2001 Ossimitz, Günther:
Systemisches Denken braucht systemische Darstellungsmittel.
<http://www.uni-klu.ac.at/gossimit/pap.php?uk=3> (Zugriff am 14.03.2008)
- Ossimitz 2008 Ossimitz, Günther:
Systemisches Denken und Systemisches Management.
<http://www.uni-klu.ac.at/gossimit/pap/sysdenk2.htm> (Zugriff am 13.03.2008)
- Penrose 1959 Penrose, Edith Tilton:
The theory of the growth of the firm.
Oxford: Blackwell, 1959
- Pfohl 2006 Pfohl, Hans-Christian:
Betriebswirtschaftslehre der Mittel- und Kleinbetriebe: größenspezifische Probleme und
Möglichkeiten zu ihrer Lösung. 4., völlig neu bearb. Auflage.
Berlin: E. Schmidt, 2006
- Picot 1991 Picot, Arnold:
Ein neuer Ansatz zur Gestaltung der Leistungstiefe.
In: Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung (zbf) 43 (1991), Nr. 4, S. 336-357
- Porter 1985 Porter, Michael E.:
Competitive Advantage. Creating and Sustaining Superior Performance.
New York: Free Press, 1985
- Porter 1992 Porter, Michael E.:
Wettbewerbsvorteile: Spitzenleistung erreichen und behaupten. 3. Auflage.
Frankfurt: Campus, 1992
- Porter 2004 Porter, Michael E.:
Competitive strategy: techniques for analyzing industries and competitors. 1. Free
Press export edition.
New York, NY [u.a.]: Free Press, 2004
- Prahalad/Hamel 1991 Prahalad, C. K.; Hamel, Gary:
Nur Kernkompetenzen sichern das Überleben.
In: Harvard Business Manager 13 (1991), Nr. 2, S. 66-80
- Rapp 1999 Rapp, Thomas:
Produktstrukturierung: Komplexitätsmanagement durch modulare Produktstrukturen
und -plattformen.
Wiesbaden: Gabler [u.a.], 1999.
Zugl.: St. Gallen, Univ., Diss., 1999
- REFA 1991 REFA:
Planung und Steuerung Teil 2. 1. Auflage.
München: Hanser, 1991
- REFA 1997 REFA:
Datenermittlung.
München, Wien: Hanser, 1997

- Reibnitz 1992 Von Reibnitz, Ute:
Szenario-Technik: Instrumente für die unternehmerische & persönliche Erfolgsplanung.
2.Auflage.
Wiesbaden: Gabler, 1992
- Reinhart / Kress 1997 Reinhart, Gunther; Kress, Marcel:
Integriertes Produktmodell: von der Idee zum fertigen Produkt. 2., durchges. Auflage.
München: Utz Verl. Wiss., 1997
- Reminger 1990 Reminger, Brigitte:
Expertensystem zur Unterstützung der strategischen Technologieplanung.
Berlin: Schmidt, 1990.
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1989
- Riffelmacher et al. 2008 Riffelmacher, Philipp; Kluge, Stefan; Hummel, Vera; Westkämper, Engelbert:
Integration digitaler und virtueller Planungsumgebungen bei einer realen Fabrik.
In: Wt Werkstattstechnik online 98 (2008), Nr. 3, S. 121-126
- Rothaermel et al. 2006 Rothaermel, Frank T.; Hitt, Michael A.; Jobe, Lloyd A.:
Balancing vertical integration and strategic outsourcing: Effects on product portfolio,
product success, and firm performance.
In: Strategic Management Journal 27 (2006), Nr. 11, S. 1033-1056
- Rottinger 2004 Rottinger, Sven:
Mehrphasige Personalentwicklungsplanung für Fertigungssysteme auf Basis des
Technologiekalender-Konzeptes.
Karlsruhe: Univ.-Verl., 2005.
Zugl.: Karlsruhe, Univ., Diss, 2004
- Rüegg-Stürm 2002 Rüegg-Stürm, Johannes:
Das neue St. Galler Management-Modell: Grundkategorien einer modernen Manage-
mentlehre - der HSG-Ansatz.
Bern [u.a.]: Haupt, 2002
- Sanft 1995 Sanft, Christian:
Entwicklung von Werkzeugmaschinen auf der Basis eines integrierten Produktmodells.
München [u.a.]: Hanser, 1995.
Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1994
- Schenk/Wirth 2004 Schenk, Michael; Wirth, Siegfried:
Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige und vernetzte
Fabrik.
Berlin [u.a.]: Springer, 2004
- Schmitt 1993 Schmitt, Michael:
Rechnerunterstützte Tolerierung der Produktgestalt von mechanischen Bauteilen auf
der Basis eines integrierten Produktmodellierers.
Düsseldorf: VDI, 1993
- Schmelzer/Sesselmann 2006 Schmelzer, Hermann J.; Sesselmann, Wolfgang:
Geschäftsprozessmanagement in der Praxis: Kunden zufrieden stellen - Produktivität
steigern - Wert erhöhen. 5., vollst. überarb. Auflage.
München; Wien: Hanser, 2006

- Schmitz 1996
Schmitz, Wolfgang J.:
Methodik zur strategischen Planung von Fertigungstechnologien: ein Beitrag zur Identifizierung und Nutzung von Innovationspotentialen.
Aachen: Shaker 1996.
Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 1995
- Schneeweiß 1991
Schneeweiß, Christoph:
Systemanalytische und entscheidungstheoretische Grundlagen.
Berlin [u.a.]: Springer, 1991
- Schneeweiß 2002
Schneeweiß, Christoph:
Einführung in die Produktionswirtschaft. 8., verb. und erw. Auflage.
Berlin [u.a.]: Springer, 2002
- Schönsleben 1998
Schönsleben, Paul:
Integrales Logistikmanagement: Planung und Steuerung von umfassenden Geschäftsprozessen.
Berlin [u.a.]: Springer, 1998
- Schröder 2003
Schröder, Jens:
Benchmarking von Entwicklungsbereichen im Maschinenbau.
Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2003
- Schröder/Wellensiek 2006
Schröder, Jens; Wellensiek, Markus:
Technologiebasierte Produktionsoptimierung.
In: Wt Werkstattstechnik online 96 (2006), Nr. 4, S. 190-194
- Schuh 2001
Schuh, Günther:
Produktkomplexität managen: Strategien - Methoden - Tools.
München [u.a.]: Hanser, 2001
- Schuh 2002
Schuh, Günther:
Kooperation als Wettbewerbsfaktor.
In: Die Beste Kooperation 2002, Prämierungsveranstaltung in Hamburg, 18. Oktober 2002
- Schuh 2004
Schuh, Günther:
Strategische Bedeutung von IT-Technologien im Maschinenbau.
In: Multimedia im Maschinenbau, Abschlussveranstaltung, Düsseldorf, 28. Juni 2004
- Schuh 2007
Schuh, Günther:
Fabrikplanung im Wandel: Gibt es die ideale Fabrik?.
In: Wt Werkstattstechnik online 97 (2007), Nr. 4, S. 194
- Schuh et al. 2005
Schuh, Günther; Schröder, Jens; Knoche, Markus; Grawatsch, Markus:
TRIZ-basierte Technologiefrüherkennung.
In: Gausemeier, Jürgen (Hrsg.): Vorausschau und Technologieplanung: 2. Symposium für Vorausschau und Technologieplanung Heinz Nixdorf Institut, 9. und 10. November 2006, Schloss Neuhausen. Paderborn: HNI, 2006
- Schwaninger 1994
Schwaninger, Markus:
Managementsysteme.
Frankfurt/Main [u.a.]: Campus Verlag, 1994
- Senge 2006
Senge, Peter M.:
Die fünfte Disziplin: Kunst und Praxis der lernenden Organisation. 10. Auflage.
Stuttgart: Klett-Cotta 2006

- Shank/Govindarajan 1995 Shank, John K.; Govindarajan, Vijay:
Vorsprung durch strategisches Kostenmanagement.
Landsberg: Verlag Moderne Industrie, 1995
- Simon/CONNECTA 1998 Simon, Fritz B.; CONNECTA-Autorengruppe:
Radikale Marktwirtschaft. Grundlagen des systemischen Managements. 3., überarb.
und erw. Auflage.
Heidelberg: Carl Auer Systeme Verlag, 1998
- Skinner 1984 Skinner, Wickham:
Operations Technology: Blind Spot in Strategic Management.
In: Interfaces 14 (1984), January-February, S.116-125
- Specht et al. 2000 Specht, Dieter; Behrens, Stefan; Kahmann, Joachim:
Roadmapping – ein Instrument des Technologiemanagements und der strategischen
Planung.
In: Industrie Management 16 (2000), Nr. 5, S. 42-46.
- Specht/Behrens 2002 Specht, Dieter; Behrens, Stefan:
Strategische Planung mit Roadmaps – Möglichkeiten für das Innovationsmanagement
und die Personalbedarfsplanung.
In: Möhrle, Martin G.; Isenmann, Ralf (Hrsg.): Technologie-Roadmapping – Zukunfts-
strategien für Technologieunternehmen. Berlin [u.a.]: Springer, 2002
- Specht/Mieke 2006 Specht, Dieter; Mieke, Christian:
Verbreitung des Technologiemanagements in der industriellen Praxis: Ergebnisse einer
empirischen Untersuchung.
In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 101 (2006), Nr. 5, S. 273-276
- Spinler/Huchzermeier 2004 Spinler, Stefan; Huchzermeier, Arnd:
Realoptionen: Eine marktbasierte Bewertungsmethodik für dynamische Investitionsent-
scheidungen unter Unsicherheit.
In: Zeitschrift für Controlling & Management (ZfCM) (2004), Nr. 1, S. 66-71
- Spur 2007 Spur, Günter:
Wandlungsfähigkeit von Produktionssystemen.
In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 102 (2007), Nr. 3, S. 96-97
- Spur/Krause 1997 Spur, Günter; Krause Frank-Lothar:
Das virtuelle Produkt: Management der CAD-Technik.
München [u.a.]: Hanser, 1997
- Steinmüller 1997 Steinmüller, Karlheinz:
Grundlagen und Methoden der Zukunftsforschung: Szenarien, Delphi, Technikvoraus-
schau.
Gelsenkirchen: Sekretariat für Zukunftsforschung, 1997
- Sterman 2000 Sterman, John D:
Business dynamics: systems thinking and modeling for a complex world.
Boston [u.a.]: Irwin/McGraw-Hill, 2000
- Stumpfe 2003 Stumpfe, Joachim:
Interdependenzen von Produkt- und Prozessinnovationen in industriellen Unterneh-
men: eine System-Dynamics-basierte Analyse.
Frankfurt am Main [u.a.]: Lang 2003.
Zugl.: Mannheim, Univ., Diss., 2003

- Tassi 2005
Tassi, Endre József:
Knowledge-Features für die Produkt- und Technologieentwicklung in umformtechnischen Prozessketten.
Zwickau: Verlag Wissenschaftliche Scripten, 2005
- Teece et al. 1997
Teece, David J.; Pisano, Gary; Shuen, Amy:
Dynamic Capabilities and Strategic Management.
In: Strategic Management Journal 18 (1997), Nr. 7, S. 509-533
- Tilebein 2005
Tilebein, Meike:
Nachhaltiger Unternehmenserfolg in turbulenten Umfeldern: die Komplexitätsforschung und ihre Implikationen für die Gestaltung wandlungsfähiger Unternehmen.
Frankfurt am Main [u.a.]: Lang, 2005.
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2004
- Trommer 2001
Trommer, Gunnar:
Methodik zur konstruktionsbegleitenden Generierung und Bewertung alternativer Fertigungsfolgen.
Aachen: Shaker 2001.
Zugl.: Aachen, Techn. Hochsch., Diss., 2001
- Troßmann 1998
Troßmann, Ernst:
Investition
Stuttgart: UTB 1998
- VDI 3633 Blatt 1
VDI 3633 Blatt 1 Entwurf 2000-03:
Simulation von Logistik- Materialfluß- und Produktionssystemen – Grundlagen
- VDI 4499
VDI 4499 Blatt 1 2008-02:
Die Digitale Fabrik – Grundlagen
- VDMA 2005
VDMA (Hrsg.):
Innovationswege im Maschinenbau: Ergebnisse einer Befragung mittelständischer Unternehmen. Projektbericht für die Stiftung Impuls.
Frankfurt am Main, 2005
- VDMA 2006
VDMA (Hrsg.):
Maschinenbau in Zahl und Bild 2006
Frankfurt am Main, 2006
- VDMA 34160
VDMA 34160 2006-06:
Prognosemodell für die Lebenszykluskosten von Maschinen und Anlagen
- Vester 2000
Vester, Frederic:
Die Kunst vernetzt zu denken: Ideen und Werkzeuge für einen neuen Umgang mit Komplexität. 3., durchges. Auflage.
Stuttgart: DVA, 2000
- Vieweg 2001
Vieweg, Hans-Günther:
Der mittelständische Maschinenbau am Standort Deutschland: Chancen und Risiken im Zeitalter der Globalisierung und "New Economy".
München: ifo Institut für Wirtschaftsforschung, 2001
- vom Brocke 2003
vom Brocke, Jan:
Referenzmodellierung: Gestaltung und Verteilung von Konstruktionsprozessen.
Berlin: Logos, 2003

- Walter/Wünsche 2005 Walter, Wolfgang G.; Wünsche, Isabella:
Einführung in die moderne Kostenrechnung. Grundlagen – Methoden – Neue Anätze.
3. Auflage.
Wiesbaden: Gabler 2005
- Warnecke 1995 Warnecke, Hans-Jürgen (Hrsg.):
Aufbruch zum Fraktalen Unternehmen: Praxisbeispiele für neues Denken und Handeln.
Berlin [u.a.]: Springer, 1995
- Weber 1999 Weber, Markus:
Vorgabezeitermittlung mit künstlichen neuronalen Netzen für die variantenreiche Klein-
serienmontage.
Heimsheim: Jost-Jetter Verlag, 1999.
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1999
- Westkämper 1986 Westkämper, Engelbert:
Strategische Investitionsplanung mit Hilfe eines Technologiekalenders.
In: Wildemann, Horst (Hrsg.): Strategische Investitionsplanung für neue Technologien
in der Produktion. München: gfmt-Gesellschaft für Management und Technologie-
Verlag, 1986, S. 143-182
- Westkämper 1991 Westkämper, Engelbert:
Gesetzmäßigkeiten der Produktion: Die Lernkurve.
Antrittsvorlesung von Prof. Dr.-Ing. Engelbert Westkämper, 2. Juli 1991, Institut für
Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der Technischen Universität Braunschweig
- Westkämper 1999 Westkämper, Engelbert:
Die Wandlungsfähigkeit von Unternehmen.
In: wt Werkstattstechnik 89 (1999), Nr. 4, S. 131-140
- Westkämper 2001 Westkämper, Engelbert:
Leistungsplanung wandlungsfähiger Fabriken.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Fabrik
2005+: Agilität und Produktivität im Fokus: 3. Deutsche Fachkonferenz Fabrikplanung,
Stuttgart, 3. und 4. April 2001. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie, 2001
- Westkämper 2003 Westkämper, Engelbert:
Digitale und virtuelle Welten in der Fabrik von morgen.
In: Wiendahl, Hans-Peter (Hrsg.); Technische Universität Hannover / Institut für Fabrik-
anlagen: Die wandlungsfähige Fabrik: Integrierte Sicht von Fabrikstruktur, Logistik und
Produktionssystemen. Tagungsband, 20.-21. März 2003 in Hannover. Hannover, 2003,
S. 43-63
- Westkämper 2005a Westkämper, Engelbert (Interview):
Digitale und adaptive Produktion: Interview mit Prof. E. Westkämper - Schnell und
effizient auf Veränderungen reagieren.
In: wt Werkstattstechnik online (2005), Nr. 4, S. 3
- Westkämper 2005b Westkämper, Engelbert:
Von der realen zur intelligenten Fabrik: Die Digitale und Echtzeitfähige Fabrik.
In: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA u.a.: Fabrikpla-
nung: Fabriken für den globalen Wettbewerb. 6. Deutsche Fachkonferenz, Ludwigs-
burg, 08.-09. November 2005. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie, 2005

- Westkämper 2006a Westkämper, Engelbert:
Innovationsmanagement mit dem Technologiekalender.
In: Gleich, Ronald (Hrsg.) u.a.: Innovationsmanagement in der Investitionsgüterindustrie treffsicher voranbringen: Konzepte und Lösungen. Frankfurt am Main: VDMA-Verlag, 2006, S. 104-113
- Westkämper 2006b Westkämper, Engelbert:
Einführung in die Organisation der Produktion.
Berlin [u.a.]: Springer, 2006
- Westkämper 2006c Westkämper, Engelbert:
Deutschland - Standort mit Zukunft? Forschung für die Zukunft: Germany - Location with Future? Research for the Future.
In: Wirth, Siegfried (Festschrift): Technische Universität Chemnitz / Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme: Von der integrierten Fertigung zur vernetzten Produktion: Festschrift zum Ehrenkolloquium anlässlich des 70. Geburtstages von Prof. Siegfried Wirth, 13. Juli 2006, Chemnitz. Chemnitz, 2006, S. 27-50
- Westkämper 2006d Westkämper, Engelbert (Hrsg.); Universität Stuttgart / Institut für Industrielle Fertigung und Fabrikbetrieb (IFF); Deutsche Forschungsgemeinschaft / Sonderforschungsbereich 467 "Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion":
Wandlungsfähige Unternehmensstrukturen für die variantenreiche Serienproduktion - Abschlußbericht 1997-2005: Sonderforschungsbereich 467.
Stuttgart, 2006
- Westkämper 2007a Westkämper, Engelbert:
Die Digitale Fabrik - ein Produkt für Produkte.
In: Wt Werkstatttechnik online 97 (2007), Nr. 3, S. 107
- Westkämper 2007b Westkämper, Engelbert:
Strategic Development of Factories under the Influence of Emergent Technologies.
In: CIRP Annals Manufacturing Technology 56 (2007), Nr. 1, S. 419-422
- Westkämper et al. 1997 Westkämper, Engelbert; Witt, Günter; Lücke, Oliver:
Die lernende Organisation: Die Anwendung der Lernkurve präzisiert die Fertigungsplanung.
In: Arbeitsvorbereitung 34 (1997), Nr. 2, S. 88-92
- Westkämper et al. 2000 Westkämper, Engelbert; Zahn, Erich; Balve, Patrick; Tilebein, Meike:
Ansätze zur Wandlungsfähigkeit von Produktionsunternehmen: Ein Bezugsrahmen für die Unternehmensentwicklung im turbulenten Umfeld.
In: Wt Werkstatttechnik 90 (2000), Nr. 1/2, S. 22-26
- Westkämper et al. 2005 Westkämper, Engelbert; Hummel, Vera; Rönnecke, Thomas:
The Stuttgart Enterprise Model Integrated Engineering of Strategic & Operational Functions.
In: Chronis, Theo (Ed.); California State University, Stanislaus, CA, USA / Management, Operations and Marketing Department: 11th Annual International Conference on Industry, Engineering, and Management Systems - 2005 IEMS Proceedings: March 14-16, 2005. Cocoa Beach, Florida. Cocoa Beach, USA, 2005, S. 379-384
- Wettengl 1999 Wettengl, Steffen:
Initiierung technologischer Systeminnovationen: Wege zur Vermeidung von Abwarteblockaden in Innovationsnetzwerken.
Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht 1999.
Zugl.: Nürnberg, Univ., Diss., 1999

- Wiendahl, H.-H. et al. 2000 Wiendahl, Hans-Hermann; Rempp, Burkhard; Schanz, Michael:
Turbulenzen erschweren die Planungssicherheit: Analogien aus der Physik erklären
das Entstehen und Beherrschen von Turbulenzen.
In: io management 69 (2000), Nr. 5, S. 38-43
- Wiendahl, H.-P. 1973 Wiendahl, Hans-Peter:
Technische Struktur- und Investitionsplanung.
Essen: Girardet, 1973
- Wiendahl, H.-P. 1997a Wiendahl, Hans-Peter:
Fertigungsregelung. Logistische Beherrschung von Fertigungsabläufen auf Basis des
Trichtermodells.
München [u.a.]: Hanser, 1997
- Wiendahl, H.-P. 1997b Wiendahl, Hans-Peter:
Betriebsorganisation für Ingenieure: mit 2 Tabellen. 4., vollst. überarb. Auflage.
München [u.a.]: Hanser, 1997
- Wiendahl, H.-P. 2002 Wiendahl, Hans-Peter:
Wandlungsfähigkeit: Schlüsselbegriff der zukunftsfähigen Fabrik.
In: wt Werkstattstechnik online 92 (2002), Nr. 4, S. 122-127
- Wiendahl, H.-P. et al. 2002 Wiendahl, Hans-Peter; Hernández, Roberto; Grienitz, Volker
Planung wandlungsfähiger Fabriken: Erschließung von Potenzialen mit Hilfe des Sze-
nario-Managements.
In: ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 97 (2002), Nr. 1-2, S. 12-17
- Wiendahl, H.-P./Fiebig 2003 Wiendahl, Hans-Peter; Fiebig, Christian:
Kooperation von Fabrik- und Technologieplanung: Technologiepotentiale frühzeitig
erkennen.
In: wt Werkstattstechnik online 93 (2003), Nr. 4, S. 233-237
- Wiendahl, H.-P./Hernández
Morales 2002 Wiendahl, Hans-Peter; Hernández Morales, Roberto:
Fabrikplanung im Blickpunkt: Herausforderung Wandlungsfähigkeit.
In: wt Werkstattstechnik online 92 (2002), Nr.4, S. 133-138
- Wildemann 1987 Wildemann, Horst:
Strategische Investitionsplanung: Methoden zur Bewertung neuer Produktionstechno-
logien.
Wiesbaden: Gabler, 1987
- Wildemann 1993 Wildemann, Horst:
Fertigungsstrategien – Reorganisationskonzepte für eine schlanke Produktion
und Zulieferung.
München: Transfer-Centrum-Verlag, 1993
- Wildemann 1995 Wildemann, Horst:
Transaktionskostenreduzierung durch Fertigungssegmentierung.
In: Die Betriebswirtschaft 55 (1995), Nr. 6, S. 783-795
- Wildemann 1998 Wildemann, Horst:
Die modulare Fabrik: kundennahe Produktion durch Fertigungssegmentierung. 5.,
überarb. und erg. Aufl..
München: TCW-Transfer-Centrum, 1998

- Wildemann 2003 Wildemann, Horst (Hrsg.):
Variantenmanagement: Leitfaden zur Komplexitätsreduzierung, -beherrschung und -vermeidung in Produkt und Prozess. 11. Auflage.
München: TCW Transfer-Centrum, 2003
- Wolfrum 1994 Wolfrum, Bernd:
Strategisches Technologiemanagement. 2., überarb. Aufl.
Wiesbaden: Gabler, 1994
- Wolstenholme 1990 Wolstenholme, Eric F.:
System enquiry – A system dynamics approach.
Chichester [u.a.]: Wiley, 1990
- Wright 1936 Wright, Theodore P.:
Factors affecting the cost of airplanes.
In: Journal of the aeronautical science 3 (1936), Nr. 2. S. 122-128
- Zahn 1988 Zahn, Erich:
Produktionsstrategie.
In: Henzler (Hrsg.): Handbuch Strategische Führung. Wiesbaden: Gabler, 1988, S. 515-542
- Zahn 2001 Zahn, Erich:
Wertorientierung mit dynamischen Strategien.
In: Zahn, Erich; Foschiani, Stefan (Hrsg.): Geschäftsstrategien im dynamischen Wettbewerb. Aachen: Shaker, 2001, S. 1-24
- Zahn 2004 Zahn, Erich:
Strategisches Technologiemanagement.
In: Spath, Dieter (Hrsg.): Forschungs- und Technologiemanagement: Potential nutzen – Zukunft gestalten. München [u.a.]: Hanser, 2004, S. 125-131
- Zahn 2006 Zahn, Erich:
Wandlungsfähige Produktionsstrukturen – Das Stuttgarter Unternehmensmodell.
In: Geißinger, Jürgen (Hrsg.): Forschung stärken – Produktion sichern: Festschrift zum 60. Geburtstag von Professor Engelbert Westkämper. Berlin [u.a.]: Springer, 2006
- Zahn et al. 1998 Zahn, Erich; Barth, Tilmann; Hertweck, Alexander:
Leitfaden zum Outsourcing von unternehmensnahen Dienstleistungen (Arbeitspapier).
Stuttgart: IHK Region Stuttgart, 1998
- Zahn et al. 2000 Zahn, Erich, Foschiani, Stefan, Tilebein, Meike:
Wissen und Strategiekompetenz als Basis für die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen.
In: Hammann, P., Freiling, J. (Hrsg.): Die Ressourcen- und Kompetenzperspektive des Strategischen Managements. Wiesbaden: Gabler, 2000, S. 47-68
- Zahn/Foschiani 2000 Zahn, Erich; Foschiani, Stefan:
Strategien und Strukturen für den Hyperwettbewerb.
In: Wojda (Hrsg.) Innovative Organisationsformen: Neue Entwicklungen in der Unternehmensorganisation, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2000, S. 89-113
- Zahn/Schön 2003 Zahn, Erich; Schön, Michael:
Dynamische Strategien.
In: Horváth, Peter (Hrsg.): Neugestaltung der Unternehmensplanung - Innovative Konzepte und erfolgreiche Praxislösungen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 2003, S. 167-183

- Zangemeister 1976 Zangemeister, Christof:
Nutzwertanalyse in der Systemtechnik: Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projekialternativen. 4. Auflage.
München: Wittenmannsche Buchhandlung, 1976
- Zäpfel 1996 Zäpfel, Günther:
Grundzüge des Produktions- und Logistikmanagement.
Berlin; New York: de Gruyter, 1996
- Zäpfel 2000a Zäpfel, Günther:
Taktisches Produktions-Management. 2., unwesentlich veränd. Auflage.
München [u.a.]: Oldenbourg, 2000
- Zäpfel 2000b Zäpfel, Günther:
Strategisches Produktions-Management. 2., unwesentlich veränd. Auflage.
München [u.a.]: Oldenbourg, 2000
- Zinser 2000 Zinser, Stephan:
Eine Vorgehensweise zur szenariobasierten Frühnavigation im strategischen Technologiemanagement.
Heimsheim: Jost-Jetter, 2000.
Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2000
- Zülch 1996 Zülch, Gert:
Arbeitswirtschaft.
In: Eversheim, Walter; Schuh, Günther (Hrsg.): Hütte: Produktion und Management Teil 2. 7., neu bearb. Auflage. Berlin [u.a.]: Springer, 1996