



**STEINBEIS-HOCHSCHULE  
BERLIN**

**Georg Lamers**

**Zentrale Auftragszuordnung  
bei redundanten Standorten  
eines intra-organisationalen  
Produktionsnetzwerks**



**Steinbeis-Edition**



*Georg Lamers*

Zentrale Auftragszuordnung bei redundanten Standorten  
eines intra-organisationalen Produktionsnetzwerks



**Steinbeis-Edition**



Georg Lamers

**Zentrale Auftragszuordnung  
bei redundanten Standorten  
eines intra-organisationalen  
Produktionsnetzwerks**

## Impressum

© 2017 Steinbeis-Edition

Alle Rechte der Verbreitung, auch durch Film, Funk und Fernsehen, fotomechanische Wiedergabe, Tonträger jeder Art, auszugsweisen Nachdruck oder Einspeicherung und Rückgewinnung in Datenverarbeitungsanlagen aller Art, sind vorbehalten.

Georg Lamers

Zentrale Auftragszuordnung bei redundanten Standorten eines intra-organisationalen Produktionsnetzwerks

1. Auflage, 2017 | Steinbeis-Edition, Stuttgart

ISBN 978-3-95663-141-2

Zugl. Steinbeis-Hochschule Berlin, Dissertation 2017

Satz: Georg Lamers

Druck: Frick Kreativbüro & Onlinedruckerei e.K., Krumbach

Steinbeis ist weltweit im unternehmerischen Wissens- und Technologietransfer aktiv. Zum Steinbeis-Verbund gehören derzeit rund 1.000 Unternehmen. Das Dienstleistungsportfolio der fachlich spezialisierten Steinbeis-Unternehmen im Verbund umfasst Forschung und Entwicklung, Beratung und Expertisen sowie Aus- und Weiterbildung für alle Technologie- und Managementfelder. Ihren Sitz haben die Steinbeis-Unternehmen überwiegend an Forschungseinrichtungen, insbesondere Hochschulen, die originäre Wissensquellen für Steinbeis darstellen. Rund 6.000 Experten tragen zum praxisnahen Transfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft bei. Dach des Steinbeis-Verbundes ist die 1971 ins Leben gerufene Steinbeis-Stiftung, die ihren Sitz in Stuttgart hat. Die Steinbeis-Edition verlegt ausgewählte Themen aus dem Steinbeis-Verbund.

190720-2017-08 | [www.steinbeis-edition.de](http://www.steinbeis-edition.de)

## Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand berufsparell zu meiner Tätigkeit als Mitarbeiter in einem Unternehmen aus dem Bereich der NE-Metallbearbeitung, im Rahmen der Projekt-Kompetenz-Promotion der Steinbeis-Hochschule Berlin. In dieser Zeit durfte ich vielfach Unterstützung erfahren, für die ich meinen herzlichen Dank aussprechen möchte.

Prof. Dr. Axel Lamprecht - Leiter der Business School Memmingen - danke ich für die persönliche Betreuung über die Gesamtdauer des Forschungsprojekts sowie für die zahlreichen Anregungen und Diskussionen, die ich sehr geschätzt habe. Ich danke ihm darüber hinaus für seine besonderen Fähigkeiten in der vielschichtigen Unterstützung auf fachlicher, organisatorischer und emotionaler Ebene.

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Günther, Direktor der Steinbeis Technology Group, danke ich für das Erstgutachten der Dissertation. Des Weiteren danke ich ihm sehr für seine Fragestellungen und gezielten Anregungen, die mir halfen, den richtigen Kurs einzuschlagen.

Für die Durchsicht der Dissertation und für die Erstellung des Zweitgutachtens der Dissertation danke ich Herrn Professor Dr.-Ing. habil. Edward Chlebus - Dekan der Fakultät Maschinenwesen sowie Direktor des Centre for Advanced Manufacturing Technology, Institute of Production Engineering and Automation an der Technischen Universität Breslau.

Danken möchte ich im besonderen Maße meinen Betreuern im projektgebenden Unternehmen Herrn Benjamin Engelhardt, Herrn Emilijan Ivicic, Herrn Martin Rösch und Herrn Michael Scheffold für die großzügige Unterstützung und die konstruktive Reflektion meiner Ergebnisse. Besonders danke ich Herrn Rösch und Herrn Scheffold, die ich als meine Mentoren bezeichnen möchte, für deren elementaren Beitrag als Initiatoren des Forschungsthemas sowie für deren umfassenden Hilfestellungen auf fachlicher und persönlicher Hinsicht.

Die Softwareprototypentwicklung entstand maßgeblich durch Herrn Gerold Mannes, Herrn Markus Pöhler und durch die Organisation von Herrn Bernd Berlin. Sie waren mir stets eine große Hilfe, indem sie sich die Zeit für die Vielzahl an Besprechungen nahmen, in denen sie mir stets zielorientiert und kreativ bei der Klärung vieler Fragestellungen begegnet sind. Vielen Dank.

Ferner möchte ich mich bei allen nicht namentlich aufgeführten Kollegen bedanken, die meine Arbeit in verschiedenster Form begleitet, unterstützt und dadurch erst ermöglicht haben. Besonderer Dank gebührt meinen Kollegen Frau Karin Schremmer und Herrn Arthur Leger für die zahlreichen, fachlichen Diskussionen und Anregungen sowie für die Durchsicht zahlreicher Ausarbeitungen. Des Weiteren möchte ich den beiden besonderes Lob und Anerkennung für deren umfassendes fachliches Wissen in Bezug auf produktionstechnische Fragestellungen und Abläufe aussprechen, das sie stets bereitwillig mit mir geteilt haben.

Ich durfte bei meiner Arbeit von der hilfreichen Mitarbeit von studentischen Hilfskräften und Masteranden (m/w) profitieren. Ich danke Herrn Benedikt Ehrenfeld, Herrn Peter Weidmann und besonders Frau Carmen Vollmer sowie Herrn Julius Röth für die fruchtbare Zusammenarbeit, die mir große Freude bereitet hat. Ich wünsche ihnen für ihre berufliche wie private Zukunft von Herzen alles Gute.

Dank für den Worte nicht ausreichen gebührt meinen Freunden, meiner Familie und meiner Lebensgefährtin.

Georg Lamers

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort .....	V
Inhaltsverzeichnis .....	VI
Abbildungsverzeichnis .....	IX
Tabellenverzeichnis .....	XIII
Abkürzungen .....	XV
1 Kurzfassung/Summary .....	1
2 Einführung .....	5
2.1 Ausgangssituation und Problemstellung .....	5
2.2 Zielsetzung und Forschungsfragen .....	8
2.3 Forschungsdesign .....	9
2.3.1 Angewandte Wissenschaft .....	9
2.3.2 Kritik und Argumente zur angewandten Wissenschaft .....	12
2.4 Aufbau der Arbeit .....	12
3 Untersuchungs- und Einsatzbereich .....	15
3.1 Untersuchungsbereich .....	15
3.2 Einsatzbereich .....	20
3.3 Relevanz des Verfahrens zur Auftragszuordnung .....	25
4 Stand der Forschung .....	31
4.1 Einordnung in den wissenschaftlichen Zusammenhang .....	33
4.2 Bestehende Ansätze verschiedener Forschungsbereiche .....	33
4.2.1 Grundlegende theoretische Ansätze .....	34
4.2.2 Klassifikation wissenschaftlicher Ansätze .....	35
4.2.3 Analyse wissenschaftlicher Ansätze .....	40
4.3 Resultierende Forschungslücke .....	44
4.4 Forschungsansatz zur Auftragszuordnung .....	46
4.4.1 Entscheidungstheorie .....	46
4.4.2 Multikriterielle Entscheidungsmodelle .....	48
4.4.3 Multi-Attribute-Decision-Making (MADM) .....	49
4.5 Analytic Hierarchy Process AHP .....	53
4.5.1 Hierarchie .....	55
4.5.2 Paarweise Bewertung .....	57
4.5.3 Konsistenz prüfen .....	61
4.5.4 Globale Gewichte .....	62
4.5.5 Sensitivität .....	63
4.5.6 Kritik am Grundmodell des Analytic Hierarchy Process .....	63
4.6 Forschungsschwerpunkte .....	65
5 Anforderungen an das Verfahren zur Auftragszuordnung .....	67
5.1 Vorgehensweise der Anforderungsanalyse .....	67
5.2 Untersuchung der theoretischen Grundlagen .....	68
5.3 Untersuchung der betrieblichen Praxis .....	70
5.3.1 Wahl der Untersuchungsmethode .....	70
5.3.2 Durchführung der Untersuchung .....	71
5.4 Formale und inhaltliche Anforderungen .....	72
5.4.1 Zielbestimmung .....	72
5.4.2 Verfahrenseinsatz .....	74

5.4.3	Funktionale Anforderungen .....	76
5.4.4	Leistungsbezogene Anforderungen .....	76
5.4.5	Qualitative Anforderungen .....	77
5.5	Zusammenfassung der Anforderungen .....	77
6	Verfahrensentwicklung .....	80
6.1	Phase 1: Kriterien-Selektion .....	80
6.1.1	Identifikation .....	82
6.1.1.1	Top-Down .....	82
6.1.1.2	Info-Input .....	89
6.1.1.3	Info-Output .....	90
6.1.2	Charakterisierung .....	91
6.1.2.1	Kriterienauflistung .....	92
6.1.2.2	Ausprägungen .....	92
6.1.2.3	Differenzierung .....	93
6.1.3	Kriterien-Selektion .....	94
6.1.3.1	Entscheidungsstufen .....	94
6.1.3.2	Prüfung   Filter .....	95
6.1.3.3	Kriterienauflistung .....	98
6.1.4	Zusammenfassung Phase 1: Kriterien-Selektion .....	99
6.2	Phase 2: Datenstandardisierung .....	100
6.2.1	Ablauf Auftragszuordnung .....	102
6.2.2	Messbarkeitsregeln .....	103
6.2.3	Identifikation Defizite .....	108
6.2.4	Datenstandardisierung .....	112
6.2.5	Zusammenfassung Phase 2: Datenstandardisierung .....	116
6.3	Phase 3: Berechnung Standorteignung .....	117
6.3.0	Entwicklung des Entscheidungsmodells auf Basis des Analytic Hierarchy Process .....	118
6.3.0.1	Alternative Bewertungsskalen .....	119
6.3.0.2	Alternative Berechnung der Gewichte .....	121
6.3.0.3	Alternative Konsistenzprüfung .....	123
6.3.0.4	Zusammenfassung der Entwicklung des Entscheidungsmodells .....	124
6.3.1	Kriterien-Hierarchie .....	128
6.3.2	Bewertungsart je Kriterium .....	130
6.3.3	Nutzenfunktion je Kriterium .....	132
6.3.4	Zusammenfassung Phase 3: Berechnung Standorteignung .....	132
6.4	Phase 4: Szenarientwicklung .....	133
6.4.1	Szenarienbildung .....	135
6.4.2	Szenariengewichtung .....	147
6.4.3	Zusammenfassung Phase 4: Szenarientwicklung .....	148
6.5	Phase 5: Umsetzung im ERP-System .....	149
6.5.1	Konzipierung Ablauf Auftragszuordnung .....	151
6.5.2	Datenintegration .....	153
6.5.3	Modellentwicklung .....	157
6.5.4	Zusammenfassung Phase 5: Umsetzung im ERP-System .....	158
6.6	Zusammenfassung der Verfahrensentwicklung .....	160
7	Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung .....	163
8	Validierung des Verfahrens .....	176
8.1	Anwendung des entwickelten Verfahrens in einem Fallbeispiel .....	176
8.1.0	Ausgangssituation im Fallbeispiel .....	179
8.1.1	Anwendung Phase 1: Kriterien-Selektion .....	180

---

8.1.2	Anwendung Phase 2: Datenstandardisierung .....	181
8.1.3	Anwendung Phase 3: Berechnung der Standorteignung .....	185
8.1.4	Anwendung Phase 4: Szenarienentwicklung .....	186
8.1.5	Anwendung Phase 5: Umsetzung im ERP-System.....	187
8.2	Erfolg .....	208
8.2.1	Anforderungen zur Bewertung des Erfolgs .....	208
8.2.2	Soll-/Ist-Abgleich .....	209
8.2.3	Bewertung des Erfolgs .....	215
8.3	Nutzen .....	217
8.3.1	Direkter Nutzen .....	218
8.3.2	Indirekter Nutzen .....	219
8.3.3	Intangibler Nutzen.....	220
8.3.4	Bewertung des Nutzens .....	221
8.4	Zusammenfassung der Bewertung .....	222
8.5	Kritische Betrachtung .....	223
9	Zusammenfassung.....	226
9.1	Erfüllung der Zielsetzung und Beantwortung der Forschungsfragen .....	226
9.2	Konsequenzen für die Praxis .....	228
9.3	Konsequenzen für die Forschung .....	229
10	Quellenverzeichnis .....	232
11	Lebenslauf des Autors .....	250

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Auftragszuordnung an mehrere Standorte .....	5
Abbildung 2: Einflüsse auf die Auftragskoordination (Auftragszuordnung) .....	7
Abbildung 3: Forschungsprozess angewandter Wissenschaften nach Ulrich und Aufbau der Arbeit .....	13
Abbildung 4: Teilplanungen der Produktionsplanung .....	16
Abbildung 5: Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung .....	17
Abbildung 6: Abgrenzung des Auftragsmanagements hin zur Auftragszuordnung .....	19
Abbildung 7: Fertigungsarten und Fertigungsverfahren .....	21
Abbildung 8: Morphologisches Merkmalschema zur typologischen Abgrenzung des Einsatzbereichs.....	23
Abbildung 9: Mögliche Parameter mit Einfluss auf die Auftragszuordnung .....	26
Abbildung 10: Herausforderungen der Einzelauftragsfertigung in Bezug zur Auftragszuordnung .....	30
Abbildung 11: Flussdiagramm Eingrenzung Forschungsbereich (orange = Fokus).....	32
Abbildung 12: Überblick Entscheidungstheorie.....	48
Abbildung 13: MADM-Verfahren .....	52
Abbildung 14: Stufen des Analytic Hierarchy Process in Anlehnung an (Saaty, 1996) .....	55
Abbildung 15: Aufbau einer 3-stufigen Hierarchie .....	56
Abbildung 16: Beispiel einer vereinfachten 2-stufigen Hierarchie.....	56
Abbildung 17: reziproke Matrix nach Meixner und Haas.....	57
Abbildung 18: Bewertungsarten nach (Peters, et al., 2006) .....	59
Abbildung 19: Vorgehensweise zur Ableitung der Anforderungen an das Verfahren zur Auftragszuordnung .....	68
Abbildung 20: Analytisch-deduktive Ableitung von Anforderungen an das Verfahren zur Auftragszuordnung .....	69
Abbildung 21: Ziele der Auftragszuordnung laut Untersuchung der betrieblichen Praxis.....	73
Abbildung 22: Zielsystem für standortübergreifende Koordination in internen Produktionsnetzwerken .....	81
Abbildung 23: Delphi-Methode.....	83
Abbildung 24: Zielbeziehungen .....	87
Abbildung 25: Phase 1: Kriterien-Selektion.....	100
Abbildung 26: Gliederung der Kennzahlengattungen in Anlehnung an (Thieme, et al., 2014) .	104
Abbildung 27: Zusammenhang Input – Kriterium – Output in Anlehnung an (Thieme, et al., 2014) .....	105
Abbildung 28: Phasen des Prozessbenchmarking .....	109
Abbildung 29: Projektsteuerung .....	110

---

Abbildung 30: Prozess der Datenstandardisierung der Elemente zum Ablauf der Auftragszuordnung .....	110
Abbildung 31: Vereinfachte Darstellung der 5-Why-Methode bei der Ursachenanalyse .....	112
Abbildung 32: Konfliktlösungen .....	113
Abbildung 33: Phase 2: Datenstandardisierung.....	117
Abbildung 34: Cluster-Ansatz nach (Saaty, et al., 2012) .....	119
Abbildung 35: Aufbau einer 3-stufigen Hierarchie .....	129
Abbildung 36:Differenzierung der bewertungsarten in Anlehnung an (Peters, et al., 2006) ....	130
Abbildung 37: Phase 3: Berechnung der Standorteignung .....	133
Abbildung 38: Einflussbereiche, Deskriptoren und Ausprägungen von Szenarien.....	135
Abbildung 39: Trichtermodell der Szenariotechnik in Anlehnung an (Geschka, et al., 1997) ...	136
Abbildung 40: Beispiele für Einflussbereiche, Deskriptoren und Ausprägungen der Auftragszuordnung .....	144
Abbildung 41: Phase 4: Szenarienentwicklung .....	149
Abbildung 42: Konzipierung Ablauf Auftragszuordnung .....	152
Abbildung 43: Datenintegration ausgehend von einem ERP-System in ein APS-System .....	155
Abbildung 44:Technische Funktionsweise eines ERP-Systems in Anlehnung an (Steiner, 2014) .....	156
Abbildung 45: Exemplarische Modelldarstellung zur Auftragszuordnung innerhalb des APS-Systems.....	158
Abbildung 46: Phase 5: Umsetzung im ERP-System .....	159
Abbildung 47: Verfahren zur Auftragszuordnung.....	162
Abbildung 48: Verfahren zur Auftragszuordnung.....	163
Abbildung 49: Exemplarisches Beispiel zur Kriterien-Identifikation (6.1.1.1) Top-Down .....	166
Abbildung 50: Exemplarisches Beispiel zur Kriterien-Identifikation (6.1.1.2) Info-Input .....	166
Abbildung 51: Exemplarisches Beispiel zur Kriterien-Identifikation (6.1.1.3) Info-Output .....	167
Abbildung 52: Exemplarisches Beispiel zur Kriterien-Charakterisierung (6.1.2.1) Kriterienauflistung.....	167
Abbildung 53: Exemplarisches Beispiel zur Kriterien-Charakterisierung (6.1.2.2) Ausprägungen .....	168
Abbildung 54: Exemplarisches Beispiel zur Kriterien-Charakterisierung (6.1.2.3) Differenzierung .....	168
Abbildung 55: Exemplarisches Beispiel zur Kriterien-Selektion (6.1.3.1) Entscheidungsstufen	169
Abbildung 56: Exemplarisches Beispiel zur Kriterien-Selektion (6.1.3.2) Prüfung   Filter .....	169
Abbildung 57: Exemplarisches Beispiel zur Kriterien-Selektion (6.1.3.3) Kriterienauflistung ....	170
Abbildung 58: Exemplarisches Beispiel zum Ablauf der Entscheidungsstufe "KO-Kriterium" (6.2.1) Ablauf Auftragszuordnung .....	170
Abbildung 59: Zusammenhang Input - Kriterium - Output in Anlehnung an (Thieme, et al., 2014) .....	171

Abbildung 60: Exemplarisches Beispiel eines Kennzahlendatenblattes zur Darstellung der Terminabweichung (6.2.2) Messbarkeitsregeln .....	171
Abbildung 61: Vereinfachte Darstellung der 5-Why-Methode bei der Ursachenanalyse .....	172
Abbildung 62: Exemplarisches Beispiel einer Kriterien-Hierarchie zur Auftragszuordnung (6.3.1) Kriterien-Hierarchie .....	173
Abbildung 63: Exemplarisches Beispiel der Nutzenfunktion zur Terminabweichung (6.3.3) Nutzenfunktion je Kriterium .....	173
Abbildung 64: Exemplarische Beispiel eines Trichtermodells mit den Extremszenarien "Überlast" und "Unterlast" (6.4.1) Szenarienbildung .....	174
Abbildung 65: Exemplarisches Beispiel eines Berechnungsergebnis der Standorteignung zweier alternativer Standorte .....	175
Abbildung 66: Verfahren zur Auftragszuordnung.....	177
Abbildung 67: Kriterien-Hierarchie zur Auftragszuordnung des Fallbeispiels.....	185
Abbildung 68: Auszug aus dem paarweisen Vergleich der Hierarchie im Fallbeispiel .....	187
Abbildung 69: Auszug aus dem paarweisen Vergleich der Hierarchie im Fallbeispiel - Konsistenzverletzung .....	187
Abbildung 70: Beispiel zur Kontingentprüfung anhand einer Verkaufsabteilung VK1 .....	188
Abbildung 71: Beispiel zum Kontingenttausch unter Berücksichtigung eines Faktors zwischen VK1 und VK2 .....	188
Abbildung 72: Beispiel für eine demand und supply Kette.....	190
Abbildung 73: Überblick der Vorbereitungen zum Prototyp der Auftragszuordnung im Fallbeispiel .....	191
Abbildung 74: Schritt 1: Rückwärts-Terminierung (Wunschtermin).....	193
Abbildung 75: Schritt 2: Kapazitätssuche .....	193
Abbildung 76: Schritt 3: frühesten Start ermitteln .....	194
Abbildung 77: Schritt 4: Vorwärtsterminierung .....	194
Abbildung 78: Schritt 5: Rückwärtsterminierung .....	195
Abbildung 79: Ablauf der Auftragszuordnung - Inhalte des Prototyps zu Fall 1 .....	197
Abbildung 80: Screen Shot Fall 1 aus dem Quintiq Company Planner Prototyp - Ansicht "Cockpit".....	199
Abbildung 81: Ablauf der Auftragszuordnung - Inhalte des Prototyps zu Fall 2 .....	200
Abbildung 82: Screen Shot Fall 2 aus dem Quintiq Company Planner Prototyp - Ansicht "Cockpit".....	201
Abbildung 83: Kapazitätsbelegung der VZ3 und VZ4 im Werk 3600 .....	201
Abbildung 84: Ergebnis der Berechnung der Standorteignung Fall 2 .....	202
Abbildung 85: Werte und Zwischenwerte der Berechnung der Standorteignung Fall 2 für 7600 .....	203
Abbildung 86: Gewähltes Szenario zum vorliegenden Auftrag .....	203
Abbildung 87: Gewichtungswerte des Szenarios Überlast .....	204

Abbildung 88: Ablauf der Auftragszuordnung - Inhalte des Prototyps zu Fall 3 .....	204
Abbildung 89: Screen Shot Fall 3 aus dem Quintiq Company Planner Prototyp - Ansicht "Cockpit" .....	205
Abbildung 90: Kapazitätsbelegung der SZ17 im Werk 7700.....	206
Abbildung 91: Ergebnis der Berechnung der Standorteignung Fall 3 .....	206
Abbildung 92: Werte und Zwischenwerte der Berechnung der Standorteignung Fall 3.....	207
Abbildung 93: Verfahren zur Auftragszuordnung.....	213
Abbildung 94: Auszug aus der Befragung der Zielgrößen absteigend nach Anzahl Nennungen	222
Abbildung 95: Forschungsausblick der Auftragszuordnung.....	230

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Exemplarischer Auszug anderer Forschungsarbeiten aus dem Themenbereich der Auftragszuordnung .....	6
Tabelle 2: Differenzierung Grundlagenwissenschaften zu angewandte Wissenschaften.....	10
Tabelle 3: Vier Möglichkeiten von praxisorientierten Aussagen der angewandten Betriebswirtschaftslehre .....	10
Tabelle 4: Beispiele für Dissertationen der angewandten Wissenschaften.....	11
Tabelle 5: Forschungsmatrix.....	43
Tabelle 6: 9-Punkte Skala nach Saaty .....	57
Tabelle 7: Berechnung der lokalen Gewichte nach (Meixner, et al., 2002).....	60
Tabelle 8: Berechnungsschema (Meixner, et al., 2002) .....	62
Tabelle 9: Durchschnittswerte R nach (Meixner, et al., 2002) .....	62
Tabelle 10: Phase 1 Kriterien-Selektion Schritt Identifikation.....	91
Tabelle 11: Phase 1 Kriterien-Selektion Schritt Charakterisierung .....	94
Tabelle 12: Phase 1 Kriterien-Selektion Schritt Kriterien-Selektion .....	99
Tabelle 13: Kennzahlendatenblatt am Beispiel einer vereinfachten Darstellung der Terminabweichung .....	107
Tabelle 14: Vereinfachtes Anwendungsbeispiel des morphologischen Kastens bei der Entwicklung von Varianten eines Tisches .....	114
Tabelle 15: Zulässige Konsistenzwerte des GCI in Abhängigkeit von der Größe der Matrix.....	123
Tabelle 16: Simulationsbeispiel der Kompensation .....	125
Tabelle 17: Abweichung AHP gegenüber MAHP aufgrund der Kompensation .....	126
Tabelle 18: Betrachtungsebenen der Szenarien in Anlehnung an (Heinecke, et al., 1995).....	138
Tabelle 19: Verfahren zur Auftragszuordnung – Phasen, Teilschritte und Einzelbestandteile ..	165
Tabelle 20: Verfahren zur Auftragszuordnung – Phasen, Teilschritte und Einzelbestandteile ..	179
Tabelle 21: Anwendungsergebnis aus Phase 1: Kriterien-Selektion - Kriterien je Entscheidungsstufe.....	181
Tabelle 22: Kriterien nach Typ der Entscheidungsstufe KO-Kriterium .....	182
Tabelle 23: Kriterien nach Typ der Entscheidungsstufe Schwellwert .....	182
Tabelle 24: Kriterien der Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium.....	183
Tabelle 25: Messbarkeitsregeln – 4 Zuordnungskriterium .....	184
Tabelle 26: Bewertungsdefekt – Zuordnungskriterium.....	185
Tabelle 27: Fälle zur Überprüfung der Anforderungen .....	196
Tabelle 28: Soll-/Ist-Abgleich via Anforderungen und Ist-Zustand $t_0$ .....	210
Tabelle 29: Soll-/Ist-Abgleich via Anforderungen und Ist-Zustand $t_1$ .....	211
Tabelle 30: Soll-/Ist-Abgleich via Ist-Zustand $t_1$ und Ist-Zustand $t_0$ .....	214
Tabelle 31: Zusammenfassung - Erfolg des Verfahrens zur Auftragszuordnung .....	216

Tabelle 32: Beispielrechnung Potenzial zur Einsparung der Herstellkosten durch die Auftragszuordnung .....	219
Tabelle 33: Beispielrechnung Potenzial zur Einsparung des Einsatzfaktors durch die Auftragszuordnung .....	219
Tabelle 34: Zusammenfassung - Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung.....	221

## Abkürzungen

### A

AG .....	Arbeitsgang
AHP .....	Analytic Hierarchy Process
AP .....	Arbeitsplan
APO .....	Advanced Planner and Optimizer – Produkt des Softwareherstellers SAP
APS .....	Advanced Planning and Scheduling

### C

CI .....	Consistency Index
CP .....	Company Planner
CR .....	Consistency Ratio

### D

DARMAZ .....	Deutlich Anspruchsvoll Realistisch Messbar Akzeptiert Zeitbezogen
DIN .....	Deutsches Institut für Normung

### E

EAI .....	Enterprise Application Integration
ELECTRE .....	Elimination Et Choix Traduisant la Réalité
ERP .....	Enterprise Resource Planning
EU .....	Europäische Union
EVA .....	Economic Value Added

### F

FAUF .....	Fertigungsauftrag
FCS .....	Finite Capacity Scheduling
Flexi .....	Flexiworkorder

### G

GCI .....	Geometric Consistency Index
GJ .....	Geschäftsjahr
GUI .....	Graphical User Interface

### I

IT .....	Informationstechnik
IV-Projekt .....	Informationsverarbeitungsprojekt

### K

KO .....	Knocked Out
KPI .....	Key Performance Indicator

### L

LLSM .....	Logarithmic Least Square Method
LP-Modell .....	Lineare Optimierungs- bzw. lineare Programmierungsmodelle

### M

MADM .....	Multi-Attribute-Decision-Making
MAE-P <sup>3</sup> .....	Maschinen Anlagen und Einrichtungen - Prozess - Produkt - Planungen
MAHP .....	Multiplicative Analytic Hierarchy Process
MCDM .....	Multi-Criteria-Decision-Making
MODM .....	Multi-Objective-Decision-Making
MRP .....	Material Requirement Planning
MusCoW .....	Must Could Would like

**N**

NE-Metall .....	<i>Nichteisenmetall</i>
NF metals .....	<i>non-ferrous metals</i>
NPV .....	<i>Net Present Value</i>
NWA .....	<i>Nutzwertanalyse</i>

**P**

PDCA .....	<i>Plan Do Check Act</i>
PPS .....	<i>Produktionsplanung und -steuerung</i>
PROMETHEE .....	<i>Preference Rating Organization Method for Enrichment Evaluations</i>

**R**

ROI .....	<i>Return On Investment</i>
-----------	-----------------------------

**S**

SAP R/3 .....	<i>Version und Programmgeneration eines Produkts des Softwareherstellers SAP</i>
SMART .....	<i>Spezifisch Messbar Akzeptiert Realistisch Terminierbar</i>
STAR .....	<i>Stretching Timely Achievable Realistic</i>
SZ17 .....	<i>Typ einer Mehrproduktanlage</i>

**V**

VK .....	<i>Verkaufsabteilung</i>
VZ4 .....	<i>Typ einer Mehrproduktanlage</i>

**W**

WPM .....	<i>Weighted Product Model</i>
WSM .....	<i>Weighted Sum Model</i>

## 1 Kurzfassung/Summary

Unternehmensinterne Koordinationsaufgaben, wie die Zuordnung von Aufträgen an unterschiedliche Standorte, wandeln sich aufgrund einer zunehmenden Dynamik der Absatzmärkte. Die Zukunft scheint kaum prognostizierbar, da langfristige, stabile Verhältnisse nicht existieren. Aufgrund dessen können langfristige Lösungen nicht beibehalten werden, da Lösungen auf unvorhergesehene Datenänderungen wie kurzfristige Aufträge, ungeplante Maschinenausfälle und weitere reagieren müssen.<sup>1</sup> Diese heute noch existente Problemstellung, die von (Adam, 1997) vor fast 20 Jahren formuliert wurde, zeigt das Defizit in Bezug auf taktische und strategische Auftragszuordnung, die nicht ausreichend auf die Dynamik des Produktionsumfelds reagieren kann. Daraus resultiert die Forderung nach flexibler Auftragszuordnung. Um diese Flexibilität gewährleisten zu können, werden Aufträge auf häufig international verteilte Produktionsstandorte verteilt, die eine redundante Fertigungsauslegung aufweisen.<sup>2</sup> Die Identifikation des geeignetsten Standorts wird durch eine z.T. konfliktäre Interessenslage zwischen Kundenanforderungen und unternehmensinternen Anforderungen erschwert. Die dahinterstehende Dynamik relevanter Parameter, die unzureichende Transparenz unvergleichbarer Werte und das Defizit der Objektivität bei der Entscheidungsfindung unter unbekanntem Interdependenzen wirken der Identifikation des geeignetsten Standortes entgegen.

Die Problemlösung und der Umgang mit der enormen Komplexität dieser Situation werden in der Literatur seit Jahrzehnten diskutiert. Zum derzeitigen Forschungsstand ist eine Vielzahl von Ansätzen aus den Bereichen Scheduling (inkl. Multi-Site-Scheduling, Machine Scheduling), Auftragskoordination, Supply-Chain-Management, Standortplanung und Operations Research bekannt, die jedoch zu statisch, einseitig und/oder unflexibel sind. Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes wurde ein Verfahren zur Auftragszuordnung bei mehreren, alternativen Standorten entwickelt, das die Anforderungen des multikriteriellen, dynamischen Entscheidungsproblems der operativen Auftragszuordnung erfüllen soll.<sup>3</sup> Mit Hilfe des Verfahrens sollen relevante Kriterien zur Entscheidungsfindung selektiert werden, die eine objektive Bewertung des Entscheidungsproblems gewährleisten. Weitere Entwicklungsschwerpunkte betreffen die Integration von Schwellwerten und die Abbildung von unterschiedlichen Situationen des Produktionsumfelds (Szenarien). Das Ziel des Forschungsprojektes ist die Auswahl des geeignetsten Standorts für jeden eingehenden Auftrag, damit gezielt Beiträge zu Unternehmenszielen, wie beispielsweise dem Economic Value Added, geleistet werden können. Darüber hinaus soll das Verfahren zur Auftragszuordnung die anwenderspezifischen Anpassungen und Erweiterungen (Adaptabilität) in der Definition und in der Quantifizierung der Standorteignung sowie in weiteren Bestandteilen erlauben.

Der Einsatzbereich bezieht sich auf die zentrale, operative Auftragszuordnung bei redundanten Standorten von intra-organisationalen Produktionsnetzwerken produzierender Unternehmen der Auftragsfertigung aus dem Bereich der „Metallerzeugung und -bearbeitung“, aus der Gruppe „Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen“.<sup>4</sup> Im Rahmen empirischer Untersuchungen wurde festgestellt, dass 95% der Aufträge in der metallverarbeitenden Industrie auftragsbezogen (inkl. Standarderzeugnisse mit Varianten) und 79% in Einzel- oder Kleinserienfertigung produziert werden.<sup>5</sup> Die Relevanz des Projekts liegt darin, die Ausprägungen der Merkmale eines Auftragsfertigers bei der Auftragszuordnung zu berücksichtigen.

Das entwickelte Verfahren zur Auftragszuordnung besteht aus 5 Phasen. Die Phasen sind so aufgebaut, dass ein beliebiger Anwender aus dem Einsatzbereich die Phasen 1 bis 5 durchlaufen kann, um die operative Auftragszuordnung auf seinen anwenderspezifischen Problemfall zu adaptieren, d.h. Anforderungen, Ziele und Ausgangssituationen werden individuell berücksichtigt. Sind alle Phasen erfolgreich abgeschlossen, erfolgt die operative Auftragszuordnung. Ergibt sich die Notwendigkeit zur Anpassung der operativen Auftragszuordnung durch z.B. geänderte Zielsetzung der Auftragszuordnung, wird zurück in Phase 1 gesprungen und die folgenden Phasen erneut durchlaufen.

Der Grund für die anwenderspezifische Kriterien-Selektion in Phase 1 liegt darin, dass unterschiedliche Unternehmen unterschiedliche Ziele im Bereich der Auftragszuordnung verfolgen und mit unterschiedlichen Anforderungen konfrontiert sind. Es kann daher keine allgemeingültige

<sup>1</sup> Vgl. (Adam, 1997 S. 37)

<sup>2</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 377)

<sup>3</sup> Siehe Kapitel „7 Beschreibung des Verfahrens zur Auftragszuordnung“

<sup>4</sup> Vgl. (Statistisches Bundesamt Wiesbaden, 2008)

<sup>5</sup> Vgl. (Grauer, et al., 1996) & (Neuhäuser, 1993)

gen Kriterien geben. Durch eine mehrstufige, strukturierte Analyse, die zu Beginn aus unterschiedlichen Standpunkten auf die Auftragszuordnung blickt, können entscheidungsrelevante Kriterien identifiziert und selektiert werden. Die Daten der selektierten Kriterien je Standort sind z.B. aufgrund gewachsener Strukturen z.T. unvergleichbar. In Phase 2 werden daher die Daten der selektierten Kriterien standardisiert. Zunächst wird der Ablauf der Auftragszuordnung erstellt, wie er mit Hilfe der in Phase 5 entwickelten Software operativ erfolgen soll. Je nach Position des Kriteriums innerhalb des Ablaufs und der dabei durchzuführenden Prüfung werden die Messbarkeitsregeln definiert, d.h. welche Information an welcher Stelle des Ablaufs zur Verfügung stehen soll. Dieser Soll-Zustand wird dem Ist-Zustand gegenübergestellt. Daraus gehen Defizite hervor, die durch festzulegende Maßnahmen behoben werden. Das Ergebnis der Phase 2 sind vergleichbare und belastbare Daten je Kriterium. Die Berechnung der Standortteignung der Phase 3 erfolgt durch ein modifiziertes Entscheidungsmodell, welches auf dem Analytic Hierarchy Process (AHP) basiert, das auf die Problemstellung des Anwenders adaptiert werden kann. Dazu werden die Bewertungsarten der Kriterien bestimmt und ggf. die Nutzenfunktion des Kriteriums definiert. In der operativen Anwendung der Auftragszuordnung sind unterschiedliche Szenarien zu berücksichtigen, die von Extremszenarien eingegrenzt werden. Beispiele für Extremszenarien der Auftragszuordnung sind kapazitive Überlast- und Unterlastsituation des Produktionsnetzwerks. In Phase 4 werden Szenarien identifiziert, für die eine Gewichtung vordefiniert wird, damit diese operativ berücksichtigt werden können. Das Vorgehen der Szenarienentwicklung orientiert sich an den Prinzipien der Zukunftsforschung. Die entwickelte, anwenderspezifische Auftragszuordnung wird in der letzten Phase im Bereich der ERP-Systeme (Enterprise Resource Planning) umgesetzt. Phase 5 bildet den Ablauf der Auftragszuordnung aus Phase 2 ab, so dass die operative Auftragszuordnung systemunterstützt erfolgen kann. Im Rahmen der Konzipierung des Ablaufs sind Prozessauslöser, Quellen und die Informationen zu definieren, die während der Auftragszuordnung abgerufen werden sollen. Die Anforderungserfüllung an die Terminierung von Fertigungsaufträgen für mehr als ein Werk wird erst durch die Erweiterung des ERP-Standards möglich. Informationen müssen deshalb z.B. via User Exits aus dem ERP-System in ein Applikationsframework transferiert werden. Das Zusammenspiel aus Daten, Schnittstellen und Systemen wird als „funktionale Systemarchitektur“ bezeichnet. Die Planungsfunktionen wie Material Requirement Planning (MRP), können durch ein Advanced Planning and Scheduling-System (APS-System) unterstützt werden. Beispielsweise kommen hier Module wie Finite Capacity Scheduling (FCS) zur simultanen Ressourcenplanung von Material und Maschine zur Berechnung der Produktionsstart- und -endtermine zum Einsatz. APS-Systeme haben einen modularen Aufbau, der sich aus Planungsobjekten zusammensetzt. Die Planungsobjekte sind als Basisfunktionalitäten verfügbar und änderbar. Die Objekte des APS-Systems sind bezüglich der Abhängigkeiten und Beziehungen zu verknüpfen. Ausgehend vom Dateninput z.B. über EAI-Schnittstellen (Enterprise Application Integration) aus dem ERP-System in das APS-System ist ein Modell zu erstellen, das die Objektstruktur abbildet. Die Informationen, die durch das Modell definiert werden, können im GUI (Graphical User Interface) mittels grafischer Symbole individuell für den Bediener dargestellt werden. Der Kern der Phase 5 liegt in der Modellentwicklung zur Berechnung der Standortteignung innerhalb des APS-Systems, da hierfür keine Basisfunktionalitäten verfügbar sind. Die Berechnung der Standortteignung ist mit Hilfe der Nutzenfunktionen je Typ, d.h. je Kriterium und mit Hilfe der mathematischen Bestimmung der globalen Gewichte, zu programmieren. Die operative Anwendung wird durch Klassendefinitionen möglich, deren Ausprägungen definiert werden und die den Objekten wie „Arbeitsplan je Material“ entsprechen, d.h. Klassendefinitionen sind allgemeingültig und deren Inhalte ändern sich je Planungsobjekt, wie bspw. je Auftrag. Die Funktionen der Softwareentwicklung sind im Anschluss zu überprüfen.

Durch prototypische Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung konnte die durchgängige Adaptabilität bestätigt werden. Neben der Erfüllung gestellter Anforderungen liegt ein quantifizierbares Einsparpotenzial des Anwendungsbeispiels im Bereich der Herstellkosten bei gut 6%. Im aktuellen Entwicklungsstand ist die Anwendung des Verfahrens sehr umfangreich. Das Verfahren ist von der Verfügbarkeit eines belastbaren sowie vergleichbaren Datenstandards abhängig. Die Anwendung bei Unternehmen außerhalb des Einsatzbereichs muss noch überprüft werden.<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Siehe (Lamers, et al., 2015 S. 62-64)

## 1 Summary

The shift in the market is creating a strong momentum, resulting in a change in the task of coordination. It is difficult to predict the future, since long-term, stable conditions do not exist. Because of this, long-term solutions cannot be retained, since solutions need to react to unpredictable data changes such as short-term orders, unplanned machine downtimes and other factors.<sup>7</sup> The problem that this presents, which still exists today, shows the deficit when it comes to tactical and strategic order allocation, which cannot react sufficiently to the momentum of the production environment. This creates a demand for flexible order allocation. To be able to guarantee this flexibility, orders are currently spread across various internationally distributed production locations, each of which has a degree of manufacturing redundancy.<sup>8</sup> Identifying the most suitable location is made more difficult by what may be a conflict of interests between customer requirements and the company's own requirements. The related dynamic of the relevant parameters, insufficient transparency of incomparable values and the lack of objectivity in decision-making among unknown interdependencies are blocks to identifying the most suitable location.

Solving this problem and dealing with the enormous complexity of this situation are matters which have been discussed in the literature for decades. Within the present state of research, many approaches are known from the areas of scheduling (incl. multi-site scheduling, machine scheduling), order coordination, supply chain management, location planning and operations research, which are, however, too static, unilateral and/or inflexible. Within the scope of the present research project, a method of order allocation for a number of alternative locations, which aims to meet the requirements of the multi-criteria, dynamic decision-making problem of operational order allocation, has been developed.<sup>9</sup> By using this method, relevant criteria for decision-making which will guarantee an objective evaluation of the decision problem, can be selected. Further focal points in the development concern the integration of threshold values and the mapping of different situations in the production landscape (scenarios). The aim of the research project is to select the most suitable locations for every incoming order, so that contributions to the corporate objectives, such as economic value added, can be specifically achieved. In addition, the method of order allocation is to permit user-specific adaptations and expansions (adaptability) in the definition and quantification of location suitability and in other elements.

The area of application covers the central, operational order allocation of intra-organisational production networks of order-manufacturing companies in the area of "Metal production and treatment"<sup>10</sup> in the group "Production and first treatment of NF metals", relating to locations which have manufacturing redundancies. Within the scope of empirical investigations, it was found that 95% of the orders in the metal-treatment industry are produced to order (incl. standard products with variants) and 79% are manufactured individually or in small series.<sup>11</sup> The relevance of the project lies in taking into account the characteristics of an order manufacturer in allocating the orders.

The method of order allocation that has been developed consists of 5 phases. The phases are designed in such a way that any user in the field of application can run through phases 1 to 5 in order to adapt the operational order allocation to his own specific problem, i.e. requirements, objectives and background situations are taken into account individually. Once all the phases have been successfully concluded, the operational order allocation is carried out. If the operational order allocation has to be adapted, as a result for example of changes in the objectives of the order allocation, it is possible to jump back to phase 1 and to go through the subsequent phases again.

The reason for the user-specific criteria selection in phase 1 is the fact that different companies pursue different objectives in the area of order allocation and are confronted with different requirements. There therefore cannot be any generally valid criteria. By carrying out a multi-phase, structured analysis that looks at the order allocation from different viewpoints from the outset, it is possible to identify and select criteria that are relevant to the decision-making. The data for the selected criteria for each location cannot always be compared because of the structures that have developed over time. In phase 2, therefore, the data for the selected criteria are

<sup>7</sup> See (Adam, 1997 S. 37)

<sup>8</sup> See (Schuh, 2006 S. 377)

<sup>9</sup> See „7 Beschreibung des Verfahrens zur Auftragszuordnung“

<sup>10</sup> Cf. (Statistisches Bundesamt Wiesbaden, 2008)

<sup>11</sup> Cf. (Grauer, et al., 1996) & (Neuhäuser, 1993)

standardised. Firstly, the sequence of the order allocation is drawn up as it is to take place operationally using the software developed in phase 5. Then, depending on the position of the criterion within the sequence and the review to be carried out at the same time, the measurability rules are defined, i.e. which information is to be available at which point in the sequence. This target status is compared with the actual status. This highlights deficits which are rectified through measures to be defined. The result of phase 2 is comparable, viable data for each criterion. The calculation of location suitability in phase 3 is carried out using a modified decision-making model based on the analytic hierarchy process, which can be adapted to the user's problem. For this, the ways in which the criteria are to be evaluated are laid down and if necessary the utility function of the criterion is defined. The operational application of the order allocation must take into account different scenarios which are demarcated by extreme scenarios. Examples of extreme scenarios of order allocation are capacitive overloading and underloading situations in the production network. In Phase 4, scenarios are identified for which a weighting is predefined so that these can be taken into account operationally. The method of scenario development is based on the principles of futurology. The resulting user-specific order allocation is implemented in the area of the ERP systems (enterprise resource planning) in the last phase. Phase 5 maps the sequence of the order allocation from phase 2, so that the operational order allocation can be carried out using the system. As part of the specification of the sequence, it is important to define process triggers, sources and the information to be accessed during the order allocation. Meeting the requirements for the scheduling of manufacturing orders for more than one factory only becomes possible by expanding the ERP standard. Information therefore has to be transferred e.g. via user exits from the ERP system to an application framework. The interplay of data, interfaces and systems is described as the "functional system architecture". The planning functions such as material requirement planning (MRP) can be supported by an advanced planning and scheduling-system (APS system). For example, modules such as finite capacity scheduling (FCS) for the simultaneous resource planning of materials and machines can be used here to calculate the production start and end dates. APS systems are designed on a modular basis made up of planning objects. The planning objects are available as basic functions and can be changed. The objects of the APS system must be linked in terms of their dependencies and connections. Starting from data input e.g. via EAI (enterprise application integration) interfaces from the ERP system into the APS system, a model is to be created that maps the object structure. The information that is defined by the model can be displayed in the GUI (graphical user interface) individually for the operator using graphic symbols. The core of phase 5 lies in the model development for calculating location suitability within the APS system, since no basic functionalities are available for this. The calculation of location suitability must be programmed using the utility functions per type i.e. per criterion and using the mathematical determination of the global weightings. Operational application becomes possible through class definitions, the characteristics of which are defined and which correspond to objects such as "work plan per material", i.e. class definitions are generally valid and their contents change per planning object, such as per order. The functions of the software development should then be checked.

The application of the method of order allocation on a prototype basis has confirmed its consistent adaptability. In addition to meeting the requirements laid down, the application example offers a quantifiable savings potential in the area of manufacturing costs of a good 6%. In its current state of development, the area of application of the method is extensive. The method depends on the availability of a viable and comparable data standard. Application in companies outside the area of use still needs to be examined.<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> Cf. (Lamers, et al., 2015 S. 62-64)

## 2 Einführung

### 2.1 Ausgangssituation und Problemstellung

„Im Angesicht der zunehmenden Globalisierung von Politik, Gesellschaft und Wirtschaft haben es Unternehmen heute mit einer Welt zu tun, die schier unzählige Geschäftsmöglichkeiten bereithält. Globalisierung betrifft dabei nicht nur die großen, sondern auch die kleinen und mittelgroßen Unternehmen. Für alle gilt es, die Dynamik der Globalisierung zu nutzen und in eine dynamische Entwicklung des Unternehmens umzusetzen.

Unternehmen müssen sich ihr gesamtes Sein, ihre Strukturen und Prozesse auf die Globalisierung ausrichten. Global agierende Unternehmen müssen ihre Kommunikationswege und Organisation, ihre Geschäftstätigkeiten, ja mitunter ihr gesamtes Geschäftsmodell fortwährend erneuern und optimieren, um mit dem immer schnelleren Takt einer globalisierten Welt Schritt zu halten.“<sup>13</sup>

Das Agieren in neuen globalen, dynamischen Märkten birgt Chancen, wie die Steigerung der Absatzmenge aber auch Risiken, wie die zu schwerfällige Reaktion auf schnell wechselnde Marktanforderungen.<sup>14</sup>

„Flexible, marktorientierte Abläufe und Strukturen in der Auftragsabwicklung sind heute entscheidende Wettbewerbsfaktoren für zahlreiche Produktionsunternehmen.“<sup>15</sup> Um diese Flexibilität gewährleisten zu können, „werden die zu produzierenden Mengen auf häufig international verteilte Standorte aufgeteilt, an denen redundante Produktionsressourcen vorgehalten werden.“<sup>16</sup> Jedoch nicht nur aus Gründen der Flexibilität, sondern auch aufgrund des Wachstums besitzen Unternehmen mehrere Standorte. Das Wachstum von Unternehmen wird, z.B. durch die Kapazität des Standorts bzw. durch die Erschöpfung verfügbarer Grundstücksflächen, beschränkt. Ist diese Grenze bei anhaltendem Wachstum erreicht, entschließen sich viele Unternehmen zu Zukäufen von Unternehmen oder zur Eröffnung neuer Produktionsstandorte.<sup>17</sup> Weitere Entscheidungsgrundlagen für die Gründung neuer Standorte können der Eintritt in neue Marktsegmente, Produkterweiterung, Kundennähe, rechtliche Restriktionen, monetäre Gesichtspunkte und viele weitere sein.<sup>18</sup>

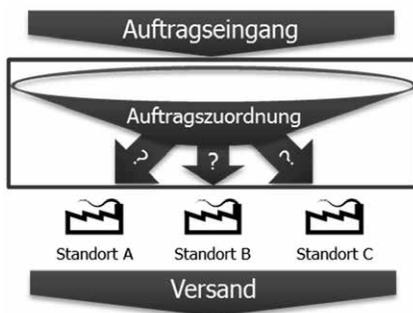


ABBILDUNG 1: AUFTRAGSZUORDNUNG AN MEHRERE STANDORTE<sup>19</sup>

<sup>13</sup> Siehe (Steinbeis Competence Tag 2013)

<sup>14</sup> Vgl. (Glo14)

<sup>15</sup> Siehe (Schuh, 2006 S. 377)

<sup>16</sup> Siehe (Loukmidis, et al., 2002 S. 615)

<sup>17</sup> Vgl. (Weber, 2008 S. 64) & (Kampker, et al., 2010 S. 259) & (Prinz, et al., 2010 S. 282) & (Dombrowski, et al., 2004 S. 18)

<sup>18</sup> Vgl. (Abele, 2006 S. 9 ff.)

<sup>19</sup> Eigene Darstellung

Zahlreiche Unternehmen sind in der Lage, unterschiedliche Produkte an mehreren Standorten zu produzieren.<sup>20</sup> Bei diesen Unternehmen weisen die einzelnen Standorte z.T. technische Überschneidungen auf (Redundanz<sup>21</sup>), die es ermöglichen, bestimmte Artikel an verschiedenen dafür ausgelegten Standorten zu produzieren (siehe Abbildung 1).<sup>22</sup> Daraus resultiert die Möglichkeit einer flexiblen Auftragszuordnung<sup>23</sup> auf die geeigneten Standorte, die nach (Houssem, 2011)<sup>24</sup> als „parallele Produktion“ bezeichnet werden. Redundante Standorte und die damit verbundene Flexibilität können dazu dienen, einen Beitrag zur Erfüllung des Kundenwunsches<sup>25</sup> in Form von Menge sowie Termin leisten zu können, indem ein Kundenauftrag an den Standort zugeordnet wird, der den Kundenwunschtermin bestätigen kann. Die Eignung redundanter Standorte zur Herstellung von Produkten, kann sich je nach Fertigungsauslegung, Belegungssituation und weiteren Faktoren ändern, d.h. die Produktionsstätten sind hinsichtlich ihrer Ausstattung unterschiedlich und somit nicht für alle Produktionsaufträge gleich gut geeignet.

*„Durch die mit dem Marktwechsel einhergehende Dynamik wandelt sich die Koordinationsaufgabe vollkommen. Es existieren keine langfristig stabilen Verhältnisse mehr; die Zukunft ist kaum vorhersehbar. Aus diesem Grund kann eine einmal gefundene, koordinierte Lösung nicht langfristig durchgehalten werden, da es immer wieder zu unvorhergesehenen Datenänderungen (z.B. spontane Zusatzaufträge, plötzliche Maschinenausfälle, unerwartete Konkurrenzmaßnahmen) kommen kann, auf die das Unternehmen schnell reagieren muss.“*<sup>26</sup> Gerade in Bezug auf die Auftragszuordnung zeigt dieses Zitat das Defizit in Bezug auf taktische und strategische Auftragszuordnung, die nicht ausreichend auf die Dynamik des Umfelds reagieren kann.

Die genannte Problemstellung, d.h. die „zentrale Auftragszuordnung bei redundanten Standorten eines intra-organisationalen Produktionsnetzwerks“<sup>27</sup> ist in unterschiedlichen Industriezweigen vorzufinden (siehe Tabelle 1). Zwar gibt es zahlreiche Arbeiten anderer Wissenschaftler aus jüngster Vergangenheit, die in den Themenbereich der vorliegenden Arbeit fallen, jedoch weisen die nachfolgend, beispielhaft aufgeführten Arbeiten die größte Überschneidung zum Themenkomplex der Auftragszuordnung auf. Dennoch sind keine Arbeiten vorhanden, die inhaltlich sowie in Bezug auf Industriezweig Fertigungsart und zeitlichem Planungshorizont die Problemstellung der Auftragszuordnung wie die vorliegende Arbeit abdecken und gleichzeitig anwenderorientiert, vollständig lösen.

Autor	Industriezweig	Fertigungsart	Zeitlicher Planungshorizont
Biesenbach, 2007	Chemie	Serienfertigung	taktisch
Hartweg, 2003	Elektronik	Kleinserienfertigung	strategisch
Lücke, 2005	Textilien	Serienfertigung	taktisch
Wrede, 2000	Bekleidung	Serienfertigung	taktisch
Vorliegendes Forschungsthema	Metallbearbeitung	Einzelauftragsfertigung	operativ

**TABELLE 1: EXEMPLARISCHER AUSZUG ANDERER FORSCHUNGSARBEITEN AUS DEM THEMENBEREICH DER AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>28</sup>**

Aus Tabelle 1 ist zu entnehmen, dass sich bestehende Ansätze überwiegend der Fertigungsart Serienfertigung (in unterschiedlicher Ausprägung der Fertigungsart) widmen, bei der die Auftragszuordnung im zeitlichen Planungshorizont taktisch und strategisch erfolgt. Im Bereich der operativen Auftragszuordnung innerhalb des zu betrachtenden Untersuchungs- und Einsatzbereichs bei Einzelauftragsfertiger, die durch eine hohe Dynamik geprägt sind, eignen sich diese

<sup>20</sup> Vgl. (Loukmidis, et al., 2002 S. 615)

<sup>21</sup> Redundante Standorte nach (Biesenbach, 2007) → (1) „mehrfach vorhandene Ressourcen an verschiedenen international verteilten Standorten“ S.54 (2) „parallele Ressourcen an einem Produktionsstandort als auch an verteilten Standorten“ S.54

<sup>22</sup> Vgl. (Wrede, 2002 S. 14)

<sup>23</sup> Hier wird die Auftragskoordination als zentrale Instanz des Auftragsmanagements verstanden, die die Auftragszuordnung in einem Unternehmen auf die einzelnen Produktionsstandorte durchführt.

<sup>24</sup> Vgl. (Houssem, 2011 S. 129)

<sup>25</sup> Vgl. (Eversheim, et al., 2000 S. 36)

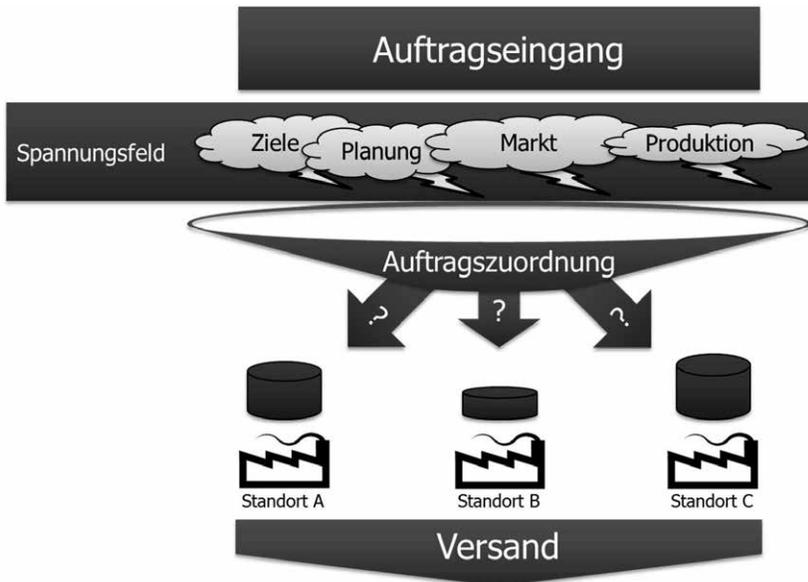
<sup>26</sup> Siehe (Adam, 1997 S. 37)

<sup>27</sup> Titel der vorliegenden Arbeit

<sup>28</sup> Eigene Darstellung, detaillierte Untersuchung anderer Forschungsarbeiten in Abschnitt 4.2 Bestehende Ansätze verschiedener Forschungsbereiche

Lösungen aufgrund des Anwendungszusammenhangs und den damit begleitenden Rahmenbedingungen und Anforderungen nicht.<sup>29</sup>

Die Kombinationsmöglichkeiten, die durch die Anzahl der einzuplanenden Aufträge, durch die Anzahl alternativer Standorte und durch die Anzahl der betrachteten Perioden im Planungszeitraum gegeben sind, führen zu einer hohen Komplexität, die zu Lasten der Effizienz der Wertschöpfung und der Reaktionsfähigkeit auf unplanmäßige Änderungen durch das Anforderungsumfeld gehen kann.<sup>30</sup> Maßnahmen zur Reduzierung der Komplexität verursachen erheblichen finanziellen und zeitlichen Aufwand.<sup>31</sup> Dabei ist es nicht möglich, durch „geschicktes Organisieren“<sup>32</sup> die Komplexität zu verringern, da sich gleichzeitig die Leistungsfähigkeit eines Systems mindert.



**ABBILDUNG 2: EINFLÜSSE AUF DIE AUFTRAGSKOORDINATION (AUFTRAGSZUORDNUNG)<sup>33</sup>**

Die Planung und Steuerung der Produktion über verteilte Standorte ist eine besondere Herausforderung für Unternehmen.<sup>34</sup> Als Folge von gewachsenen Strukturen der Produktionsnetzwerke, in denen oft unzureichende Transparenz existiert, können sich ineffiziente Abläufe und Strukturen bilden<sup>35</sup>, die sich negativ auf die angestrebte Flexibilität eines Unternehmens auswirken können.<sup>36</sup> Die unzureichende Transparenz resultiert beispielsweise aus unvergleichbaren Daten einzelner Standorte<sup>37</sup>, mangelnder Kommunikation innerhalb des Netzwerks<sup>38</sup> und aus verschiedenen Arbeitssystemen<sup>39</sup>. „Eine hohe Planungstransparenz und durchgängige sowie

<sup>29</sup> Siehe Kapitel 3 Untersuchungs- und Einsatzbereich und Abschnitt 4.2.3 Analyse wissenschaftlicher Ansätze

<sup>30</sup> Vgl. (Wenger, et al., 2011 S. 289) & (Oedekoven, et al., 2009 S. 77) & (Eversheim, et al., 2000 S. 184)

<sup>31</sup> Vgl. (Schmidt, et al., 2007 S. 23)

<sup>32</sup> Siehe (Westkämper, et al., 1998 S. 23)

<sup>33</sup> Eigene Darstellung

<sup>34</sup> Vgl. (Wrede, 2002 S. 14) & (Kampker, et al., 2010 S. 259)

<sup>35</sup> Vgl. (Prinz, et al., 2010 S. 282)

<sup>36</sup> Vgl. (Albrecht, et al., 2010 S. 264)

<sup>37</sup> Vgl. (Dombrowski, et al., 2004 S. 18)

<sup>38</sup> Vgl. (Dudenhausen, 1999 S. 18)

<sup>39</sup> Vgl. (Dombrowski, et al., 2004 S. 18) & (Oedekoven, et al., 2010 S. 65)

*medienbruchfreie Auftragsabwicklungsprozesse gelten als Voraussetzung, um die Effizienz in einem Projektfertigungsnetzwerk nachhaltig zu verbessern.“<sup>40</sup>*

Dieser übergeordnete Zusammenhang der Auftragszuordnung<sup>41</sup> ist durch Abbildung 2 visualisiert. Der Auftragseingang wird zum Beispiel durch folgende, unternehmensinterne und externe Einflussfaktoren begleitet, die in Relationen stehen, so dass dies zu Konflikten bei der Auftragszuordnung führen kann:

- Auslegung und Unterschiede bereichsübergreifer / -interner und standort- / produktionsnetzwerkspezifischer **Ziele**
- Grundlagen der bereichsübergreifenden und -internen **Planung** (Management, Vertrieb, Beschaffung, Arbeitsvorbereitung, Produktion, Logistik und weitere)
- Dynamik der **Marktsituation** bezogen auf Kunden, Wettbewerber sowie Zulieferer, d.h. Marktnachfrage, -preinsniveau, -auslastung, -trends, Verfügbarkeit von Vormaterial u.a.
- Varianten möglicher alternativer **Produktionsprozesse** je Artikel (Fertigungsversionen, Alternativanlagen und weitere)

Widersprüchliche Wirkungen der nicht vollständig aufeinander abgestimmten Punkte, die in die Auftragszuordnung eingehen, sind in Abbildung 2 durch Blitze gekennzeichnet. Netzwerke sind geprägt von einer Vielzahl an Interdependenzen<sup>42</sup> zwischen allen anliegenden Organisationsbereichen.<sup>43</sup> Dadurch können sich Auswirkungen auf produktionswirtschaftliche Ziele eines Unternehmens ergeben.<sup>44</sup>

## 2.2 Zielsetzung und Forschungsfragen

Das Ziel der vorliegenden Arbeit liegt in der Entwicklung eines adaptierbaren Verfahrens zur optimalen Auftragszuordnung zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung in der Reihenfolge des Auftragseingangs.<sup>45</sup> Die Dynamik der Marktanforderungen sowie des Produktionsumfelds sollen individuell berücksichtigt werden, so dass durch gezielte Auftragszuordnung der größtmögliche Beitrag zu zentralen, anwenderspezifischen Unternehmenszielen geleistet werden kann. Die zu erfüllenden Unternehmensziele sollen dabei in entsprechender Relevanz, die sich je nach Anwender und Situation ändern können, ausgelegt werden. Gleichzeitig soll eine möglichst umfassende Erfüllung unterschiedlicher Zielgrößen erreicht werden. Mit dem Verfahren zur Auftragszuordnung soll dadurch unter anderem die Antwortzeit an den Kunden bezüglich einer Auftragsbestätigung mit der Angabe des Liefertermins verkürzt werden.<sup>46</sup> Neben der Antwortzeit an den Kunden sollen weitere Zielbeiträge durch anwenderspezifische Kriterien bestimmt werden, um eine ganzheitliche Entscheidung bei der Auftragszuordnung für den geeignetsten Standort treffen zu können.<sup>47</sup> Grundsätzlich ist die Gestaltung der Auftragszuordnung in Bezug auf Ziele, Kriterien, Dynamik und Anforderungen von dessen Einsatzbereich abhängig. In der Problemstellung wurde bereits der zeitliche Bezug der operativen Auftragszuordnung hergestellt. Die detaillierte Eingrenzung des Einsatzbereichs erfolgt im Gliederungspunkt 3.2 Einsatzbereich.

Die angestrebte Transferleistung dieses Forschungsprojekts bezieht sich darauf, dass die Anforderungen und Restriktionen des Anwenders durch das Verfahren zur Auftragszuordnung Berücksichtigung finden können. Das zu erzielende Ergebnis dieser Forschungsarbeit soll darin liegen, dass nicht nur ein fiktiver theoretischer Fall im Bereich der Auftragszuordnung gelöst werden soll, sondern dass durch die geleisteten Entwicklungen ein konkreter, praktischer Nutzen durch das Verfahren entstehen kann. Dieser Nutzen entsteht durch die Adaption auf den anwenderspezifischen Problemfall, d.h. auf die begleitenden Anforderungen des Anwenders.

<sup>40</sup> Siehe (Quick, et al., 2010 S. 78)

<sup>41</sup> Vgl. (Gudehus, 2010 S. 293 & 317 & 553)

<sup>42</sup> „Interdependenz“ beschreibt wechselseitige Beeinflussung ökonomischer Variablen

<sup>43</sup> Vgl. (Albrecht, et al., 2010 S. 265)

<sup>44</sup> Vgl. (Schmidt, et al., 2007 S. 22)

<sup>45</sup> Grund für die Auftragszuordnung zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung wird in Kapitel 3 Untersuchungs- und Einsatzbereich sowie zusammenfassend in Abschnitt 3.3 Relevanz des Verfahrens zur Auftragszuordnung beschrieben

<sup>46</sup> Detaillierte Beschreibung der Anforderungen an das Verfahren zur Auftragszuordnung werden in Kapitel 5 Anforderungen sowie zusammenfassend in Abschnitt 5.5 Zusammenfassung der Anforderungen beschrieben

<sup>47</sup> Ganzheitliche Entscheidungen mit Hilfe mehrerer Kriterien  $\hat{=}$  multikriterielle Entscheidungsfindung

Zur Berücksichtigung der anwenderspezifischen Anforderungen sollen dem Anwender die dafür notwendigen Schritte zur Verfügung gestellt werden. Das Verfahren zur Auftragszuordnung wirkt in Form von Handlungsempfehlungen, die zur Beantwortung der Frage dienen: „Was gilt es als Anwender **wie** zu tun?“.

Wie in anderen Forschungsarbeiten gilt das folgende Zitat auch für die vorliegende Arbeit. „Es ist nicht die Absicht der Untersuchung, den menschlichen Planer durch die Entwicklung eines ‚Expertensystems‘ zu ersetzen. Vielmehr wird das Hauptaugenmerk auf eine Entscheidungsunterstützung gelegt, die dem Planer bei seinen Aufgaben sinnvolle Hilfestellung leisten soll.“<sup>48</sup>

Nachfolgend werden drei Forschungsfragen aufgeführt, die durch die vorliegende Arbeit beantwortet werden sollen.

1. Wie könnte ein Auftragszuordnungsverfahren auf Basis der multikriteriellen Entscheidungsfindung für den Betrachtungsbereich aussehen?  
Das Ziel liegt dabei in der Entwicklung eines adaptierbaren Verfahrens für Unternehmen des typologisch abgegrenzten Einsatzbereichs. „Adaptierbar“ steht dabei für ein den äußeren Umständen und Anforderungen anpassbares und änderbares Verfahren.
2. Welche auftrags- und standortspezifischen Zuordnungskriterien sind sinnvoll?  
Das Ziel liegt in der Entwicklung eines Verfahrens zur Selektion von Kriterien, um die anwenderspezifische Definition der Standorteignung zu quantifizieren. Das bedeutet, unterschiedliche Ziele und Anforderungen des Anwenders erfordern unterschiedliche Kriterien.
3. Wie soll der Erfolg der neuen Auftragszuordnung gegenüber der bestehenden Auftragszuordnung gemessen werden?  
Das Ziel ist es, durch die Anwendung des Verfahrens in der Praxis dessen Erfolg und Nutzen zu bestimmen sowie Impulse für weitere Forschung zu identifizieren.

## 2.3 Forschungsdesign

Die beschriebene Problemstellung, die Forschungsziele sowie die Forschungsfragen weichen deutlich von der häufig anzutreffenden, deskriptiven Forschungsauslegung im Bereich der Betriebswirtschaftslehre ab. Das Forschungsprojekt erfordert eine praktisch-normative Forschungsauslegung, wie von (Thommen, 2004) treffend formuliert:

- *„Beruht auf den Erkenntnissen theoretischer Wissenschaft*
- *Entwicklung von Verfahren und Grundsätzen für das betriebliche Handeln und zur Verbesserung von Strukturen und Prozessen im Unternehmen*
- *Ausgangspunkt sind die in der Praxis feststellbaren Zielsetzungen.“*<sup>49</sup>

In anderen Worten liegt die Aufgabe des Forschungsprojekts nicht darin, im Sinne der deskriptiven Forschungsauslegung die Realität zu beschreiben, d.h. empirisch gehaltvolle Hypothesen abzuleiten, die in konkreten Situationen das Verhalten prognostizieren und ggf. steuern können. Vielmehr liegt die Aufgabe des Forschungsprojekts darin, im Sinne der praktisch-normativen Forschungsauslegung, die individuelle, dynamische Praxis durch die Entwicklung von Vorgehensweisen und inhaltlichen Empfehlungen zu unterstützen, d.h. durch die Entwicklung von Verfahren, die auf theoretischen Grundlagen basieren, auf die Anforderungen der Praxis zugeschnitten und somit auf den Anwendungszusammenhang ausgerichtet sind.

### 2.3.1 Angewandte Wissenschaft

Das Forschungsprojekt wird aufgrund der vorangehenden Erläuterungen dem Forschungsprozess der angewandten Wissenschaften nach (Ulrich, 2001)<sup>50</sup> zugeordnet. Die wesentlichen Unterschiede zu den Grundlagenwissenschaften liegen nach (Ulrich, 2001) in der praktischen

<sup>48</sup> Siehe (Yang, 2005 S. 4)

<sup>49</sup> Vgl. (Thommen, 2004 S. 124)

<sup>50</sup> Vgl. (Ulrich, 2001 S. 222)

Problemlösungsorientierung, dem grundsätzlichen Forschungsziel, dem Regulativ der Nützlichkeit und seinen Kriterien der praktischen Problemlösungsfähigkeit sowie den angestrebten Aussagen.

Differenzierungsmerkmal	Grundlagen Wissenschaften	Angewandte Wissenschaften
Entstehung der Probleme	In der Wissenschaft selbst	In der Praxis
Art der Probleme	Disziplinär	Adisziplinär
Forschungsziele	Theorieentwicklung und -prüfung, Erklären der bestehenden Wirklichkeit	Entwerfen möglicher Wirklichkeiten
Angestrebte Aussagen	Deskriptiv, wertfrei	Normativ, wertend
Forschungsregulativ	Wahrheit	Nützlichkeit
Forschungskriterien	Allgemeingültigkeit, Bestätigungsgrad, Erklärungskraft und Prognosekraft von Theorien	Praktische Problemlösekraft von Modellen und Regeln

**TABELLE 2: DIFFERENZIERUNG GRUNDLAGENWISSENSCHAFTEN ZU ANGEWANDTE WISSENSCHAFTEN<sup>51</sup>**

Die angewandten Wissenschaften wählen in der Praxis wahrgenommene Probleme aus, deren Lösung durch bestehendes Wissen nicht möglich ist. Nach (Ulrich, 2001) beginnt der Forschungsprozess der angewandten Wissenschaft in der Praxis, hat die Untersuchung, Beschreibung sowie Erklärung des Anwendungszusammenhangs im Fokus und endet in der Praxis. *„Die Betriebswirtschaftslehre bedient sich der unterschiedlichsten Methoden, deren Wahl oft von der Zielsetzung abhängt. Bei einer eher theoretischen Ausrichtung steht das Testen von Hypothesen im Vordergrund, während bei einer praktischen Zielsetzung die Anwendung von Modellen auf konkrete Problemstellungen, das Ziehen von Analogien sowie die Entwicklung von Verfahren im Vordergrund stehen“*<sup>52</sup> (Ulrich, 1981) sieht es als unmittelbaren Zweck der Betriebswirtschaft durch anwendungsorientierte Wissenschaft, dem Menschen ein wissenschaftlich fundiertes Handeln in der Praxis zu ermöglichen. Der Praxisbezug ist dabei von zentraler Bedeutung und kann über vier Möglichkeiten sichergestellt werden.

	Inhaltliche Lösungen mit der Frage nach „was?“	Methoden mit der Frage nach „wie?“
Gegenwärtige Probleme	1. Inhaltliche Lösungen für konkrete Probleme der Praxis ausarbeiten	2. Lösungsverfahren für konkrete Probleme der Praxis ausarbeiten
Zukünftige Gestaltung	3. Gestaltungsmodelle für die Veränderung der sozialen Wirklichkeit entwerfen	4. Regeln für die Entwicklung von Gestaltungsmodellen in der Praxis ausarbeiten

**TABELLE 3: VIER MÖGLICHKEITEN VON PRAXISORIENTIERTEN AUSSAGEN DER ANGEWANDTEN BETRIEBSWIRTSCHAFTSLEHRE<sup>53</sup>**

Die Bestrebung gemäß der Möglichkeiten eins und drei zeichnen sich dadurch aus, dass die Wissenschaft versucht, konkrete Probleme der Praxis gedanklich vorweg zu nehmen und auf dem Papier inhaltlich zu lösen, während bei den Möglichkeiten zwei und vier sich die Wissenschaften darauf beschränken, Vorgehensweisen für die Entwicklung von Problemlösungen in

<sup>51</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Ulrich, 2001 S. 220)

<sup>52</sup> Siehe (Thommen, 2014)

<sup>53</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Ulrich, 1981 S. 11)

der Praxis anzubieten. Nicht die Frage „was“, sondern „wie“ etwas gelöst werden soll, ist Inhalt der Verhaltensanweisungen.

Die Möglichkeiten zwei und vier treffen auf das vorliegende Forschungsprojekt der Auftragszuordnung zu.

Mit dem Instrumentarium wird in Anlehnung an (Ulrich, 1981)<sup>54</sup> nicht die Lösung einer einzelnen, konkreten Problemstellung eines Anwenders verfolgt, sondern ein Verfahren entwickelt, das für unterschiedliche Anforderungen unterschiedlicher Anwender einen strukturierten Ablauf zur Problemlösung darstellt.

Den Bezug der aufgeführten Möglichkeiten der anwendungsorientierten Wissenschaften zur Problemstellung der Auftragszuordnung stellen die Forschungsfragen eins und zwei dar, hinter denen grundsätzlich die Frage nach dem „wie“ steht.

Forschungsfrage eins fragt nach einem Verfahren zur Auftragszuordnung und bezieht sich auf Möglichkeit zwei. Dabei gilt es, ein Lösungsverfahren auf Basis theoretischer Grundlagen zu entwickeln.

Forschungsfrage zwei fragt nach Zuordnungskriterien und bezieht sich auf Möglichkeit vier.

Der Grund dafür liegt darin, dass für den Anwender, d.h. für unterschiedliche Problemstellungen bzw. Unternehmen jeweils die dafür notwendigen und relevanten Kriterien selektiert werden sollen, um die anwendungs- sowie situationsspezifischen Anforderungen zu erfüllen. Ein Beispiel dafür ist die Materialverfügbarkeit, die bei einem Anwender A des Verfahrens zur Auftragszuordnung aufgrund eigener Vormaterialproduktion als gesichert angesehen werden kann und damit für diesen Anwender nicht entscheidungsrelevant ist. Bei einem Anwender B ist die Vormaterialverfügbarkeit ein entscheidungsrelevantes Kriterium, da dessen Lieferanten standortspezifisch ebenfalls mit schwankenden Bedarfen ihrer Kunden konfrontiert werden, so dass der Anwender B von dynamischen Lieferterminen je Standort ausgehen muss. Was für einen Anwender keine Entscheidungsrelevanz besitzt, kann bei einem anderen Anwender die Grundlage der Entscheidungsfindung darstellen. Es ist daher von einer Vorgabe eines allgemeingültigen Kriterienkatalogs abzusehen.

Aufgrund dessen eignet sich die Auslegung der angewandten Wissenschaft für die Problem- und Zielstellung der vorliegenden Arbeit. Der Forschungsprozess der angewandten Wissenschaft nach (Ulrich, 1981) ist die Basis zahlreicher Dissertationen.

Autor	Titel	Universität
(Deigendesch, 2009)	Kreativität in der Produktentwicklung und Muster als methodisches Hilfsmittel	Karlsruher Institut für Technologie
(Doch, 2009)	Logistische Leistungs differenzierung im Supply Chain Management	TU Berlin
(Grünert, 2007)	Mergers & Acquisitions in Unternehmungskrisen	Universität Gießen
(Hartweg, 2003)	Instrumentarium zur Gestaltung innerbetrieblicher Produktionsnetzwerke	RWTH Aachen
(Koplin, 2005)	Nachhaltigkeit im Beschaffungsmanagement	Universität Oldenburg
(Liebetruth, 2005)	Die Informationsbasis des Supply Chain Controllings	Universität Erlangen-Nürnberg
(Ostheimer, 2007)	Verteilende eBusiness-Systeme	Universität Gießen
(Rüttgers, 1999)	Ein adaptives Verfahren zur Unterstützung der verbrauchsgesteuerten Disposition	RWTH Aachen
(Tentrop, 2011)	Entwicklung eines integrierten Gestaltungsansatzes der Produktionslogistik	TU Berlin

**TABELLE 4: BEISPIELE FÜR DISSERTATIONEN DER ANGEWANDTEN WISSENSCHAFTEN**<sup>55</sup>

<sup>54</sup> Vgl. (Ulrich, 1981 S. 11)

<sup>55</sup> Eigene Darstellung

### 2.3.2 Kritik und Argumente zur angewandten Wissenschaft

Die Diskussion um das Für und Wider der angewandten Wissenschaften zieht sich bereits über mehrere Jahrzehnte und lässt nach aktuellem Stand keinen eindeutigen Schluss zu. Fakt ist jedoch, dass die wissenschaftliche Einordnung von der Art und dem Objekt der Untersuchung abhängt.<sup>56</sup>

Die Kritik an der angewandten Wissenschaft bezieht sich auf deren unterschiedliche Bestandteile. Die Wissenschaft im Allgemeinen befasst sich mit der Suche nach der „Wahrheit“ und kommuniziert dabei die Leitdifferenz „wahr / nicht wahr“<sup>57</sup>. Ein Kritikpunkt an der angewandten Wissenschaft liegt in deren Differenzierung bzgl. des Praxiskalküls „nützlich / nicht nützlich“, welches nach Meinung von (Luhmann, 1990) lediglich eine Facette der Wissenschaft sein kann.<sup>58</sup> Die Kritik in diesem Punkt bezieht sich folglich darauf, dass die angewandte Wissenschaft Wahrheits- und Nützlichkeitskriterien gleichsetzt. (Verkuil, 2010) ist der Auffassung, dass die angewandte Wissenschaft nicht der Wissenschaft zuzuordnen ist, sondern der Praxis angehört.<sup>59</sup>

Diese Ansichten werden jedoch nicht durchgängig geteilt und durch unzählige Argumente entkräftet. Nachstehend sind ausgewählte Zitate bzw. Inhalte aufgeführt, die für die angewandte Wissenschaft sprechen:

- *„Praxis ohne Theorie ist blind, Theorie ohne Praxis unfruchtbar.“* John Desmond Bernal (1901-1971)
- Die Betriebswirtschaftslehre als sozialwissenschaftliche Disziplin dient der Stützung der Praxis – d.h. Wissen wird nicht über die Praxis erzeugt, sondern für die Praxis.<sup>60</sup>
- *„Wenn die Betriebswirtschaftslehre es als ihre Aufgabe ansieht, Modelle zur Erklärung und Gestaltung betrieblicher Systeme zu entwickeln, ist es unumgänglich, dass Modellkonstruktionen von praktischen Problemen ausgehen und auf diese zugeschnitten sind.“*<sup>61</sup>

(Ulrich, 1981) untermauert die eigenständige Stellung der angewandten Wissenschaften durch nachstehende sechs Thesen:

1. *„Die Probleme der Grundlagenwissenschaften entstehen im Theoriezusammenhang, die Probleme der angewandten Wissenschaften im Praxiszusammenhang.“*
2. *Grundlagenwissenschaften streben nach allgemeinen Theorien zur Erklärung bestehender Realitäten, angewandte Wissenschaften nach Regeln und Modellen zur Schaffung neuer Realitäten.*
3. *Für die Grundlagenwissenschaften ist der Praxisbezug akzessorisch, für die angewandten Wissenschaften konstitutiv.*
4. *Für die Grundlagenwissenschaften ist die bestehende Realität Untersuchungsobjekt, für die angewandten Wissenschaften lediglich Ausgangspunkt für die Untersuchung möglicher zukünftiger Realitäten.*
5. *Die empirische Forschung dient in den Grundlagenwissenschaften der Prüfung von Hypothesen, in den angewandten Wissenschaften der Erfassung typischer Probleme der Praxis und der Prüfung der von ihr entwickelten Gestaltungsmodelle im Anwendungszusammenhang.*
6. *Die Untersuchung des jeweiligen Anwendungszusammenhangs ist wesentliche Aufgabe der angewandten Wissenschaften, die nicht durch bloße Übernahme aktueller Nutzensvorstellungen der Praxis selbst gelöst werden kann.“*<sup>62</sup>

## 2.4 Aufbau der Arbeit

In Kenntnis über die Defizite, die Kritik und die Argumentation für die angewandte Wissenschaft sowie die Problemstellung und die Zielsetzung dieser Arbeit wird, wie unter 2.3.1 Angewandte Wissenschaft erläutert, das Forschungsdesign auf den Forschungsprozess der angewandten Wissenschaften ausgelegt. Es ergibt sich dadurch folgender Aufbau der Arbeit:

<sup>56</sup> Vgl. (Baumgarth, 2003 S. 7 ff.)

<sup>57</sup> Vgl. (Schneider, 1981 S. 188f.)

<sup>58</sup> Vgl. (Luhmann, 1990 S. 167ff.)

<sup>59</sup> Vgl. (Verkuil, 2010 S. 4)

<sup>60</sup> Vgl. (Rasche, 2004 S. 2)

<sup>61</sup> Siehe (Adam, 1997 S. 69)

<sup>62</sup> Siehe (Ulrich, 1981 S. 10)



**ABBILDUNG 3: FORSCHUNGSPROZESS ANGEWANDTER WISSENSCHAFTEN NACH ULRICH UND AUFBAU DER ARBEIT**<sup>63</sup>

Der Forschungsprozess der angewandten Wissenschaften ist nach (Ulrich, 2001) in sieben Schritte unterteilt, deren Bezugsquelle aus der Praxis und / oder der Theorie besteht.<sup>64</sup> In Abbildung 3 ist rechts der abgeleitete Aufbau der Arbeit aufgeführt.

Der Forschungsprozess nach (Ulrich, 2001) sieht vor, die praktische Problemstellung im ersten Schritt zu typisieren und zu erfassen, d.h. die Begriffsbestimmungen sowie eine Charakterisierung des Untersuchungs- und Einsatzbereiches durchzuführen. Dieser Schritt steht im Entstehungszusammenhang. Zur Bestimmung des Untersuchungs- und Einsatzbereiches gilt es, informelle Expertengespräche zu führen und die Erkenntnisse durch Analyse entsprechender Literatur zu ergänzen (Kapitel 3).

Schritt zwei und drei beziehen sich auf den Begründungszusammenhang. In diesen Schritten liegt der Fokus auf den theoretischen Grundlagen rund um die abgegrenzte Problemstellung, d.h. Analyse des Forschungsstands in Hinblick auf problemadäquate Ansätze zur Lösung der genannten Problemstellung. Dazu gilt es, ausführliche Literaturanalyse durchzuführen. Diese ist, wie bei der angewandten Wissenschaft nach (Ulrich, 2001) gefordert, interdisziplinär anzulegen (Kapitel 4).

Die Schritte vier bis sieben betrachten den Anwendungszusammenhang. Im vierten Schritt wird untersucht, welche Anforderungen und Rahmenbedingungen zu berücksichtigen sind. In diesem Schritt werden Anforderungen aus dem Forschungsstand abgeleitet und zusätzlich aus der

<sup>63</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Ulrich, 2001 S. 222)

<sup>64</sup> Vgl. (Ulrich, 2001 S. 222)

betrieblichen Praxis ermittelt. Formale Anforderungen werden nach (Jung, 2006)<sup>65</sup> analytisch-deduktiv durch Analogiebetrachtung der Literatur identifiziert. Inhaltliche Anforderungen werden nach (Hill, 1992)<sup>66</sup> durch empirisch-induktive Betriebsuntersuchungen erfasst (Kapitel 5).

Schritt fünf des Forschungsprozess nach (Ulrich, 2001) widmet sich der Ableitung von Beurteilungskriterien, Gestaltungsregeln und Modellen. Im vorliegenden Forschungsprojekt entspricht dies der Verfahrensentwicklung zur Auftragszuordnung. Darin werden die Forschungsfragen eins und zwei, die den Typen zwei und vier nach (Ulrich, 1981) entsprechen, beantwortet. Dabei erfolgt wie im vorangehenden Schritt empirisch-induktive Betriebsuntersuchung und analytisch-deduktive Analogiebetrachtung der Literatur. Die theoretischen Grundlagen werden zur Verfahrensentwicklung herangezogen, worauf das Verfahren zur Auftragszuordnung aufbaut (Kapitel 6).

Das Kapitel 7 der vorliegenden Arbeit beschreibt zusammenfassend das entwickelte Verfahren zur Auftragszuordnung.

In Schritt sechs werden nach (Ulrich, 2001) die Regeln und Modelle im Anwendungszusammenhang überprüft. Die Verfahrensentwicklung zur Auftragszuordnung wird demnach durch dessen Anwendung in der Praxis unter realen Bedingungen überprüft. Im vorliegenden Forschungsprojekt liegt der Fokus auf der dritten Forschungsfrage, die nach der Messbarkeit des Erfolgs des Verfahrens zur Auftragszuordnung fragt. Dabei wird das Verfahren zur Auftragszuordnung hinsichtlich des Erfolgs und des Nutzens bewertet (Kapitel 8).

Es erfolgt in Schritt sieben die Beratung der Praxis, in der das Forschungsregulativ der Nützlichkeit der angewandten Wissenschaften überprüft wird. Die Ergebnisse der einzelnen Schritte sowie der praktischen Überprüfung werden analysiert und fließen in die Zusammenfassung der Arbeit mit ein. Die kritische Reflektion der Verfahrensentwicklung und der Validierung des Verfahrens liefert abschließend Impulse für weitere Forschung. Dieses Vorgehen und der abgeleitete Aufbau der Arbeit entsprechen dem Vorgehen der angewandten Wissenschaften nach (Ulrich, 2001) (Kapitel 9).

---

<sup>65</sup> Vgl. (Jung, 2006)

<sup>66</sup> Vgl. (Hill, 1992)

### 3 Untersuchungs- und Einsatzbereich

Die Vorstellung des Untersuchungs- und Einsatzbereichs beschreibt die „Erfassung und Typisierung praxisrelevanter Probleme“ gemäß dem Forschungsprozess der angewandten Wissenschaft nach Ulrich. Der Untersuchungsbereich beschreibt die begriffliche Einordnung der Auftragszuordnung in den Bereich der Produktionsplanung und Steuerung. Der Einsatzbereich entspricht einer typologischen Abgrenzung produzierender Unternehmen, für die das Verfahren zur Auftragszuordnung entwickelt werden soll.

Die Abgrenzung des Untersuchungs- und Einsatzbereichs des Verfahrens zur Auftragszuordnung erfolgt nachstehend in Teilschritten mit Hilfe der Definition zentraler Begriffe. Sämtliche Begriffsdefinitionen, die den Bereich der theoretischen Grundlagen im Detail betreffen, werden an der entsprechenden inhaltlichen Stelle innerhalb dieser Ausarbeitung definiert.

#### 3.1 Untersuchungsbereich

Der Untersuchungsbereich bezieht sich auf die zentrale, operative Auftragszuordnung bei redundanten Standorten von intra-organisationalen Produktionsnetzwerken produzierender Unternehmen.

Der zu betrachtende Untersuchungsbereich beschreibt in erster Linie eine der zahlreichen Problemstellungen, die bei der Planung von herzustellenden Produkten auftreten.

##### Produktion

(Gienke, et al., 2007) definieren die Produktion als betriebliche Leistungserstellung, bei der *„Aufgaben, Menschen, Maschinen und Materialien so einzusetzen, zu steuern und zu koordinieren sind, dass Produkte und Dienste als Resultat dieses Wirkens in der erforderlichen Menge und Qualität, zum festgelegten Zeitpunkt unter geringstem Kosten- und Kapitalaufwand fertig gestellt werden.“*<sup>67</sup>

Bevor die Produktion erfolgen kann, gilt es unter anderem zu definieren, welche Produkte hergestellt werden sollen.

##### Produktprogramm

*„Das Produktprogramm bzw. die Produktpalette eines Unternehmens stellt die Gesamtheit aller von ihm produzierten Produktarten dar. Im Rahmen der Produktprogrammplanung bzw. Produktpolitik sind folglich, bezogen auf ein bestehendes Produktprogramm, Entscheidungen dahingehend zu treffen, ob*

- *eine bereits auf dem Markt befindliche Produktart aus dem Programm genommen werden soll (Produktelimination)*
- *eine bereits auf dem Markt befindliche Produktart durch Abwandlung oder Hinzufügen bestimmter Eigenschaftsausprägungen verändert werden soll (Produktmodifikation), oder*
- *das Produktprogramm durch Aufnahme einer zusätzlichen Produktart ergänzt werden soll. Sofern das Unternehmen diese Produktart auf einem Markt einführt, auf dem es bereits anbietet, betreibt es Produktdifferenzierung, ansonsten Produktdiversifikation.“*<sup>68</sup>

Die Produktion der Produkte aus dem Produktprogramm erfordert umfangreiche Planungs- und Steuerungsaufgaben, die in das Feld des Produktionsmanagements fallen.<sup>69</sup> Diese werden nach (Corsten, 2004)<sup>70</sup> in Teilplanungen zerlegt.

<sup>67</sup> Siehe (Gienke, et al., 2007 S. 6)

<sup>68</sup> Siehe (Meyer, 2003 S. 5)

<sup>69</sup> Vgl. (Zäpfel, 2000 S. 17)

<sup>70</sup> Vgl. (Corsten, 2004 S. 513 ff.)



**ABBILDUNG 4: TEILPLANUNGEN DER PRODUKTIONSPLANUNG<sup>71</sup>**

### **Produktionsplanung und -steuerung (PPS)**

Die Aufgabe der Produktionsplanung und -steuerung liegt in der material-, termin- und kapazitätsbezogenen Planung und Steuerung der Produktionsprozesse.<sup>72</sup> Die Erfüllung der Aufgaben unterteilt sich in die Planung der Produktionseinzelprozesse und in die Steuerung des Ablaufs der Produktionstätigkeiten im Rahmen der Auftragsabwicklung.<sup>73</sup>

*„Somit sind im Rahmen der PPS die vier Fragen ‚Was?‘ (Produkt), ‚Wie viel?‘ (Menge), ‚Wann?‘ (Zeitpunkt) sowie ‚Wo? bzw. durch Wen?‘ (Ressource) vor dem Start der Produktion zu beantworten.“<sup>74</sup>*

Die Produktionsplanung erfolgt mit unterschiedlichem, zeitlichem Vorgriff. Nach (Schiemenz, et al., 2005)<sup>75</sup> wird in operative, taktische und strategische Planung unterschieden. Je nach zeitlicher Auslegung ändern sich die Planungsinhalte, daher werden im Rahmen der strategischen Produktionsplanung langfristige Entscheidungen festgelegt. Diese Entscheidungen betreffen mitunter die Standortstruktur.<sup>76</sup> Auf Basis der strategischen Produktionsplanung erfolgt die taktische Produktionsplanung. Taktische Planungsinhalte betreffen die zentralen Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung, d.h. die mittelfristige Material-, Termin- und Kapazitätsplanung.<sup>77</sup> Die operative Produktionsplanung erfolgt auf der Grundlage der strategischen und taktischen Produktionsplanung. *„Die operative Produktionsplanung hat die Aufgabe, das gegebene Produktionssystem effizient zu nutzen.“<sup>78</sup>* Dabei gilt es, die Art und Menge der zu erzeugenden Produkte innerhalb des operativen, kurzfristigen Zeitraums mit der Absatzplanung und den zur Verfügung stehenden Kapazitäten der Betriebsmittel sowie den ggf. zu beschaffenden Komponenten bzw. Fremderzeugnissen abzustimmen. Die operative Produktionsplanung bezieht sich dabei auf das festgelegte Produktionsprogramm, bzw. legt dies in angepasster Form auf die geänderten Rahmenbedingungen des Produktionsumfelds seit der Festlegung des Produktionsprogramms aus.<sup>79</sup>

<sup>71</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Corsten, 2004 S. 513 ff.)

<sup>72</sup> Vgl. (Schmidt, 2006 S. 28)

<sup>73</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 28 ff.) & (Balve, et al., 1998 S. 2)

<sup>74</sup> Siehe (Balve, et al., 1998 S. 2)

<sup>75</sup> Vgl. (Schiemenz, et al., 2005 S. 62)

<sup>76</sup> Vgl. (Günther, et al., 2005 S. 158)

<sup>77</sup> Vgl. (Maier-Scheubeck, et al., 2009 S. 152)

<sup>78</sup> Siehe (Schneider, et al., 2005 S. 14)

<sup>79</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 37 ff.)

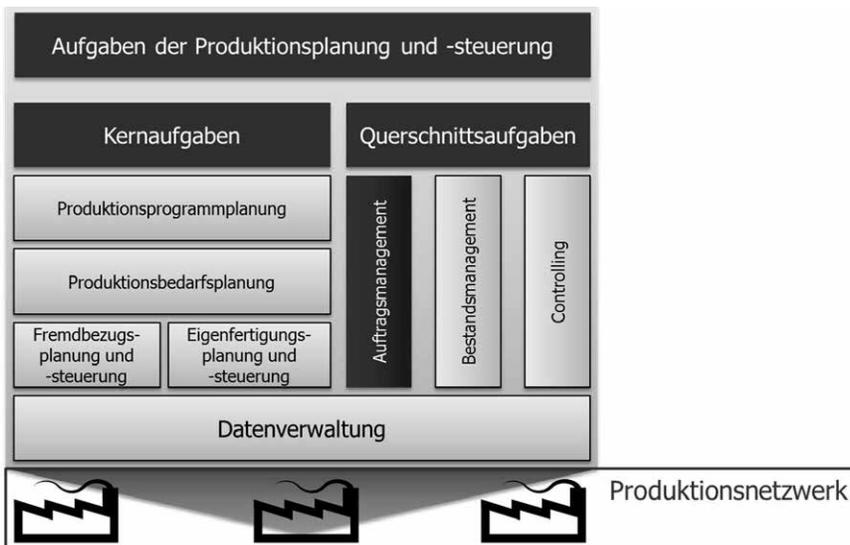


ABBILDUNG 5: AUFGABEN DER PRODUKTIONSPLANUNG UND -STEUERUNG<sup>80</sup>

Die Aufgaben der Produktionsplanung und -steuerung, lassen sich nach (Schuh, 2006) in Kernaufgaben und Querschnittsaufgaben einteilen (siehe Abbildung 5).<sup>81</sup>

### Kernaufgaben

Die Kernaufgaben der Produktionsplanung und -steuerung beschreiben die Aufgaben aus dem eigentlichen Produkterstellungsprozesses.<sup>82</sup>

#### **Produktionsprogrammplanung**

Das Produktionsprogramm spezifiziert die Art, Variante, Menge und die Qualität der Produkte aus dem Produktprogramm. In die Definition des unternehmensspezifischen Produktionsprogramms fließen wettbewerbsstrategische Überlegungen ein.<sup>83</sup> Die Produktionsprogrammplanung erfolgt operativ, taktisch und überwiegend strategisch.<sup>84</sup>

Das Ergebnis der Produktionsprogrammplanung ist der nach „*Absetzbarkeit und Realisierbarkeit abgestimmte Produktionsplan, der verbindlich festlegt, welche Leistungen (Primärbedarfe = verkaufsfähige Erzeugnisse sowie kundenanonym vorzuproduzierende Standardkomponenten) in welchen Stückzahlen (Mengen) zu welchen Zeitpunkten produziert werden sollen.*“<sup>85</sup>

Die strategisch und taktisch festgelegten Produktionsprogramme, die nach unternehmensspezifischen Zielsetzungen optimiert wurden, können nur dann ohne Anpassung umgesetzt, d.h. produziert werden, wenn sich das Produktionsumfeld und die damit einhergehenden Rahmenbedingungen seit dem Zeitpunkt der Programmfestlegung nicht geändert haben. Andernfalls ist die operative Produktionsprogrammplanung durchzuführen.

#### **Operative Produktionsprogrammplanung**

„*Die operative Programmplanung muss die Frage beantworten, welche Produkte in einer bestimmten Periode produziert werden sollen. Für dieses Planungsproblem wird von einem gegebenen Rahmenprogramm ausgegangen; die taktische Programmplanung hat mithin festgelegt, welche Produkte grundsätzlich im Leistungsprogramm*

<sup>80</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Schuh, 2006 S. 21)

<sup>81</sup> Vgl. (Nedeß, et al., 1999 S. 463) & (Schuh, 2006 S. 21)

<sup>82</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 29)

<sup>83</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 32)

<sup>84</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 32)

<sup>85</sup> Siehe (Schuh, 2006 S. 37)

*vertreten sein können. ... Das Planungsproblem besteht darin, die gegebenen Kapazitäten zielgerecht auszulasten.“<sup>86</sup>*

Die Bedarfe aus der Produktionsprogrammplanung sind darauffolgend zu planen.

#### **Produktionsbedarfsplanung**

*„Die Produktionsbedarfsplanung hat die Aufgabe, ausgehend von einem zu realisierenden Produktionsprogramm, die hierzu mittelfristig erforderlichen Ressourcen zu planen.“<sup>87</sup>*

Innerhalb der Bedarfsplanung werden zum einen die Eigenfertigungsplanung und -steuerung sowie zum anderen die Fremdbezugsplanung und -steuerung unterschieden.

#### **Eigenfertigungsplanung und -steuerung**

*„In der Eigenfertigungsplanung und -steuerung werden die Planvorgaben im Rahmen des zur Verfügung stehenden Dispositionsspielraums detailliert und die Umsetzung kontrolliert.“<sup>88</sup>*

#### **Fremdbezugsplanung und -steuerung**

*„Hierin ist festgelegt, welche Teile, Baugruppen und Erzeugnisse bezüglich Menge und Termin zu beschaffen sind.“<sup>89</sup>*

#### **Querschnittsaufgaben**

Planende und steuernde Aufgaben fallen in den Bereich der Querschnittsaufgaben, die gleichzeitig koordinierenden Charakter innerhalb des Produktionsnetzwerks einnehmen.<sup>90</sup> Zu den koordinierenden Aufgaben zählen die Umsetzung, Überwachung, Steuerung und nach Möglichkeit die Optimierung des Produktionsplans.<sup>91</sup>

#### **Auftragsmanagement**

Das Themenfeld des Auftragsmanagements ist die prozessorientierte, wirtschaftliche Gestaltung der Auftragsabwicklungsprozesse sowie die Optimierung der innerbetrieblichen Produktionsplanung und -steuerung. Voraussetzung für eine effiziente Koordination der Auftragsabwicklung ist dabei die Gewährleistung einer anforderungsgerechten Informationstransparenz im Produktionsnetzwerk.<sup>92</sup>

Die hier geltende Definition des Auftragsmanagements bezieht sich auf zentrale Aufgaben, die in einem Produktionsnetzwerk zu bearbeiten sind. Dezentrales Auftragsmanagement betrifft hingegen Aufgaben an einem einzelnen Standort.

#### **Bestandsmanagement**

Das Bestandsmanagement besteht aus den Teilaufgaben Bestandsplanung, Bestandsanalyse, Lagerverwaltung, Bestandsführung, Chargenverwaltung und Nachschubsteuerung.<sup>93</sup> *„Ziel dabei ist es, zum richtigen Zeitpunkt die richtigen Bestände in der entsprechenden Menge verfügbar zu haben. Es muss eine hohe Lieferfähigkeit bei möglichst geringen Lagerkosten gewährleistet sein.“<sup>94</sup>*

#### **Controlling**

*„Dem Controlling obliegt im Rahmen der wirtschaftlichen Lenkung der PPS, transparente und verständlich interpretierbare Informationen zu erarbeiten und zur Verfügung zu stellen.“<sup>95</sup>*

<sup>86</sup> Siehe (Adam, 1998 S. 215)

<sup>87</sup> Siehe (Schuh, 2006 S. 42)

<sup>88</sup> Siehe (Schuh, 2006 S. 50)

<sup>89</sup> Siehe (Schuh, 2006 S. 56)

<sup>90</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 29)

<sup>91</sup> Vgl. (Schuh, et al., 2014a S. 110)

<sup>92</sup> Vgl. (Brosze, 2010 S. 8) & (Westkämper, et al., 1998 S. 23)

<sup>93</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 64)

<sup>94</sup> Siehe (Schuh, 2006 S. 64)

<sup>95</sup> Siehe (Schuh, 2006 S. 69)

Das Controlling bezieht sich, im Gegensatz zum Auftragsmanagement, auf die Steuerungs- und Kontrollfunktion des Produktionssystems in seiner Grundeinstellung, d.h. ohne konkreten Auftragsbezug.

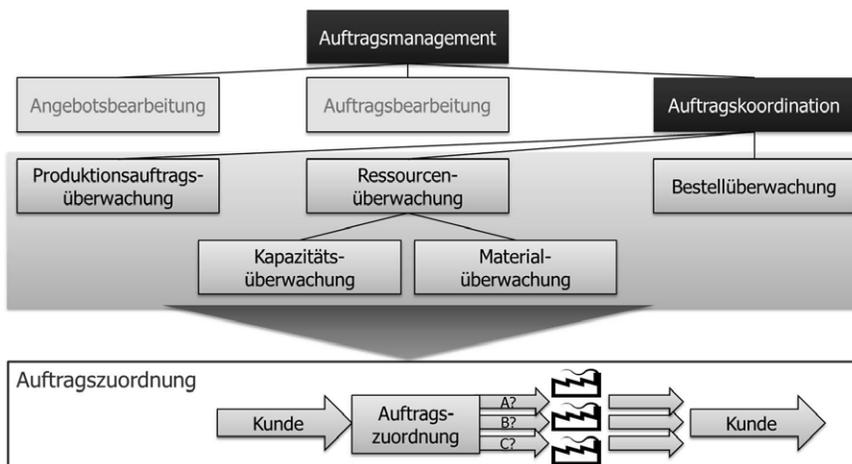
Die Speicherung und Pflege sämtlicher Stamm- sowie Bewegungsdaten, für die Kern- als auch Querschnittsaufgaben, ist die Aufgabe der **Datenverwaltung**, mit dem Ziel, eine möglichst hohe Datenqualität und -verfügbarkeit zu gewährleisten. Der Datenverwaltung kommt in seiner übergreifenden Funktion aller Aufgaben eine hohe Bedeutung zu. Die Herausforderung der Datenverwaltung steigt, neben der Anzahl an Datenquellen und Empfängern aus den Kern- und Querschnittsaufgaben, über die Anzahl der Standorte des Produktionsnetzwerks.<sup>96</sup>

### Produktionsnetzwerk

*„Ein Produktionsnetzwerk entspricht einem Netzwerk aus Ressourcen, die auf mehrere Standorte verteilt sind und überwiegend zur Durchführung von Produktionsprozessen dienen sowie aus horizontalen und vertikalen Beziehungen, die aus rechtlichen Verbindungen oder Informations-, Güter- und Zahlungsflüssen zwischen den Standorten bestehen können. Die Standorte können einer oder mehreren Institutionen angehören. Als mögliche Institutionen kommen Konzerne, Unternehmen oder andere Organisationen in Frage.“<sup>97</sup>*

Der hier zu untersuchende Netzwerktyp bezieht sich auf intra-organisationale Produktionsnetzwerke, d.h. Standorte, die einer Institution angehören. Das Gegenstück dazu, das außerhalb des Untersuchungsbereichs liegt, stellen inter-organisationale Produktionsnetzwerke dar, bei denen die Standorte mehreren Institutionen zugehörig sind.

Die hier beschriebenen Aufgaben sind zum Teil zentral oder dezentral an den Standorten beheimatet. Die Erfüllung aller beschriebenen Aufgaben dient der Produktionsplanung und -steuerung innerhalb eines Produktionsnetzwerks. Der Kern der Betrachtung liegt hier im Bereich des zentralen Auftragsmanagements.



**ABBILDUNG 6: ABGRENZUNG DES AUFTRAGSMANAGEMENTS HIN ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>98</sup>**

Das Auftragsmanagement setzt sich nach (Schuh, 2006)<sup>99</sup> aus Angebotsbearbeitung, Auftragsbearbeitung und Auftragskoordination zusammen. Der Kern der Betrachtung liegt hier in der Auftragskoordination.

<sup>96</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 71 f.)

<sup>97</sup> Siehe (Dobhan, 2012 S. 28)

<sup>98</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Schuh, 2006 S. 63)

### **Auftragskoordination**

*„Im Rahmen der Auftragskoordination sind die zukünftigen Leistungserstellungsprozesse der an einem Kundenauftrag beteiligten Einheiten des Produktionsnetzes durch eine auftragsbezogene Grobplanung in kürzester Zeit aufeinander abzustimmen. Zur Auftragskoordination ... gehören alle zur Planung und Steuerung erforderlichen Aufgaben, die zwischen der Kundenanfrage und der Auslieferung des Produkts an den Kunden anfallen.“<sup>100</sup>*

Eine dieser Aufgaben der Auftragskoordination ist es, auf interne und externe Anfragen jederzeit aktuelle Auskünfte über den Auftragsbearbeitungsstand zu geben. Diese Aufgabe wird auch häufig unter den Begriff Produktionsauftragsüberwachung zusammengefasst. Weitere Aufgaben liegen in der Ressourcenüberwachung bei der die Kapazitätsüberwachung, d.h. die Anlagenbelegungssituationen überwacht werden sowie die Materialüberwachung, bei der die Materialverfügbarkeit in physischen sowie dispositiven Beständen überwacht wird. Zur Überwachung der dispositiven Bestände sind Informationen aus der Aufgabe der Bestellüberwachung notwendig. Die Kenntnis aus den genannten Aufgaben der Auftragskoordination, ist die Entscheidungsgrundlage für Auftragszuordnung, die diesem Bereich zuzuordnen ist.

### **Auftragszuordnung**

Die Aufgabe der Auftragszuordnung ist es, die Aufträge den dafür geeigneten Ressourcen zuzuordnen.<sup>101</sup> Die Auftragszuordnung entspricht einem Zuteilungs- bzw. Produktionsaufteilungsproblem, das bei redundanten Ressourcen vorliegt. Redundante Ressourcen stellen unter dem Fokus der Auftragszuordnung Anlagen und Produktionsstandorte dar, die eine technische Überschneidung bei der Eignung zur Herstellung bestimmter Produkte aufweisen. Gleichzeitig besteht bei dieser Überschneidung der Fertigungsauslegung eine unterschiedliche Auslegung von Kriterien, d.h. z.B. Standort A und B sind zur Herstellung von Produkt X geeignet, jedoch erfüllt Standort A die gestellten Anforderungen zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung besser als Standort B.<sup>102</sup>

### **Zusammenfassung des Untersuchungsbereichs**

Der Untersuchungsbereich liegt im Bereich der Produktionsplanung und -steuerung, bei der die Querschnittsaufgabe Auftragsmanagement betrachtet wird. Fokussiert wird dabei die Auftragskoordination bei der die Auftragszuordnung durchgeführt wird.

## **3.2 Einsatzbereich**

Der Einsatzbereich bezieht sich auf die zentrale, operative Auftragszuordnung bei redundanten Standorten von intra-organisationalen Produktionsnetzwerken laut dem Untersuchungsbereich, die bei produzierenden Unternehmen der Einzelauftragsfertigung zur Anwendung kommen soll. Der Einsatzbereich ist im Rahmen dieser Arbeit auf Unternehmen der „Metallerzeugung und -bearbeitung“ aus der Gruppe „Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen“ ausgelegt.<sup>103</sup> Diese Definition des Einsatzbereichs wird nachstehend erläutert.

Unternehmen unterscheiden sich bezüglich der Art und Weise ihrer Leistungserstellung, d.h. Häufigkeit, Auslöser und Realisierungsform der Leistungserstellung. Differenziert wird dabei zwischen den Fertigungsarten und den Fertigungsverfahren.

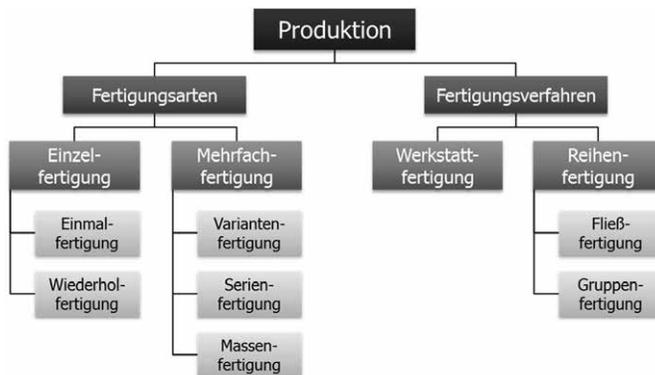
<sup>99</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 63 ff.)

<sup>100</sup> Siehe (Dudenhausen, 1999 S. 22 f.)

<sup>101</sup> Vgl. (Biesenbach, 2007 S. 54 f.) & (Wrede, 2000 S. 26)

<sup>102</sup> Vgl. (Dietrich, 2009 S. 9)

<sup>103</sup> Vgl. (Statistisches Bundesamt Wiesbaden, 2008)



**ABBILDUNG 7: FERTIGUNGSARTEN UND FERTIGUNGSVERFAHREN<sup>104</sup>**

Fertigungsarten unterscheiden sich weiter in Einzelfertigung und Mehrfachfertigung. Bei Einzelfertigung wird differenziert in Einmalfertigung und Wiederholfertigung. (Göpel-Gruner, 2014)<sup>105</sup> verwendet bei der Definition der Einzelfertigung den Begriff der Auftragsfertigung als Synonym. Für die vorliegende Arbeit liegt der Einsatzbereich in der Mischform aus Einzelfertigung und Auftragsfertigung, der fortfolgend als Einzelauftragsfertigung bezeichnet wird.

#### **Auftragsfertigung**

Unter Auftragsfertigung „... versteht man Betriebe, die ihre Produkte nicht auf Vorrat, für den anonymen Markt, sondern aufgrund konkreter Kundenaufträge und gegebenenfalls auch nach den speziellen Wünschen der Kunden produzieren.“<sup>106</sup>

#### **Einzelfertigung**

„Auftragsbezogene Einzelfertigung bedeutet, dass nur auf Kundenwunsch hin produziert wird. Das entstehende Produkt wird entweder vollständig neu konstruiert oder zumindest parametrisiert. Diese Begriffsbestimmung beinhaltet auch Kleinserien, d.h. mehrere Exemplare eines auf Kundenwunsch hin gefertigten Teils.“<sup>107</sup>

Die Definition der Einzelfertigung beschreibt durch die mehrfache Fertigung von Teilen in „Kleinserien“ die Wiederholfertigung als eine Ausprägung der Einzelfertigung wie sie in Abbildung 7 dargestellt ist.

Die Überschneidung der Auftragsfertigung und Einzelfertigung liegt darin, dass in beiden Fertigungsarten nicht ohne einen konkreten Kundenauftrag hin produziert wird. Bei der Programmfertigung hingegen erfolgt, wie dies im Bereich der Mehrfachfertigung von Varianten-, Serien- und Massenfertigern der Fall ist, meist anonyme Vorproduktion in großer Stückzahl auf Lager.

#### **Variantenfertigung (Synonym: Sortenfertigung)**

Variantenfertigung liegt vor, „... wenn die Erstellung mehrerer Leistungsarten ständig, d.h. in unbegrenzten Mengen erfolgt, diese Leistungserstellung aber diskontinuierlich durchgeführt wird. Die im Wege der Sortenfertigung erstellten Leistungsarten sind hinsichtlich der technologischen Weise ihrer Erstellung und der Art der dabei verwendeten Leistungsobjekte bzw. Werkstoffe eng miteinander verwandt.“<sup>108</sup>

<sup>104</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Göpel-Gruner, 2014 S. 46)

<sup>105</sup> Vgl. (Göpel-Gruner, 2014 S. 47)

<sup>106</sup> Siehe (Kurbel, 2005 S. 197)

<sup>107</sup> Siehe (Geitner, 1995 S. 82)

<sup>108</sup> Siehe (Peters, et al., 2005 S. 132)

**Serienfertigung**

Serienfertigung liegt vor, „... wenn die Menge der zu erstellenden Einheiten einer bestimmten Leistungsart begrenzt ist und nach der Erstellung dieser Menge die betreffende Leistungsart aus dem Leistungsprogramm des Betriebes eliminiert wird.“<sup>109</sup>

**Massenfertigung**

„Es werden homogene Produkte in großen Mengen hergestellt. Die Anlagen sind Spezialmaschinen, die nur für die Produktion dieses Produktes hergestellt werden.“<sup>110</sup>

Die Fertigungsverfahren beschreiben die „organisatorische Gestaltung des Fertigungsablaufs durch räumliche Zusammenfassung und Verteilung von Betriebsmitteln und Arbeitsplätzen zu fertigungstechnischen Einheiten.“<sup>111</sup> Fertigungsverfahren werden unterschieden in Werkstattfertigung und Reihenfertigung:

**Werkstattfertigung**

„Der Durchlauf der Werkstücke hängt von dem Standort der Betriebsmittel und der Arbeitsplätze ab. Maschinen und Arbeitsplätze mit gleichen Verrichtungen werden räumlich in Werkstätten konzentriert. Die Aufträge durchlaufen die notwendigen Werkstätten entsprechend ihrer individuellen Arbeitsfolge.“<sup>112</sup>

**Reihenfertigung**

„Bei einer Reihenfertigung wird der Standort der Betriebsmittel und Arbeitsplätze von dem zeitlichen und logischen Ablauf der Fertigung des jeweiligen Produktes bestimmt.“<sup>113</sup>

Die Reihenfertigung wird weiter unterteilt in Fließfertigung und Gruppenfertigung. Bei der Fließfertigung wird ohne Zwischenlager gefertigt, d.h. die Arbeitsgänge sind aufeinander getaktet, so dass das Material ohne Wartezeiten die zur Erstellung notwendigen Stationen durchlaufen kann. Hingegen werden bei der Gruppenfertigung die Betriebsmittel, die für die Fertigung eines Produkts notwendig sind, räumlich konzentriert. Bei Gruppenfertigung können Zwischenlagerbestände entstehen, da die Taktung der Arbeitsgänge nicht wie bei der Fließfertigung erfolgt. Dafür ist die Gruppenfertigung flexibler als die Fließfertigung.

Der Einsatzbereich des Verfahrens zur Auftragszuordnung wird nachfolgend durch ein morphologisches Merkmalschema zur typologischen Abgrenzung beschrieben. Diese Beschreibung fasst die vorangehenden Erläuterungen zu den Fertigungsarten und den Fertigungsverfahren zusammen und ergänzt diese um spezielle Ausprägungen, die sich auf den Typ der Einzelauftragsfertigung beziehen. Dies entspricht der Eingrenzung des Einsatzbereichs.

---

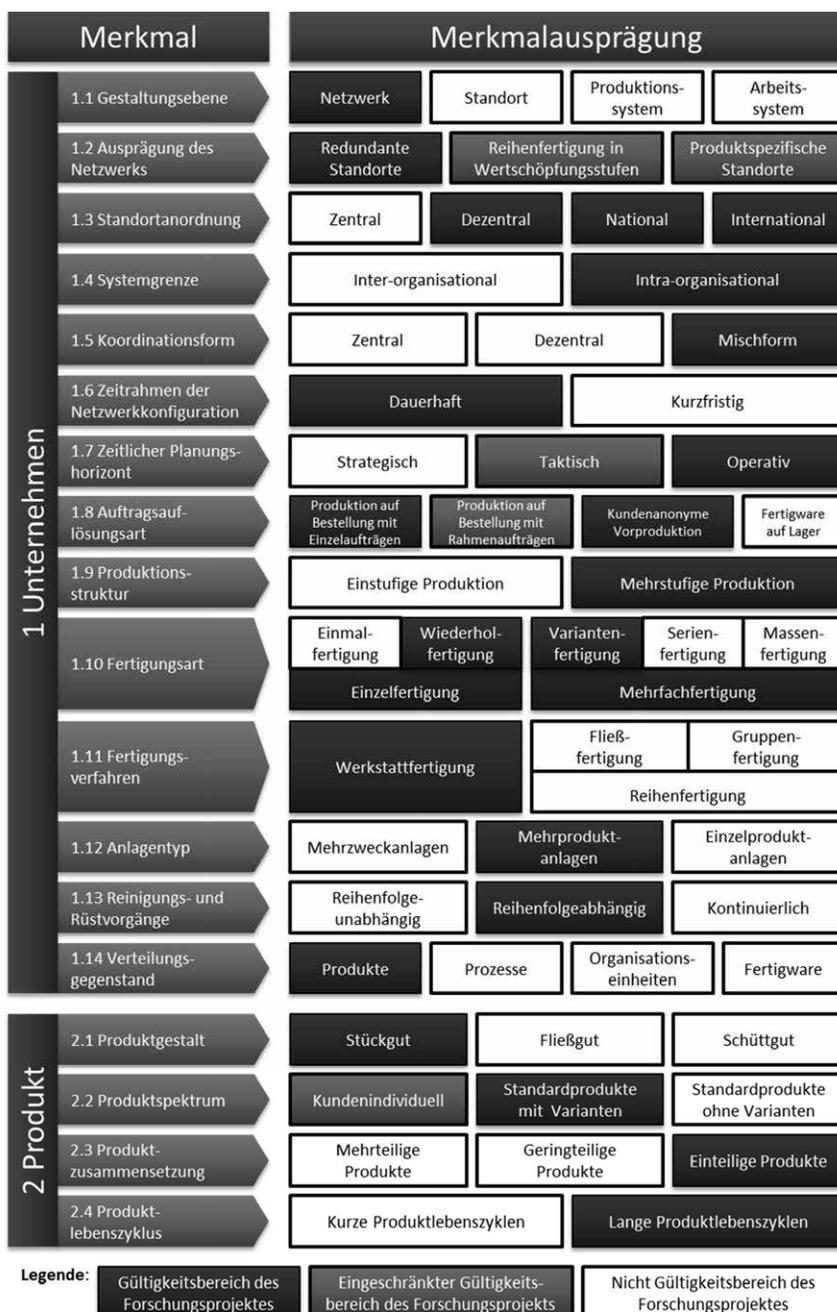
<sup>109</sup> Siehe (Peters, et al., 2005 S. 132)

<sup>110</sup> Siehe (Göpel-Gruner, 2014 S. 47)

<sup>111</sup> Siehe (Göpel-Gruner, 2014 S. 47)

<sup>112</sup> Siehe (Göpel-Gruner, 2014 S. 49)

<sup>113</sup> Siehe (Göpel-Gruner, 2014 S. 47)



**ABBILDUNG 8: MORPHOLOGISCHES MERKMALSHEMA ZUR TYPOLOGISCHEN ABGRENZUNG DES EINSATZBEREICHS<sup>114</sup>**

<sup>114</sup> Eigene Darstellung

Der Einsatzbereich des zu entwickelnden Verfahrens bezieht sich auf die Auftragszuordnung bei einem Produktionsnetzwerk, das aufgrund von technischer Überschneidung der Fertigungsauslegung der Standorte Redundanzen aufweist.<sup>115</sup> Produkte, deren Anforderungen außerhalb der Standortredundanzen liegen, können nur an einem dafür geeigneten Standort produziert werden.<sup>116</sup> Begründet durch die Vormaterialproduktion an einem Standort kann die Wertschöpfung innerhalb des Produktionsnetzwerks verteilt sein.<sup>117</sup>

Ein hier zu betrachtendes dauerhaftes, unternehmensinternes (intra-organisationales) Netzwerk<sup>118</sup> weist national oder international geographisch getrennte Standorte auf, die selbstorganisatorisch durch die jeweilige Fertigungsplanung den ihnen, von zentraler Instanz zugewiesenen, Auftragsbestand einplanen und abwickeln, so dass diese Art der Koordination als Mischform aus zentraler und dezentraler Koordination bezeichnet werden kann.<sup>119</sup>

Bei der Auftragszuordnung gilt es, den zeitlichen Planungshorizont zu differenzieren.<sup>120</sup> Die strategische Planung (größer drei Jahre) beschäftigt sich mit der Netzwerkauslegung, d.h. beispielsweise mit der Standortplanung oder -erweiterung („*location analysis*“<sup>121</sup>). Bei der taktischen Planung (zwischen einem und drei Jahren) wird z.B. das prognostizierte Produktionsvolumen den Standorten eines bestehenden Netzwerks zugeordnet („*project scheduling*“<sup>122</sup>). Das Ziel der operativen Planung ist unter anderem die optimale Nutzung der aufgebauten Kapazitäten („*machine scheduling*“<sup>123</sup>).<sup>124</sup> Das Forschungsprojekt bezieht sich auf ein bestehendes Produktionsnetzwerk, bei dem die Auftragszuordnung anhand taktischer Kapazitätsplanungsgrundlagen operativ erfolgt.

Die Merkmalausprägung des vorliegenden Unternehmenstyps unterscheidet die Auftragsauslösungsart in Varianten. Zum einen wird auf Bestellung der Kunden produziert, die sich aus Einzelaufträgen oder vereinzelt aus Rahmenaufträgen ergibt. Zum anderen wird kundenanonymes Vormaterial produziert, um die Produktionsdauer bis zum versandfähigen Produkt und somit die Lieferzeit zu verkürzen.<sup>125</sup>

Der zu betrachtende Unternehmenstyp weist eine mehrstufige Produktion auf, die der Wiederholfertigung der Einzelfertigung zugewiesen werden kann. Aufgrund der Vielzahl der Produkte und Formen ist dieser Unternehmenstyp darüber hinaus als Variantenfertiger der Mehrfachfertigung zu bezeichnen.<sup>126</sup> Diese Fertigungsarten können unter dem Begriff der Einzelauftragsfertigung zusammengefasst werden. Bei der Einzelauftragsfertigung wird nicht für einen anonymen Markt mit verschiedenen potentiellen Abnehmern, sondern für einen konkret vorliegenden Auftrag eines Kunden gefertigt. Die Einzelauftragsfertigung ist daher von der Kapazität sowie von den technischen Möglichkeiten der Betriebsmittel abhängig, die in Form der Werkstattfertigung angeordnet sind. Im Gegensatz zur Serienfertigung gibt es bei der Einzelauftragsfertigung kein festes Fertigungsprogramm.

Zur Gewährleistung dieser Anforderungen und zur Herstellung der enormen Produktvielfalt werden Mehrproduktanlagen eingesetzt, die auftragsreihenfolgenabhängig (produktreihenfolgenabhängig) Rüst- und Reinigungsvorgängen unterzogen werden, um die gewünschte Qualität zu garantieren.<sup>127</sup>

---

<sup>115</sup> Vgl. (Wrede, 2000 S. 13)

<sup>116</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 429)

<sup>117</sup> Vgl. (Dudenhausen, 1999 S. 23 f.)

<sup>118</sup> Vgl. (Lücke, 2005 S. 13 ff.)

<sup>119</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 431 ff.)

<sup>120</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 29)

<sup>121</sup> Siehe (Eiselt, et al., 2004 S. Preface)

<sup>122</sup> Siehe (Eiselt, et al., 2004 S. Preface)

<sup>123</sup> Siehe (Eiselt, et al., 2004 S. Preface)

<sup>124</sup> Vgl. (Kistner, et al., 2001 S. 12)

<sup>125</sup> Vgl. (Lücke, 2005 S. 24 f.)

<sup>126</sup> Vgl. (Gienke, et al., 2007 S. 57)

<sup>127</sup> Vgl. (Yang, 2005 S. 23 ff.)

Das produzierte einteilige Stückgut<sup>128</sup> des zu betrachtenden Unternehmenstyps reicht von kundenindividuellen Produkten zu primär variantenreichen Standardprodukten, die aufgrund der Absatzmärkte im Bereich der Elektronik- sowie Automobilbranche und vielen weiteren lange Produktlebenszyklen aufweisen.

Die Abgrenzung des Einsatzbereichs beschreibt einen Unternehmenstyp, der durch die Klassifikation der Wirtschaftszweige des statistischen Bundesamts<sup>129</sup> nachvollzogen werden kann. Die Klassifikation der Wirtschaftszweige erlaubt es, durch die beschriebene Eingrenzung zunächst den zutreffenden Wirtschaftszweig „ABSCHNITT C – VERARBEITENDES GEWERBE“ zu identifizieren und innerhalb dessen die Abteilungen einzugrenzen, die dem Einsatzbereich entsprechen. In der vorliegenden Arbeit ist dies die Abteilung „Metallerzeugung und -bearbeitung“. Weitere Abteilungen sind z.T. in Einzelfällen zutreffend. Die Abteilungen gliedern sich in Gruppen, denen dann Unternehmen zugeordnet sind. Die Gruppe „Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen“ entspricht dem Einsatzbereich aufgrund der besonderen Problemstellung der Auftragszuordnung, wie sie in Abschnitt 3.3 Relevanz des Verfahrens zur Auftragszuordnung näher beschrieben wird. Durch zutreffende Gruppen aus der Klassifikation der Wirtschaftszweige des statistischen Bundesamts lassen sich die Unternehmen identifizieren, für die das Verfahren zur Auftragszuordnung entwickelt und ausgelegt ist.

### 3.3 Relevanz des Verfahrens zur Auftragszuordnung

In vielen Anwendungsfällen werden Artikel statisch den Standorten, ungeachtet der aktuellen Gegebenheiten, zugeordnet, so dass vor dem Auftragszugang bereits feststeht, wo ein Auftrag produziert wird.

„Klassischerweise wird die Frage ‚Wo?‘ bzw. ‚durch Wen?‘ (Ressource) im Rahmen der Arbeitsplanung auftragsunabhängig und somit einmalig vor Produktionsstart beantwortet.“<sup>130</sup> Nach (Balve, et al., 1998) liegt die Betrachtung der standortspezifischen Fertigungsauslegung im Fokus, die lediglich als Grundlage der Auftragszuordnung zu verstehen ist, da die Zuordnung allein durch das Wissen über die Eignung der Standorte nicht bestmöglich erfolgen kann.<sup>131</sup> Dabei ist es jedoch elementar, die Fragen „Wo?“ und „durch Wen?“ durch systematisches Vorgehen abzuhandeln, so dass die laufende, operative Zuordnung von Aufträgen den gestellten Zielgrößen unter Berücksichtigung des sich dynamisch ändernden Umfelds gerecht werden kann.

Das Gestaltungsfeld der Auftragskoordination vergrößert sich heute und auch in Zukunft.<sup>132</sup> Erschwert wird eine ganzheitliche Betrachtung der Auswirkungen und Zusammenhänge von Zuordnungskriterien durch zunehmende Komplexität sowie sinkender Transparenz von Produktionsnetzwerken.<sup>133</sup> Daraus hat sich Inkonsistenz durch fehlende Standards und unterschiedliche Strukturen einzelner Produktionsstandorte entwickelt, die es verhindern, das technische und wirtschaftliche Potenzial des Produktionsnetzwerks bezüglich der Flexibilität und der Koordination von Abläufen vollständig auszuschöpfen.<sup>134</sup>

Durch Penetration neuer Märkte und durch das enorme Wachstum in Asien erwarten europäische Unternehmen eine Steigerung der Absätze.<sup>135</sup> Diese Entwicklung wird Kapazitätsengpässe bei den produzierenden Unternehmen verursachen. Mögliche Gegenmaßnahmen sind zum Beispiel die Aussonderung nicht „lukrativer“ Produkte aus dem Produktprogramm oder Investitionen zur Kapazitätserweiterung. Beide Möglichkeiten erfordern die Kenntnis und die Transparenz aller notwendigen Faktoren jedes betroffenen Standorts innerhalb eines Produktionsnetzwerks sowie ein ausreichendes Maß an Wandlungsfähigkeit, um auf die Änderungen innerhalb und außerhalb des Produktionsnetzwerks reagieren und Anpassungen vornehmen zu können.<sup>136</sup>

<sup>128</sup> Siehe (Wünsch, 2010 S. 24 f.)

<sup>129</sup> Vgl. (Statistisches Bundesamt Wiesbaden, 2008)

<sup>130</sup> Siehe (Balve, et al., 1998 S. 4)

<sup>131</sup> Vgl. (Biesenbach, 2007 S. 48)

<sup>132</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 295)

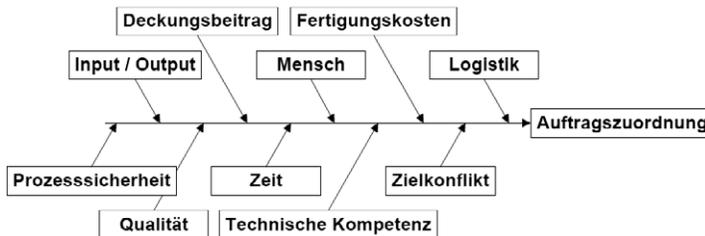
<sup>133</sup> Vgl. (Wenger, et al., 2011 S. 289)

<sup>134</sup> Vgl. (Oedekoven, et al., 2010 S. 65)

<sup>135</sup> Vgl. (Knipper, 2010)

<sup>136</sup> Vgl. (Westkämper, et al., 1998 S. 22)

Derzeit werden bei vielen Produktionsnetzwerken gegebene Produktionsaufträge (Auftragsbestand) in der Form den Standorten mit entsprechender Auslegung zugeordnet, dass möglichst alle Aufträge des Auftragsbestands ausgeführt werden können.<sup>137</sup> Weitere Faktoren (siehe angeführte Beispiele in Abbildung 9) sollen hinterfragt werden, die bei der Auftragszuordnung vieler Unternehmen keine hinreichende Berücksichtigung oder Integration finden können.



**ABBILDUNG 9: MÖGLICHE PARAMETER MIT EINFLUSS AUF DIE AUFTRAGSZUORDNUNG**<sup>138</sup>

Die Gründe liegen für Unternehmen zum einen in der unzureichenden, variierenden Basis der notwendigen Informationen, die eine Vergleichbarkeit der Standorte unmöglich macht.<sup>139</sup> „Übergreifende Funktionen wie Auftragsmanagement benötigen Auslastungsdaten und -übersichten der einzelnen Standorte.“<sup>140</sup> Zum anderen gibt es aus wissenschaftlicher Sicht „viele Arbeiten zum Thema der strategischen Planung eines Produktionsnetzwerks. Jedoch ist wenig Material zur taktischen Produktionsplanung (...) vorhanden, also die Frage, welche Produktionsvolumen an welchem Standort gefertigt werden sollen.“<sup>141</sup> Im Bereich der operativen Auftragszuordnung sind Lösungsansätze für den Einsatzbereich noch rarer. Darüber hinaus befassen sich die Forschungsarbeiten vorzugsweise mit den umsatzstärksten Industriezweigen wie Maschinenbau, Automobilindustrie und chemische Industrie. Aufgrund der zahlreichen Randbedingungen, die in der Einzelauftragsfertigung von beispielsweise Halbzeugen mit einem vielschichtigem Produktspektrum berücksichtigt werden müssen, können vorhandene Konzepte aus anderen Industriezweigen zur Produktionsplanung und speziell zur Auftragszuordnung nicht ohne Weiteres übertragen werden.<sup>142</sup>

Die potentiellen Folgen unzureichender Funktion der Auftragszuordnung sind:<sup>143</sup>

- Steigerung der ablaufabhängigen Gesamtkosten
- Verlust der Transparenz im Netzwerk
- Ungleichmäßige Auslastung der Produktionsstandorte und Produktionsanlagen
  - Ineffizienz des eingesetzten Kapitals
  - Bearbeitungskosten auf hohem Level
- Unverhältnismäßiger Anteil der Planungszeiten an der Auftragsabwicklungsdauer
- Kein positiver Beitrag zum  $EVA_{MAX}$ <sup>144</sup> und zur Kundenzufriedenheit

**Die Problemstellungen der Einzelauftragsfertigung**, die im Zusammenhang mit der Auftragszuordnung stehen, machen die Relevanz des Verfahrens zur Auftragszuordnung deutlich.

Die Herstellung eines Produkts bei Einzelauftragsfertigung wird durch den Kunden angestoßen, da dieser individuelle Produkte wünscht. „Eine Kundenanfrage initiiert beim Auftragsfertiger die Aktivitäten des Auftragsmanagements. Erste Schritte im Auftragsmanagement sind die Anfragefassung, die Angebots- und die Auftragsbearbeitung.“<sup>145</sup> Den ersten Schritten des Auftragsmanagements folgend „...findet nicht, wie bei Programmfertigern, eine anonyme Planung von Bedarfen, Fertigungsaufträgen u.a. statt, vielmehr steht der individuelle Kundenwunsch in

<sup>137</sup> Vgl. (Schellberg, 2002)

<sup>138</sup> Eigene Darstellung

<sup>139</sup> Vgl. (Nyhuis, 1998 S. 3)

<sup>140</sup> Siehe (Dombrowski, et al., 2004 S. 18)

<sup>141</sup> Siehe (Reichert, 2010 S. 33)

<sup>142</sup> Vgl. (Schmidt, et al., 2007 S. 24)

<sup>143</sup> Vgl. (Biesenbach, et al., 2007 S. 53)

<sup>144</sup> EVA = Economic Value Added

<sup>145</sup> Siehe (Schuh, 2006 S. 139)

*jeder Hinsicht im Vordergrund, sei es, was den Liefertermin, die Konstruktion, spätere Modifikationen eines Auftrags o.a. anbelangt. Dies bedeutet auch, dass der Vertriebs- und Absatzbereich in enger Wechselbeziehung mit der Produktionsplanung und -steuerung steht.“<sup>146</sup>*

### **Abstufung Einzelauftragsfertigung zur Erfüllung der individuellen Kundenaufträge**

(Abstufungen sind unterschiedlich weit vom Typ der Programmfertigung entfernt)

1. *„Spektrum standardisierter Produkte vorhanden, Fertigung dieser nur auf Bestellung des Kunden (keine Vorratshaltung).*
2. *Spektrum Standardprodukte vorhanden, Herstellung in unterschiedlichen Varianten möglich. Varianten können vordefiniert sein, oder durch Kundenwunsch gestaltet werden.*
3. *Mögliche Produktarten sind nicht im Detail, sondern nur grob festgelegt (z.B. Abgrenzung nach Produktbereich). Produkte werden kundenindividuell, in Verbindung mit konkreten Anfragen oder Aufträgen, spezifiziert. Es kann einerseits Grunderzeugnisse geben, die nach Kundenwunsch abgewandelt werden, andererseits ist es möglich, dass die Produktspezifikation teilweise oder ganz vom Kunden vorgegeben wird.*
4. *Einzelfertigung: Ein Produkt wird vollständig und nur auf Kundenwunsch konstruiert und gefertigt.*
5. *Einmalfertigung: Ein Extremfall der Einzelfertigung wie unter 4. liegt vor, wenn ein Produkt nur ein einziges Mal in dieser Form hergestellt wird. Dies ist vorrangig bei Großanlagen der Fall (z.B. ein Schiff, eine Brücke).“<sup>147</sup>*

Abgesehen davon, dass nicht ausreichend prognostiziert werden kann, welches Produkt (bestehendes Produkt aus dem Produktprogramm oder neues, zu entwickelndes Produkt) der Kunde zu welchem Zeitpunkt, in welcher Menge, an welchem seiner eigenen Standorte sowie ggf. weitere Spezifikationen wünscht, wird die Herstellung eines Produkts beim Einzelauftragsfertiger erst durch einen Kundenauftrag angestoßen. Der Grund dafür liegt darin, dass die Lagerhaltung, d.h. die Bestandskosten der Fertigprodukte der Einzelauftragsfertiger meist mit enormen Finanzierungsaufwand verbunden sind, die überwiegend durch teures Fremdkapital gedeckt werden müssen und der Absatz von vorgefertigten Fertigprodukten nicht gesichert ist. Bei den Kunden der Einzelauftragsfertiger ergibt sich ein ähnliches Bild, d.h. die Kunden reduzieren ihre Bestände. Die Kunden bestellen in kürzeren, meist unregelmäßigen Intervallen bei kleiner werdenden Losgrößen. Für den Einzelauftragsfertiger liegt dabei die Herausforderung in der Reaktionsfähigkeit und -qualität sowie der Herstellung der Kundenaufträge, deren Menge z.T. von der idealen Losgröße abweicht. Die kurzen Bestellzyklen kleiner Lose führen dazu, dass aufgrund der Rückwärtsterminierung häufig ein zeitnaher Produktionsstart erfolgen muss. Unternehmen der Einzelauftragsfertigung versuchen im Wettbewerb zu bestehen, indem „... sie den Vorstellungen und Wünschen ihrer Kunden möglichst weit entgegen kommen.“<sup>148</sup> Maßnahmen dazu betreffen z.B. die Verkürzung der Lieferzeit, indem Material oder Komponenten kundenanonym vorproduziert werden. „Aufgrund der oft sehr langen Wiederbeschaffungszeiten einzelner Rohmaterialien lagert der Auftragsfertiger diese in größeren Mengen ein, um somit den Bedarf mehrerer Perioden abdecken zu können.“<sup>149</sup> Dies kann nur dann gewährleistet werden, wenn die Lagerhaltungs- und Bestandskosten in einem vertretbaren Rahmen und somit nicht erlösmindernd sind. Bei NE-Metall-Herstellern sind die Rohmaterialkosten enorm.<sup>150</sup> Wird kein oder ein unzureichendes Vormateriallager disponiert, führt dies zu längeren Lieferzeiten aufgrund der Vormaterialwiederbeschaffungszeit, wodurch die Kundenzufriedenheit leidet und die Wettbewerber attraktiver werden. Dies beschreibt mitunter die Problemstellung der gesonderten Vorbereitung des Leistungserstellungsprozesses der Einzelauftragsfertiger.<sup>151</sup> Die Steigerung der Termintreue ist ein weiterer Grund, der für die Bereitstellung von Vormaterial spricht, wie folgendes Zitat zeigt: „Trotz langer Produktdurchlaufzeiten von meist mehreren Monaten kann der Auftragsfertiger mit Hilfe der Produktionsprogrammplanung seine Lieferzeiten verkürzen bzw. eine höhere Termintreue erreichen. Hierzu kann der Bedarf für bestimmte Standardbaugruppen oder Rohmaterialien prognostiziert und dessen Produktion oder Zukauf im Voraus angestoßen werden.“<sup>152</sup> Der Nutzen der Vormaterialdisposition hängt direkt von der

<sup>146</sup> Siehe (Kurbel, 2005 S. 198)

<sup>147</sup> Siehe (Kurbel, 2005 S. 198)

<sup>148</sup> Siehe (Kurbel, 2005 S. 197)

<sup>149</sup> Siehe (Schuh, 2006 S. 138)

<sup>150</sup> Vgl. (London Metal Exchange)

<sup>151</sup> Vgl. (Peters, et al., 2005 S. 132)

<sup>152</sup> Siehe (Schuh, 2006 S. 145)

Genauigkeit der Prognose ab und ist nur dann realisierbar, wenn die Lagerhaltungs- und Bestandskosten nicht erlösmindernd sind. Die Durchlaufzeit der Einzelauftragsfertiger ist neben der langen Vormaterialwiederbeschaffungszeit von der Anzahl der Arbeitsgänge und der dazwischen liegenden Warte- und Liegezeiten abhängig.<sup>153</sup> „Während bei einer Massenproduktion in Form der Fließfertigung die Zwischenlager- bzw. Übergangszeiten zwischen den Produktionsstufen praktisch bedeutungslos sind, erreichen diese Zeiten bei einer variantenreichen Produktion in Form der Werkstattfertigung heute 80 bis 90 Prozent der Durchlaufzeit.“<sup>154</sup> Hinzu kommt, dass bei einem sehr breiten Produktionsprogramm unterschiedliche Komplexitätsgrade der Produkte existieren, die mitunter aufgrund der Anzahl an Arbeitsgängen und begleitenden Warte- und Liegezeiten unterschiedliche Durchlaufzeiten benötigen.<sup>155</sup> Wird bei unterschiedlichen Komplexitätsgraden mit durchschnittlichen Durchlaufzeiten kalkuliert, kann dies dazu führen, dass zwar die Termintreue im Schnitt aus zu frühen und zu späten Aufträgen erfüllt wird, aber weder zu frühe noch zu späte Liefertermine den Kunden zufrieden stellen. Zur Reduzierung der langen Durchlaufzeiten kann das Vormaterial kundenanonym hergestellt werden, d.h. eine möglichst breite Auslegung, so dass ein möglichst großer Bereich an Produktspezifikationen aus einem Vormaterialtyp hergestellt werden kann.

Zur Darstellung der Vorproduktionsproblematik der Einzelauftragsfertiger wird nachstehend ein Vergleich zu prognosebetriebenen Prozessen aufgestellt.

#### **Auftrags- vs. Prognosebetriebene Prozesse**

- „*Make to stock*“: Keine der Stufen hat einen direkten Bezug zu Kundenaufträgen. Es wird auf Lager gefertigt und spätere Kundenaufträge werden aus dem Lagerbestand befriedigt.
- „*Assemble to order*“: Die Endmontage wird kundenauftragsbezogen ausgelöst, die davorliegenden Teilprozesse werden anhand von Bedarfsprognosen geregelt.
- „*Subassemble to order*“: Die Baugruppenfertigung und Endmontage sind auftrags-, die Teilefertigung und Beschaffung dagegen erwartungsbezogen.
- „*Make to order*“: Alle Produktionsteilprozesse werden auftragsbezogen ausgelöst, nur die Beschaffung von Fremdbezugsteilen bzw. Materialien erfolgt anhand von Erwartungswerten.
- „*Purchase and make to order*“: Alle Teilprozesse, von der Beschaffung bis zur Endmontage, werden ausschließlich durch Kundenaufträge veranlasst.“<sup>156</sup>

→ Dadurch ergibt sich die Relevanz, die Auftragszuordnung zum Zeitpunkt des Auftragsingangs durchzuführen, da die Vormaterialdisposition an den Standorten anhand des zugeordneten Auftragsbestands erfolgen kann, sofern die Wiederbeschaffungszeit unter der Dauer bis zum notwendigen Produktionsstart liegt. Andernfalls gilt es, einen anforderungsgerecht (monetäre und quantitative Anforderungen) dimensionierten Vormaterialbestand zu führen, der durch die direkte Auftragszuordnung bei der Auftragsbuchung die Vormaterialnachdisposition anstößt.

Dauerhafte, statische Auftragszuordnung des Produktprogramms ist beim Einzelauftragsfertiger nicht möglich, da dieses von Art, Menge und Zeitpunkt der Kundenaufträge sowie deren Produktwünschen (ggf. neue Produkte) abhängt. Beim Einzelauftragsfertiger bestimmt der Kundenwunsch die Tätigkeit, was die oben aufgeführten Zitate bestätigen. Aufgrund dessen können die Tätigkeiten und somit die Auftragszuordnung nicht ausreichend prognostiziert werden. Die dauerhafte, statische Zuordnung von definierten Produktgruppen zu Standorten führt dazu, dass die Dynamik des Produktionsumfelds unberücksichtigt bleibt. Dadurch werden Potenziale wie eine gleichmäßige Kapazitätsauslastung der Standorte, minimale Herstellkosten oder Steigerung der Kundenzufriedenheit nicht ausgeschöpft. Die Auftragszuordnung der Kundenaufträge kann erst erfolgen, wenn die Kundenaufträge vorliegen.

<sup>153</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 138)

<sup>154</sup> Siehe (Adam, 1998 S. 42)

<sup>155</sup> Vgl. (Adam, 1998 S. 42)

<sup>156</sup> Siehe (Kurbel, 2005 S. 200)

Die Einzelauftragsfertiger weisen neben den genannten Faktoren weitere zahlreiche Punkte auf, die die Relevanz des Verfahrens zur Auftragszuordnung für den zu untersuchenden Einsatzbereich deutlich machen. (Kurbel, 2005)<sup>157</sup> stellt Anforderungen an die Produktionsplanung und -steuerung von Auftragsfertigern vor, die nachfolgend in Bezug zur Auftragszuordnung gebracht werden.

Der bei Einzelauftragsfertigern anhaltende Wettbewerbsdruck und die damit begleitende Notwendigkeit die Kundenwünsche zu erfüllen, führt auch dazu, dass die Zielsetzung dieser Unternehmen von Zielen der Programmfertiger abweicht. Die Ziele der Einzelauftragsfertiger liegen darin, termingerecht und nach Wunsch des Kunden zu fertigen, damit die Kundenzufriedenheit sichergestellt werden kann. Das Ziel des Programmfertigers hingegen liegt darin, zu möglichst geringen Kosten zu fertigen. Die Erreichung dieses Ziels wird dahingehend optimiert, dass mit niedrigen Lagerbeständen bei möglichst hoher Kapazitätsauslastung und mit wirtschaftlichen Losgrößen gefertigt wird. Der Einzelauftragsfertiger nimmt hohe Produktionskosten in Kauf, um den Kunden zufrieden zu stellen, damit zukünftige Aufträge nicht an den Wettbewerber gehen. Der Wettbewerbsvorteil des Einzelauftragsfertigers liegt nach einer Umfrage mittelständischer Auftragsfertiger, auf die sich (Kurbel, 2005)<sup>158</sup> beruft, nicht darin, dass diese Unternehmen zu besonders niedrigen Kosten produzieren. Ansätze zur Auftragszuordnung bei Programmfertigern variieren die Menge und Zeitpunkte der herzustellenden Produkte aus dem Produktprogramm, um möglichst geringe Kosten bei maximalem Erlös zu generieren. Dies ist beim Einzelauftragsfertiger nicht möglich, da der Kundenauftrag die Menge und den Zeitpunkt des herzustellenden Produkts vorgibt.

Ein weiterer Wettbewerbsvorteil des Einzelauftragsfertigers besteht darin, dass Termine, die dem Kunden bestätigt wurden, einzuhalten sind, auch wenn dies zur Steigerung der Kosten durch Zusatzschichten oder Lohnbearbeitung externer Dienstleister führt. Bei Einzelauftragsfertigern mit einer hohen Varianz der Artikel ändert sich die Belegung der Anlagen je nach Produktmix der herzustellenden Kundenaufträge. Dadurch sind die Engpässe nicht prognostizierbar und können sich kurzfristig verschieben. So kann es vorkommen, dass ein aktueller Engpass in kurzer Zeit keinen Engpass mehr darstellt oder dass weitere Engpässe hinzukommen sowie ggf. die Anzahl der Engpässe trotz steigendem Auftragsbestand abnimmt. Präventivmaßnahmen zur Engpassvermeidung sind daher häufig unfruchtbar. Die Engpasssituation hat direkten Bezug zur Termintreue, da sich die Durchlaufzeiten ändern. Durchlaufzeiten können sich zudem durch schwankende Nutzungsgrade von Mehrproduktanlagen ändern, wodurch die Kapazitätsplanung erschwert wird. Des Weiteren können ungeplante Ausfälle sowie Nacharbeiten entstehen, die die Kapazitätssituation spürbar beeinflussen.

*„Da das ‚Produktionsprogramm‘ eines Auftragsfertigers nicht fest vorgegeben ist, existieren nicht in gleicher Weise Grunddaten wie bei Unternehmen, die ein Standard-Produktionsprogramm haben.“*<sup>159</sup> Obwohl diese Grunddaten bei Einzelauftragsfertigern nicht oder unzureichend vorhanden sind, müssen Termine und Kapazitätsbelastung vor bzw. bei der Auftragszuordnung geplant werden. Dies erschwert auch die Frage nach Produktpräferenzen, da viele Ansätze deckungsbeitragsorientiert Aufträge bevorzugen oder annehmen, was bei fehlenden Grunddaten jedoch nicht möglich ist. Dieses Defizit kann z.B. bei Wiederholfertigung durch Nachkalkulation weitreichend behoben werden. Terminermittlungen beruhen aufgrund des Datendefizits häufig auf Annahmen.<sup>160</sup> *„Es kann schwerwiegende Folgen haben, wenn ungenaue Daten auf Basis von Erfahrungswerten oder Schätzungen als Kalkulationsgrundlage dienen. ... Planzeiten ... bestehen aus den Haupt-, Rüst- und Nebenzeiten und bilden die Basis zur Erstellung von Arbeitsplänen, Termin- und Kapazitätsplanung der Aufträge sowie zur Fertigungssteuerung und Ermittlung der Fertigungskosten. ... Planzeiten sind keine statistischen Größen, sondern hängen von Technologiedaten wie Maschinenleistung und Schnittwerten, den Gegebenheiten vor Ort, von Fördermitteln, Hebezeugen und anderen betrieblichen Hilfsmitteln ab.“*<sup>161</sup> *„Aufgrund des Unikatcharakters der Produkte des Auftragsfertigers liegen für die Terminbestimmung im Rahmen der Angebotsbearbeitung meist keine konkreten Planungsinformationen (Stücklisten, Arbeitspläne) vor. Hierfür wird dann auf Ersatzdaten, wie beispielsweise auf Auftragsstrukturen vergleichbarer und bereits abgewickelter Aufträge oder Erfahrungswerte des Projektbearbeiters zurückgegriffen.“*<sup>162</sup>

<sup>157</sup> Vgl. (Kurbel, 2005 S. 200 ff.)

<sup>158</sup> Vgl. (Kurbel, 2005 S. 200)

<sup>159</sup> Siehe (Kurbel, 2005 S. 201)

<sup>160</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 138)

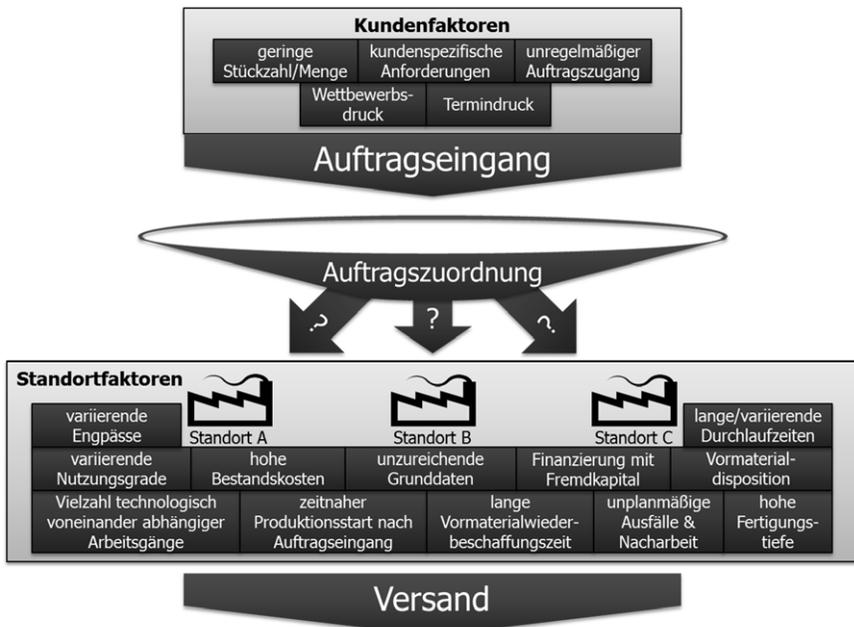
<sup>161</sup> Siehe Hess 2010 S.74

<sup>162</sup> Siehe Schuh 2006 S.141

- Für die Auftragszuordnung zum Zeitpunkt des Auftragseingangs spricht daher die Verwendung der zur Verfügung stehenden Daten. Präventiv ist die Auftragszuordnung bei Einzelauftragsfertigung aufgrund der fehlenden Daten nicht zielführend.

**Zusammenfassend** liegt die Relevanz zur Lösung der Problemstellung der Auftragszuordnung im Anwendungszusammenhang bei der Einzelauftragsfertigung. Im Rahmen empirischer Untersuchungen wurde festgestellt, dass 95% der Aufträge in der Metallverarbeitenden Industrie auftragsbezogen (inkl. Standardzeugnisse mit Varianten) und 79% in Einzel- oder Kleinserienfertigung produziert werden.<sup>163</sup>

Den Einzelauftragsfertiger begleiten verschiedene Herausforderungen, wie innerhalb dieses Abschnitts beschrieben wurde. Nachstehende Abbildung 10 stellt diese Problemstellungen dar, die die Identifikation und Wahl des geeignetsten Standorts aus einer Menge an zulässigen Standorten erschweren.



**ABBILDUNG 10: HERAUSFORDERUNGEN DER EINZELAUFTRAGSFERTIGUNG IN BEZUG ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>164</sup>**

<sup>163</sup> Vgl. (Neuhäuser, 1993) & (Grauer, et al., 1996)

<sup>164</sup> Eigene Darstellung

## 4 Stand der Forschung

Nachstehend wird der Stand der Forschung aufgezeigt. Dazu werden zunächst Problemklassen vorgestellt, bei denen ebenfalls ein Zuteilungsproblem vorherrscht. Dabei werden Parallelen zur Problemstellung der Auftragszuordnung gezogen. Im Anschluss daran werden zunächst grundlegende theoretische Ansätze und darauf folgend Ansätze aus verschiedenen Forschungsbereichen aufgeführt. Die nachfolgende Analyse der Ansätze aus den verschiedenen Forschungsbereichen eröffnet eine zusammenfassende Darstellung des Forschungsbedarfs. Darauf aufbauend erfolgt eine Eingrenzung bis hin zur Vorstellung und Auswahl eines Forschungsansatzes zur Lösung der Problemstellung. Abschließend werden die Forschungsschwerpunkte präsentiert.

Der beschriebene Ablauf folgt nachstehendem Flussdiagramm.

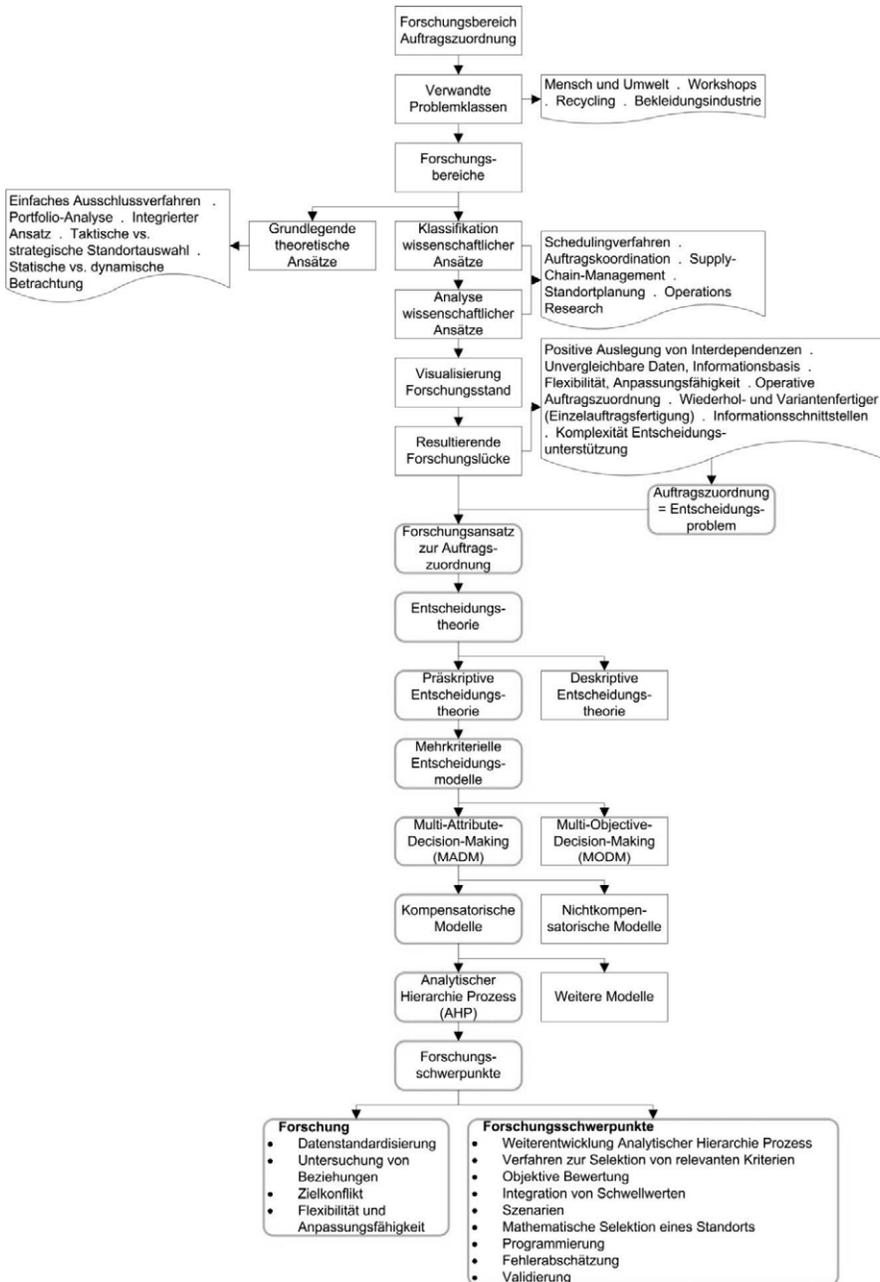


ABBILDUNG 11: FLUSSDIAGRAMM EINGRENZUNG FORSCHUNGSBEREICH (ORANGE = FOKUS)<sup>165</sup>

<sup>165</sup> Eigene Darstellung

## 4.1 Einordnung in den wissenschaftlichen Zusammenhang

Die Auftragszuordnung entspricht einem Zuteilungs- bzw. Produktionsaufteilungsproblem, wie unter Abschnitt 2.1 Ausgangssituation und Problemstellung erläutert wurde. Zuteilungsprobleme sind in vielen Problemklassen vorzufinden. Dabei wird bei der Suche eines Optimums aus gegebenen Informationen z.B. durch Algorithmen eine Lösung errechnet.<sup>166</sup> Jedoch ist das Problem der Zuteilung direkt an die jeweilige Problemklasse gebunden, d.h. die Lösung des Zuteilungsproblems kann nicht als allgemeingültige Lösung gewertet werden, sondern bezieht sich vorerst auf die Problemklasse aus der die Lösung stammt. Durch Forschung und Entwicklung lassen sich Erkenntnisse nutzen und übertragen. Der damit verbundene Aufwand und Schwierigkeitsgrad streut sich jedoch über die vollständige Bandbreite an Ausprägungsformen und ist von einer Vielzahl an Faktoren abhängig.<sup>167</sup>

Nachstehend sind vier Problemklassen aufgeführt:

### 1. Mensch und Umwelt

(Ziesing, 2007) beschreibt die Zuteilung von Emissionswerten innerhalb der EU auf die Mitgliedstaaten. Dabei werden zahlreiche Kriterien hinzugezogen, wie Wettbewerbseffekte, wirtschaftliche Vertretbarkeit und weitere. (Ziesing, 2007) berücksichtigt dadurch indirekt Interdependenzen, die mit der Zuteilung von Emissionswerten verbunden sind und schränkt die Zuteilung nicht ausschließlich auf eine Mengenvergabe ein.

### 2. Workshops

Das von (Thede, 2007) entwickelte Verfahren dient der Lösung eines Zuteilungsproblems bei Workshops. Sie zeigt ihre Lösung anhand des „Girls day“<sup>168</sup>, bei dem die Mädchen in begrenzter Teilnehmeranzahl Workshops besuchen können. (Thede, 2007) ermöglicht bei der Teilnehmerzuteilung die Berücksichtigung von Teilnehmerpräferenzen (Vorlieben).

### 3. Recycling

(Walther, et al., 2009) betrachten bei ihrem Ansatz ein Zuteilungsproblem innerhalb eines Netzwerks bestehend aus eigenständigen Unternehmen, die kooperieren, um elektronische Altgeräte wiederzuverwerten bzw. ordnungsgemäß Bestandteile zu entsorgen. Sie verfolgen dabei einen Ansatz der als Mischform aus zentraler und dezentraler Koordination der Zuteilung von Recyclingaufgaben innerhalb des inter-organisationalen Netzwerks bezeichnet wird. Dadurch lässt sich der Koordinationsaufwand reduzieren, ohne die notwendige Eigenständigkeit der Unternehmen negativ zu beeinflussen.

### 4. Bekleidungsindustrie

(Friemuth, et al., 1997) betrachten ein Zuteilungsproblem in der Bekleidungsindustrie, die häufig globale inter-organisationale Netzwerke betreiben. Diese Netzwerke unterliegen im Betrachtungsfall von (Friemuth, et al., 1997) einer zentralen, koordinierenden Instanz, die den Standorten langfristige Aufträge zuteilt. Der Ansatz überzeugt durch flexible Gewichtung von Kriterien, die sich an den Anforderungen der Aufträge orientiert, jedoch entsteht dadurch erheblicher manueller Aufwand, der emotionale Wertung zulässt.

## 4.2 Bestehende Ansätze verschiedener Forschungsbereiche

In der Literatur finden sich ebenso vielfältige Ansätze aus unterschiedlichen Forschungsbereichen wie Problemklassen, die sich direkt oder indirekt mit der Optimierung der Auftragszuordnung befassen.

Nachstehend werden dazu grundlegende theoretische Ansätze vorgestellt. Anschließend werden wissenschaftliche Ansätze in Forschungsbereiche klassifiziert und aufgeführt. Diese Ansätze werden auf die Eignung zur Auftragszuordnung des abgegrenzten Untersuchungsbereichs analysiert.

<sup>166</sup> Vgl. (Tinhofer, 1971 S. 8 ff.)

<sup>167</sup> Vgl. (Thede, 2007 S. 36 ff.)

<sup>168</sup> Girls day ermöglicht jungen Mädchen einen Einblick in Ingenieursberufe und in der Regel Studiengänge die überwiegend von männlichen Studenten besucht werden.

#### 4.2.1 Grundlegende theoretische Ansätze

Das Werk von (Abele, 2006) setzt Maßstäbe bei der Grundlagenbeschreibung zum Themenfeld von Produktionsnetzwerken. Nachfolgende Ausführungen grundlegender theoretischer Ansätze beziehen sich auf dessen Inhalte.

##### Einfaches Ausschlussverfahren

*„Dient der Auswahl eines Produktionsstandorts für ein klar umrissenes Produktfeld bzw. Produktionsvolumen: Eine gegebene Anzahl von Optionen wird schrittweise reduziert. Die Betrachtung beschränkt sich weitgehend auf die eigene Produktion; Schnittstellen zu Zulieferern und Abnehmern sowie anderen Unternehmensbereichen werden nur implizit berücksichtigt. Das Vorgehen ist daher für mittelständische Unternehmen mit einer geringen Anzahl von Standorten und Kunden geeignet.“*<sup>169</sup>

##### Portfolio-Analyse

*„Die Portfolio-Analyse eignet sich für Konzerne und Unternehmen mit einer Vielzahl unterschiedlicher, wenig überlappender Geschäftsfelder. Zielsetzung ist die Priorisierung, d.h. die Bestimmung der Geschäftsfelder mit dem größten Internationalisierungspotenzial.“*<sup>170</sup> Durch die Portfolio-Analyse lassen sich somit Überschneidungen der Fertigungsauslegung einzelner Standorte eines bestehenden intra-organisationalen Produktionsnetzwerks erfassen.

##### Integrierter Ansatz

*„Der integrierte Ansatz umfasst eine Vielzahl von Produkten, Fertigungsschritten sowie Standorten und berücksichtigt alle relevanten Einflussfaktoren und Interdependenzen: Das gesamte Produktionsnetzwerk kann aus übergreifender Sicht optimiert werden.“*<sup>171</sup> Der integrierte Ansatz kann für eine Ist-Analyse herangezogen werden, so dass darauf aufbauend notwendige Erkenntnisse zur Gestaltung der Auftragszuordnung abgeleitet werden können.

##### Taktische vs. Strategische Standortauswahl

*„Die Zuordnung von Produkten und die mittelfristige Kapazitätsplanung von Standorten ist hingegen taktischer Natur. Die hierbei beachteten Kriterien sind weitgehend losgelöst von denen, die bei der strategischen Standortwahl relevant sind: Freie Kapazitäten und direkt nutzbares Produkt- und Verfahrens-Knowhow spielen eine wesentliche Rolle.“*<sup>172</sup> Hierbei können Parallelen zur Auftragszuordnung gezogen werden, die im Bereich der operativen Produktionsplanung anzusiedeln ist. Die Wahl und Verhältnismäßigkeit von Zuordnungskriterien spielt dabei eine entscheidende Rolle.

##### Statische vs. dynamische Betrachtung

*„Statische Methoden gehen von gleichbleibenden Parameterwerten (z.B. Absatzmengen, Faktorkosten) aus. Sie betrachten den ‚eingeschwungenen‘ Zustand eines Standorts oder eines Produktionsnetzwerks. Um dennoch eine Zukunftsorientierung zu erreichen, werden häufig langfristige Durchschnittswerte angesetzt.“*<sup>173</sup> Bei der Auftragszuordnung gilt es, Standorte zu bewerten und mit den Anforderungen eines Auftrags abzugleichen, um den dafür geeigneten Standort zu wählen. Die Eignung eines Standorts zur Herstellung eines Produkts ergibt sich dabei aus statischen Kriterien, die es zu erfassen gilt.

*„Die dynamische Betrachtung einer potenziellen Standortstruktur erlaubt es, die Veränderung von operativen und wirtschaftlichen Parametern im Zeitverlauf zu berücksichtigen.“*<sup>174</sup> Ein Beispiel dafür ist die Kapazität eines Standorts, die sich aufgrund des Auftragsbestands dynamisch verhält und bei der Zuordnung weiterer Aufträge berücksichtigt werden muss.

*„Um die finanziellen Implikationen von Auslandsinvestitionen differenziert bewerten zu können, nutzen Unternehmen oft **kombinierte Verfahren**. So kann eine langfristig orientierte Kostenvergleichsrechnung Aufschluss über die erreichbare Kostenposition ausgewählter Produkte geben, während eine dynamische Betrachtung der Zahlungsstromeffekte als Basis für die*

<sup>169</sup> Siehe (Abele, 2006 S. 104)

<sup>170</sup> Siehe (Abele, 2006 S. 104)

<sup>171</sup> Siehe (Abele, 2006 S. 104 f.)

<sup>172</sup> Siehe (Abele, 2006 S. 115)

<sup>173</sup> Siehe (Abele, 2006 S. 116)

<sup>174</sup> Siehe (Abele, 2006 S. 116)

*Berechnung des Kapitalwerts und der Amortisationsdauer einer Maßnahme dient. Die Verwendung unterschiedlicher Verfahren erscheint insbesondere dann sinnvoll, wenn diese auf der gleichen Datenbasis aufbauen.*<sup>175</sup> Dieser Ansatz kann darüber hinaus auf die Anforderungen der Auftragszuordnung übertragen werden, indem die Zuordnung eines Auftrags als Investition betrachtet wird, die je nach Standortwahl einen Beitrag zum EVA leistet. Ermöglicht wird dies durch die Kombination von statischen und dynamischen Kriterien, um den zum Zeitpunkt der Zuordnung besten Standort für einen Auftrag zu bestimmen.

#### **4.2.2 Klassifikation wissenschaftlicher Ansätze**

Nachfolgend werden Forschungsbereiche aufgeführt, die in Relation (direkt oder indirekt) zur Auftragszuordnung und somit zur Problemstellung des Untersuchungsbereichs stehen. Die Forschungsbereiche werden dafür eingangs definiert und, sofern vorhanden, deren Teilbereiche vorgestellt. Im Anschluss an die Definition eines Forschungsbereichs werden die jeweiligen Ansätze beschrieben.

##### **Schedulingverfahren**

*„Aufgabe des Scheduling ist die Zuordnung von gegebenen, mengen- und terminmäßig spezifizierten Aufträgen zu Ressourcen und die Bestimmung der zeitlichen Reihenfolge, in der die zu einem bestimmten Zeitpunkt an einer Ressource wartenden Aufträge bearbeitet werden sollen.“*<sup>176</sup>

(Friemuth, et al., 1997) stellen in ihrem Forschungsbericht ein zentrales Planungsmodell für die Anforderungen der Bekleidungsindustrie in inter-organisationalen Produktionsnetzwerken vor. Das entwickelte Modell setzt sich aus Planungsstufen zusammen, an denen besonders die Auftragsannahme und -verteilung durchgeführt wird. Die Zuordnung erfolgt dabei unter Berücksichtigung von Zuordnungskriterien und wird als Zuordnungsstrategie verstanden, die wiederholt angewendet werden kann.<sup>177</sup>

(Reichert, 2010) ordnet seine Dissertation in den Bereich der Produktionsverlagerung innerhalb der taktischen Produktionsplanung von inter-organisationalen Produktionsnetzwerken ein. Er stellt die eigens entwickelte MAE-P<sup>3</sup>-Methode (Maschinen Anlagen und Einrichtungen – Prozess – Produkt – Planungen) vor, die dazu dient anhand von technischen Kriterien Vergleichbarkeit der Produktionsstandorte zu generieren. Das Ergebnis durch die Anwendung der Methode ist die Aussage, auf welchen Produktionslinien innerhalb des Produktionsnetzwerks ein Produkt produziert werden kann.<sup>178</sup>

(Wrede, 2000) hat ein Planungsverfahren zur simultanen Produktionsprogrammplanung bei redundanten, international verteilten Produktionsstandorten von Serienfertigern entwickelt. Dabei berücksichtigt er Interdependenzen und Zuordnungskriterien, die z.T. als unscharf (nicht messbar) bezeichnet werden. Die Flexibilität des Verfahrens soll es ermöglichen, Zuordnungskriterien je nach Auftragsanforderungen zu gewichten. Wrede stellt die Verteilung der Produktionsvolumina auf die Standorte eines Netzwerks in den Fokus seiner Dissertation.<sup>179</sup>

(Ziesing, 2007) stellt in seinem Abschlussbericht einen praktikablen Ansatz zur Erstellung eines nationalen Allokationsplans im Rahmen des EU-weiten Emissionshandelssystems dar. Es handelt sich um ein ökonomisches, marktbasierendes Instrument, mit dem die Emission von Treibhausgasen einen Preis erhalten soll, den die Unternehmen in ihrer betriebswirtschaftlichen Rechnung berücksichtigen müssen.<sup>180</sup>

##### **Teilbereich Multi-Site-Scheduling**

*„Innerhalb der Produktionsplanung besteht die Aufgabe des Multi-Site-Scheduling darin, eine Anzahl gegebener Produktionsaufträge (Auftragsbestand) innerhalb eines Anlagenverbundes*

<sup>175</sup> Siehe (Abele, 2006 S. 116)

<sup>176</sup> Siehe (Günther, et al., 2005 S. 334)

<sup>177</sup> Vgl. (Friemuth, et al., 1997)

<sup>178</sup> Vgl. (Reichert, 2010)

<sup>179</sup> Vgl. (Wrede, 2000)

<sup>180</sup> Vgl. (Ziesing, 2007)

(globales Produktionsnetzwerk) so einzuplanen, dass alle Aufträge des Auftragsbestandes ausgeführt werden können. Gleichzeitig sind weitere, teilweise konkurrierende Ziele oder Anforderungen zu berücksichtigen; beispielsweise sollen die durch die Anlagenbelegungsplanung in Form von Ablaufplänen zeitlich und örtlich zugeordneten Aufträge zu minimalen Bearbeitungskosten, zu einer gleichmäßigen Auslastung der Produktionsanlagen sowie zu einer hohen Termintreue führen und gleichzeitig länderspezifische Besonderheiten berücksichtigt werden.“<sup>181</sup>

(Biesenbach, 2007) hat im Rahmen seiner Dissertation ein „Planungsverfahren zur zentralen Anlagenbelegungsplanung bei international verteilten Standorten in der chemischen Industrie“<sup>182</sup> entwickelt. Dazu selektiert und erfasst er statische sowie dynamische Zuordnungskriterien, berücksichtigt Interdependenzen und unscharfe Planungsinformationen, anhand derer Aufträge den redundanten Standorten zugeordnet werden können. Weiter dient das entwickelte Verfahren dazu, bis auf Anlagenebene der Standorte zu planen.<sup>183</sup>

(Biesenbach, et al., 2007) zeigen ein Verfahren des Multi-Site-Scheduling auf, das die Interdependenzen der Planungsaufgaben (Simultanplanung) Auftragszuordnung, Auftragsterminierung, Verfügbarkeitsprüfung und Reihenfolgeplanung berücksichtigt. Durch Anwendung eines evolutionären Algorithmus (stochastisches, heuristisches Verfahren) können gleichzeitig mehrere Zielgrößen, wie monetäre oder terminologische, miteinbezogen werden. Weiter werden unscharfe Planungsinformationen durch den Einsatz der Fuzzy-Mathematik berechnet. Die Anwendung ist auf die Anforderungen eines globalen Produktionsnetzwerks der chemischen Industrie und speziell für die Kunststoffindustrie ausgelegt, bei der die Planung wöchentlich (Durchlaufdauer der Planung vier Stunden) durchgeführt wird.<sup>184</sup>

#### **Teilbereich Machine-Scheduling**

„Die Maschinenbelegungsplanung ... befasst sich mit der optimalen Einplanung von Aufträgen ..., die auf gewissen Maschinen zu bearbeiten sind. ... Die zentrale Frage der Maschinenbelegungsplanung ist, wann welche Aufträge auf welchen Maschinen bearbeitet werden sollen, so dass eine bestimmte Zielfunktion minimal wird. Hierbei zu berücksichtigende Restriktionen können etwa vorgegebene Bereitstellungstermine oder nicht überschreitbare Fertigstellungstermine für gewisse Aufträge sein oder auch eine vorgeschriebene Bearbeitungsreihenfolge für einzelne Aufträge.“<sup>185</sup>

(Neuhaus, et al., 2006) stellen eine reaktive Planungsmethodik zur Anlagebelegungsplanung für die chemische Sortenproduktion vor, die auf einer prädiktivreaktiven Reschedulingstrategie basiert und im Wesentlichen aus vier Einzelmodulen besteht.<sup>186</sup>

- Erstellung eines prädiktiven Ausgangsplans
- Simulation des Plans mit Hilfe eines Simulationsmodells
- Identifikation von Störungsfällen
- Behebung der Störungen und erneute Simulation

#### **Auftragskoordination**

„Im Rahmen der Auftragskoordination sind die zukünftigen Leistungserstellungsprozesse der an einem Kundenauftrag beteiligten Einheiten des Produktionsnetzes durch eine auftragsbezogene Grobplanung in kürzester Zeit aufeinander abzustimmen. Zur Auftragskoordination ... gehören alle zur Planung und Steuerung erforderlichen Aufgaben, die zwischen der Kundenanfrage und der Auslieferung des Produkts an den Kunden anfallen.“<sup>187</sup>

<sup>181</sup> Siehe (Biesenbach, et al., 2007 S. 50)

<sup>182</sup> Siehe (Biesenbach, 2007 S. 4)

<sup>183</sup> Vgl. (Biesenbach, 2007)

<sup>184</sup> Vgl. (Biesenbach, et al., 2007)

<sup>185</sup> Siehe (Neumann, et al., 2002 S. 474)

<sup>186</sup> Vgl. (Neuhaus, et al., 2006)

<sup>187</sup> Siehe (Dudenhausen, 1999 S. 22 f.)

(Böhmer, 1994) entwickelt im Rahmen seiner Dissertation ein Referenzmodell zur prozessorientierten Auftragsabwicklung in Unternehmen mit kundenspezifischer Einzel- und Kleinserienfertigung durch die Bestimmung von Koordinationsaufgaben einer Auftragsleitstelle. Dabei verbessert er die Kommunikation entlang der Schnittstellen des innerbetrieblichen Auftragsabwicklungsprozesses. Weiter stellt (Böhmer, 1994) die Integration in die Systemlandschaft eines Unternehmens dar, die jedoch mit heutigen Systemen nicht vergleichbar ist.<sup>188</sup>

(Dietrich, et al., 2009) zeigen eine Methode wie Standorte, Produkte, Prozesse und Bereiche eines Produktionsnetzwerks durch das morphologische Schema abgebildet werden können, um bei der Konfiguration eines neuen Netzwerks oder bei der Unterstützung von Restrukturierungsvorhaben eines bestehenden Netzwerks die Aufgaben und Tätigkeiten (Bsp. Zuteilung von Produkten aufgrund Fertigungsauslegung) entsprechend der vorliegenden Kompetenzen zu verteilen, so dass der größtmögliche Nutzen vordefinierter Kriterien erreicht werden kann.<sup>189</sup>

(Dudenhausen, 1999) hat ein Verfahren zur Auftragskoordination in inter-organisationalen Produktionsnetzen der Halbleiterindustrie entwickelt, durch dessen Anwendung Aufträge unter globalen Gesichtspunkten zerlegt, terminiert und bei Redundanzen von Prozessen den alternativen Partnern optimiert zugeordnet werden können. (Dudenhausen, 1999) setzt dafür einen evolutionären Algorithmus ein und ermöglicht dadurch eine Reduktion der Produktionskosten und eine Erhöhung der Kundenzufriedenheit.<sup>190</sup>

(Hartweg, 2003) zeigt in seiner Dissertation ein Instrumentarium auf, durch dessen Anwendung Aufträge innerhalb eines Unternehmens zugeordnet werden können. Dazu werden temporäre, innerbetriebliche Produktionsnetzwerke gebildet, die einer monetären Bewertung unterzogen werden. Die Auftragszuordnung erfolgt unter Berücksichtigung von flexiblen und fixen Ressourceneinflüssen.<sup>191</sup>

(Käselau, 2002) hat im Rahmen seiner Dissertation Prozessmodelle für die technische Auftragsabwicklung bei dezentralen Strukturen entwickelt und darauf aufbauend die Anforderungen und Potenziale einer adaptierten Datenverarbeitungs-Unterstützung analysiert sowie ein System zur rechnerunterstützten Auftragsabwicklung prototypisch realisiert. Das resultierende Modell wurde durch eine Methodik gestaltet, die zu einer strukturierten Vorgehensweise führt.<sup>192</sup>

Das Resultat der Dissertation von (Lücke, 2005) ist die Entwicklung einer kontextspezifischen Gestaltungsmethodik zur übergeordneten Koordination in intra-organisationalen Produktionsnetzwerken. Die Gesamtmethodik beinhaltet drei Modellbausteine. Ein Beschreibungsmodell, in dem Ziele und Informationsflüsse einer übergeordneten Koordination sowie die Unterteilung der Anforderungen von intra-organisationalen Produktionsnetzwerken beschrieben werden. Weiter führt er ein Erklärungsmodell auf, das die Wirkungszusammenhänge der Komponenten des Beschreibungsmodells abbildet. Daraus formt er ein Entscheidungsmodell zur aufwands- und nutzenbasierten Auswahl relevanter Koordinationsschwerpunkte.<sup>193</sup>

(Walther, et al., 2009) arbeiten auf Basis der anliegenden Rahmenbedingungen eines inter-organisationalen Netzwerks, bestehend aus eigenständigen Dienstleistungsunternehmen der Recyclingbranche für Elektronikaltgeräte, Anforderungen an einen Koordinationsansatz heraus. Aufbauend darauf, wird ein zweistufiger, dezentraler Koordinationsansatz entwickelt und die Umsetzung des Ansatzes in seinen Grundzügen skizziert. Mit Hilfe von mathematischen Gleichungen berechnen (Walther, et al., 2009) ein monetäres Optimum zur Allokation im besagten Netzwerk. Die Methodik ist auf die taktische Koordination ausgelegt.<sup>194</sup>

---

<sup>188</sup> Vgl. (Böhmer, 1994)

<sup>189</sup> Vgl. (Dietrich, et al., 2009)

<sup>190</sup> Vgl. (Dudenhausen, 1999)

<sup>191</sup> Vgl. (Hartweg, 2003)

<sup>192</sup> Vgl. (Käselau, 2002)

<sup>193</sup> Vgl. (Lücke, 2005)

<sup>194</sup> Vgl. (Walther, et al., 2009)

### Supply-Chain-Management

*„Supply Chain Management ist die ganzheitliche, kundenorientierte Betrachtung von Geschäftsprozessen von den ursprünglichen Zulieferern bis zum Endkunden. Es umfasst dabei alle strategischen und operativen Maßnahmen zur effizienten und effektiven Koordination aller inter- und intra-organisatorischen Material- und Warenflüsse.“*<sup>195</sup>

(Jähne, et al., 2007) führen unterschiedliche Planungsmethoden des Supply-Chain-Managements auf und bewerten diese kritisch im Hinblick auf deren Ansatz. (Jähne, et al., 2007) gehen davon aus, dass innerhalb eines globalen Produktionsnetzwerks die Schnittstellen auf Personal & Social Relations Level mit der Koordinationsebene standortspezifischer Faktoren (monetär) entscheidend bei der Planung und Verlagerung der Bestandteile eines globalen inter- als auch intra-organisationalen Produktionsnetzwerk Einfluss nehmen und Teil der Forschung sein sollten.<sup>196</sup>

(Kleindienst, 2004) fasst mit dem vorgestellten Aggregationsplanungsverfahren detaillierte monetäre Daten und Kapazitätsinformationen zu größeren heterogenen Einheiten zusammen, um sie übersichtlicher zu machen und ihre Interpretation zu erleichtern. Dieser Ansatz ermöglicht die Verknüpfung von Kapazität und Kosten innerhalb des Supply-Chain-Managements mit Hilfe eines heuristischen Algorithmus.<sup>197</sup>

(Teich, et al., 2002) beschreiben einen Planungsansatz von Produktionsnetzwerken, bei dem durch die Abtretung von Entscheidungskompetenzen einzelner Unternehmen alle Beteiligten eine Produktivitätssteigerung erfahren können. Der „Anfrager“ stellt seinen Auftrag basierend auf monetären, terminologischen und qualitativen Präferenzen dem Netzwerk zur Bearbeitung aus. Dabei wird die geeignetste Lieferkette selektiert, die wiederum je nach Bestand und Kapazität Aufträge an ihre Lieferanten stellen. Somit bildet der Ansatz das Top-Down-Prinzip in einem hierarchischen Produktionsnetzwerk ab.<sup>198</sup>

(Yang, 2005) entwickelt in seiner Dissertation ein Planungsverfahren, das speziell für die Besonderheiten verfahrenstechnischer Produktionsprozesse innerhalb des Supply Networks der chemischen Industrie ausgerichtet ist. Dabei überträgt er das Planungsproblem in Ansätze des Operations Research und ermöglicht dadurch hohe Genauigkeit hinsichtlich der zeitlichen Lage der Produktionsprozesse.<sup>199</sup>

### Standortplanung

*„Der Begriff der betrieblichen Standortplanung umfasst in seiner weitesten Fassung alle Aktivitäten zur vorausschauenden und systematischen Analyse sowie zur gedanklichen Lösung betrieblicher Standortprobleme. ... Der Bereich der Standortplanung umfasst im Wesentlichen die Aktivitäten der Suche und Beurteilung von Handlungsaktivitäten bei einem vorliegenden Standortproblem, die letztendlich zu einer konkreten Handlungsempfehlung führen sollen.“*<sup>200</sup>

*„Maßnahmen zur Neuordnung der bestehenden Standortstruktur beinhalten beispielsweise die geographische Auswahl neuer Produktionsstandorte im Zusammenhang mit der Festlegung der an den jeweiligen Standorten zu fertigenden Produkte, die im vorangegangenen Schritt der Produktprogrammplanung näher spezifiziert wurde.“*<sup>201</sup>

(Dietrich, 2009) setzt den Fokus seiner Dissertation auf international aufgestellte Großunternehmen, welche kundenspezifische Produkte mit mechanischen und elektrischen Komponenten herstellen. Er entwickelt dazu eine Methodik zur Gestaltung intra-organisationaler Produktionsnetzwerke. Die Methodik liefert alternative Kooperationsformen durch Zuordnung der Produktionsfunktionen zu alternativen Standorten.<sup>202</sup>

<sup>195</sup> Siehe (Teich, et al., 2002 S. 180)

<sup>196</sup> Vgl. (Jähne, et al., 2007)

<sup>197</sup> Vgl. (Kleindienst, 2004)

<sup>198</sup> Vgl. (Teich, et al., 2002)

<sup>199</sup> Vgl. (Yang, 2005)

<sup>200</sup> Siehe (Bankhofer, 2001 S. 115)

<sup>201</sup> Siehe (Schuh, 2006 S. 33)

<sup>202</sup> Vgl. (Dietrich, 2009)

(Neuner, 2009) erstellt im Rahmen seiner Dissertation einen allgemeinen Bezugsrahmen<sup>203</sup> zur Konfiguration internationaler Produktionsnetzwerke auf Basis der bisherigen Forschung, um dann in einem zweiten Schritt durch neue Erkenntnisse zum Umgang mit dem Aspekt der Unsicherheit bei der Standortplanung erweitert zu werden. (Neuner, 2009) zeigt auf, dass die Konfiguration internationaler Produktionsnetzwerke eine eigenständige strategische Aufgabe darstellt, die durch Interdependenzen in die Strategiehierarchie und in den Regelkreis der Unternehmensführung eingebunden ist.<sup>204</sup>

(Meyer, 2006) stellt in seiner Dissertation ein unternehmensübergreifendes Instrument zur Standortplanung dar, das eine wettbewerbsfähige Konfiguration eines globalen interorganisationalen Produktionsnetzwerks ermöglicht. Trotz des Einsatzes von Verfahren und Methoden des Operations Research zur Entwicklung eines strategisch ausgelegten Planungsinstruments, durch das monetäre Gesichtspunkte optimiert werden sollen, ist die Arbeit von (Meyer, 2006) dem Bereich der Standortplanung zuzuordnen.<sup>205</sup>

### Operations Research

*„Operations Research ist ein auf praktische Anwendung mathematischer Methoden ausgerichteter Wissenszweig und befasst sich mit der Problemanalyse und Vorbereitung optimaler Entscheidung in Organisationen. Operations Research ist geprägt durch die Zusammenarbeit von Mathematik, Wirtschaftswissenschaften und Informatik.“*<sup>206</sup>

*„Scheduling and location theory are important areas of operations research with a wealth of applications, e.g. in logistics, production planning, and supply chain management.“*<sup>207</sup>

(Thede, 2007) hat im Rahmen ihrer Dissertation ein zweistufiges Optimierungsverfahren für Probleme entwickelt, bei denen die Eingangsvariablen des Problems durch das Ergebnis der Optimierung selbst nachträglich beeinflusst werden. Sie bringt dabei das Verfahren zur Anwendung bei Präferenzänderung von Teilnehmern nach Bekanntgabe einer Workshopzuteilung.<sup>208</sup>

(Volling, 2009) hat in seiner Dissertation eine modellbasierte Entscheidungsunterstützung für die auftragsbezogene Planung bei variantenreicher Serienproduktion konzipiert, um auf dieser Basis Anwendungsvoraussetzungen und Gestaltungsempfehlungen für den Einsatz von Planungssystemen abzuleiten. Dabei führt er Grenzkostenberechnungen im Rahmen des Operations Research durch.<sup>209</sup>

### Teilbereich LP-Modelle

Der Bereich lineare Optimierung bzw. lineare Programmierung (LP) ist dem Operations Research zuzuordnen. *„In einem LP-Modell handelt es sich um ein System von Gleichungen und Ungleichungen, das mehrere gültige Lösungen besitzt. Eine zulässige Lösung dieses Systems ist eine Wertekombination der Entscheidungsvariablen, die alle gegebenen Restriktionen erfüllt. Das besondere bei LP-Modellen ist, dass sie fast immer unendlich viele zulässige Lösungen besitzen. Die Restriktionen lassen somit Freiräume zur Auswahl einer gewünschten Lösung. Es gilt nun, nach einer Lösung zu suchen, die im Sinne der gegebenen Zielfunktion optimal ist.“*<sup>210</sup>

Modelle oder allgemein Problemstellungen sind nach (Adam, 1997)<sup>211</sup> nur dann durch Lineare Programmierung lösbar, wenn folgende Strukturmerkmale gegeben sind:

- *„Die zu maximierende bzw. zu minimierende Zielfunktion ist linear, alle Variablen treten in der ersten Potenz auf und sind additiv miteinander verknüpft.“*

<sup>203</sup> Die Formulierung eines Bezugsrahmens ist ein möglicher Ansatz zur Entwicklung exakter und spezifischer Modelle und Theorien. Ein Bezugsrahmen ist die Vorstufe der Modellentwicklung. Siehe (Neuner, 2009 S. 65)

<sup>204</sup> Vgl. (Neuner, 2009)

<sup>205</sup> Vgl. (Meyer, 2006)

<sup>206</sup> Siehe (Ellinger, et al., 2003 S. 2)

<sup>207</sup> Siehe (Elvikis, et al., 2009 S. 361)

<sup>208</sup> Vgl. (Thede, 2007)

<sup>209</sup> Vgl. (Volling, 2009)

<sup>210</sup> Siehe (Suhl, et al., 2013 S. 44)

<sup>211</sup> Vgl. (Adam, 1997 S. 460 ff.)

- *Der Raum der zulässigen Lösungen kann durch ein lineares (Un-) Gleichungssystem beschrieben werden. Die von den Variablen einzuhaltenden Nebenbedingungen (Restriktionen) müssen als lineare Gleichungen oder Ungleichungen formulierbar sein.*
- *Die Variablenwerte können stetig variieren. Falls für einzelne oder alle Variablen ganzzahlige Werte zulässig sind, müssen spezielle Algorithmen eingesetzt werden. In diesem Fall ist die Suche nach der optimalen Lösung erheblich aufwendiger und oftmals nicht mit vertretbarem Zeitaufwand möglich.“<sup>212</sup>*

Eine klassische Anwendung der Linearen Optimierung ist die Programmplanung.<sup>213</sup> Dabei wird die zu produzierende Menge der Produkte aus dem Produktprogramm unter Berücksichtigung von z.B. verfügbarer Rohstoffmenge bei gegebenen Kapazitäten und Deckungsbeiträgen der Produkte berechnet. Ziel ist dabei meist, wie bei Programmfertigern üblich, das Programm zu bestimmen, das in Summe den höchsten Deckungsbeitrag generiert.<sup>214</sup> „Typische Zielfunktionen sind z. B. Ertrags-, Deckungsbeitrags- oder Gewinnmaximierung, Kostenminimierung, Maximierung des ROI oder des NPV etc.“<sup>215</sup>

Es gibt unterschiedliche Arten von LP-Modellen, wie Modelle ohne zulässige Lösungen, unbeschränkte Modelle bei denen es keine endliche Optimallösung gibt, mehrdeutige Optimallösungen, d.h. es gibt unendlich viele gleichwertige Optimallösungen und degenerierte Optimallösungen.<sup>216</sup>

#### 4.2.3 Analyse wissenschaftlicher Ansätze

Die vorgestellten, wissenschaftlichen Ansätze werden nachstehend analysiert und auf die Eignung zur Anwendung des Untersuchungsbereichs bewertet. Daraus resultiert eine Forschungsmatrix, die Überschneidungen der Ansätze mit dem Forschungsvorhaben visualisiert. Auf Basis dieser Analyse ergibt sich die Forschungslücke für das dargestellte Problemfeld der Auftragszuordnung.

##### **Ansätze des Scheduling (Multi-Site-Scheduling und Machine Scheduling)**

„Die Mehrzahl dieser Ansätze geht dabei von einer statischen Planungsumgebung aus. Dabei wird angenommen, dass alle planungsrelevanten Informationen im Voraus bekannt sind und dass in dem betrachteten Produktionssystem bisher keine Aufträge ausgeführt werden.“<sup>217</sup> Dies entspricht nicht den Anforderungen des abgegrenzten Untersuchungsbereichs, da die Planungsumgebung zwar statische Bestandteile, wie die Standortauslegung aufweist, jedoch überwiegend durch den dynamischen Charakter relevanter Kriterien, wie der Kapazität bei der Zuordnung der Aufträge, geprägt ist.

Darüber hinaus legen die betrachteten Ansätze teilweise den Fokus auf inter-organisationale Produktionsnetzwerke mit verteilter Wertschöpfung, bei der sich die Zuordnung zwar auf Aufträge bezieht, die jedoch aufgrund globaler Netzwerkstruktur und Anwendungsbranche meist über die Lebensdauer eines temporären inter-organisationalen Produktionsnetzwerks besteht. Dabei werden nicht, wie im Betrachtungsfall, operative Entscheidungen sondern maßgeblich taktische und strategische Zuordnungsentscheidungen getroffen, die im aktuellen Stand der Forschung nicht ohne Weiteres für den Betrachtungsfall anwendbar sind. Weitere Ansätze des Scheduling setzen den Fokus auf die Zuordnung von Produktionsvolumen oder Produktarten an die verfügbaren Standorte. Die fortlaufende Zuordnung von einzelnen Aufträgen kann dabei nicht berücksichtigt werden.

Schnittstellen, Informationsbasis und Informationsfluss finden im Bereich des Scheduling ebenfalls keine ausreichende Berücksichtigung. Des Weiteren beschreiben die Ansätze nur unzureichend notwendige Vorgehensweisen, um die Allokationsentscheidung vorzunehmen. Ein weiterer Kritikpunkt in Bezug auf die Eignung für den Betrachtungsfall stellt die Inflexibilität der Planungsverfahren dar. Zwar gibt es Ansätze zum Rescheduling, jedoch kann die Zuordnung

<sup>212</sup> Siehe (Adam, 1997 S. 460)

<sup>213</sup> Vgl. (Adam, 1997 S. 580 ff.)

<sup>214</sup> Vgl. (Adam, 1997 S. 460 ff.)

<sup>215</sup> Siehe (Suhl, et al., 2013 S. 34)

<sup>216</sup> Vgl. (Suhl, et al., 2013 S. 39)

<sup>217</sup> Siehe (Neumann, et al., 2002 S. 192)

nicht auf spezielle Anforderungen, wie z.B. die Gewichtungsverschiebung der Kriterien zur Anpassung wechselnder Zielstellungen, reagieren. Darüber hinaus stellen die Ansätze überwiegend geschlossene Systeme dar, die kaum erweiterbar sind, wenn z.B. neue Produkte oder Standorte implementiert werden sollen. Aufgrund der überwiegend hochkomplexen und vielschichtigen Verknüpfungen mathematischer Gleichungen zur Berechnung der geeignetsten Ressource für die Bearbeitung eines Auftrags sind kontinuierliche Verbesserungen der Berechnungsstruktur mit enormem Aufwand verbunden.

Nützliche Erkenntnisse des Scheduling für die Anwendung beim Betrachtungsfall liegen in der zentralen Planung redundanter Standorte zur Zuteilung von Aufträgen mit Hilfe von Zuordnungskriterien unter Berücksichtigung von Interdependenzen.

#### **Ansätze der Auftragskoordination**

Die Ansätze der Auftragskoordination finden häufig Anwendung bei Neugestaltung oder Restrukturierung von Netzwerken, die überwiegend temporär ausgelegt sind. Dabei gilt es, Koordinationschwerpunkte zu bestimmen und Kompetenzen zu verteilen. Dadurch wird der Rahmen zur Auftragskoordination gespannt, dem die Auftragszuordnung unterliegt. Als Folge werden zum Beispiel dauerhaft Auftragsstypen den Ressourcen anhand von überwiegend monetären Gesichtspunkten zugewiesen. Des Weiteren sind redundante Ressourcen, Interdependenzen, Informationsbasis und -fluss nicht Teil der Betrachtungen.

Grund dafür ist der Fokus auf Koordinationsaufgaben bei räumlich verteilten Standorten, die zur Bestimmung zentraler und dezentraler Planungsaufgaben der Auftragszuordnung relevant sind. Die Ansätze der Auftragskoordination zeigen darüber hinaus Methoden zur Auftragsabwicklung sowie strukturierte Abläufe zur Eingrenzung des Betrachtungsbereichs, um die Komplexität der Problemstellung in einen überschaubaren Umfang zu transferieren.

#### **Ansätze des Supply-Chain-Managements**

Das Supply-Chain-Management zeichnet sich durch Netzwerke mit verteilten Produktionsstufen aus. Häufig sind diese inter-organisational ausgerichtet, indem Zulieferunternehmen Bauteile, Produktkomponenten oder weitere Produkte an Firmen zur Weiterverarbeitung liefern. In der Regel sind die Unternehmen einer Supply-Chain zur Herstellung eines Produktes oder zur Dienstleistung einzelner Aufgaben spezialisiert, so dass Redundanzen selten Betrachtung finden. In wenigen Fällen, in denen Redundanzen bei der Auswahl von z.B. Bauteillieferanten bestehen, werden diese anhand von monetären, terminologischen und z.T. kapazitiven Gesichtspunkten selektiert und mit einem temporären Auftrag belegt.<sup>218</sup> Diese Art der Zuteilung ist für die Anwendung beim Betrachtungsfall zu einseitig. Darüber hinaus werden kaum weitere Zuordnungskriterien berücksichtigt. Schnittstellen, Interdependenzen, Informationsbasis und -fluss werden dabei aufgrund der Auslegung innerhalb des Supply-Chain-Managements als Randbereiche behandelt, wie sie zur Anwendung der Auftragszuordnung nicht ausreichen. Des Weiteren eignen sich, wie beim Scheduling aufgeführt, komplexe mathematische Planungsverfahren, die auch im Bereich des Supply-Chain-Managements überwiegend Anwendung finden, nicht für die operative Auftragszuordnung aufgrund der Inflexibilität, der mangelnden Erweiterungsfähigkeit sowie dem Aufwands- und Nutzenverhältnis bei Verbesserung oder Anpassung.

Grundsätzlich zeigen auch die Ansätze des Supply-Chain-Managements Möglichkeiten zur Reduzierung der Komplexität durch die Eingrenzung und Verknüpfung von relevanten Informationen. Diese Erkenntnis sowie die Grundstruktur der Planungsverfahren und der Zuteilung können für den Anwendungsfall der Auftragszuordnung nützlich sein.

#### **Ansätze der Standortplanung**

*„Die unterschiedlichen Vorgehensmodelle bei der Standortwahl gleichen sich insofern, als die Vielzahl der betrachteten Optionen im Laufe des Auswahlprozesses schrittweise eingegrenzt wird, unterscheiden sich jedoch deutlich in ihrem Betrachtungsumfang, ihrer Leistungsfähigkeit und Komplexität.“*<sup>219</sup>

Die grundsätzliche Differenz zwischen der Standortplanung und dem Betrachtungsfall liegt darin, dass die Standortplanung neue Standorte plant bzw. die Auslegung, Produktionsstufen und

<sup>218</sup> Vgl. (Jähne, et al., 2007) & (Kleindienst, 2004) & (Teich, et al., 2002) & (Yang, 2005)

<sup>219</sup> Siehe (Abele, 2006 S. 102)

weitere Punkte bei einem bestehenden Netzwerk optimiert. Bei der Optimierung vorhandener Standorte finden häufig Werkzeuge des Operations Research Verwendung, die mathematisch monetäre Optimierung der Netzwerkauslegung berechnen. Dabei wird festgelegt welche Standorte zur Bearbeitung bestimmter Produkte geeignet sind, so dass Produktionsaufträge in Zukunft an diese Standorte zugeordnet werden können. Die Kriterien der Zuordnung beschränken sich dabei überwiegend auf die Fertigungsauslegung der Standorte, da aufgrund der Auslegung dieses Forschungsbereichs noch nicht mit Aufträgen geplant wird. Die Standortplanung ist somit die Basis der Auftragszuordnung. Schnittstellen, Informationsbasis und -fluss sind ebenfalls aufgrund der Forschungsauslegung nicht Teil der Ansätze, wie bei der Klassifikation der wissenschaftlichen Ansätze erläutert wurde.

Im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojekts können zentrale Planungsaufgaben eines Produktionsnetzwerks als Informationsbasis herangezogen werden, um die Interdependenzen zu berücksichtigen. Die Planung der Standortauslegung hilft darüber hinaus die Parameter zu identifizieren, die bei der Auftragszuordnung bezogen auf die Standorte von Relevanz sind.

### **Ansätze des Operations Research**

Die Ansätze des Operations Research setzen bei deren Anwendung Daten und Informationen voraus, die gerade beim Betrachtungsfall nicht in der geforderten Reinform zugänglich sind. Zwar gibt es Ansätze wie die Fuzzy-Methode, bei der mit ungenauen Werten gerechnet wird, jedoch ist die Anwendung sehr aufwendig und eignet sich somit eher für Probleme, die eine einmalige Entscheidungsfindung erfordern. Grundsätzlich scheiden die Methoden des Operations Research zur Anwendung beim Betrachtungsfall aufgrund der mathematischen Komplexität aus, die bei der bereits vorliegenden Komplexität des Anwendungsfalls nur noch weitere Probleme hervorrufen könnte. Darüber hinaus sind die zwar sehr vielfältigen Ansätze und Einsatzmöglichkeiten des Operations Research positiv hervorzuheben, jedoch weisen sie unter anderem durch die Inflexibilität einen entscheidenden Nachteil auf. Anpassungen, Erweiterungen und sonstige Umgebungseinflüsse lassen sich nur mit enormem Aufwand berücksichtigen.

### **Ansätze der LP-Modelle**

*„Insgesamt gesehen enthalten die Modelle der linearen Programmierung starke Vereinfachungen, und dennoch erfordern einige Modelle einen hohen Daten- und Rechenaufwand. Insbesondere die Ansätze der simultanen Investitions- und Produktionsplanung führen zu einer Komplexität, die eine Durchsetzung in der Unternehmenspraxis verhindern.“*<sup>220</sup> LP-Modelle sind deshalb gerade im Bereich der strategischen Produktionsprogrammplanung anzutreffen, da in der operativen Planung und speziell in der operativen Auftragszuordnung trotz Vereinfachungen die Komplexität die Anwendung verhindert. Diese LP-Modelle widmen sich laut (Adam, 1997) der Frage: Welche Produkte sollen in welcher Menge durch das Unternehmen produziert werden? Diese Art der Problemstellung tritt laut (Adam, 1997) bei Serien- und Massenfertigern auf. Die Problemstellung der Auftragszuordnung im Untersuchungs- und Einsatzbereich weicht von dieser Problemstellung ab. Hier wird nicht im Vorfeld bestimmt, was in welcher Menge produziert werden soll. Es gibt daher kein Fertigmateriallager. Der Kunde bestellt ein Produkt mit einer Spezifikation zu einem Termin (meist in naher Zukunft) mit einer vom Kunden gewünschten Menge. Der angestrebte Kundenservice der Einzelauftragsfertiger erfordert direkte Rückmeldung an den Kunden, ob der Wunschtermin eingehalten werden kann. Zu diesem Zeitpunkt muss für diesen Auftrag entschieden werden, welcher der verfügbaren Standorte der geeignetste Standort ist. D.h. z.B. technisch machbare Standorte, vom Kunden freigegebene Standorte, Vormaterial-Bestand oder Vormaterialwiederbeschaffungszeit, Kapazität der Anlagen laut Arbeitsplan (sofern vorhanden) und mögliche Alternativanlagen, ... uvm. müssen geprüft werden, um anschließend zu berechnen, welcher der Standorte den geeignetsten Standort darstellt. Ist dies errechnet, wird dem Kunden die Auftragsbestätigung direkt übermittelt. Aufgrund dessen liegt hier keine Optimierung im Sinne der LP-Modelle vor. In der Praxis werden LP-Modelle dennoch angewandt, was zu weiteren Problemen führt. Der hier zu lösende Problemfall des typologisch abgegrenzten Untersuchungsbereichs der Einzelauftragsfertigung koordiniert Fertigungsaufträge für Kunden und i.d.R. keine Lageraufträge. D.h. die Priorisierung und Freigabe der Entscheidung, welches Produkt in welcher Menge zu welchem Zeitpunkt produziert werden soll, ist bereits gefällt. Hier wird nicht, wie bei den LP-Modellen, Produktionsprogrammplanung durchgeführt, da dies in der Einzelauftragsfertigung per Definition nicht möglich ist. „Da das

<sup>220</sup> Siehe (Becker, 2010 S. 84)

„Produktionsprogramm“ eines Auftragsfertigers nicht fest vorgegeben ist, existieren nicht in gleicher Weise Grunddaten wie bei Unternehmen, die ein Standard-Produktionsprogramm haben.“<sup>221</sup>

**Visualisierung Forschungsstand**

Nachstehende liefert einen Überblick über die ausgewählten Ansätze und deren Ausrichtung im Vergleich zum Forschungsvorhaben.

**Legende:**

- Bestandteil ●
- Teilweiser Bestandteil ◐
- Findet Berücksichtigung ○

		Forschungsvorhaben																														
		Scheduling	Friemuth, et al.	Reichert	Wrede	Ziesing	Multi-Site-Scheduling	Blesenbach	Blesenbach, et al.	Machine-Scheduling	Neuhaus, et al.	Auftragskoordination	Bohmer	Dierrich, et al.	Dudenhausen	Hartweg	Käselau	Lücke	Walter et al.	Supply-Chain-Management	Kleindienst	Teich, et al.	Yang	Standortplanung	Dierrich	Meyer	Neumer	Schellberg	Operations-Research	Thede	Volling	
Planungsbereich	Einzelunternehmen				●			●	●		●		●	●	●	●	●	●						●		●	●	●			●	
	Netzwerk verschiedener Unternehmen (inter-organisational)		●	●											●					●			●			●		●			●	
	geographisch & räumlich verteilte Standorte		●	●											●								●			●		●			●	
	Redundante Standorte		●	●											●								●			●		●			●	
	Produktionsstufenverteilung über Produktionsnetzwerk		◐												◐								◐			◐		◐			◐	
	Dezentrale Planung				●										●		◐		●	●				●			●		●			●
	Zentrale Planung		●	●	●					●	●			●		●		●	●				●		●		●		●			●
	Netzwerkunabhängig											●										●									●	
	Industrie- / Unternehmensunabhängig																						●								●	
Funktionsbereich	Auftragskoordination		●	◐	◐			◐	◐		◐		●	●	●	●	●	●	●												◐	
	Produktionsplanung und -steuerung		●	●	●			●	●		◐				●							●	●	●							●	
	Interorganisationale Auftragsabwicklung		●	●											●								●						◐			
	Intraorganisationale Auftragsabwicklung							●	●				●	●		●	●										◐	◐				
	Zuteilung / Allokation		●	●	●	●			●	●		●		◐	◐	●	●	●	●			●	●	●				●		●		
	Forschungsansatz	Analyse & Bewertung																														●
Vorgehensmodell			◐						●					●					●	●								◐	◐		●	
Entscheidungsmodell			◐											◐																	●	
Planungsverfahren			●	●	●				●	●					●								●	●	●						●	
Konfigurationsverfahren									●	●				◐									●	●	●						●	
Forschungsfokus	Koordinationsbedarf																														◐	
	Koordinationsaufgaben																														◐	
	Zuordnungskriterien		●		●	●		●																							◐	
	Schnittstellen			◐																											◐	
	Interdependenzen		●	◐	●	●		●	●					◐																	◐	
	Informationsbasis																														◐	
	Informationsfluss			◐																											◐	
	Einzel- und Variantenfertigung																														◐	
	Sonstige Industriezweige und -formen		●	●	●				●	●					●	●	●	●	●					●	●	●	●	●	●		●	

**TABELLE 5: FORSCHUNGSMATRIX<sup>222</sup>**

<sup>221</sup> Siehe (Kurbel, 2005 S. 201)  
<sup>222</sup> Eigene Darstellung

### 4.3 Resultierende Forschungslücke

Die Analyse der wissenschaftlichen Forschungsbereiche hat gezeigt, dass die Optimierung betriebswirtschaftlicher, organisatorischer Faktoren<sup>223</sup> in Bezug auf die Auftragszuordnung mit Hilfe des Forschungsstands für die Anwendung beim Betrachtungsfall nicht ohne weiteres möglich ist.

Die positive Auslegung von **Interdependenzen** der Auftragszuordnung ist derzeit aufgrund fehlender Erfassungsmodelle nicht erreichbar. *„Um Abhängigkeiten zwischen den unterschiedlichen Einflussfaktoren zu analysieren, ist ein systematisches Modell der Kriterien zu erstellen, wofür jedoch noch keine Methodik entwickelt wurde.“*<sup>224</sup>

Die Voraussetzung dieser Methodik und die allgemeine Grundlage der Auftragszuordnung sind Mittel im Umgang und zur Aufhebung **unvergleichbarer Daten** der einzelnen Standorte eines Produktionsnetzwerks. *„Die standortübergreifende Koordination in Form von ganzheitlichen und durchgängigen Informationsflüssen in intra-organisationalen Produktionsnetzwerken ist derzeit in der industriellen Praxis ungenügend.“*<sup>225</sup> Des Weiteren setzt der Forschungsstand eine einheitliche **Informationsbasis** über alle Standorte eines Produktionsnetzwerkes voraus, auf der die Untersuchungen aufsetzen können. In der Praxis ist meist keine einheitliche Informationsbasis verfügbar. Die grundsätzliche und primäre Entwicklung eines vergleichbaren Standards über die einzelnen Standorte ist nicht Teil der bekannten Forschungsarbeiten und kann somit nicht auf die spezifischen Anforderungen der Auftragszuordnung ausgeformt werden.

Des Weiteren zeigen die Forschungsansätze unzureichende **Flexibilität** und **Anpassungsfähigkeit** bei sich ändernden Informationen und Anforderungen an die Auftragszuordnung. Das liegt mit unter daran, dass *„der Fokus vieler Modelle auf strategischen Entscheidungen liegt, verbergen sich jedoch die Hauptprobleme oft im operativen Geschäft.“*<sup>226</sup>

*„Klassischerweise wird die Frage ‚Wo?‘ bzw. ‚durch Wen?‘ (Ressource) im Rahmen der Arbeitsplanung auftragsunabhängig und somit einmalig vor Produktionsstart beantwortet.“*<sup>227</sup> Und genau darin liegt das Problem, denn dies beschreibt nur die Fertigungsauslegung der Standorte, die **laufende Zuordnung der Aufträge** wird dabei ausgeblendet. Die einmalige Auftragszuordnung ist für Serien- und Massenfertiger geeignet, bei denen die zugeordneten Produkte dauerhaft (taktische, strategische Entscheidung) an einem Standort in großen Stückzahlen produziert werden. Bei Einzelauftragsfertigern ergibt sich ein völlig anderes Bild, hier hat diese statische Art der Auftragszuordnung schwerwiegende Nachteile, wie schlechte Liefertermine, Überlastung eines Standorts und dadurch Rückstände sowie weitere Nachteile, die in Folge negativ auf die Kundenzufriedenheit und die unternehmensinterne Zielstellungen wirken, da die Dynamik des Produktionsumfelds völlig vernachlässigt wird. Aufgrund dessen soll bei Einzelauftragsfertigung die Auftragszuordnung operativ erfolgen.

Zwar zeigen gerade die Ansätze des Scheduling den Umgang und bedingt die Auswahl von **Zuordnungskriterien** zur Auftragszuordnung, doch ist deren Auslegung abweichend von der Wiederhol- und Variantenfertigung (Einzelauftragsfertigung) und zudem werden dabei die Kriterien oft einseitig ausgelegt. *„Eine Fokussierung auf reinen Fertigungskosten ist beispielsweise in der Regel zu eng.“*<sup>228</sup> Die Art der Kriterien-Selektion bekannter Ansätze weist Defizite auf. Unterschiedliche Unternehmen verfolgen unterschiedliche Ziele im Bereich der Auftragszuordnung, die mit unterschiedlichen Anforderungen konfrontiert sind. Es kann daher keine allgemeingültigen Kriterien geben, die für jeden Anwender gelten müssen. Eine reine Massenbefragung, wie sie in einigen Ansätzen durchgeführt wird, bringt nicht zwingend ausschließlich relevante Kriterien hervor, sondern mitunter Kriterien, die für die Befragten offensichtlich sind, bzw. dem vorliegenden Ist-Zustand betreffen. Eine reine Zielableitung auf Kriterien birgt die Gefahr, dass nicht alle Kriterien hervorgebracht werden können. Daher ist eine mehrstufige und strukturierte Analyse notwendig, die zu Beginn aus unterschiedlichen Standpunkten auf die

<sup>223</sup> Beispiele betriebswirtschaftlicher, organisatorischer Faktoren: monetäre und terminologische Optimierung, Schnittstellenkoordinationsverbesserung, positive Auslegung von Interdependenzen („Interdependenz“ beschreibt wechselseitige Beeinflussung ökonomischer Variablen)

<sup>224</sup> Siehe (Albrecht, et al., 2010 S. 268)

<sup>225</sup> Siehe (Schmidt, et al., 2007 S. 22)

<sup>226</sup> Siehe (Jähne, et al., 2007 S. 115)

<sup>227</sup> Siehe (Balve, et al., 1998 S. 4)

<sup>228</sup> Siehe (Abele, 2006 S. 103)

Auftragszuordnung blickt, um eine möglichst vollständige Abbildung aller Kriterien zu erlangen, aus der dann selektiert werden kann was notwendig ist. Darüber hinaus arbeiten bekannte Modelle z.T. mit Schätzwerten oder ungenauen Werten, die dann über weitere Methoden in kalkulierbare Werte transformiert werden, wodurch sich Fehler und somit Fehlentscheidungen ergeben können. Werte, die z.B. durch Experten angegeben (geschätzt) werden, verursachen manuellen Aufwand. Dieser Aufwand ist bei einmaligen Entscheidungen ggf. gerechtfertigt, jedoch übersteigt dieser im Bereich der operativen Auftragszuordnung, d.h. täglichen Anwendung im Bereich von mehreren 100 Aufträgen (je nach Anwender), den realisierbaren Aufwand. Darüber hinaus ist die Qualität dieser manuell angegebenen Werte in Bezug auf Objektivität äußerst fraglich.

Die **Komplexität** der Ansätze wird durch die ebenfalls hohe Komplexität des Anwendungsfalls erhöht und kann zu weiteren Problemen bei der **Entscheidungsfindung** führen.

Mehrproduktanlagen (bzw. Standorte, die mehrere ähnliche Produkte herstellen können) erfordern die Berücksichtigung zahlreicher Randbedingungen, denen je nach Industriezweig unterschiedliche Bedeutung zukommt und die bislang nur unzureichend betrachtet werden.<sup>229</sup> Darüber hinaus befasst sich die dargestellte Forschung mit dieser Problematik bei den umsatzstärksten Industriezweigen, wie der Serienfertigung (z.B. Automobilindustrie), der Montagebetriebe (z.B. Maschinenbau) und den Schüttgutproduzenten (z.B. chemischen Industrie). Trotz Überschneidungen der theoretischen Auslegung bekannter Forschungsarbeiten gibt es derzeit keine Ansätze, die zeigen wie Produktionsaufträge anforderungsgerecht bei **Wiederhol- und Variantenfertiger (Einzelauftragsfertigung)** zuzuordnen sind. Darüber hinaus fehlt eine anforderungsgerechte IT-Unterstützung, die durch Abbildung der Auftragszuordnung zur bestmöglichen Transparenz und Kommunikation entlang der **Informationsschnittstellen** beiträgt.

**Zusammenfassend** ist die Problematik der Auftragszuordnung bei Wiederhol- und Variantenfertiger (Einzelauftragsfertigung) mit intra-organisationalem Produktionsnetzwerk und der technischen Fertigungsauslegung bestimmte Produkte an mehreren (redundanten) Standorten zu produzieren nicht Teil des aktuellen Forschungsstands in den Bereichen des Scheduling, der Auftragskoordination, des Supply-Chain-Managements, der Standortplanung und des Operativen Research.

**Die resultierende Forschungslücke** beschreibt folgende Hindernisse der Ansätze des Forschungsstands, bei Auslegung und Fähigkeit zur Anwendung bei der Auftragszuordnung:

- Positive Auslegung von Interdependenzen
- Unvergleichbare Daten, Informationsbasis
- Flexibilität, Anpassungsfähigkeit
- Operative Auftragszuordnung
- Kriterien-Selektion
- Wiederhol- und Variantenfertiger (Einzelauftragsfertigung)
- Informationsschnittstellen
- Komplexität Entscheidungsunterstützung

**Es fehlt** ein Verfahren zur Auftragszuordnung, das die genannten Punkte erfüllt.

Die Beschreibung der Ausgangssituation und der Problemstellung sowie die Beschreibung der Zielsetzung und Fragestellung stellen das Problem der Auftragszuordnung wie folgt dar. Ein eingehender Auftrag kann je nach Artikelspezifikation an mindestens einem Standort hergestellt werden. Unternehmen der Einzelauftragsfertigung streben an, ihren Kunden schnellstmöglich die Herstellung des Auftrags zu bestätigen. In der Auftragsbestätigung ist neben den technischen Angaben und Lieferbedingungen die Angabe des Liefertermins notwendig. Ist mehr als ein Standort in der Lage, den gewünschten Artikel herzustellen, gilt es die Eignung der möglichen Standorte zu bestimmen. In Kürze bedeutet dies: Ein Auftrag, mehrere mögliche Standorte und gesucht wird der geeignetste Standort. Die Zielstellung sieht vor, dass die Auftragszuordnung den größtmöglichen Beitrag zu zentralen Unternehmenszielen leisten soll. Dieser Beitrag erfolgt durch die Herstellung am geeignetsten Standort. Dazu ist, wie bereits erwähnt, die Identifikation des geeignetsten Standorts aus den vorhandenen, bzw. möglichen Standorten

<sup>229</sup> Vgl. (Biesenbach, 2007 S. 3)

notwendig. Es wird also entschieden, welche Alternative aus einer gegebenen Anzahl an Alternativen zu wählen ist.

**Die Forschungslücke beschreibt die Auftragszuordnung für den Betrachtungsbereich als ein Problem der Entscheidungsfindung.**

## 4.4 Forschungsansatz zur Auftragszuordnung

Bei der Zuordnung von Aufträgen innerhalb eines intra-organisationalen Produktionsnetzwerks mit redundanten Standorten erweist sich die Standortwahl zur Fertigung eines Auftrags als ein Problem der Entscheidungsfindung. Dieses Problem liegt im Forschungsbereich der Entscheidungstheorie.

Nachstehend wird der Forschungsbereich der Entscheidungstheorie vorgestellt und eine Eingrenzung bis hin zum hier relevanten Forschungsansatz vorgenommen. Abschließend wird aufgeführt, welche Schwerpunkte im Rahmen dieses Forschungsprojekts gesetzt werden.

### 4.4.1 Entscheidungstheorie

Im Forschungsbereich der Entscheidungstheorie werden Entscheidungsmodelle entwickelt, die der Vorbereitung von Entscheidungen dienen können.

*„Die Entscheidungstheorie will einem Entscheider nicht dogmatisch vorschreiben, was er tun soll, sondern will ihm helfen, seine eigenen Zielvorstellungen in ein widerspruchsfreies ‚Zielsystem‘ zu überführen und dann eine Entscheidung zu treffen, die mit diesem Zielsystem im Einklang steht.“*<sup>230</sup> Dabei ist die Entscheidungstheorie interdisziplinär ausgelegt. Teilbereiche dieses Forschungsbereichs sind u. a. die Betriebswirtschaftslehre, die Mathematik, die Informatik, die Psychologie, und die Neurologie.<sup>231</sup>

#### Definition Entscheidung

*„Im Rahmen der Entscheidungstheorie wird der Entscheidungsbegriff so weit gefasst, dass er alle Wahlakte beinhaltet: Unter ‚Entscheidung‘ wird ganz allgemein die (mehr oder weniger bewusste) Auswahl einer von mehreren möglichen Handlungsalternativen verstanden.“*<sup>232</sup>

#### Definition Entscheidungsproblem

*„Unter einem Entscheidungsproblem wird:*

- *eine Abweichung zwischen einer Sollvorstellung und dem Istzustand verstanden,*
- *zu deren Bewältigung mindestens zwei Varianten offenstehen.“*<sup>233</sup>

Die Entscheidungstheorie lässt sich nach (Bamberg, et al., 2008) und (Laux, 2005) in zwei Formen unterscheiden:

#### 1. Deskriptive Entscheidungstheorie

Die deskriptive Entscheidungstheorie untersucht, wie in der Realität Entscheidungen getroffen werden und welche Mechanismen hierbei zugrunde liegen. Der Entscheidungsprozess soll dabei durch zu entwickelnde, empirisch induktive Modelle beschrieben werden. Das Ziel der deskriptiven Entscheidungstheorie liegt darin, das Verhalten von Individuen oder Gruppen zu analysieren, um empirisch gehaltvolle Hypothesen abzuleiten, die es ermöglichen sollen, das Entscheidungsverhalten in konkreten Situationen zu prognostizieren und ggf. steuern zu können.<sup>234</sup> Ein Beispiel dafür ist die Prospect Theory, die beschreibt, wie eine Entscheidung zu Stande kommt, wenn Risiken oder unsichere Informationen vorliegen.<sup>235</sup>

<sup>230</sup> Siehe (Laux, 2005 S. 3)

<sup>231</sup> Vgl. (Laux, et al., 2012 S. 3)

<sup>232</sup> Siehe (Laux, 2005 S. 1)

<sup>233</sup> Siehe (Grünig, et al., 2009 S. 7)

<sup>234</sup> Vgl. (Laux, et al., 2012 S. 4)

<sup>235</sup> Vgl. (Gastes, 2011 S. 3)

Kernpunkte der deskriptiven Entscheidungstheorie:

- Beschreibung wie in Realität Entscheidungen getroffen werden
- Ziel: beschreibende Aussagen, d.h. empirisch gehaltvolle Hypothesen finden, um Entscheidungen zu prognostizieren bzw. zu steuern

## 2. Präskriptive (oder normative) Entscheidungstheorie

Die normative Entscheidungstheorie wird in der Literatur unterschiedlich klassifiziert. Einzelne Autoren ordnen der normativen Entscheidungstheorie eine eigene Form zu. Im Rahmen dieser Dissertation wird die normative der präskriptiven Entscheidungstheorie zugeordnet.

Die Erwartungsnutzentheorie ist die Basis der präskriptiven Entscheidungstheorie. Ausgehend von bestimmten Axiomen werden Entscheidungsmodelle entwickelt. Axiomatische Grundlagen sind z.B. die Annahme über die Rationalität des Entscheiders, vollkommene Information sowie die Maximierung des Nutzens als oberstes Ziel. Laut (Gastes, 2011)<sup>236</sup> werden die Modelle deduktiv aus den Axiomen abgeleitet. Die präskriptive Entscheidungstheorie dient dazu, den Entscheidenden dahingehend zu unterstützen, dass eine Lösung gefunden werden kann, die den Zielen seines Zielsystems gerecht wird. Die Vorgaben der präskriptiven Entscheidungstheorie bzgl. des Zielsystems beziehen sich nicht auf dessen Inhalte, sondern auf die Konsistenz der Ziele, daher wird von der formalen Rationalität gesprochen.<sup>237</sup> Die präskriptive Entscheidungstheorie zeichnet sich dadurch aus, dass sie Methoden aufzeigt, die sich an der Realität, d.h. den Problemstellungen der Praxis orientieren. Diese weisen in den meisten Fällen unvollständige Informationen bei einer Mehrzahl an Zielen auf, die in einem konfliktären Verhältnis stehen.<sup>238</sup> Die durch die präskriptive Entscheidungstheorie anzugehenden Problemstellungen unterscheiden sich durch verschiedene Ausprägungen wie dem vorhandenen Informationsstand über den Umweltzustand. Es wird daher in deterministische sowie stochastische Verfahren und in Verfahren unter Ungewissheit unterschieden.<sup>239</sup> Entscheidungssituationen unter Sicherheit, d.h. Situationen, bei denen festgestellt werden kann, in wie weit die Ziele erfüllt sind, werden den deterministischen Verfahren zugeordnet. Stochastische Verfahren beziehen sich auf Entscheidungssituationen, bei denen Informationen über die Eintrittswahrscheinlichkeit möglicher Zustände bekannt sind. Ist die Eintrittswahrscheinlichkeit möglicher Zustände gänzlich unbekannt oder sogar unkalkulierbar, spricht man von Ungewissheitssituationen. Eine weitere Entscheidungsmöglichkeit bezieht sich auf die Anzahl der Entscheidungsträger. Dabei wird zwischen Verfahren, die auf Individuen als Entscheidungsträger ausgelegt sind, und Verfahren, die sich auf Gruppenentscheidungen beziehen, unterschieden.<sup>240</sup> Des Weiteren lassen sich die Modelle der präskriptiven Entscheidungstheorie in einstufige (statische) und mehrstufige (dynamische) Modelle differenzieren. Bei den statischen Entscheidungsmodellen werden die Entscheidungen ohne Bezug auf die Situationsänderung im zeitlichen Verlauf gefällt. Im Rahmen dynamischer Entscheidungen werden mehrere Einzelentscheidungen getroffen, die in Relation zueinander stehen. Die Einzelentscheidungen erfolgen in zeitlichen Abstand zueinander und berücksichtigen die zum Entscheidungszeitpunkt vorliegende Situation.<sup>241</sup> Die präskriptive Entscheidungstheorie unterscheidet die Entscheidungsprobleme mit Hilfe der Anzahl an Zielgrößen. Wenn nur ein einzelnes Ziel verfolgt wird, kommt ein unobjektives Verfahren zum Einsatz. Bei mehreren Zielen werden multikriterielle Verfahren angewendet. Entscheidungsverfahren, bei denen ein Kriterium bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt wird, sind charakteristisch für den Bereich der Optimierungsprobleme, die dem Forschungsbereich Operations Research zugeordnet werden.<sup>242</sup>

Kernpunkte der präskriptiven Entscheidungstheorie:

- Zeigt wie Entscheidungen „rational“ getroffen werden, d.h. Antwort auf die Frage: Was soll der Entscheider tun?
- Dient der Entscheidungsunterstützung
- Ziel: vorschreibende Aussagen, d.h. Lösung von Zielkonflikten bei der Entscheidungsfindung oder Lösung bei Ungewissheit der Zukunft

<sup>236</sup> Vgl. (Gastes, 2011 S. 2)

<sup>237</sup> Vgl. (Bamberg, et al., 2008 S. 3)

<sup>238</sup> Vgl. (Laux, et al., 2012 S. 4)

<sup>239</sup> Vgl. (Gastes, 2011 S. 4)

<sup>240</sup> Vgl. (Bamberg, et al., 2008 S. 24f)

<sup>241</sup> Vgl. (Bamberg, et al., 2008 S. 40)

<sup>242</sup> Vgl. (Fülöp, 2006 S. 3)

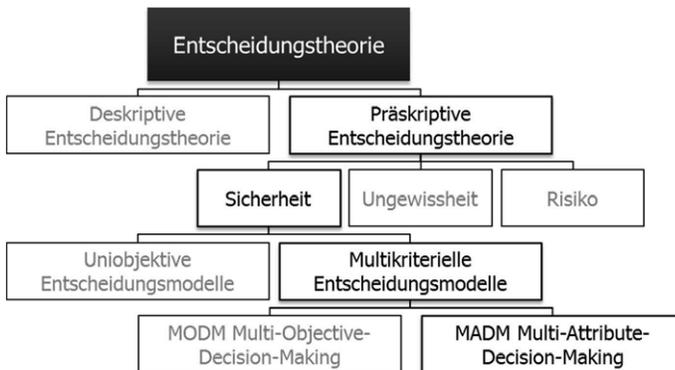


ABBILDUNG 12: ÜBERBLICK ENTSCHEIDUNGSTHEORIE<sup>243</sup>

Die Problemstellung der Auftragszuordnung für den Betrachtungsbereich muss der präskriptiven (oder normativen) Entscheidungstheorie zugeordnet werden, da die Standortwahl bei der Auftragszuordnung der Abschätzung einer Ursache-Wirkungs-Kette verschiedener Ziele und Kriterien sowie deren Ausprägungen entspricht, die in Form einer Entscheidungsunterstützung erfolgen soll. Dabei handelt es sich um eine Entscheidungssituation unter Sicherheit, da die relevanten Parameter grundsätzlich bekannt sind. Bei der Auftragszuordnung gilt es, nicht ein einzelnes Kriterium zu optimieren, daher sind Ansätze aus dem Bereich der multikriteriellen Entscheidungsmodelle zu betrachten. Das Entscheidungsmodell zur Anwendung bei der Auftragszuordnung soll dynamische Informationen einer sich ändernden Umgebung verarbeiten können.

#### 4.4.2 Multikriterielle Entscheidungsmodelle

Der Anwendungsbereich multikriterieller Entscheidungsmodelle (Multi-Criteria-Decision-Making) bezieht sich „auf Entscheidungssituationen mit mehreren Zielen, die häufig in einem Konfliktverhältnis zueinander stehen.“<sup>244</sup> Der Zweck dieser Ansätze versteht sich „bewusst nur als Entscheidungshilfe (decision aid). Es wird versucht, soweit wie möglich unscharfe, unvollständige oder gar widersprüchliche Informationen in den Entscheidungsprozess mit einzubeziehen. Ferner wird die anschließende Entscheidung dem Entscheidungsträger überlassen.“<sup>245</sup>

Multi-Criteria Probleme weisen nach (Zimmermann, et al., 1991) folgende charakteristische Merkmale auf:

1. Mehrere Ziele
  - Jedes Problem besitzt mehrere Ziele oder gewünschte Eigenschaften.
  - Die Ziele, die für die jeweilige Problemstellung relevant sind, muss der Entscheider angeben.
2. Zielkonflikt
  - Üblicherweise widersprechen sich die Ziele in dem Sinne, dass eine Verbesserung hinsichtlich eines Ziels das Ergebnis bzgl. eines anderen Ziels verschlechtert.
3. Unvergleichbare Einheiten
  - Gewöhnlich werden Ziele mit unterschiedlichen Maßstäben gemessen, die untereinander nicht vergleichbar sind.

<sup>243</sup> Eigene Darstellung

<sup>244</sup> Siehe (Zimmermann, et al., 1991 S. 21)

<sup>245</sup> Siehe (Zimmermann, et al., 1991 S. 26)

#### 4. Berechnung / Auswahl einer Lösung

- Gelöst wird das Entscheidungsproblem durch die Berechnung oder die Auswahl einer besten Handlungsalternative (die Alternative, die der Entscheider im Hinblick auf alle Ziele gemeinsam bevorzugt).
- Wenn im Voraus die Menge aller Alternativen im Einzelnen angegeben ist und diese Menge endlich ist, dann besteht die Lösung des Problems in der Auswahl der besten Alternative.
- Ist dagegen die Menge aller Handlungsalternativen unendlich oder nur implizit durch Nebenbedingungen definiert, dann besteht die Lösung des Problems in der Berechnung der besten Alternative, d.h. in dem Auffinden und der expliziten Angabe der besten Alternative.

Mehrzielentscheidungen, d.h. „Multi-Criteria-Decision-Making“ (**MCDM**), werden grundsätzlich in Multi-Attribute-Decision-Making (**MADM**, d.h. Multi-Attribut-Entscheidungen) für diskrete und in Multi-Objective-Decision-Making (**MODM**, d.h. Multi-Objective-Entscheidungen) für stetige Lösungsräume unterschieden. „Ein **MADM**-Verfahren löst das Problem durch **Auswahl einer Handlungsalternative**, ein **MODM**-Verfahren durch **Berechnung einer Alternative**.“<sup>246</sup> MODM-Modelle sind meist Optimierungsmodelle, bei denen unterschiedliche Zielfunktionen gleichzeitig optimiert werden.

Die Problemstellung der Auftragszuordnung für den Betrachtungsbereich ist den MADM-Verfahren zuzuordnen, da die Standortwahl bei der Auftragszuordnung der Auswahl einer Handlungsalternative aus einem diskreten Lösungsraum entspricht (hier: gegebene Anzahl Standorte).

Hier wird für jeden vorliegenden Auftrag der geeignetste Standort gesucht. Aufgrund unterschiedlicher Ziele in unterschiedlicher Relevanz gilt es, diese in Form von Kriterien zu quantifizieren. Die Kriterien sind z.T. dynamisch, jedoch nicht zwingend in ihrer Ausprägung variabel. Die Problemstellung befindet sich im Bereich der Multi-Attributiven Entscheidungsfindung, bei der die beste Alternative aus einer gegebenen Anzahl an Alternativen zu identifizieren ist.

Des Weiteren decken sich die aufgeführten charakteristischen Merkmale mit den Problemübergreifen aus 2.1 Ausgangssituation und Problemstellung und mit den Erläuterungen aus 4.3 Resultierende Forschungslücke.

#### 4.4.3 Multi-Attribute-Decision-Making (MADM)

Bei MADM-Verfahren wird das Problem durch Auswahl einer Handlungsalternative aus einer endlichen, meist kleinen Anzahl von Alternativen bestimmt. „Das **MADM**-Verfahren gibt an, wie **Informationen über die Attribute verarbeitet werden sollen, um die Auswahl einer Handlungsalternative zu erreichen**.“<sup>247</sup>

Der Sammelbegriff „Attribute“ kann sowohl als Kriterien oder Merkmale einer Problemstellung verstanden werden. Attribute stehen dabei zusätzlich für die Ziele des Entscheiders, die nicht zwingend in Zahlen wiedergegeben werden müssen.

MADM-Verfahren werden in der Literatur unterschiedlich gegliedert. Gliederungen richten sich dabei nach der Komplexität des Verfahrens oder nach der Qualität der zu verarbeitenden Informationen.<sup>248</sup> In diversen Arbeiten werden lediglich ausgewählte MADM-Verfahren ohne weitere Unterscheidung aufgeführt.

<sup>246</sup> Siehe (Zimmermann, et al., 1991 S. 25)

<sup>247</sup> Siehe (Zimmermann, et al., 1991 S. 27)

<sup>248</sup> Vgl. (Geldermann, 2013)

Nach (Zimmermann, et al., 1991) lassen sich die MADM-Modelle nach deren Kompensationsverhalten differenzieren. Kompensatorische Entscheidungsmodelle erlauben den Ausgleich zwischen Attributen, d.h. ein ungünstiger Wert in einem Attribut kann durch eine günstige Ausprägung in einem anderen Attribut ausgeglichen werden. Bei nichtkompensatorischen Modellen ist ein Ausgleich zwischen Attributen nicht möglich. Der Bereich der partiell kompensatorischen Modelle schließt die Lücke zwischen den kompensatorischen und nichtkompensatorischen Entscheidungsmodellen.

#### 1. Nicht kompensatorische Methoden

Nicht kompensatorische Methoden sind auf Problemstellungen mit einem geringen Komplexitätsgrad ausgelegt. Nachfolgend werden Modelle, Methoden und Verfahren dieser Kategorie vorgestellt.

##### Dominanzstrategie

Die Dominanzstrategie bezeichnet eine Alternative unter Erfüllung von Restriktionen als dominant. Eine Restriktion besagt, dass die Ausprägungen von Kriterien unterschiedlicher Alternativen dasselbe Niveau darstellen müssen. Die dominante Alternative zeichnet sich dadurch aus, dass sie gegenüber den anderen Alternativen in einem Kriterium eine höhere, bzw. entsprechend der Auslegung eine bessere Ausprägung aufweist. In realen Problemstellungen ist eine durch die Restriktionen beschriebene Dominanzsituation nicht häufig anzutreffen.<sup>249</sup>

##### Maximin und Maximax Methode

Bei der Maximin Methode liegt der Fokus darauf, dass die geringste Wertausprägung eines Kriteriums maximiert wird. Die Alternative mit der besten Ausprägung des schlechtesten Kriteriums geht als Sieger aus dem Alternativenvergleich hervor. Die Maximin Methode zielt darauf ab, schlechte Konsequenzen durch die getroffene Entscheidung für eine Alternative zu vermeiden. Die Maximax Methode zielt hingegen darauf ab, positive Konsequenzen zu verstärken. Die Alternative, die bei dem besten Kriterium den höchsten Wert einnimmt, wird als beste Alternative eingestuft. Die Grundvoraussetzung zur Anwendung dieser Methoden liegt darin, dass der Vergleich aller Kriterien möglich ist.<sup>250</sup>

##### Konjunktive und disjunktive Methode

Die konjunktive und disjunktive Methode werden bei Entscheidungsproblemen herangezogen, in denen ein Schwellwert, d.h. ein zu erfüllendes Ausprägungsniveau einer Alternative in einem oder n Kriterien vorausgesetzt wird. Die konjunktive Methode erfordert die Erfüllung aller Minimalanforderungen einer Alternative. Bei der disjunktiven Methode hingegen ist es erforderlich, dass mindestens ein Kriterium die Minimalanforderungen erfüllt. Die Anwendung dieser Methoden im Einzelnen oder in Kombination eignet sich zur Eingrenzung einer großen Anzahl an Alternativen.<sup>251</sup>

##### Lexikographische Methode

Die Kriterien des Entscheidungsproblems werden bei der lexikographischen Methode entsprechend ihrer Entscheidungsrelevanz sortiert. Gemäß der Wichtigkeit der Kriterien erhält die Alternative den Zuspruch, die für das Kriterium des ersten Ranges die beste Kriterienausprägung darstellt. Im Falle, dass n Alternativen dieselbe Kriterienausprägung des wichtigsten Kriteriums aufweisen, wird das zweit wichtigste Kriterium herangezogen und der Vergleich wiederholt. Eine Entscheidung kann daher nicht gewährleistet werden, wenn n Alternativen nach und nach in allen Kriterien dieselbe Ausprägung aufweisen. In diesem Fall gilt es zusätzliche Kriterien zu identifizieren, um die Alternativen zu vergleichen. Die lexikographische Methode wird in der Literatur z.T. mit der Erweiterung unter der Bezeichnung ‚Halbordnung‘ beschrieben. Dabei werden Toleranzbereiche festgelegt, innerhalb derer die Kriterienausprägungen unterschiedlicher Alternativen als gleichrangig eingestuft werden. Sofern n Alternativen innerhalb dieses Toleranzbereichs liegen, greift das Prinzip der lexikographischen Methode, so dass nach und nach, sofern notwendig, die Kriterien entsprechend ihrer Relevanz zum Vergleich der

<sup>249</sup> Vgl. (Zimmermann, et al., 1991 S. 42)

<sup>250</sup> Vgl. (Fülöp, 2006 S. 5)

<sup>251</sup> Vgl. (Baier, et al., 2009 S. 68)

Alternativen herangezogen werden. Der Nachteil dieser Anwendung liegt darin, dass Intransitivitäten nicht ausgeschlossen werden können.<sup>252</sup>

## 2. Partiell kompensatorische Methoden

Partiell kompensatorische Methoden werden meist als Outranking Verfahren bezeichnet. Outranking bedeutet wörtlich „im Rang überragen“. Outranking Verfahren bestimmen die Unterschiede zwischen Alternativen und ordnen diesen Dominanz zu. Diese Verfahren generieren keine Nutzenfunktion im eigentlichen Sinn, sondern dienen dazu, Alternativen auszuschließen, wenn der Abstand der Kriterienausprägungen einen Grenzwert überschreitet.<sup>253</sup>

### ELECTRE

Das Outranking Verfahren „*ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité)* wurde Mitte der 1960er Jahre in der Praxis für die Praxis entwickelt“<sup>254</sup>. Mittlerweile liegen zahlreiche Varianten vor. Ursprünglich wurde der Abweichungsgrad einer Dominanzrelation zwischen Alternativen mit Hilfe des paarweisen Vergleichs bestimmt. Dabei wurden alle relevanten Kriterien in ihrer Ausprägung je Alternative bestimmt. Das Outranking Verfahren ELECTRE eignet sich dazu, Alternativen auszuschließen.<sup>255</sup>

### PROMETHEE

Das PROMETHEE Verfahren (Preference Rating Organization Method for Enrichment Evaluations) wurde gut zwanzig Jahre später als das ELECTRE Verfahren vorgestellt. Auch dazu sind mittlerweile zahlreiche Versionen verfügbar. PROMETHEE basiert wie das ELECTRE Verfahren auf dem paarweisen Vergleich. Die Kriteriengewichtung muss separat erstellt werden, da dies nicht durch PROMETHEE möglich ist. Ein weiterer Unterschied zu ELECTRE liegt darin, dass dieses Verfahren in der Praxis seltener anzutreffen ist.<sup>256</sup>

## 3. Kompensatorische Methoden

Die optimale Alternative ist im Verständnis von kompensatorischen Methoden die, die den höchsten Nutzenwert einnimmt. Der Nutzen einer Alternative ist abhängig von der Präferenzstruktur des Entscheidungsproblems, die durch kompensatorische Verfahren vollständig abgebildet werden soll.

### Weighted Sum Model (WSM)

Beim Weighted Sum Model legt der Entscheider die Präferenzstruktur der Kriterien fest, indem die Kriterien des Entscheidungsproblems eine Gewichtung erhalten. Die Gewichtung darf dabei in Summe den Wert 1 nicht überschreiten. Es gilt:

$$w_i > 0 \text{ für alle } 1 \leq i \leq n$$

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1$$

Die Kenntnis über die Eigenwertfunktionen der einzelnen Kriterien  $q_{ij}$  werden vorausgesetzt. Die Kriterien müssen voneinander unabhängig sein. Darüber hinaus müssen diese auf den Wertebereich  $[0;1]$  normiert werden. Der Nutzen eines Kriteriums nimmt mit dem Wert der Ausprägung zu. Der Nutzen  $v(A_i)$  einer Alternative  $A_j$  wird wie folgt berechnet

$$v(A_i) = \sum_{i=1}^n w_i q_{ij}$$

### Weighted Product Model (WPM)

Das Weighted Sum Model unterscheidet sich nur geringfügig vom Weighted Product Model. Der Unterschied wird bereits durch den Namen der Modelle vorweg genommen. Während beim Weighted Sum Model die Gewichtung additiv erfolgt, wird diese beim Weighted Product Model multiplikativ bestimmt. Der Alternativenvergleich erfolgt mit Hilfe einer Verhältniszahl, die mit jedem Kriterium multipliziert wird, die wiederum mit dem relativen Gewicht des entsprechenden Kriteriums multipliziert wird.<sup>257</sup>

$$P(A_K) = \prod_{j=1}^n (a_{Kj}) w_j$$

<sup>252</sup> Vgl. (Zimmermann, et al., 1991 S. 50 f.)

<sup>253</sup> Vgl. (Fleßa, 2010 S. 151)

<sup>254</sup> Siehe (Fleßa, 2010 S. 151)

<sup>255</sup> Vgl. (Zimmermann, et al., 1991 S. 207 ff.)

<sup>256</sup> Vgl. (Fülöp, 2006 S. 9 f.) & (Zimmermann, et al., 1991 S. 220 ff.)

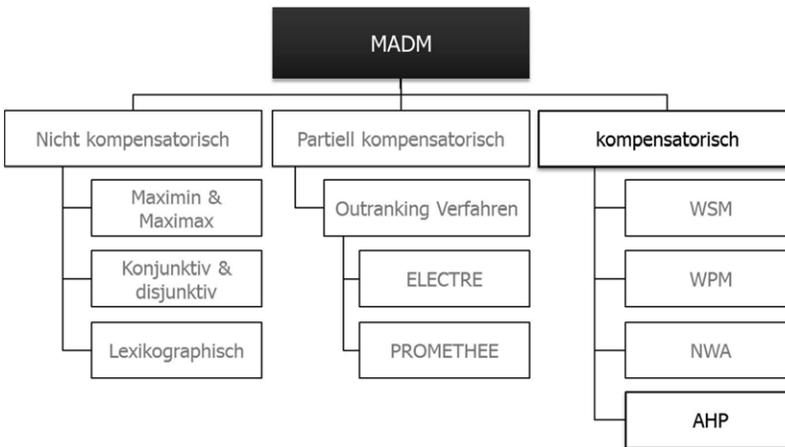
<sup>257</sup> Vgl. (Triantaphyllou, et al., 1998 S. 175)

### Nutzwertanalyse (NWA)

Die Nutzwertanalyse ist eine Scoring-Methode, die den Nutzwert aller zu betrachtenden Alternativen bestimmt. Die Bestimmung des Nutzwerts erfolgt durch Anwendung einer Punkteskala, mit der die Kriterien, entsprechend der Entscheidungsrelevanz gewichtet werden. Im Anschluss an die Gewichtung der Kriterien erhalten diese einen Wert zugeordnet. Dieser Wert wird einer Punkteskala entnommen und als Score bezeichnet. Welcher Score zu welcher Kriterienausprägung einer Alternative zuzuordnen ist, muss durch den Entscheidenden definiert werden. Die Berechnung des Nutzwertes der Alternativen erfolgt additiv wie im Weighted Sum Model.<sup>258</sup> Die Nutzwertanalyse unterscheidet sich zum Weighted Sum Model darin, dass hier keine Normierung der Kriterienausprägungen erfolgt.

### Analytic Hierarchy Process (AHP)

Das Entscheidungsproblem wird bei der Anwendung des Analytic Hierarchy Process zunächst in Form einer Hierarchie dargestellt. Die Hierarchie ermöglicht dem Anwender das Entscheidungsproblem zu zerlegen und Zusammenhänge zu erkennen. Der Entscheidende bewertet die Kriterienrelevanz anhand eines paarweisen Vergleichs. Aus diesem Vergleich gehen die Kriteriengewichte hervor. Das Grundmodell des Analytic Hierarchy Process berechnet den Nutzen einer Alternative über den additiven Ansatz des Weighted Sum Model. Die Kriterienausprägung ist beim Analytic Hierarchy Process nicht zwingend aus einer Punkteskala zu entnehmen. Qualitative sowie quantitative Daten können bei der Alternativenbewertung herangezogen werden.<sup>259</sup>



**ABBILDUNG 13: MADM-VERFAHREN**<sup>260</sup>

<sup>258</sup> Vgl. (Klein, et al., 2012 S. 380 f.)

<sup>259</sup> Vgl. (Saaty, 1996 S. 27 ff.)

<sup>260</sup> Eigene Darstellung

Die Problemstellung der Auftragszuordnung für den Betrachtungsbereich kann den kompensatorischen Entscheidungsmodellen zugeordnet werden, da die Standortwahl bei der Auftragszuordnung anhand der Gesamtwirkung bewertet werden soll, welches einen Ausgleich zwischen positiven und negativen Kriterienausprägungen erfordert.

Die Informationen über die Attribute sind für das Entscheidungsproblem Auftragszuordnung grundsätzlich verfügbar. Die Kenntnis über Nutzen und Gewichtung ist ebenfalls vorhanden, bedarf jedoch möglichst objektiver und somit emotionsloser Wertung. Daher eignen sich die Grundzüge der kompensatorischen Methode des Analytic Hierarchy Process zur spezifischen Weiterentwicklung auf die Problemstellung der Auftragszuordnung für den Betrachtungsbereich.

Im Bereich der MADM-Verfahren mit verfügbaren Informationen über Attribute weist der Analytic Hierarchy Process nach (Zimmermann, et al., 1991)<sup>261</sup> folgende Vorteile auf:

- Hierarchie ermöglicht:
  - Betrachtung kleiner, überschaubarer Teile des Problems
  - Untersuchung wirksamer Beziehungen zwischen Elementen der Hierarchie
  - „Ein solches Vorgehen ist in komplexen Situationen geradezu notwendig, weil nach Erkenntnissen der Psychologie der Mensch nur fünf bis neun Dinge gleichzeitig miteinander vergleichen kann.“<sup>262</sup>
- Prozess ermöglicht:
  - Identifikation von Elementen bei denen
    - weitere Informationen benötigt werden
    - weitere Ursachen für Widersprüche liegen
  - strukturierten Ablauf (Prozess) zur Zeitersparnis bei der Entscheidungsfindung
  - computergestützte Abbildung / Berechnung des Verfahrens
- Ganzheitliche Abbildung/Betrachtung der Entscheidungssituation
- Konsistenzprüfung der Gewichtungsangaben

Die Entwicklung des Entscheidungsmodells zur Auftragszuordnung basiert auf dem Analytic Hierarchy Process.

#### 4.5 Analytic Hierarchy Process AHP

Der Analytic Hierarchy Process ist „ein wissenschaftliches, analytisches Hilfsmittel des Menschen dafür, eine zufriedenstellende Entscheidung zu treffen.“<sup>263</sup> Der von Thomas L. Saaty 1971 veröffentlichte AHP ist in der Lage, qualitative sowie quantitative Aspekte bei der Entscheidungsfindung komplexer Entscheidungsprobleme zu integrieren.<sup>264</sup> Der AHP soll dem Entscheidenden möglichst objektive Entscheidungsunterstützung liefern, die auf deduktiven Schlüssen beruhen. Gleichzeitig soll der AHP berücksichtigen, dass der Mensch bei der Entscheidungsfindung diese aus intuitiven Schlüssen und Erfahrungen trifft. Der Entscheidende soll durch den AHP ein komplexes Entscheidungsproblem, das über die menschliche, gedankliche Abwägung hinausgeht, unterstützen, indem die unstrukturierte Problemstellung analysiert und mit Entscheidungsprioritäten versehen wird. Die Prioritäten setzt der Entscheidende fest, um die Entscheidungsunterstützung auf die Relevanz der von ihm angestrebten Ziele auszulegen.<sup>265</sup>

Die Bezeichnung „Analytischer Hierarchie Prozess“ beinhaltet nach (Zimmermann, et al., 1991) folgende Bedeutung:

##### Analytisch:

- Mathematische Entscheidungsunterstützung und logische Schlüsse
- Analyse einer Problemkonstellation in all ihren Abhängigkeiten umfassend

<sup>261</sup> Vgl. (Zimmermann, et al., 1991 S. 65)

<sup>262</sup> Siehe (Zimmermann, et al., 1991 S. 66)

<sup>263</sup> Siehe (Zimmermann, et al., 1991 S. 66)

<sup>264</sup> Vgl. (Guh, et al., 2009 S. 72)

<sup>265</sup> Vgl. (Saaty, 1996 S. 12 f.)

Hierarchie:

- Strukturierung des Entscheidungsproblems durch Hierarchisierung in Ebenen → entspricht dem Verständnis des Entscheiders
- Ebenen: Ziel → Kriterien → Unterkriterien → Alternativen
  - Eine Ebene beeinflusst nur die nächsthöhere Ebene
  - Eine Ebene wird nur von der nächstniedrigeren Ebene beeinflusst
  - Die Elemente innerhalb einer Gruppe dürfen sich nicht beeinflussen
- Aus dem Oberziel oder Erfolgsziel leiten sich alle anderen Ziele als Unterziele ab.

Prozess:

- Entscheidungsfindung gleicht einem Prozess (einem Ablauf)
- Zielgerichteter Ablauf von Handlungsbausteinen
- Mehrfachanwendung durch gleichbleibenden Ablauf
- Überprüfung der Konsistenz der Entscheidungsangaben

Der Analytic Hierarchy Process basiert im Wesentlichen auf vier Axiomen.<sup>266</sup> Diese zeigen die Anwendungsbedingungen auf unter denen das Entscheidungsmodell AHP wirksam wird. Nachstehend werden die Axiome nach (Saaty, 1986) kurz erläutert.

Axiom 1

Das erste Axiom wird als reciprocal axiom bezeichnet und bezieht sich auf paarweise Vergleiche. Gegeben seien zwei Alternativen  $i$  und  $j$  aus der Menge  $A$  sämtlicher Alternativen, die vom Entscheidenden einem paarweisen Vergleich unterzogen werden. Die Bewertung bezieht sich auf ein Kriterium  $c$  aus der Menge  $C$  an Kriterien. Der Entscheider setzt einen Wert  $a_{ij}$  für den Vergleich zweier Alternativen in Bezug auf ein Kriterium  $c$ . Es gilt:

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \text{ für alle } i, j \in A$$

Aufgrund dieses Axioms sind nicht alle Elemente einer Matrix paarweise zu vergleichen, da der Kehrwert der Alternative  $i$  zu  $j$  dem Kehrwert beim Vergleich bei  $j$  zu  $i$  entspricht. Die notwendige Anzahl an paarweisen Vergleichen zur vollständigen Abbildung der Matrix beträgt:

$$\frac{1}{2}n(n-1)$$

Das erste Axiom besagt, dass jede Matrix eines paarweisen Vergleichs reziprok sein muss.

Axiom 2

Das zweite Axiom wird als homogeneity axiom bezeichnet. Dies besagt, dass beim Vergleich zweier Alternativen  $i, j \in A$  eine Alternative nicht unendlich stärker gewichtet sein darf als eine andere Alternative. Es gilt:

$$a_{ij} \neq \infty \text{ für alle } i, j \in A$$

Das homogeneity axiom dient durch diese Ungleichung dazu, dass eine Entscheidungssituation existiert. Im Falle unendlicher Präferenz einer Alternative können alle weiteren Alternativen unberücksichtigt bleiben, wodurch die Wahlmöglichkeit entfällt.

Axiom 3

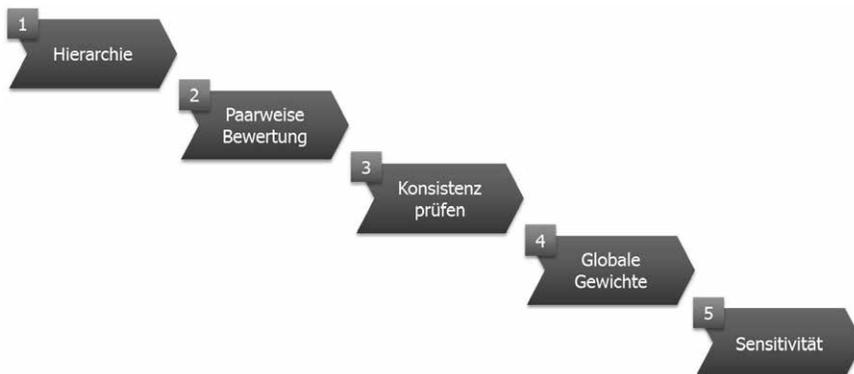
Das dritte Axiom wird als independence axiom bezeichnet. Dies besagt, dass ein zu lösendes Entscheidungsproblem durch eine Hierarchie dargestellt werden kann. Der paarweise Vergleich zweier Elemente einer Hierarchieebene im Hinblick auf ein Element der darüber liegenden Hierarchieebene muss unabhängig von den Bewertungen in unteren oder höheren Ebenen der Hierarchie sein. Dazu wird je ein Kriterium einer Ebene  $k$  mit der höheren Ebene  $k+1$  und umgekehrt aus der Ebene  $k-1$  mit der Ebene  $k$  verglichen, um die hierarchische Strukturierung zu überprüfen. Sind mindestens zwei Elemente der Hierarchie sehr ähnlich oder gleichbedeutend, muss entweder die Definition der Kriterien separiert oder alle bis auf eines der gleichbedeutenden Kriterien gestrichen werden.

Axiom 4

Axiom vier wird als expectation axiom bezeichnet. Dies besagt, dass die Vorstellungen des Entscheidenden möglichst angemessen durch die Hierarchie, d.h. durch alle Kriterien und Alternativen, wiedergegeben werden sollen. Axiom vier setzt voraus, dass alle Kriterien und Alternativen, die aus Sicht des Entscheidenden relevant sind, enthalten und mit entsprechenden Präferenzen belegt sein müssen.

<sup>266</sup> Vgl. (Saaty, 1986 S. 844 ff.) & (Forman, et al., 2001 S. 477)

Bei der Anwendung des Analytic Hierarchy Process sind unterschiedliche Stufen zu durchlaufen. In der Literatur werden die Stufen unterschiedlich beschrieben, bzw. teilweise unter anderen Bezeichnungen und Abgrenzungen sowie Detaillierungstiefe der Stufeninhalte erläutert.<sup>267</sup> Dies kann bei erster Anwendung des Entscheidungsmodells zu Verwirrung führen. Der AHP erstreckt sich im Grundmodell nach seinem Erfinder Saaty über die nachfolgend aufgeführten fünf Stufen.



**ABBILDUNG 14: STUFEN DES ANALYTIC HIERARCHY PROCESS IN ANLEHNUNG AN (SAATY, 1996)<sup>268</sup>**

Die Inhalte der einzelnen Stufen des Analytic Hierarchy Process werden nachfolgend erläutert.

#### 4.5.1 Hierarchie

Die Erstellung einer Hierarchie eines Entscheidungsproblems dient nicht nur der graphischen Darstellung und dem Überblick über die Elemente, die der Entscheidungsfindung dienen, vielmehr wird das Entscheidungsproblem durch die Hierarchie strukturiert. Der Entscheidende stellt alle für die Entscheidungsfindung relevanten Elemente in einer strukturierten Form dar, was zunächst die Kenntnis über die zu berücksichtigenden Elemente voraussetzt. Saaty differenziert zwischen strukturellen Hierarchien, bei denen Systeme anhand ihrer strukturellen Merkmale gegliedert werden, und funktionalen Hierarchien, bei denen die Beziehungen der Elemente des Systems berücksichtigt werden. In der Hierarchieerstellung eines Entscheidungsproblems sind funktionale Hierarchien zu erstellen, da die Hierarchie die Elemente enthält, an denen eine Alternative beurteilt wird. Eine Hierarchie hat dem Namen nach ein Element an der Spitze, im Anwendungsbezug des AHP's in Form eines Oberziels. Den Beitrag zu diesem Oberziel gilt es, durch die Wahl der geeignetsten Alternative so groß wie möglich zu gestalten. In dem eine Alternative auf unterschiedliche Kriterien sowie Zwischenziele wirkt, entsteht durch die funktionalen Beziehungen ein Beitrag zum Oberziel. Die Zwischenziele (Attribute) werden verglichen und in Bezug auf das Oberziel bewertet. Aufgrund dessen müssen die Zwischenziele bezüglich ihrer Wirkung auf das Oberziel bewertbar sein. Die Hierarchie lässt sich im Bereich der Zwischenziele in beliebig viele Ebenen untergliedern. Die Elemente einer Ebene müssen unabhängig zueinander sein.<sup>269</sup> Auf der untersten Ebene der Hierarchie sind stets Kriterien anzuordnen, die der Bewertung der Alternativen dienen.<sup>270</sup> Die Alternativen sind mit den Kriterien der Hierarchie verbunden. Ausgehend von den Alternativen über die Kriterien sowie über Ebenen von Zwischenzielen kann eine Hierarchie bottom-up bis hin zum Oberziel entwickelt werden. Im Gegenzug kann auch ausgehend von einem bekannten Oberziel bis hin zu den Kriterien geschlossen werden (top-down). Wie eine Hierarchie an sich zu erstellen ist, bzw. welche Elemente der Hierarchie als relevant für ein Entscheidungsproblem einzustufen sind, wird von Saaty nicht

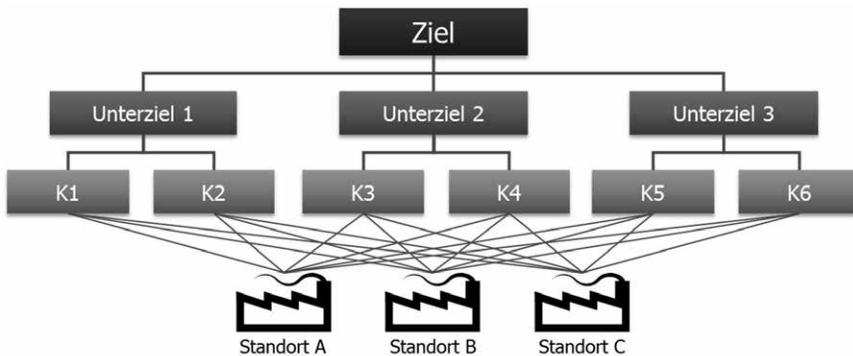
<sup>267</sup> Vgl. (Brinkmeyer, et al., 1994 S. 83) & (Forman, et al., 2001 S. 474 f.) & (Meixner, et al., 2002 S. 134)

<sup>268</sup> Eigene Darstellung

<sup>269</sup> Vgl. (Brinkmeyer, et al., 1994 S. 84)

<sup>270</sup> Vgl. (Saaty, 1996 S. 30 ff.)

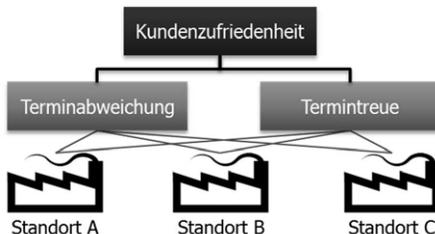
erläutert. Es werden vom Erfinder des AHP lediglich Hinweise zum Hierarchieaufbau angeboten. So soll der Anwender des AHP's stets hinterfragen, ob mindestens zwei Elemente in Bezug auf ein übergeordnetes Element vergleichbar sind. Falls ja, sind diese Elemente in derselben Ebene und unter dem Element, auf das diese wirken, anzuordnen. Saaty führt weitere Hinweise auf, wie eine Hierarchie aus bekannten Elementen entwickelt werden kann, die zusammenfassend darauf hinauslaufen, dass die Elemente der Hierarchie so zu wählen und anzuordnen sind, dass die beste Alternative bestimmt werden kann. Wie der Anwender konkret Elemente identifizieren kann, ist nicht Teil seiner Erläuterungen.<sup>271</sup>



**ABBILDUNG 15: AUFBAU EINER 3-STUFIGEN HIERARCHIE**<sup>272</sup>

Die obenstehende Abbildung stellt den Aufbau einer 3-stufigen Hierarchie dar, d.h. Ziel (Oberziel), Unterziele (Zwischenziele) und Kriterien mit entsprechender Zuordnung. Jede Alternative (hier dargestellt als Standorte) steht in Verbindung mit jedem Kriterium. Eine Hierarchie kann, wie bereits erläutert wurde, aus weniger oder weiteren Zwischenzielstufen, Kriterien und Alternativen bestehen.

Nachstehende Abbildung 16 zeigt ein stark vereinfachtes fiktives Beispiel einer zweistufigen Hierarchie. Das Ziel darin liegt in der Steigerung der Kundenzufriedenheit durch die Auftragszuordnung an den dafür geeignetsten Standort. Die Kriterien, anhand derer der Zielbeitrag der zur Verfügung stehenden Standorte bestimmt werden kann, sind die Terminabweichung, d.h. die Differenz aus Kundenwunschtermin und möglichen Termin am entsprechenden Standort sowie die Termintreue des entsprechenden Standorts.



**ABBILDUNG 16: BEISPIEL EINER VEREINFACHTEN 2-STUFIGEN HIERARCHIE**<sup>273</sup>

<sup>271</sup> Vgl. (Saaty, 1996 S. 30 ff.)

<sup>272</sup> Eigene Darstellung

<sup>273</sup> Eigene Darstellung

#### 4.5.2 Paarweise Bewertung

Im Anschluss an die Erstellung der Hierarchie erfolgt der paarweise Vergleich. Dabei werden mitunter Elemente durch den paarweisen Vergleich ins Verhältnis gesetzt, die demselben Element der nächst höheren Ebene zugeordnet sind, wie beispielsweise die Terminabweichung und die Termintreue aus dem Beispiel in Abbildung 16. Zur Bewertung der Elemente können qualitative oder quantitative Größen herangezogen werden. Das Grundmodell des AHP nach Saaty verwendet qualitative Informationen, deren Anwendung nachstehend erläutert wird. Die Anwendung von quantitativen Größen wird darauffolgend vorgestellt.

Der paarweise Vergleich wird beim AHP zum einen für die Gewichtung, d.h. zur Bestimmung der Entscheidungsrelevanz aller Elemente der Hierarchie verwendet, als auch für die Bestimmung der Ausprägungen der Alternativen in Bezug auf jedes Kriterium. Der Grund für die Anwendung des paarweisen Vergleichs liegt darin, dass es dem Anwender eher möglich ist, zwei Elemente oder Alternativen zu vergleichen, anstatt alle Elemente, bzw. Alternativen in einem Schritt holistisch zu bewerten.<sup>274</sup> Der paarweise Vergleich im Grundmodell des AHP's erfolgt mit Hilfe der 9-Punkte Skala nach Saaty. Diese Ratioskala soll die Verhältnismäßigkeit der verglichenen Elemente darstellen. Der Quotient des Vergleichs liefert einen relativen Wert. Die Werte der Skala verhalten sich unter bestimmten Transformationen invariant, wodurch sich die Werte normalisieren lassen. Durch die Verwendung der Verhältniswerte wird impliziert, dass eine proportionale Werteentwicklung vorliegt.<sup>275</sup> Es gilt:

$$a_{ij} = \frac{w_i}{w_j} \text{ mit } 1 \leq i \leq n; 1 \leq j \leq n$$

Dieser Schritt wird bei der Zuordnung linguistischer Angaben übergangen. Die Werte werden direkt aus der 9-Punkte Skala entnommen. Die Reziprokwerte stellen das jeweils umgekehrte Verhältnis dar.

Werte	Beschreibung	Werte	Beschreibung
1	gleichwertig	1	gleichwertig
3	etwas besser	$\frac{1}{3}$	etwas schlechter
5	deutlich besser	$\frac{1}{5}$	Deutlich schlechter
7	viel besser	$\frac{1}{7}$	Viel schlechter
9	extrem besser	$\frac{1}{9}$	Extrem viel schlechter
2,4,6,8	Zwischenwerte	$\frac{1}{2}, \frac{1}{4}, \frac{1}{6}, \frac{1}{8}$	Zwischenwerte

**TABELLE 6: 9-PUNKTE SKALA NACH SAATY<sup>276</sup>**

In einer Evaluationsmatrix mit  $n \cdot n$  Werten werden die Bewertungsergebnisse dargestellt.

$$P = \begin{bmatrix} & a_1 & a_2 & a_3 & \dots & a_n \\ a_1 & 1 & & & & \\ a_2 & & 1 & & & a_{ij} \\ a_3 & & & 1 & & \\ \dots & & & & 1 & \\ a_n & a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}} & & & & 1 \end{bmatrix}$$

**ABBILDUNG 17: REZIPROKE MATRIX NACH MEIXNER UND HAAS<sup>277</sup>**

Die Evaluationsmatrix wird für jede Ebene der Hierarchie für jedes jeweils direkt übergeordnete Element erstellt.<sup>278</sup>

<sup>274</sup> Vgl. (Klein, et al., 2012 S. 386)

<sup>275</sup> Vgl. (Saaty, et al., 2012 S. 26)

<sup>276</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Saaty, 1986 S. 843)

<sup>277</sup> Siehe (Meixner, et al., 2002 S. 142)

<sup>278</sup> Vgl. (Saaty, 1996 S. 71 ff.)

Zur Bewertung der Alternativen in Bezug auf deren jeweiligen Kriterienausprägungen, d.h. zur Bestimmung der lokalen Gewichte können bei der Anwendung des AHP's quantitative Daten verwendet werden. Die Bestimmung der lokalen Gewichte wird im Anschluss an die Erläuterungen zur Verwendung von quantitativen Daten beschrieben. Das Prinzip des paarweisen Vergleichs zur Bestimmung von Verhältniswerten lässt sich somit nicht nur mit Hilfe einer Skala anwenden, sondern auch anhand von quantitativen Daten. Die quantitativen Daten werden dazu summiert und die Ausprägung eines Elements ins Verhältnis zur Summe gesetzt. Dadurch lassen sich die einzelnen Verhältniswerte, z.B. mehrerer Alternativen, in Bezug auf ein Kriterium bestimmen. Es gilt:

$$w_i = \frac{a_i}{(a_i + \dots + a_n)} \text{ mit } i \in 1, \dots, n$$

Die Bestimmung des lokalen Gewichts kann nur dann nach dieser Berechnung erfolgen, wenn der höchste Wert dem größten Gewicht entspricht. Soll das Gewicht umgekehrt ausgelegt werden, d.h. der geringste Wert dem größten Gewicht entsprechen, gilt es, die Berechnung des lokalen Gewichts anzupassen. Laut (Meixner, et al., 2002) sind dazu die Kehrwerte zu bilden. Darüber hinaus führen (Meixner, et al., 2002) zwei weitere Anwendungsfälle an, in denen eine Anpassung der Berechnung der lokalen Gewichte vorgenommen werden muss. Ist ein optimaler Wert eines Kriteriums bekannt, so ist die Abweichung der Kriterienausprägung einer Alternative bis hin zu diesem optimalen Wert zu bestimmen. Die Abweichung aller Alternativen zum angestrebten Wert wird dann wiederum ins Verhältnis gesetzt. Im zweiten Fall sind ebenfalls Abweichungen zu bestimmen, wenn ein zu vermeidender Maximalwert bekannt ist. Je geringer in diesem Fall die Abweichung einer Kriterienausprägung ist, umso geringer fällt das lokale Gewicht der Alternative aus.<sup>279</sup> Die genannten Fälle nach (Meixner, et al., 2002) setzen voraus, dass alle Werte der Kriterienausprägungen je Alternative und Kriterium bekannt sind. Sie sind daher als Spezialfall der absoluten Bewertung einzustufen. Dieser Spezialfall beruht des Weiteren darauf, dass die Unterscheidung der Alternativen auf einer ordinalen Skala erfolgt. Im weiteren Verlauf der Bewertung, d.h. innerhalb der Berechnung der Eignung der Alternativen, werden die Werte wie kardinale Informationen behandelt, da diese als Rechengrößen fungieren. Weitere Bewertungsarten, bei denen berücksichtigt wird, in welcher Form die relevanten Daten für die Alternativenbewertung durch den AHP vorliegen, stellen (Peters, et al., 2006)<sup>280</sup> vor. Die Bewertungsarten nach (Peters, et al., 2006) differenzieren grundsätzlich zwischen relativen und absoluten Informationen. (Saaty, et al., 2012)<sup>281</sup> stellen ebenfalls diese Unterscheidung vor. Nachfolgend werden die Bewertungsarten der Unterscheidung nach (Peters, et al., 2006) & (Saaty, et al., 2012) dargestellt. Dabei erfolgt eine weitere Differenzierung in Anlehnung an (Peters, et al., 2006) mit folgender Bezeichnung:

Bewertungsart A:	relative Bewertung
Bewertungsart B, C, D, E:	absolute Bewertung

<sup>279</sup> Vgl. (Meixner, et al., 2002 S. 158 f.)

<sup>280</sup> Vgl. (Peters, et al., 2006 S. 9 f.)

<sup>281</sup> Vgl. (Saaty, et al., 2012 S. 4 f.)

		Kriterienart	Qualitative Kriterien	Quantitative Kriterien	
				Exakte Ausprägung bekannt	Exakte Ausprägung nicht bekannt
Bewertungsart					
Absolute Bewertung	A	Relative Bewertung	●	●	●
	B	Bewertung mit Intensitäten ohne Intensitätsintervalle	●	●	●
	C	Bewertung mit Intensitäten mit Intensitätsintervalle	○	●	●
	D	Bewertung auf Basis einer kardinal skalierten Funktion	○	●	○
	E	Direkte Bewertung	○	●	○

● = Bewertungsart geeignet. ● = Bewertungsart bedingt geeignet. ○ = Bewertungsart ungeeignet.

**ABBILDUNG 18: BEWERTUNGSARTEN NACH (PETERS, ET AL., 2006)<sup>282</sup>**

Die zu Beginn vorgestellten quantitative Bewertungsarten nach (Meixner, et al., 2002) stellen die direkte Bewertungsart E nach (Peters, et al., 2006) dar. In dieser Bewertungsart wird unterstellt, dass die Daten auf einer kardinalen Skala beruhen, so dass diese in einem proportionalen Zusammenhang stehen.<sup>283</sup> Stellt der geringste Wert den größten Nutzen dar, können die umgekehrten, proportionalen Zusammenhänge nicht mit dem Kehrwert abgebildet werden. Diese Funktion bildet nicht die Proportionalität ab. Der Grundnutzen reduziert sich mit jeder weiteren Einheit. Zur Abbildung der proportionalen Zusammenhänge gilt es, eine Funktion zu identifizieren, die dazu in der Lage ist.

Die ordinal skalierte Bewertungsart des AHP Grundmodells nach (Saaty, 1996) mit qualitativen Daten entspricht der relativen Bewertungsart A nach (Peters, et al., 2006). Bei der Bewertung quantitativer Daten durch diese Bewertungsart werden die lokalen Gewichte durch paarweisen Vergleich bestimmt. Die Werte werden durch einen Entscheider interpretiert und der 9-Punkte Skala nach Saaty zugeordnet. Sofern kardinal skalierte Daten vorhanden sind, führt diese Bewertungsart zu einem Informationsverlust.<sup>284</sup>

Die absoluten Bewertungsarten steigen hingegen nicht direkt mit einem paarweisen Vergleich in die Bewertung ein. Hier werden zunächst alle Elemente unabhängig voneinander bewertet. Anschließend daran erfolgt die Gegenüberstellung der Werte, die anhand des Gesamtwerts normiert werden. Als Folge dessen lassen sich die Kriterienausprägungen der lokalen Gewichte miteinander vergleichen.<sup>285</sup>

In Bewertungsart B werden die Kriterienausprägungen der Alternativen als Intensitäten verstanden. Den Ausprägungen werden numerische Werte auf einer kardinalen Skala zugeordnet. Die numerischen Werte sind hierbei im Vorfeld anhand eines paarweisen Vergleichs zu definieren. Bei Bewertungsart B werden Angaben der natürlichen Sprache numerische Werte zugeordnet. Auch hier kann es bei kardinal skalierten Daten zu Informationsverlusten kommen.

Die Bewertungsart C stellt eine Erweiterung von Bewertungsart B dar. Hier werden ebenfalls Intensitäten betrachtet, denen jedoch keine sprachliche Angabe zugeordnet wird, sondern im Vorfeld definierte Intervalle für die quantitativen Kriterienausprägungen verwendet werden. Durch die Intervalldefinitionen sind paarweise Vergleiche unnötig. Die Ausprägungen können

<sup>282</sup> Vgl. (Peters, et al., 2006 S. 14)

<sup>283</sup> Vgl. (Peters, et al., 2005 S. 303 f.)

<sup>284</sup> Vgl. (Peters, et al., 2006 S. 10 f.)

<sup>285</sup> Vgl. (Peters, et al., 2005 S. 305)

demnach direkt dem entsprechenden Intervall zugeordnet werden. Die Anwendung der Bewertungsart C eignet sich dann, wenn die Kriterienausprägungen der Alternativen nicht eindeutig bekannt sind, jedoch eindeutig einem Intervall zugeordnet werden können. Die Intervallsabstufung hat zur Folge, dass Werte, die an einer Intervallsgrenze liegen, eine „Unschärfe“ darstellen.

In Bewertungsart D wird eine kardinal skalierte Funktion definiert, die der Bewertungsskala zugrunde liegt. Dadurch ergibt sich ein direkter Zusammenhang der quantitativen Daten mit den Präferenzen der Kriterienausprägungen der Alternativen. Die Bewertungsart D ist dann anzuwenden, wenn die Ausprägungen der Alternativen in Bezug auf die Kriterien bekannt sind, aber kein proportionaler Zusammenhang mit den Indizes vorhanden ist. Falls dies nicht zutreffend ist, eignet sich die Bewertungsart E.<sup>286</sup>

Liegen quantitative Daten in derselben Dimension vor, die dem gleichen Element untergeordnet sind, können diese zusammengefasst werden. So können z.B. die Kosten der Alternativen, die über unterschiedliche Kostenarten zu erfassen sind, unter einem Gesamtkostenbegriff zusammengefasst werden.<sup>287</sup> Die Voraussetzung für die Zusammenfassung liegt zum einen darin, dass die Daten vergleichbar sind und vollständig erfasst werden.

Eine generelle Aussage über die Verwendung der Bewertungsarten ist nicht zu treffen. Je nach Anwendungsfall gilt es zu entscheiden, welche Bewertungsart zu wählen ist.

Ist die anzuwendende Bewertungsart identifiziert, können die lokalen Gewichte bestimmt werden. Dazu ist zunächst die Evaluationsmatrix, wie bereits beschrieben, zu erstellen. Daraus werden die Prioritäten bzw. die Gewichte der Elemente berechnet. Die Eigenvektormethode ist die Grundlage der Berechnung, die vereinfacht oder exakt erfolgen kann. Nachstehend wird zunächst die vereinfachte Berechnungsmethode beschrieben.

#### Mean of normalized values

	$a_1$	$a_2$	...	$a_n$	$a'_1$	$a'_2$	...	$a'_n$	$r_i$	$w_i$
$a_1$	$a_{11} = 1$	$a_{12}$	...	$a_{1n}$	$a_{11}/c_1$	$a_{12}/c_2$	...	$a_{1n}/c_n$	$r_1$	$w_1 = r_1/n$
$a_2$	$a_{21} = 1/a_{12}$	$a_{22} = 1$	...	$a_{2n}$	$a_{21}/c_1$	$a_{22}/c_2$	...	$a_{2n}/c_n$	$r_2$	$w_2 = r_2/n$
:	:	:		:	:	:		:	:	:
$a_n$	$a_{n1}$	$a_{n2}$	...	$a_{nn} = 1$	$a_{n1}/c_1$	$a_{n2}/c_2$	...	$a_{nn}/c_n$	$r_n$	$w_n = r_n/n$
$\Sigma$	$c_1$	$c_2$	...	$c_n$	1	1	...	1	n	1

**TABELLE 7: BERECHNUNG DER LOKALEN GEWICHTE NACH (MEIXNER, ET AL., 2002)<sup>288</sup>**

Zunächst werden bei der Anwendung des mean of normalized values die Spaltensummen ( $c_i$ ) der Evaluationsmatrix bestimmt.

$$c_i = \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad \text{für } \forall i, j$$

<sup>286</sup> Vgl. (Peters, et al., 2006 S. 10 f.)

<sup>287</sup> Vgl. (Peters, et al., 2005 S. 306)

<sup>288</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Meixner, et al., 2002 S. 146)

Die normalisierte Matrix ergibt sich aus der Division der Evaluationsmatrix durch die Spaltensummen.

$$a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad \text{für } \forall i, j$$

Darauf folgend werden die Zeilensummen ( $r_i$ ) der normalisierten Matrix gebildet. Die Anzahl der Elemente aus dem paarweisen Vergleich ergeben sich aus der Summe der Zeilensummen. Die Normalisierung der Zeilensummen führt zu den Gewichten der Elemente. Dazu werden die Zeilensummen durch die Anzahl der Elemente ( $n$ ) dividiert.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a'_{ij}}{n}$$

Je nachdem, auf welcher Ebene der paarweise Vergleich und somit der mean of normalized values angewandt wurde, erhält man auf der untersten Ebene die Gewichte der Alternativen bzw. auf höheren Ebenen die lokalen Gewichte der Kriterien.<sup>289</sup> Die Schätzwerte aus der Anwendung des mean of normalized values sind nur dann weiter zu verwenden, wenn diese ausreichend konsistent sind.<sup>290</sup>

#### Eigenvalue Method

Die Eigenvalue Method stellt die exakte Berechnung dar. Hier werden die Gewichte über einen iterativen Prozess berechnet. Auch hier wird eine Evaluationsmatrix basierend auf einem paarweisen Vergleich erstellt. Anschließend werden die Inhalte der Evaluationsmatrix quadriert. Das Ergebnis daraus wird normalisiert und die Gewichte der Elemente bestimmt. Anschließend wird die quadrierte Matrix erneut quadriert, normalisiert und die Gewichte bestimmt. Die daraus erfolgten Gewichtungswerte werden miteinander verglichen. Ist eine Abweichung der Gewichte festzustellen, wird der Prozess des Quadrierens, Normalisierens und des Vergleichs der Gewichtung erneut durchlaufen. Sobald der Gewichtungsvergleich minimale Abweichung aufweist, wird der Prozess beendet.

Die vorgestellten Methoden des mean of normalized values und Eigenvalue Method führen dann zum gleichen Ergebnis, wenn die eingehenden Informationen konsistent sind. Die Eigenvalue Method ist nur mit Hilfe von computerunterstützter Anwendung praktikabel. Entsprechende Software-Lösungen wurden bereits Mitte der 1990er Jahre bei (Saaty, 1996) gelistet.<sup>291</sup>

### 4.5.3 Konsistenz prüfen

Die Konsistenzprüfung erfordert, dass die Angaben bei der Bewertung der Kriterien und Alternativen transitiv sind. Darüber hinaus muss die Transitivität auf der kardinalen Skala erhalten bleiben. Es gilt:<sup>292</sup>

$$a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{kj} \quad \text{für } \forall i, j, k$$

Saaty setzt keine absolute Konsistenz der Angaben voraus. Geringfügige Abweichungen sind zulässig. Bei größeren Abweichungen sollten die Angaben überprüft werden. Saaty führt zur Konsistenzprüfung den Consistency Index (CI) sowie den Consistency Ratio (CR) auf. Der Consistency Ratio wird in der deutschsprachigen Literatur als Konsistenzwert bezeichnet. Beträgt der CR-Wert null, so ist eine Matrix vollständig konsistent. Laut (Saaty, 1996) sind Konsistenzwerte bis 0,1 zulässig.<sup>293</sup> Die Berechnung des Konsistenzwerts basiert auf dem Vergleich des Eigenwerts  $\lambda$  und dem maximalen Eigenwert  $\lambda_{\max}$  einer Evaluationsmatrix. Der Eigenwert wird aus der Summe der Hauptdiagonalen der Evaluationsmatrix berechnet. Ist die Matrix konsistent, entspricht der Eigenwert der Anzahl  $n$  der verglichenen Elemente. Zur Bestimmung des maximalen Eigenwerts müssen die Eigenwerte  $\lambda_i$  berechnet werden. Die Elemente der Evaluationsmatrix werden dazu mit dem Gewicht des jeweiligen Elements multipliziert. Daraus wird anschließend die Zeilensumme gebildet.

<sup>289</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2011 S. 14341)

<sup>290</sup> Vgl. (Meixner, et al., 2002 S. 147)

<sup>291</sup> Vgl. (Saaty, 1996 S. 77 f.)

<sup>292</sup> Vgl. (Gastes, 2011 S. 31)

<sup>293</sup> Vgl. (Saaty, 1996 S. 80 ff.)

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	...	$a_n$	$\bar{r}_i$	$\lambda_i$	$\lambda_{max}$		
$a_1$	$w_1 * a_{11}$	$w_2 * a_{12}$	$w_3 * a_{13}$	...	$w_n * a_{1n}$	$\bar{r}_1 = \sum w_i * a_{1i}$	$\lambda_1 = \frac{\bar{r}_1}{w_1 * a_{11}}$	$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n \lambda_i}{n}$		
$a_2$	$w_1 * a_{21}$	$w_2 * a_{22}$	$w_3 * a_{23}$	...	$w_n * a_{2n}$	$\bar{r}_2 = \sum w_i * a_{2i}$	$\lambda_2 = \frac{\bar{r}_2}{w_2 * a_{22}}$	<b>CI</b>		<b>CR</b>
$a_3$	$w_1 * a_{31}$	$w_2 * a_{32}$	$w_3 * a_{33}$	...	$w_n * a_{3n}$	$\bar{r}_3 = \sum w_i * a_{3i}$	$\lambda_3 = \frac{\bar{r}_3}{w_3 * a_{33}}$	$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1}$		$CR = \frac{CI}{R}$
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$			
$a_n$	$w_1 * a_{n1}$	$w_2 * a_{n2}$	$w_3 * a_{n3}$	...	$w_n * a_{nn}$	$\bar{r}_n$	$\lambda_n$			

**TABELLE 8: BERECHNUNGSSCHEMA (MEIXNER, ET AL., 2002)<sup>294</sup>**

Der Eigenwert  $\lambda_i$  ist der Quotient aus der Zeilensumme und dem gewichteten diagonalen Wert. Im Anschluss daran wird  $\lambda_{max}$  über den maximalen, durchschnittlichen Eigenwert der Durchschnittsmatrix berechnet.<sup>295</sup> Der Konsistenzindex kann darauf folgend berechnet werden. Es gilt:

$$CI = \frac{(\lambda_{max} - n)}{n - 1}$$

Ist der Konsistenzindex bekannt, kann der Konsistenzwert (CR) berechnet werden, in dem der Konsistenzindex (CI) durch einen Durchschnittswert (R) zufällig zustande gekommener, gleich großer Matrizen dividiert wird. (Saaty, 1980) hat den Durchschnittswert anhand von empirischen Testreihen bestimmt. Es gilt:

$$CR = \frac{CI}{R}$$

Größe der Matrix	1	2	3	4	5	6	7	8	9
R	0,00	0,00	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45

**TABELLE 9: DURCHSCHNITTSWERTE R NACH (MEIXNER, ET AL., 2002)<sup>296</sup>**

#### 4.5.4 Globale Gewichte

Die globalen Gewichte jeder Alternative  $p_i$ , d.h. die Eignungen der Alternativen im Vergleich zueinander, lassen sich aus der Synthese aller lokalen Gewichte  $w_{ih}$  berechnen. Der Ansatz des AHP Grundmodells nach Saaty zur Bestimmung der globalen Gewichte wird als Distributive-Mode bezeichnet.<sup>297</sup> Dieser setzt voraus, dass sich die Gewichtungswerte der Kriterien  $c_h$  aus der untergeordneten Ebene auf 1 aufsummieren lassen. Die Gewichtungswerte der Kriterien werden mit dem lokalen Gewicht, d.h. der Ausprägung der Alternative, multipliziert. Dieses Vorgehen wird über alle Ebenen aller Ebenen der Hierarchie durchgeführt. Daraus ergibt sich der Wert 1 für das Oberziel aus der Summe der globalen Gewichte aller Alternativen. Es gilt:

$$p_i = \sum_h c_h * w_{ih}$$

<sup>294</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Meixner, et al., 2002 S. 170)

<sup>295</sup> Vgl. (Saaty, 1980 S. 237 ff.)

<sup>296</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Meixner, et al., 2002 S. 172)

<sup>297</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2009 S. 209)

#### 4.5.5 Sensitivität

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse wird überprüft, welchen Effekt Änderungen der Kriterien-gewichtung sowie der Ausprägungen der Alternativen je Kriterium auf die Rangfolge der Alternativen-eignung haben. Durch mehrfache und geringe Änderung der Kriteriengewichte wird überprüft, bei welcher Ausprägung die Rangfolge der Alternativen-eignung verändert wird. Instabil ist das Berechnungsergebnis dann, wenn die Änderung der Alternativen-rangfolge bei geringer Änderung der Kriteriengewichte erfolgt ist. Bei instabilen Berechnungsergebnissen empfehlen (Meixner, et al., 2002) die Kriteriengewichtung zu überprüfen und ggf. erneut durchzuführen. Tritt die Rangfolgenänderung der Alternativen-eignung erst bei deutlicher Kriteriengewichtsveränderung auf, wird das Berechnungsergebnis als stabil bzw. robust bezeichnet. Die Sensitivitätsanalyse gestaltet sich als relativ aufwendig, so dass zur praktischen Anwendung die Unterstützung via Software zu empfehlen ist. Nur bei der Verwendung qualitativer Daten bei der Berechnung der Alternativen-eignung kann die Sensitivitätsanalyse von Nutzen sein.<sup>298</sup>

#### 4.5.6 Kritik am Grundmodell des Analytic Hierarchy Process

Das Grundmodell des AHP nach Saaty weist unterschiedliche Defizite auf. Diese Defizite sind nach folgender Auflistung kategorisiert.

- Erstellung der Hierarchie
- 9-Punkte Skala nach Saaty
- Rangumkehrungen
- Ergänzende Kritikpunkte

Zur Erstellung der Hierarchie weisen die Angaben der Literatur diverse Defizite auf. Die Anordnung der Elemente innerhalb einer Hierarchie kann durch Veränderung der Anordnung zu einer Gewichtungsveränderung führen, was sich in einer veränderten Alternativen-eignung auswirken kann. Der Umgang mit diesem Effekt wird in der Literatur nicht näher beschrieben. Darüber hinaus ist nicht bekannt, wie eine Hierarchie bzgl. der Ebenen zu gestalten ist. Empfehlungen zur Hierarchietiefe, d.h. flache oder vielschichtige Hierarchien, sind nicht zu finden. Die Problematik liegt darin, dass die Strukturierung eines Entscheidungsproblems durch einen Entscheider subjektiv erstellt wird. Die Hierarchie eines Entscheidungsproblems kann durch eine andere Person in anderer Anordnung und Tiefe erstellt werden.<sup>299</sup>

Aus empirischen Untersuchungen geht hervor, dass Kriterien mit keiner oder geringer Untergliederung schwächer gewichtet werden als Kriterien, die sehr detailliert gegliedert sind. Damit Abweichungen der Gewichtungswerte bei komplexen Hierarchien vermieden werden können, empfehlen (Ishizaka, et al., 2009) Elemente in Gruppen zusammen zu fassen.

Die Defizite bei der Erstellung der Hierarchie sind kein Sonderfall des AHP. Diese Defizite sind auch bei anderen subjektiven Entscheidungsmodellen zu finden.

(Ishizaka, et al., 2009)<sup>300</sup> stellen die 9-Punkte Skala nach Saaty in Frage. Die Abstufung und die Begrenzung auf den Wert 9 sei nicht logisch zu begründen. Durch die Wertbegrenzung können Konsistenzprobleme auftreten. Darüber hinaus sind Präferenzen nicht abbildbar, die über der Skalenbegrenzung von 9 liegen. Dies kann zur Folge haben, dass die Gewichtungsverhältnisse aus den paarweisen Vergleichen verzerrt werden. Die dadurch entstandene, ungleiche Verteilung der Gewichtungswerte kann Schwierigkeiten hervorrufen, wenn Präferenzwerte eng beieinander liegen.<sup>301</sup> Zur Veranschaulichung dieser Problematik führen (Meixner, et al., 2002)<sup>302</sup> folgendes Beispiel an. Gegeben seien drei Alternativen A, B und C. Alternative A wird gegenüber Alternative B deutlich bevorzugt. Aus der 9-Punkte Skala nach Saaty erhält dieser Vergleich den Wert 5. Wird in Folge die Alternative B als geringfügig besser als Alternative C bewertet, müsste dieser Vergleich mindestens den Wert 2 erhalten. Durch die Transitivität müsste nun der paarweise Vergleich der Alternative A und C den Wert 10 erhalten. Aufgrund der Begrenzung auf den Wert 9 kann das Verhältnis zwischen Alternative A und C nicht abgebildet werden. Dieses Problem kann jedoch nicht durch einen höheren Begrenzungswert behoben

<sup>298</sup> Vgl. (Meixner, et al., 2002 S. 172 f.)

<sup>299</sup> Vgl. (Brinkmeyer, et al., 1994 S. 88)

<sup>300</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2009 S. 209)

<sup>301</sup> Vgl. (Pöyhönen, et al., 1997 S. 2)

<sup>302</sup> Vgl. (Meixner, et al., 2002 S. 139)

werden. Eine noch größere Skala könnte zu Inkonsistenzen führen, da die Differenzierung für den Entscheider deutlich erschwert werden würde.<sup>303</sup>

Der Nachteil von diskreten Skalen liegt darin, dass konsistente Bewertungen z.T. nicht dargestellt werden können. Die Folge daraus ist die Rundung der Werte hin zum nächsten diskreten Wert der Skala. Häufig kann demnach die folgende Forderung nicht erfüllt werden.<sup>304</sup>

$$a_{ij} = a_{ik} \cdot a_{ki}$$

Dies tritt insbesondere ein, wenn gilt:

$$a_{ik} < 1 \wedge a_{kj} > 1$$

Es kann sich z.B. folgendes ergeben:

$$a_{ik} = \frac{1}{7} \wedge a_{kj} = 3 \rightarrow a_{ij} = \frac{3}{7}$$

Bei der 9-Punkte Skala können des Weiteren Schwierigkeiten durch die Übersetzung der linguistischen Angaben auftreten. Der Grund dafür liegt darin, dass die Skala nicht dem allgemeinen Sprachgebrauch entspricht. Deshalb ist die Abstufung nicht intuitiv durch den Entscheidenden nachvollziehbar. Daraus können sich wiederum Inkonsistenzen ergeben und zudem verletzt die Bewertung die Transitivitätsanforderungen.<sup>305</sup>

Darüber hinaus liegt ein weiteres Defizit der 9-Punkte Skala nach Saaty darin, dass beim Alternativenvergleich von ausgeglichenen gegenüber mäßigen Alternativen mit einem Extremwert eine Verzerrung stattfinden kann. Besitzt eine Alternative mäßige Ausprägungen und eine besonders gute Ausprägung in einem Kriterium, kann diese gegenüber einer anderen Alternative mit ausgeglichenen, guten Ausprägungen ein besseres Eignungsergebnis erhalten. In manchen Fällen kann dies durchaus das richtige Ergebnis darstellen. (Ishizaka, et al., 2009)<sup>306</sup> verweisen darauf, dass in einigen Anwendungsfällen die ausgeglichene Alternative zu bevorzugen wäre, was jedoch aufgrund der 9-Punkte Skala und den daraus berechneten Alternativeneignung nicht ersichtlich wäre. Aufgrund der bekannten Defizite der 9-Punkte Skala nach Saaty wurden diverse Skalen entwickelt, die mitunter bei (Guh, et al., 2009) & (Ishizaka, et al., 2009) vorgestellt werden.

Das in der Literatur am häufigsten diskutierte Defizit des AHP sind Rangumkehrungen. In der englischsprachigen Literatur wird dabei der Begriff rank reversals verwendet. Rangumkehrungen, d.h. Änderungen der Rangfolge der Alternativeneignungen können auftreten, wenn das Entscheidungsproblem um eine zusätzliche Alternative erweitert wird. Dieses Phänomen kann unabhängig davon auftreten, ob die zusätzliche Alternative identisch, ähnlich oder nicht ähnlich zu einer bereits in der Alternativenbewertung berücksichtigten Alternative ist. Nach (Ishizaka, et al., 2009)<sup>307</sup> liegt der Grund dafür in der Eigenvektor basierten Normalisierungsmethode.

Den mathematischen Beweis für das Phänomen der Rangumkehrungen bei der relativen Bewertungsart liefern (Hämäläinen, et al., 1997)<sup>308</sup>. Demnach können Rangumkehrungen aufgrund der Normalisierung auf den Wert 1 der lokalen Gewichte in der untersten Hierarchieebene auftreten. Durch das Hinzufügen einer zusätzlichen Alternative verändern sich die lokalen Gewichtungsverhältnisse der Alternativenausprägungen eines Kriteriums zwangsläufig. Dies tritt ebenfalls bei Elimination einer Alternative aus dem Entscheidungsproblem auf. Auch wenn sich die Rangfolge der Alternativeneignung innerhalb einer Kriterienbewertung nicht ändert, können die veränderten lokalen Gewichtungsverhältnisse dazu führen, dass durch die Aggregation die Rangfolge der globalen Alternativeneignung verändert wird. Die Diskussion in der Literatur darüber, welche Aggregationsmethode zu verwenden ist, um dieses Defizit zu beheben, dauert bis heute an. Saaty selbst beteiligt sich an dieser Debatte mit der Argumentation, dass Rangumkehrungen zulässig sind, da sich durch die Veränderung der Alternativenanzahl des Entscheidungsproblems eine neues Entscheidungsproblem einstellt. Kritik wird überwiegend an die relative Bewertungsmethode des AHP Grundmodells gerichtet. Begleitend zur Kritik stellen die Autoren alternative Bewertungsmethoden vor. Die vorgestellten alternativen Bewertungsmethoden verzichten auf die Ratioskala oder verwenden alternative Normalisierungsmethoden.<sup>309</sup> Rangumkehrungen sind dennoch nicht gänzlich zu vermeiden. Multiplikative Aggregationsmethoden treten seit geraumer Zeit immer mehr in den Vordergrund der Weiterentwicklungen des AHP, da diese keine Normalisierung erfordern, sofern nur über eine Hierarchieebene aggregiert

<sup>303</sup> Vgl. (Saaty, et al., 2012 S. 31)

<sup>304</sup> Vgl. (Ji, et al., 2003 S. 309 f.)

<sup>305</sup> Vgl. (Brinkmeyer, et al., 1994 S. 88)

<sup>306</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2009 S. 702)

<sup>307</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2009 S. 704)

<sup>308</sup> Vgl. (Hämäläinen, et al., 1997 S. 317 f.)

<sup>309</sup> Vgl. (Brinkmeyer, et al., 1994 S. 89)

wird.<sup>310</sup> Bei der Aggregation über mehrere Hierarchieebenen ist die Normalisierung dennoch notwendig, da ansonsten die Gewichtung verzerrt wird.<sup>311</sup> Die Rangumkehrung kann durch die multiplikative Aggregation verhindert werden, wenn identische Alternativen hinzukommen.<sup>312</sup> Ergänzende Kritikpunkte des AHP Grundmodells liegen darin, dass der Konsistenzindex vereinzelt konsistente Matrizen als inkonsistent bewertet und kontradiktorische Bewertungen zulässt. Die Zulässigkeit von geringen Inkonsistenzen verbessert die Anwenderfreundlichkeit, da die Ergebnisse trotz geringer Inkonsistenz nicht verzerrt oder verfälscht werden. In der Literatur sind zur Konsistenzprüfung zahlreiche Alternativen aufgeführt.<sup>313</sup> Ein weiterer Kritikpunkt bezieht sich auf die Identifikation der Entscheidungskriterien zur Alternativenbewertung. Die Hierarchie geht von einem Oberziel aus und führt über Zwischenziele bis auf die darunter stehenden messbaren Kriterien. Wie dies erfolgen soll und welche Kriterien wirklich relevant sind, wird jedoch nicht näher beschrieben. So werden je nach Entscheidungsproblem umfangreiche Expertenbefragungen durchgeführt und die häufigsten Nennungen als zu berücksichtigende Kriterien verwendet. Diese Kriterien stehen unter einem fiktiven Zielsystem, welches in der Praxis so nicht anzutreffen bzw. generalisierbar ist.

Die Problemstellung der Auftragszuordnung für den Betrachtungsbereich kann durch die Anwendung des AHP mit Hilfe von Betrachtungen kleiner überschaubarer Teile des Problems behandelt werden. Beziehungen lassen sich dadurch zwischen einzelnen Elementen der Hierarchie untersuchen und durch einen strukturierten Ablauf darstellen. Folglich ist es möglich, Kundenanforderungen und unternehmensinterne Anforderungen in Form von Kriterien darzustellen und diese mit Ausprägungen der verfügbaren Standorte zu belegen. Das Grundmodell des AHP kann, aufgrund der aufgeführten Kritik, nicht ohne weiteres bei der Problemstellung der Auftragszuordnung für den Betrachtungsbereich angewandt werden. Weiterentwicklungen sollen die Anwendung des AHP's zur Auftragszuordnung ermöglichen und dabei die bekannten Defizite soweit wie möglich reduzieren.

## 4.6 Forschungsschwerpunkte

Die vorangehende Eingrenzung bis hin zur Identifikation und Eignungsbegründung des Analytic Hierarchy Process als Forschungsansatz hat Forschungsschwerpunkte herausgestellt, die im Rahmen dieser Arbeit behandelt werden. Im Folgenden werden diese Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte gelistet und in Beziehung mit der vorliegenden Problemstellung gebracht.

Die **Forschung** bezieht sich grundsätzlich auf die **Weiterentwicklung** des **Analytic Hierarchy Process**, da der dargestellte Forschungsstand im Bereich des Scheduling, der Auftragskoordination, des Supply-Chain-Managements, der Standortplanung und des Operations Research keine direkte Anwendungsmöglichkeit auf den Betrachtungsbereich aufweist.

Im Rahmen dieser Forschungsarbeit werden Möglichkeiten zur **Datenstandardisierung** untersucht und zur Anwendung gebracht, die unter Betrachtung von Aufwand und Nutzen die Vergleichbarkeit sowie Belastbarkeit der Ausprägungen aller Standorte für entscheidungsrelevante Kriterien ermöglichen. Die Standardisierung stellt darüber hinaus die Basis zur **Untersuchung der Beziehungen** zwischen unterschiedlichen Einflussfaktoren, d.h. zwischen Elementen einer Ebene und zwischen den Ebenen der Hierarchie, dar. Die Kenntnis über die Beziehungen innerhalb der Hierarchie ist die Grundlage für die Berücksichtigung von und den Umgang mit **Zielkonflikten**. Nur ein Umfeld, in dem die Konflikte bekannt sind, kann **Flexibilität und Anpassungsfähigkeit** des Verfahrens garantieren, damit Kriterien, Gewichtung und Alternativen, d.h. Standorte, zur Auswahl bei der Auftragszuordnung implementiert oder extrahiert werden können.

<sup>310</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2009 S. 704)

<sup>311</sup> Vgl. (Stam, et al., 2002 S. 94)

<sup>312</sup> Vgl. (Lootsma, 1993 S. 106)

<sup>313</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2011 S. 14344)

Die **Forschungsschwerpunkte** konzentrieren sich zum einen auf die Entwicklung eines **Verfahrens zur Selektion von relevanten Kriterien** als elementarer Grundstein des AHP-Ansatzes, da in der Literatur<sup>314</sup> Kriterien als gegeben vorausgesetzt werden. Die Frage, wie Kriterien selektiert werden, bleibt bisher weitgehend unbeantwortet. Zum anderen gilt es, bei der Auftragszuordnung den Ansprüchen an ein Verfahren zur **objektiven Bewertung** gerecht zu werden, d.h. durch emotionslose Wertung, Gewichtung und Berechnung sowie den Ausschluss manueller Angaben durch den Entscheider widerspruchsfreie, objektiv bestimmte Ergebnisse zu generieren, die besonders im Bereich von dimensionslosen Kriterienausprägungen anzusiedeln sind. Ein weiterer Entwicklungsbaustein stellt die **Integration von Schwellwerten und Ausschlusskriterien** in den AHP-Ansatz dar, die dazu dienen sollen, Standorte auszuschließen, wenn z.B. ein Schwellwert erreicht wird (wie bei einer Auslastung eines Standort A bis auf die Kapazitätsgrenze). Darüber hinaus soll das Verfahren durch das Umfeld gestellte, dynamische Anforderungen decken können, die in Form von alternierenden Kunden- oder unternehmensinternen Anforderungen anliegen. Die Wahl des „geeignetsten“ Standorts muss sich stets an den auftragspezifischen Anforderungen orientieren, so dass an dieser Stelle die Notwendigkeit zur Entwicklung von **Szenarien** besteht, die es ermöglichen, Aufträge situationsbedingt bestmöglich zuzuordnen (Bsp. kostendominierendes Szenario, lieferzeitdominierendes Szenario). Dem übergeordnet steht die Forschungsleistung zur **mathematischen Selektion eines Standorts**, d.h. die Entwicklung des AHP hin zur mathematischen Abbildung der aufgeführten Punkte. Zur **Programmierung** des Verfahrens ist die mathematische Berechnung auf formelbasierender Methodik zu entwickeln, damit die Auftragszuordnung computergestützt erfolgen kann. Für den Untersuchungs- und Einsatzbereich stellt sich dies als Implementierung bzw. Erweiterung eines ERP-Systems dar. Die abschließende **Validierung** des entwickelten Verfahrens zur Auftragszuordnung erfolgt mit Hilfe von produktiven Daten in Form eines Vergleichs zwischen Objektivität und Emotionalität. Ziel der Validierung ist es, zum einen Schwachstellen zu identifizieren und die Eignung des Verfahrens in der Praxis zu belegen sowie zum anderen dessen Vorteile gegenüber der emotionalen Entscheidungsfindung zahlreicher in der Praxis anzutreffender Vorgehensweisen bei der Auftragszuordnung, zu bestimmen.

<sup>314</sup> Vgl. (Eiselt, et al., 2004) & (Grünig, et al., 2009) & (Laux, 2005) & (Mareschal, et al., 1986) & (Saaty, 1980) & (Zangemeister, 1976) & (Zimmermann, et al., 1991)

## 5 Anforderungen an das Verfahren zur Auftragszuordnung

Nachstehend werden zur anforderungsgerechten Ausrichtung des zu entwickelnden Verfahrens zur Auftragszuordnung Anforderungen definiert. Dabei werden relevante Anforderungen hinsichtlich der theoretischen Grundlagen als auch hinsichtlich der betrieblichen Praxis berücksichtigt.<sup>315</sup>

Die Identifikation der Anforderungen an die genannten Verfahrensbestandteile basiert auf wissenschaftlichen Analyseverfahren. Dadurch lassen sich Anforderungen klar und widerspruchsfrei, vollständig, realisierbar und objektiv definieren.<sup>316</sup> Die durch die Analyse identifizierten Anforderungen werden in einem Anforderungskatalog zusammengefasst und klassifiziert.

### 5.1 Vorgehensweise der Anforderungsanalyse

(Winkelmann, 1996) beschreibt die Definition der Anforderungen an ein zu entwickelndes Verfahren als Notwendigkeit zur Bestimmung der Grenzen und Aufgaben des zu betrachtenden Untersuchungsbereichs.<sup>317</sup> Anforderungen, die das zu entwickelnde Verfahren zur Auftragszuordnung betreffen, sind daher aus dem Ablauf beginnend beim Auftragseingang bis hin zur eigentlichen Auftragszuordnung zu entnehmen. Die Detaillierung der Anforderungen entscheidet dabei über die Auslegung des Verfahrens. Vergleichbar dazu ist die Anforderungsanalyse der Integrierten Produktentwicklung nach (Ehrlenspiel, 1995), bei der zu entwickelnde Produkte nach Möglichkeit auf die gestellten Anforderungen ausgerichtet werden.<sup>318</sup>

Die Anforderungsanalyse kann zum einen durch Deduktion erfolgen, indem aus dem Allgemeinen Aussagen für Einzelfälle abgeleitet werden.<sup>319</sup> Zum anderen können Anforderungen durch Induktion ermittelt werden, indem Schlüsse von Einzelfällen auf allgemeine Sätze gewonnen werden.<sup>320</sup> Die Wahl einer der genannten Vorgehensweisen hängt sowohl von der angestrebten Aussage, als auch von der Art der Ausgangsinformation ab. Sofern formale Anforderungen aus theoretischen Grundlagen abgeleitet werden sollen, eignet sich die Deduktion. Sollen hingegen inhaltliche Anforderungen aus der betrieblichen Praxis gewonnen werden, ist die Induktion anzuwenden. Die Vorgehensweisen der Deduktion und der Induktion können miteinander kombiniert werden, wenn die angestrebten Aussagen einen Abgleich aus formalen und inhaltlichen Aussagen erfordern und die Ausgangsinformationen beider Vorgehensweisen verfügbar sind. (Becker, 1990) ist der Ansicht, dass sich sinnvolle Forschungsergebnisse nur durch die Kombination aus deduktiven und induktiven Methoden erzielen lassen.<sup>321</sup> Erfolgreiche Beispiele aus der Kombination der Deduktion und der Induktion finden sich in zahlreichen wissenschaftlichen Arbeiten, wie beispielsweise bei (Hartweg, 2003), (Rüttgers, 1999) und (Wrede, 2000). Die Kombination aus Deduktion und Induktion wird auch in der vorliegenden Arbeit angewandt, da hier ein Verfahren aus theoretischen Grundlagen zur Anwendung in der betrieblichen Praxis entwickelt werden soll. Die nachfolgende Gliederung und die Vorgehensweise zur Ableitung der Anforderungen an das Verfahren zur Auftragszuordnung sind in nachstehender Abbildung, in Anlehnung an (Hartweg, 2003), visualisiert.

<sup>315</sup> Vgl. (Hesse, et al., 1992 S. 51)

<sup>316</sup> Vgl. (Andelfinger, 1997) & (Balzert, 1982 S. 95)

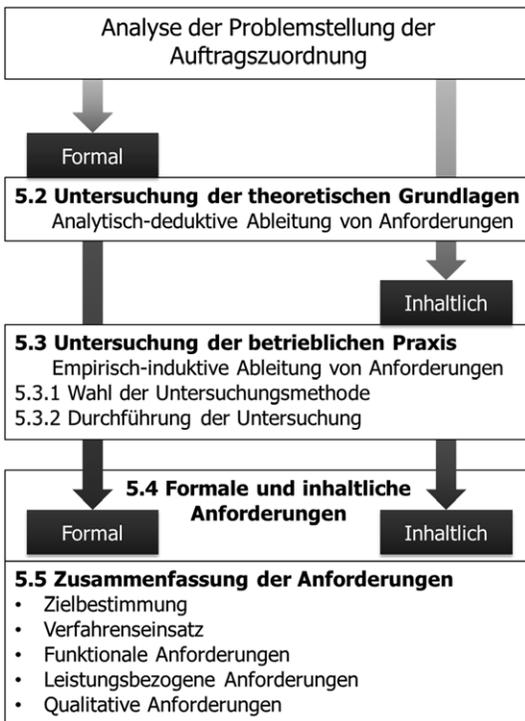
<sup>317</sup> Vgl. (Winkelmann, 1996 S. 37)

<sup>318</sup> Vgl. (Ehrlenspiel, 1995 S. 210 f.)

<sup>319</sup> Vgl. (Höchst, 1997 S. 47 f.)

<sup>320</sup> Vgl. (Franke, 2002 S. 188)

<sup>321</sup> Vgl. (Becker, 1990 S. 296)



**ABBILDUNG 19: VORGEHENSWEISE ZUR ABLEITUNG DER ANFORDERUNGEN AN DAS VERFAHREN ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>322</sup>**

Ausgehend von einem analytisch-deduktiven Prozess zur Ableitung formaler Anforderungen werden anschließend empirisch-induktiv inhaltliche Anforderungen aus der Untersuchung eines repräsentativen Unternehmens gewonnen. Die Ergebnisse aus der Anforderungsanalyse werden in der vorgeschlagenen Gliederung nach (Willmer, et al., 1984) aufgelistet:<sup>323</sup>

- Zielbestimmung
- Verfahrenseinsatz
- Funktionale Anforderungen
- Leistungsbezogene Anforderungen
- Qualitative Anforderungen

## 5.2 Untersuchung der theoretischen Grundlagen

Zur Untersuchung der theoretischen Grundlagen werden die Erkenntnisse aus den vorangehenden Kapiteln der vorliegenden Arbeit herangezogen.

Die Analyse erfolgt dabei nach (Jung, 2006) analytisch-deduktiv, wodurch vom wissenschaftlichen Erkenntnisstand (Grundaussagen anerkannter Theorien) in logischer Form auf die Anforderungen des zu entwickelnden Verfahrens zur Auftragszuordnung geschlossen wird.<sup>324</sup> Formale Anforderungen werden folglich durch Analogiebetachtung der Literatur identifiziert.

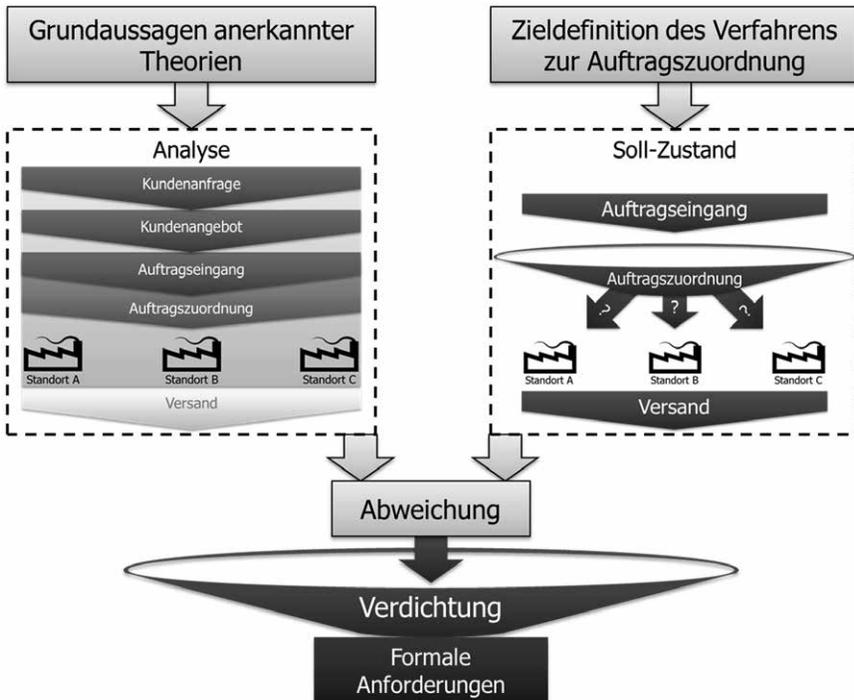
<sup>322</sup> Eigene Darstellung

<sup>323</sup> Vgl. (Willmer, et al., 1984 S. 86 ff.)

<sup>324</sup> Vgl. (Jung, 2006 S. 39)

Im Rahmen der integrierten Produktentwicklung gilt es nach (Ehrlenspiel, 1995), bei der Analyse der Ausgangssituation und der Problemstellung die Schwachstellen der gegenwärtigen Situation bzw. der bisherigen Lösungen zu erkennen. Dieser Ansatz wird hier bezüglich der wissenschaftlichen Erkenntnisse verfolgt, wie sie eingegrenzt im Kapitel 4 Stand der Forschung sowie den hinführenden Kapiteln 2.1, 2.2 und 3 aufgeführt sind. Daraus ergeben sich nach (Ehrlenspiel, 1995) die zu verwirklichenden Anforderungen.<sup>325</sup>

(Ehrlenspiel, 1995) und (Jung, 2006) beschreiben folglich eine Analyse der Grundaussagen anerkannter Theorien in Bezug auf die Problemstellung sowie auf das Ziel eines Forschungsvorhabens. Nachstehende Abbildung stellt diese analytisch-deduktive Vorgehensweise exemplarisch dar.



**ABBILDUNG 20: ANALYTISCH-DEDUKTIVE ABLEITUNG VON ANFORDERUNGEN AN DAS VERFAHREN ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG**<sup>326</sup>

Die Analyse anerkannter Theorien bezieht sich auf die Problemstellung der operativen Auftragszuordnung gemäß des Einsatzbereichs bei redundanten Standorten eines intra-organisationalen Produktionsnetzwerks von Einzelauftragsfertigern. Dem gegenüber steht das Ziel zur ganzheitlichen, kompensatorischen, d.h. multikriteriellen Entscheidungsfindung bei der operativen Auftragszuordnung an den geeignetsten Standort. Neben den in der Literatur diskutierten Defiziten, wie beispielsweise der Kritik am Grundmodell des Analytic Hierarchy Process, werden die Relationen zur Zielstellung analysiert. Durch die analytisch-deduktive Ableitung, werden Anforderungen aus der Abweichung zwischen anerkannten Theorien und der Zieldefinition formuliert.

<sup>325</sup> Vgl. (Ehrlenspiel, 1995 S. 80)

<sup>326</sup> Eigene Darstellung

### 5.3 Untersuchung der betrieblichen Praxis

Bei der Untersuchung der betrieblichen Praxis werden wissenschaftliche Verfahren zur Ableitung von inhaltlichen Anforderungen herangezogen.

Nachfolgend werden die Wahl der Untersuchungsmethode und die Durchführung der Untersuchung beschrieben. Ziel der Untersuchung ist, neben der Anforderungsanalyse, die Durchdringung des Themas innerhalb der betrieblichen Praxis. Dadurch wird grundsätzliches Verständnis und Kenntnis über die Dynamik der komplexen Problemstellung erlangt. Die Betriebsuntersuchung zur Ableitung von Anforderungen ist nach (Ulrich, 1981) ein entscheidender, grundlegender Bestandteil der angewandten Wissenschaft.<sup>327</sup>

#### 5.3.1 Wahl der Untersuchungsmethode

Zur Untersuchung der betrieblichen Praxis werden unterschiedliche Methoden angewandt. Die Literatur stellt hierfür eine Vielzahl an Instrumenten zur Verfügung.<sup>328</sup> Folgend werden die Methoden nach (Hill, 1992) aufgeführt, die im Rahmen der Untersuchung zur Anwendung kommen. Der Grund für die Wahl der Methoden liegt im Untersuchungsobjekt an sich (siehe 3 Untersuchungs- und Einsatzbereich) sowie an den einhergehenden Rahmenbedingungen, die die Wahl der Untersuchungsmethode gestaltungsbedingt einschränken. Die Anwendung der aufgeführten empirisch-induktiven Methoden erlaubt die Ableitung von Anforderungen an das zu entwickelnde Verfahren.

- Erfassung und Interpretation schriftlicher Dokumente
  - Arbeitsanweisungen
  - Flussdiagramme
  - Organigramme
  - Prozessbeschreibungen
  - Analyse
    - Abschlussarbeiten
    - Praktikumsarbeiten
    - Projektdokumentationen
    - Protokolle und Berichte
- Teilnehmende Beobachtung entlang des Prozesses der Auftragszuordnung von Kundenanfrage über Auftragseingang bis hin zum physischen Start der Produktion
  - Arbeitsabläufe
  - Entscheidungsfindung
  - Gruppenarbeit
  - Kommunikation
  - Projekte
  - Workshops
- Qualitative Experteninterviews mit Personen entlang des Prozesses der Auftragszuordnung von Kundenanfrage über Auftragseingang bis hin zum physischen Start der Produktion
  - Kategorisch aufgebauter Interviewleitfaden mit offenen Fragen
  - Fragen aus unterschiedlichen Themenblöcke wie:
    - Informationsinput unter Angabe der Quellen
    - Informationsoutput unter Analyse der Senken, d.h. Informationsempfänger

Die Auftragszuordnung bei intra-organisationalen Produktionsnetzwerken mit redundanten Standorten beschreibt ein komplexes Problemfeld. Die Inhalte eines schriftlichen und anonym zu beantwortenden Fragenkatalogs zum besagten Problemfeld können aufgrund persönlicher Erfahrung und Sichtweise der befragten Personen unterschiedliche Interpretationen hervorrufen.<sup>329</sup> Darüber hinaus liegt ein wesentlicher Nachteil in der laut (Berekoven, et al., 1999) geringen Rücklaufquote von 15 bis 60 %.<sup>330</sup> Um diesen Effekten der rein schriftlichen und

<sup>327</sup> Vgl. (Ulrich, 1981 S. 10 f.)

<sup>328</sup> Vgl. (Hill, 1992 S. 508 ff.)

<sup>329</sup> Vgl. (Meyer, 2006 S. 100)

<sup>330</sup> Vgl. (Berekoven, et al., 1999 S. 113)

standardisierten Befragung entgegen zu wirken, werden persönliche Experten-Interviews unter Anwendung eines Interviewleitfadens nach (Meuser, et al., 1989) durchgeführt.<sup>331</sup> Der Interviewleitfaden ist kategorisch aufgebaut, d.h. er enthält unterschiedliche Themenblöcke damit gewünschte Inhalte gezielt erfragt werden können. Innerhalb der Themenblöcke sind offene Fragen aufgeführt, die je nach Befragungssituation und zu erfragender Inhalte sowie Tätigkeitsbereich der befragten Experten angepasst werden. Darüber hinaus werden die Antworten der befragten Experten während des Interviews durch einen Protokollanten erfasst. Die Vorteile dabei sind die vollständige Erfassung der Gesprächsinhalte und die Möglichkeit, dass der Interviewführer durch die Befreiung von der Protokollführung den Fokus auf den Gesprächsverlauf setzen und dadurch Folgefragen stellen kann, die nicht im Vorfeld innerhalb des Fragenkatalogs erfasst wurden.

Das Protokoll jedes Interviews wird dem befragten Experten zur Einsicht (Korrektur, Bestätigung) nachgereicht. Nach Bestätigung eines Protokolls durch den Befragten werden die Inhalte in einer Zusammenfassung aufgeführt.

### 5.3.2 Durchführung der Untersuchung

Die im Rahmen dieser Forschungsarbeit zu lösende Problemstellung (siehe Kapitel 2.1 Ausgangssituation und Problemstellung) ist grundsätzlich in unterschiedlichen Wirtschaftszweigen vorzufinden. Durch die Abgrenzung des Untersuchungsobjektes (siehe Kapitel 3 Untersuchungs- und Einsatzbereich) wird der Geltungs- und Anwendungsbereich des Verfahrens konkretisiert, wodurch Anforderungen spezifiziert werden, die dann durch die empirisch-induktive Erhebung abgeleitet werden können.

Zusammenfassend gelten die Zielsetzung sowie die vorangestellte Untersuchung den Anforderungen der operativen Auftragszuordnung eines intra-organisationalen Produktionsnetzwerks mit redundanten Standorten der Wiederhol- und Variantenfertigung (Einzelauftragsfertigung). Der Grund für die Untersuchung anhand eines repräsentativen Unternehmens liegt in der enormen Komplexität und Dynamik der Sache. Demzufolge liegt eine zentrale Anforderung an das zu entwickelnde Verfahren darin, durch möglichst geringe Adaption die Anwendung auf vergleichbare Wirtschaftszweige und Unternehmen zu ermöglichen.

Die Datenerhebung erfolgt nach den im Rahmen der Wahl der Untersuchungsmethode beschriebenen Bausteinen. Bei der Auswertung der Daten werden nach (Anzenbacher, 2002) besonders am Beispiel der Sozialwissenschaften statistische Auswertungen repräsentativer Erhebungen (Deskriptive-Statistik) als auch generalisierende Rückschlüsse auf die Grundgesamtheit (Inferenz-Statistik) angewandt.<sup>332</sup>

Die Erkenntnisse, die durch die Durchführung der empirisch-induktiven Erhebung gewonnen werden, ermöglichen den Abgleich zwischen Theorie und Praxis, wodurch Anforderungen validiert werden. Als Folge dessen stehen fundierte, empirische Aussagen, die auch auf andere Unternehmen innerhalb des eingegrenzten Untersuchungsbereichs zutreffen können.

Die Ergebnisse der Experten-Interviews werden verdichtet und mit dem Kenntnisstand, der durch die Erhebung der anderen Quellen (siehe Kapitel 5.3.1 Wahl der Untersuchungsmethode) zur Verfügung steht, abgeglichen sowie auf Vollständigkeit untersucht. Aufgrund dessen werden dabei Verfahren der deskriptiven Statistik zur Analyse der Datenbasis angewandt. Darüber hinaus werden die Ergebnisse hinsichtlich ihrer Relevanz bewertet.

---

<sup>331</sup> Vgl. (Meuser, et al., 1989)

<sup>332</sup> Vgl. (Anzenbacher, 2002 S. 244)

## 5.4 Formale und inhaltliche Anforderungen

Wie bereits in der Beschreibung der Vorgehensweise der Anforderungsanalyse dargestellt wurde, finden sich Verfahren zur Anforderungsanalyse in verschiedenen Forschungsbereichen, wie im Rahmen der Software-Entwicklung nach (Liggesmeyer, 2009)<sup>333</sup> oder im Rahmen der Integrierten Produktentwicklung nach (Ehrlenspiel, 1995)<sup>334</sup>. Die genannten Verfahren weisen grundlegende Überschneidungen auf, wie beispielsweise die Fixierung und Zusammenfassung der Anforderungen in einem Anforderungskatalog. Unterschiede finden sich in der Gliederung der Anforderungen innerhalb des Anforderungskatalogs. Geeignet für die Problemstellung der Auftragszuordnung ist die Gliederung nach (Winkelmann, 1996) bestehend aus Aufgaben, Technik und Benutzer. Aufgrund des Entwicklungsziels eines Prototypen werden aufgabenspezifische Anforderungen berücksichtigt und technische sowie benutzerspezifische Anforderungen ausgeblendet.

Die Anforderungsanalyse orientiert sich an der vorgeschlagene Gliederung nach (Willmer, et al., 1984).<sup>335</sup>

- Zielbestimmung
- Verfahrenseinsatz
- Funktionale Anforderungen
- Leistungsbezogene Anforderungen
- Qualitative Anforderungen

Nachfolgend werden die formalen und inhaltlichen Anforderungen aus den beiden Anforderungsquellen der theoretischen Grundlagen und der betrieblichen Praxis aufgeführt.

### 5.4.1 Zielbestimmung

Im Rahmen der Zielbestimmung wird definiert, welche Ziele durch das zu entwickelte Verfahren erreicht werden sollen.<sup>336</sup> Zielvorstellungen sind notwendig um z.B. die Handlungsalternativen zu bewerten (ohne Ziele sind alle Handlungsalternativen gleichrangig).

Die Untersuchung der betrieblichen Praxis ergibt eine zentrale Zielbestimmung für das Verfahren zur Auftragszuordnung.

**Jeder Auftrag soll zu jedem Zeitpunkt an den geeignetsten Standort zugeordnet werden.**

#### Jeder Auftrag:

Alle Aufträge, die eine Material-Bearbeitung innerhalb des intra-organisationalen Produktionsnetzwerks mit sich ziehen. Dies betrifft alle möglichen Auftragsquellen:

- Aufträge über den Verkauf vom Kunden
- Unternehmensinterne Aufträge (Bsp. andere Geschäftsbereiche, Lagerergänzungen)
- Sonstige

#### Zu jedem Zeitpunkt:

Es soll zu jeder Zeit anforderungsgerecht das Optimum für Kunde und/oder Unternehmen erreichbar/messbar gemacht werden. Grund dafür liegt in der Dynamik der Entscheidungsfindung. Dynamische Anforderungen und Situationsausprägungen nehmen maßgeblich Einfluss auf die Entscheidungsfindung zum Entscheidungszeitpunkt. Der Grund dafür liegt in den einflussnehmenden, dynamischen Variablen wie dem herzustellenden Produkt, den Kundenspezifikationen, den Markteinflüssen, der Belegung je Standort, der technischen Fähigkeit eines Standorts und vielen weiteren.

<sup>333</sup> Vgl. (Liggesmeyer, 2009 S. 364 ff.)

<sup>334</sup> Vgl. (Ehrlenspiel, 1995 S. 210 f.)

<sup>335</sup> Vgl. (Willmer, et al., 1984 S. 86 ff.)

<sup>336</sup> Vgl. (Balzert, 2000 S. 62)

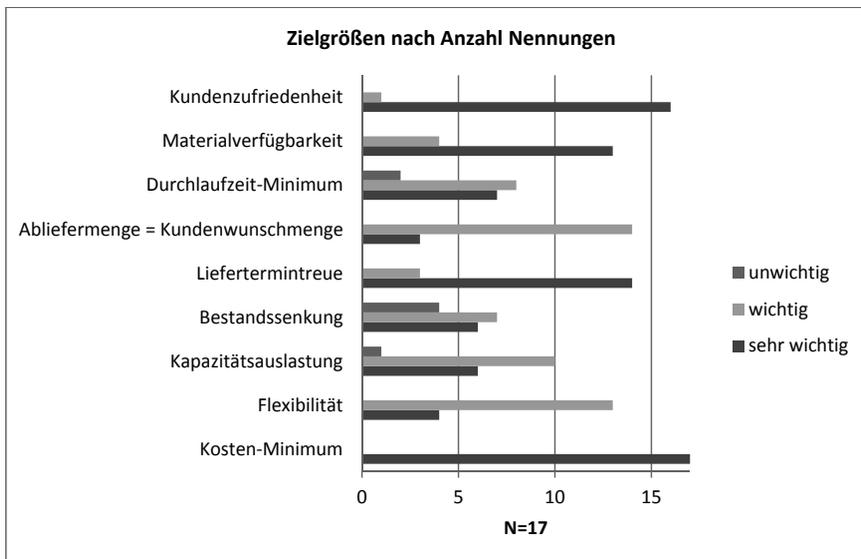
Geeignetster Standort:

Die Identifikation des geeignetsten Standorts stellt ein Entscheidungsproblem der Multi-Attributiven-Entscheidungsfindung dar. Die Standortwahl soll über statische und dynamische Zuordnungskriterien stattfinden. Dazu ist eine standardisierte und vergleichbare Datenbasis notwendig, um betriebswirtschaftliche und organisatorische Faktoren zu optimieren.

Standort-Zuordnung:

Die Zuordnung an den geeignetsten Standort soll durch die Identifikation dessen ermöglicht werden. Die Durchführung der Zuordnung an sich soll nicht Bestandteil des Entscheidungsfindungsverfahrens sein und durch die/den betroffene/n Entscheider in einem Folgeschritt ausgeführt werden.

Der zentralen Zielbestimmung liegen unterschiedliche Zielgrößen zugrunde. Durch die Untersuchung der betrieblichen Praxis konnten unterschiedliche Zielgrößen erfasst werden, die sich mit den produktionsbezogenen Zielgrößen decken, wie sie in der Literatur<sup>337</sup> zu finden sind.



**ABBILDUNG 21: ZIELE DER AUFTRAGSZUORDNUNG LAUT UNTERSUCHUNG DER BETRIEBLICHEN PRAXIS<sup>338</sup>**

Die genannten Zielgrößen des untersuchten Unternehmens decken sich zwar mit den Angaben der Literatur, können jedoch bei einem vergleichbaren Unternehmen in anderer Form aufgestellt sein. Das Ergebnis zeigt darüber hinaus, dass bereits innerhalb eines Unternehmens keine vollständige Übereinstimmung in Form der Relevanz der Nennungen getroffen werden kann. Dieses Problem wird bei der Relevanzbestimmung der Zielgrößen und somit der Gewichtung der Kriterien untersucht.

Demzufolge soll es Bestandteil des zu entwickelnden Verfahrens sein, zunächst die Zielgrößen des Betrachtungsfalls zu analysieren, da Folgewirkungen darauf ausgelegt werden. Weiter kann dieser Effekt auf die Wahl sowie die Gewichtung der Zuordnungskriterien übertragen werden, so dass es Teil des Auftragszuordnungsverfahrens sein muss, anforderungsgerecht und flexibel Zuordnungskriterien zu identifizieren, auszuwählen und zu gewichten.

Übergeordnet können die Zielgrößen zwei Kernbereichen zugewiesen werden, so dass das Ziel darin besteht, den Kundenwunsch in Form eines Auftrags mit unternehmensinternen Zielgrößen

<sup>337</sup> Vgl. (Kistner, et al., 2001 S. 251 f.) & (Schuh, 2006 S. 453) & (Mößmer, 1999 S. 81 f.) & (Corsten, 2004 S. 43 f.)

<sup>338</sup> Eigene Darstellung

bestmöglich bei der Auftragszuordnung in Einklang zu bringen. Dabei sollen Interdependenzen, Ursache-Wirkungsbeziehungen und somit Zielkonflikte zwischen den zu erfüllenden Zielen aller anforderungsstellenden Bereiche berücksichtigt werden.

#### 5.4.2 Verfahrenseinsatz

Nachstehend werden Anforderungen, ausgehend vom Anwendungsbereich sowie von den Zielgruppen des Verfahrens, beschrieben. (Willmer, et al., 1984) fassen diese Anforderungen unter dem Begriff des Verfahrenseinsatz zusammen.<sup>339</sup>

Die Anwendung des zu entwickelnden Verfahrens liegt (wie unter 3 Untersuchungs- und Einsatzbereich beschrieben) im Bereich der operativen Auftragszuordnung innerhalb von intra-organisationalen Produktionsnetzwerken mit redundanten Standorten bei Einzelauftragsfertigung. Das Verfahren zur operativen Auftragszuordnung soll für den Betrachtungsbereich die Entscheidung unterstützen, an welchem der grundsätzlich geeigneten Standorte ein Auftrag hergestellt werden soll.

Charakteristisch für diesen Anwendungsbereich ist die hohe Anzahl an Variablen, die einer hohen Dynamik im operativen Geschäft unterliegt und die Mängel an Objektivität sowie Vergleichbarkeit aufweist. Ergänzt wird dieser Sachverhalt durch unterschiedliche Interessenslagen (Kunde und Unternehmen), die zum Teil in einem konfliktären Verhältnis stehen. Hinzu kommt eine Vielzahl an Interdependenzen, die in einem unflexiblen System häufig zu einseitig betrachtet werden. Bestätigt werden diese charakteristischen Merkmale durch die Untersuchung der betrieblichen Praxis.

Die Anforderungen des abgegrenzten Untersuchungsbereichs gehen unter anderem aus der Betrachtung der charakteristischen Merkmale hervor. So sind  $n$  ( $n$  = Anzahl Standorte) redundante Standorte eines intra-organisationalen Produktionsnetzwerks aufgrund der technischen Auslegung in der Lage, gleiche Produkte herzustellen. In der betrieblichen Praxis weisen redundante Standorte eines intra-organisationalen Produktionsnetzwerks jedoch nicht für jedes Produkt eine vollständige Deckung der technischen Eignung auf, d.h. dass bestimmte Produkte nur an  $n-m$  ( $m < n$ ;  $m$  = Anzahl Standorte, die keine technische Eignung zur Herstellung eines bestimmten Produkts aufweisen) Standorten hergestellt werden können. Die technische Eignung ist zudem aufgrund von Wartung, Defekten, Umbaumaßnahmen, Personalmangel, Optimierungsmaßnahmen und weiteren Ursachen variabel und zu jedem Produkt je Standort zu prüfen. Gleiches muss für weitere Kriterien neben der technischen Eignung gelten, die als Vorstufe der Entscheidungsfindung zu prüfen sind. Erst wenn sichergestellt wurde, welcher Standort einen Auftrag bearbeiten kann, soll aus den verbleibenden Standorten der geeignetste Standort anhand von Zuordnungskriterien identifiziert werden.

Für den Verfahrenseinsatz sollen Anforderungen und Rahmenbedingungen des Anwendungsbereichs berücksichtigt werden. So sind bei intra-organisationalen Produktionsnetzwerken verschiedener Unternehmen Abweichungen in der Bindungsform zu finden.<sup>340</sup> Die Bindungsform ist dabei zeitlich begrenzt und kann somit nicht als statisch sondern bedingt dynamisch angesehen werden. Die Abweichungen der Bindungsformen können in den folgenden Bereichen liegen:

- Funktionsbereich
- Kooperationsrichtung
- Organisationsstruktur
- Koordination
- Stabilität
- Ressourcennutzung
- Räumliche Distanz
- Juristischer Verbindungsgrad
- Informations- und kommunikationstechnische Verflechtungen

<sup>339</sup> Vgl. (Willmer, et al., 1984 S. 87)

<sup>340</sup> Vgl. (Fischer, 1995 S. 17)

Für den Untersuchungsbereich ergibt sich die Anforderung nach flexibler Anpassung an die sich ändernden Rahmenbedingungen. Notwendige Anpassungen können die Integration weiterer Standorte in das System darstellen oder die Berücksichtigung weiterer bzw. anderer Zuordnungskriterien, sowie weitere Punkte der Systembestandteile.

Aus theoretischer Betrachtung im Bereich der Entscheidungstheorie, in dem der Untersuchungsbereich anzusiedeln ist, stellt sich das Entscheidungsproblem wie folgt dar.

Die vorangehenden Erläuterungen beschreiben den Verfahrenseinsatz als ein multikriterielles Entscheidungsproblem in operativer Anwendung innerhalb eines dynamischen Umfelds. Weiter beschreibt das Entscheidungsproblem die Auswahl einer von mehreren möglichen Alternativen unter Berücksichtigung mehrerer Ziele, die zum Teil in einem konfliktären Verhältnis zueinander stehen und mit unvergleichbaren Einheiten eine objektive sowie transparente Entscheidung ermöglichen sollen.<sup>341</sup> Somit soll das Verfahren zur Auftragszuordnung um die notwendigen Handlungen aus dem Bereich der Wirtschaftsinformatik und speziell aus dem Bereich der Datenstandardisierung ergänzt werden.

Anwender des Verfahrens innerhalb der betrieblichen Praxis sind Vertriebsmitarbeiter, die die Aufträge im ERP-System verbuchen, worunter die Standortentscheidung fällt. Zusätzliche Anwender sind die Auftragskoordination sowie ggf. weitere Geschäftsbereiche, d.h. allgemein interne Kundenbestellungen, die ohne Abwicklung über den Vertrieb eingehen. Des Weiteren kommt das Verfahren der Auftragszuordnung bei Planungsbereichen zur Entscheidungsunterstützung zum Einsatz, bei denen strategische, taktische oder operative Standortentscheidungen getroffen werden. Fokus und Auslegung des Verfahrens liegen jedoch im Bereich der zentralen, operativen Auftragszuordnung. Weitere beschriebene Anwendungen sollen adaptiv realisiert werden können. Somit kommt das Verfahren überall dort zum Einsatz, wo eine Entscheidung zwischen geeigneten Standorten zu treffen ist.

Anwender und Auslöser des Verfahrens weisen Unterschiede der Informationen (Daten) auf, wie unterschiedliche Kundenauftragsarten, Aufträge von anderen intra-organisationalen Geschäftsbereichen, Vormaterialbestellungen von Kollegenwerken und weitere. Das Verfahren soll situationsbedingt Informationen verarbeiten und situationsbedingte Anforderungen erfüllen. Dadurch verschiebt sich je Anwender bzw. Auslöser und Zeitpunkt die Gewichtung der Ziele, die durch zu definierende Szenarien berücksichtigt und abgebildet werden sollen.

Voraussetzung des Verfahrenseinsatzes ist die vollständige Integration der Standorte in ein zentrales ERP-System, so dass die informationstechnische Ausstattung der Standorte vergleichbar ist. Ein direkter Austausch zwischen den Standorten ist möglich, damit relevante Entscheidungsinformationen abgerufen werden können. Trotz vergleichbarer Systemarchitektur der Standorte sind die Daten in der betrieblichen Praxis z.T. unvergleichbar. Das Verfahren soll diesen Zustand bei der Kriterienselektion berücksichtigen und, wo notwendig, durch Datenstandardisierung Informationen vergleichbar machen, d.h. grundsätzlich, dass dieser Sachverhalt bei der Auslegung des Verfahrens Berücksichtigung finden soll.

Der Verfahrenseinsatz endet aus Sicht der Entscheidungstheorie, nachdem eine der verfügbaren Alternativen als am besten geeignet bewertet wurde. Dies beschreibt aus Sicht der betrieblichen Praxis die zentrale Identifikation des besten Standorts für jeden eingehenden Auftrag. Die Einplanung, Terminierung, Materialdisposition und Arbeitsplanerstellung sowie Steuerung des Fertigungsablaufs der Aufträge erfolgt dezentral an den jeweiligen Standorten innerhalb der Planungsinstanzen, wie Fertigungsplanung, Arbeitsvorbereitung sowie Fertigungssteuerung und ist losgelöst vom Verfahren der Auftragszuordnung.

Dies gilt fortfolgend als zentrale Rahmenbedingung bei der Entwicklung des Verfahrens zur Auftragszuordnung.

<sup>341</sup> Vgl. (Zimmermann, et al., 1991 S.29)

### 5.4.3 Funktionale Anforderungen

Die funktionalen Anforderungen an ein Verfahren beschreiben die Funktionalitäten und Dienste, die durch das Verfahren geleistet werden sollen.<sup>342</sup>

Somit soll das Verfahren die Auftragszuordnung an die Standorte eines intra-organisationalen Produktionsnetzwerks unter definierter Zielbestimmung ermöglichen, d.h. das Verfahren soll die Entscheidungsfindung bei der Wahl des geeignetsten Standorts unterstützen. Dazu sollen Kriterien herangezogen werden, wie beispielsweise das Ergebnis aus einer technischen Machbarkeitsprüfung eines Artikels an den Standorten des Produktionsnetzwerks, die zunächst die Zuverlässigkeit eines Standorts zur Produktion eines Auftrags bestimmen und anschließend die Standorte zum entsprechenden Zeitpunkt, wie z.B. anhand der Terminabweichung und der Termintreue, bewerten, um den geeignetsten Standort zu identifizieren.

Die Funktion des Verfahrens soll gewährleisten, dass jeder eingehende Auftrag auf Eignung der verfügbaren Standorte geprüft wird. Die Prüfung soll unter Verwendung von Ist-Daten in anforderungsgerecht definierten Zyklen stattfinden, so dass kein Planungsverzug an den Standorten entstehen kann. Durch Verwendung der Ist-Daten sollen Störungen in der Produktion oder im Produktionsumfeld berücksichtigt werden, damit keine Auftragsrückstände aufgrund von z.B. mangelnder Kapazität entstehen können.

Die Funktion des Verfahrens soll die variablen Anforderungen des dynamischen Umfelds bestmöglich berücksichtigen. Die Dynamik der Variablen, wie beispielsweise das Verhältnis zwischen Auftragsbestand und Auftragszugang, verursacht eine Verschiebung der Gewichtung der Zielgrößen. Die Verschiebung soll anhand von definierten Szenarien abgebildet werden, die situationsbedingt anhand eines beschreibenden Regelwerks selektiert werden können.

### 5.4.4 Leistungsbezogene Anforderungen

Leistungsbezogene Anforderungen werden durch den Kunden sowie durch das Unternehmen geprägt und beziehen sich auf die Flexibilität des Verfahrens, auf die Genauigkeit sowie auf die Dauer der Entscheidungsfindung des Verfahrens zur Auftragszuordnung.<sup>343</sup>

Kunden fordern nach Aussagen der betrieblichen Praxis immer kürzere Lieferzeiten geringerer Mengen bei immer kürzer werdenden Forecasts. Hinzu kommen teilweise enorme Bedarfschwankungen und zunehmende Produktvielfalt, die höchste Qualitätsansprüche erfüllen müssen und am Markt z.B. der Halbzeugindustrie unter enormen Preisdruck stehen. Das Umfeld des Betrachtungsbereichs unterliegt daher einer enormen Dynamik, die es kaum erlaubt, eine ausreichend exakte, taktische oder gar strategische Planung der Absatzmengen auf Artekelebene durchzuführen. Das zu entwickelnde Verfahren soll daher die sich ändernden Anforderungen berücksichtigen, grundsätzlich soll das Verfahren aber in vielerlei Hinsicht flexibel sein. Zum einen soll die Entscheidungsfindung die Anforderungen der jeweiligen Situation und damit die Relevanzverschiebung der Zielgrößen berücksichtigen. Zum anderen soll das Verfahren auf Änderungen des Netzwerks reagieren, wie zum Beispiel die Integration weiterer Standorte in die Entscheidungsfindung. Die Forderung an das Verfahren fällt dadurch unter den Begriff der Adaptabilität, d.h. hohe Flexibilität in Form von Anpassungs- und Erweiterungsmöglichkeiten der Systembestandteile.

Nach (Höchst, 1997)<sup>344</sup> werden in der industriellen Praxis keine theoretisch idealen Lösungen erwartet, sondern Lösungen, die eine signifikante Verbesserung des Ist-Zustands darstellen. Die Zuordnung eines Auftrags an einen Standort soll dann als ideal (bzw. optimal) bezeichnet werden, wenn der geeignetste (bestmögliche Erfüllung der Zielgrößen) Standort aus einer verfügbaren Anzahl an Standorten identifiziert wurde. Der Aufwand zur Identifikation des geeignetsten Standorts und der Nutzen für den Kunden sowie für das Unternehmen sollen ausgeglichen sein.

Dem Anspruch nach Genauigkeit sei hinzuzufügen, dass das Verfahren zur Auftragszuordnung in der Lage sein soll, Minimalanforderungen abzubilden, d.h. geprüft werden soll in diesen

<sup>342</sup> Vgl. (Sommerville, 2001 S. 110)

<sup>343</sup> Vgl. (Balzert, 2000 S. 63)

<sup>344</sup> Vgl. (Höchst, 1997 S. 56)

Fällen lediglich, ob die Minimalanforderung erfüllt wird, unabhängig davon in welchem Maß der Wert dieser Anforderung die Minimalanforderung übersteigt, da dies für die Entscheidungsfindung keine Relevanz darstellt. Als Beispiel hierzu dient die Vormaterialverfügbarkeit. Solange für ein Auftrag an einem Standort ausreichend Vormaterial zum notwendigen Zeitpunkt verfügbar ist, spielt es für Eignung des Standorts für den betreffenden Auftrag keine Rolle ob zusätzlich weiteres oder anderes Vormaterial verfügbar wäre.

Die Kunden fordern z.T. Rückmeldung über den Fertigungsstandort ihres Auftrages, die dem Kunden nur nach Abschluss der Standortentscheidung übermittelt werden kann. Auch Kunden, die keine Standortinformation wünschen, soll der Auftrag so schnell wie möglich bestätigt werden. Zur Gewährleistung dieser Ausprägung des Kundenservice besteht die Anforderung an das Verfahren von minimaler Entscheidungsdauer bei der Wahl eines Standorts.

#### **5.4.5 Qualitative Anforderungen**

Qualitative Anforderungen gehen von den Anwendern des Verfahrens aus der betrieblichen Praxis aus. Der Anspruch an Erfüllung dieser Anforderungen liegt in der gewünschten Akzeptanz des Verfahrens in der Praxis.

Für den Anwender sind daher Eigenschaften des Verfahrens für die Akzeptanz entscheidend, die für ihn bei der täglichen Anwendung relevant sind. Beispiele dazu sind hohe Transparenz bei der Entscheidungsfindung, nachvollziehbare Berechnungsweise, benutzerfreundliches Handling und Benutzeroberfläche (Software).<sup>345</sup> Folglich sind die Eigenschaften des Verfahrens zur Auftragszuordnung den Anforderungen der Anwender in der betrieblichen Praxis anzupassen.

Das Verfahren soll dem Anwender das Gesamtbewertungsergebnis je Standort aufzeigen, welches ihm Einblick auf alle Kriterienbewertungen ermöglicht (das Gesamtbewertungsergebnis bezieht sich auf die gestellten Zielgrößen). Das Gesamtbewertungsergebnis soll darüber hinaus transparent & anschaulich dargestellt werden. Dadurch soll dem Anwender bestmögliche Unterstützung bei der Entscheidungsfindung zur Verfügung gestellt werden.

Die Anwender des Verfahrens sollten aufgrund ihres Erfahrungswertes und der Dynamik der Entscheidungssituation die Szenarien zur Auftragszuordnung anhand definierter Regeln bestimmen können.

### **5.5 Zusammenfassung der Anforderungen**

Die Anforderungsanalyse bezieht sich auf die Anforderungen bei der Entwicklung eines Verfahrens zur Auftragszuordnung aus Sicht der betrieblichen Praxis und der Wissenschaft. Die Anforderungen sind in unterschiedlichen Bereichen zusammengefasst:

- Zielbestimmung
- Verfahrenseinsatz
- Funktionale Anforderungen
- Leistungsbezogene Anforderungen
- Qualitative Anforderungen

Das Ergebnis zeigt, dass das zu entwickelnde Verfahren mehrstufig aufgebaut sein soll. Zunächst sollen Kriterien selektiert, dann hierarchisiert werden und im Anschluss soll es möglich sein, ausgehend davon jeden Auftrag auf Eignung an einem Standort, situationsbedingt zu bewerten. Ergänzt wird dieser Ablauf durch Anforderungen an Objektivität, Flexibilität, Vergleichbarkeit und Transparenz sowie weiteren Anforderungen. Beispiele und Details wurden in den vorangehenden Passagen der Anforderungsanalyse beschrieben, die durch die Untersuchung der betrieblichen Praxis verstärkt werden.

<sup>345</sup> Vgl. (Sauer, 2002 S. 92)

Zusammenfassend stellt nachstehender Überblick die zentralen Anforderungen an das zu entwickelnde Verfahren dar. Die Anforderungen sind den Anforderungskategorien zugeordnet und in Form von Überbegriffen dargestellt.

#### **Zielbestimmung**

Jeder Auftrag soll zu jedem Zeitpunkt an den geeignetsten Standort zugeordnet werden.

- Auftragszuordnung anhand von statischen & dynamischen Zuordnungskriterien
- Berücksichtigung situationsbedingter Zielgrößen
- Berücksichtigung und positive Auslegung von Interdependenzen
- Berücksichtigung von Zielkonflikten

#### **Verfahrenseinsatz**

Das Verfahren soll die Standortentscheidung unterstützen.

- Anwendungsbereich
  - Nach morphologischem Merkmalschema der typologischen Abgrenzung
  - Verfahrensende: Auftragszuordnung an den geeignetsten Standort
- Anwender/Auslöser des Verfahrens
  - Verkaufgruppen durch Auftragsbuchung
  - Interne Kunden
  - Auftragskoordination
  - Verarbeitung unterschiedlicher Informationen je Auslöser und Auslösungsart
  - Datenstandardisierung
  - Abbildung der Zielgrößenrelevanzverschiebung über Szenarien
- System/Software
  - Computergestützte Entscheidungsfindung
  - Integration in bestehende Systemlandschaft unter Verwendung verfügbarer Daten

#### **Funktionale Anforderungen**

Die Funktion soll die aufgeführte Zielbestimmung und den definierten Verfahrenseinsatz gewährleisten.

- Entscheidungsunterstützung
  - Transparenz
  - Nachvollziehbarkeit
- Mehrstufige Eingrenzung bis hin zum geeignetsten Standort
  - Ausscheidung: Prüfung grundsätzlicher Eignung der Standorte
  - Bewertung: Geeignete Standorte anhand Zuordnungskriterien bewerten
- Anwendung für jeden eingehenden Auftrag
  - Prüfung anhand relevanter Ist-Daten
  - Berücksichtigung von Störungen im Produktionsumfeld

#### **Leistungsbezogene Anforderungen**

Das Verfahren soll die Leistungsanforderungen an Flexibilität, Genauigkeit und Dauer der Entscheidungsfindung erfüllen.

- Flexibilität, d.h. Anpassung an Variablen
  - Variablen: Kundenwunsch . Marktschwankung . Produktionsumfeld . unternehmensinterne Variablen
  - Dynamik der Variablen
  - Adaptabilität: Anpassung . Erweiterung
- Genauigkeit
  - Verbesserung zum Ist-Zustand
  - Erfüllung von Minimalanforderungen
  - Bester Standort aller verfügbaren Standorte
  - Positives Verhältnis zwischen Aufwand und Nutzen für Unternehmen und Kunde
- Dauer
  - Im Rahmen der Auftragsbuchung
  - Minimale Entscheidungsdauer

**Qualitative Anforderungen**

Die qualitativen Anforderungen der Anwender des Verfahrens aus der betrieblichen Praxis sollen erfüllt werden, um die Akzeptanz des Verfahrens zu maximieren.

- Anforderungen aus Anwendersicht
- Eigenschaften des Verfahrens
  - Funktionale Anforderungen
  - Benutzerfreundlich
- Szenarienwahl nach definierten Regeln
- Bestmögliche Entscheidungshilfe

## 6 Verfahrensentwicklung

Die Verfahrensentwicklung bezieht sich auf die erste und zweite Leitfrage, die durch das Forschungsprojekt beantwortet werden sollen.

1. Wie könnte ein Auftragszuordnungsverfahren auf Basis der multikriteriellen Entscheidungsfindung für den Betrachtungsbereich aussehen?

Das Ziel liegt dabei in der Entwicklung eines adaptierbaren Verfahrens für Unternehmen des typologisch abgegrenzten Forschungsbereichs. „Adaptierbar“ steht dabei für ein den äußeren Umständen und Anforderungen anpassbares und änderbares Verfahren.

2. Welche auftrags- und standortspezifischen Zuordnungskriterien sind sinnvoll?

Das Ziel liegt in der Entwicklung eines Verfahrens zur Selektion von Kriterien, um die anwenderspezifische Definition der Standorteignung zu quantifizieren. D.h. unterschiedliche Ziele und Anforderungen des Anwenders erfordern unterschiedliche Kriterien.

Aus der Ableitung der Anforderungen und der Kenntnis über den Stand der Forschung ergeben sich unterschiedliche Entwicklungsaufgaben. Der Forschungsstand ist demnach nicht in der Lage, die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Zwar wurde der Analytic Hierarchy Process als geeignetes Entscheidungsmodell zur Anwendung beim Entscheidungsproblem der operativen Auftragszuordnung des Betrachtungsbereichs identifiziert, jedoch sind beispielsweise die Schritte des Analytic Hierarchy Process im Grundmodell nicht ausreichend detailliert. Darüber hinaus werden in Bezug auf das Grundmodell in der Literatur diverse Kritikpunkte diskutiert. Die Wahl der entscheidungsrelevanten Kriterien als Grundlage des Entscheidungsprozesses ist innerhalb der Literatur mangelhaft beschrieben und bedarf weiterer Untersuchung. Defizite, die sich aus der Datenverfügbarkeit oder der Berücksichtigung von sich ändernden Entscheidungssituationen ergeben, sind ebenfalls nicht ausreichend beschrieben. Weitere Punkte, die es zur Anwendung der Auftragszuordnung zu entwickeln gilt, sind im Bereich der Forschungsschwerpunkte beschrieben. Daraus geht hervor, dass die Adaption und die Modifikation des Entscheidungsmodells Analytic Hierarchy Process für die definierte Anwendung und Zielstellung der Auftragszuordnung innerhalb des Einsatzbereichs entscheidungstheoretisch notwendig, jedoch für die praktische Umsetzung unzureichend sind. Daher werden ergänzend zur anforderungsgerechten Entwicklung des Entscheidungsmodells auf Basis des Analytic Hierarchy Process, die für die praktische, anwenderspezifische Adaption des Entscheidungsmodells notwendigen Handlungsschritte entwickelt.

Die Handlungsschritte, die zur Lösung des Entscheidungsproblems Auftragszuordnung notwendig sind, beginnen bei der in der Praxis anzutreffenden Identifikation der zur Entscheidungsfindung relevanten Kriterien und enden in der softwarebasierten Umsetzung des Ablaufs der Standortentscheidung zur Buchung eines Auftrags im Umfeld eines ERP-Systems. Die Handlungsschritte werden nachfolgend innerhalb von fünf Phasen beschrieben. Diese Phasen sind an die Schritte des Grundmodells des Analytic Hierarchy Process angelehnt und um Bestandteile zur Erfüllung der abgeleiteten Anforderung erweitert. Die Phasen bilden das Verfahren zur Auftragszuordnung.

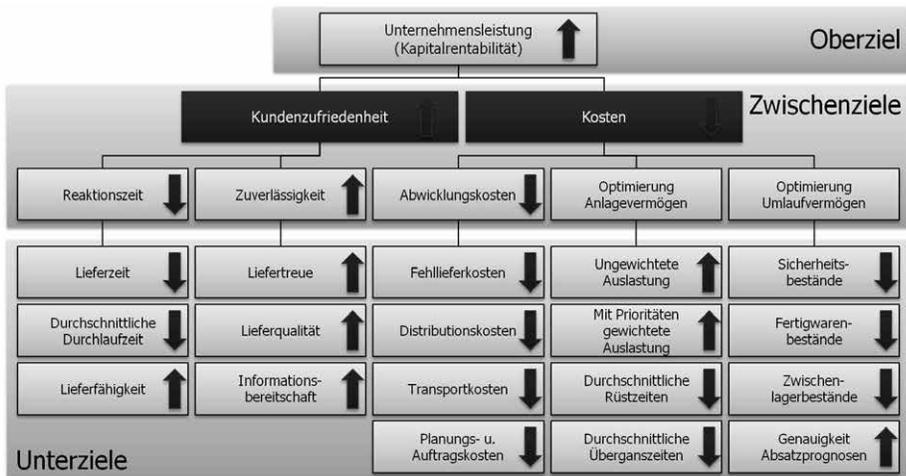
### 6.1 Phase 1: Kriterien-Selektion

Der Analytic Hierarchy Process als Basis der Entscheidungsfindung bei der Auftragszuordnung setzt sich im Grundmodell aus den Stufen Hierarchie, paarweise Bewertung, Konsistenz prüfen, globale Gewichte und Sensitivität zusammen.<sup>346</sup> Innerhalb der ersten Stufe des AHP-Grundmodells Hierarchie wird aus den entscheidungsrelevanten Elementen, wie Kriterien und Zielen des Anwenders, eine Hierarchie erstellt, anhand derer die Alternativen in ihrer

<sup>346</sup> Siehe 4.5 Analytic Hierarchy Process AHP

Ausprägung verglichen werden. Ein Beispiel für eine vereinfachte zweistufige Hierarchie bestehend aus dem Ziel der Kundenzufriedenheitssteigerung sowie den Kriterien Terminabweichung und Termintreue ist in 4.5.1 Hierarchie visualisiert.

Das Ziel des zu entwickelnden Verfahrens zur Auftragszuordnung liegt darin, dass jeder Auftrag zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung an den geeignetsten Standort zugeordnet wird. Die Aufgabe der Auftragszuordnung wird demnach als die Erfüllung der Anforderungen verstanden, die der Kunde an das Produkt und den Lieferanten stellt sowie die Anforderungen, die vom Lieferanten selbst ausgehen. In die Bestimmung der Standorteignung müssen demnach unterschiedliche Kriterien eingehen. Woran die Eignung eines Standorts bestimmt werden kann, ist jedoch noch nicht festgelegt.<sup>347</sup> Die Anforderungen des Untersuchungs- und Einsatzbereichs zur Auftragszuordnung liegen mitunter darin, dass die Definition des geeignetsten Standorts zur Beitragsgenerierung auf ein zu bestimmendes Unternehmensziel ausgerichtet sein soll. Dies entspricht den Beschreibungen zur Hierarchieerstellung des Grundmodells.<sup>348</sup> Die Hierarchie geht vom Unternehmensziel aus und führt bis auf die darunter stehenden, messbaren Kriterien. Wie dies erfolgen soll, welche Kriterien und Ziele für eine anwenderspezifische Problemstellung wirklich relevant sind, wird jedoch nicht näher beschrieben. So werden je nach Entscheidungsproblem umfangreiche Expertenbefragungen unterschiedlicher Anwender durchgeführt und die häufigsten Nennungen als zu berücksichtigende Kriterien verwendet.<sup>349</sup> In der Literatur finden sich unterschiedliche Zielgrößen, die jedoch von Anwendungsfall (Unternehmen) zu Anwendungsfall (Unternehmen) variieren können. Nachfolgend wird ein mögliches Zielsystem nach (Schuh, 2006)<sup>350</sup> dargestellt, das (bestehend aus unterschiedlichen Zielgrößen) für standortübergreifende Koordination in internen Produktionsnetzwerken ausgelegt ist.



**ABBILDUNG 22: ZIELSYSTEM FÜR STANDORTÜBERGREIFENDE KOORDINATION IN INTERNEN PRODUKTIONSNETZWERKEN<sup>351</sup>**

Diese Kriterien stehen unter einem fiktiven Zielsystem, welches in der Praxis so nicht anzutreffen ist. „Jede Unternehmung muss ihr eigenes, situationsgerechtes Zielsystem entwickeln.“<sup>352</sup> Für ein Unternehmen A kann z.B. das Kriterium bzgl. der Reduzierung von Zwischenlagerbeständen (siehe Abbildung 22 - Ziel: Kosten; Zwischenziel: Optimierung Umlaufvermögen) nicht relevant sein, da dessen Fertigung durchgängig ohne Zwischenlagerhaltung erfolgt. In einem Unternehmen B könnte dies jedoch entscheidungsrelevant sein und um ein weiteres, hier nicht

<sup>347</sup> Siehe 4.5.6 Kritik am Grundmodell des Analytic Hierarchy Process

<sup>348</sup> Vgl. (Saaty, 1996 S. 30 ff.)

<sup>349</sup> Vgl. (Brinkmeyer, et al., 1994 S. 84)

<sup>350</sup> Vgl. (Schuh, 2006 S. 453)

<sup>351</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Schuh, 2006 S. 453)

<sup>352</sup> Siehe (Stein, 2013 S. 29)

aufgeführtes Kriterium ergänzt werden, wie beispielsweise den produktionsbedingten Abfall (Materialverlust).

Die Relevanz der identifizierten Kriterien aus einer Befragung kann nicht allein an der Häufigkeit der Nennungen bestimmt werden.<sup>353</sup> Die Nennungen entsprechen nicht selten offensichtlichen Begrifflichkeiten, die meist aus dem Ist-Zustand bzw. aus einem bekannten Umfeld oder einer bekannten Situation entstammen. Weitere Gründe dafür, dass Massenbefragungen zur Kriterienselektion ungeeignet sind, liegen mitunter in der Quantifizierbarkeit der genannten Elemente, da diese meist einfach zu messen, jedoch nicht zwingend entscheidungsrelevant sind, d.h. an der Zielsetzung des Entscheidungsproblems vorbei einen fiktiven Nutzen feststellen. Des Weiteren kann nicht gewährleistet werden, ein vollständiges System zu erhalten, wenn allein auf Abfragen basierend Identifikationsarbeit betrieben wird.<sup>354</sup> Das beschriebene Vorgehen widerspricht den Anforderungen an das Verfahren zur Auftragszuordnung. Es gilt zu untersuchen, welche Bedingungen für die Zielerreichung gelten, damit entscheidungsrelevante Elemente zur Hierarchieerstellung identifiziert werden können. Neben der Notwendigkeit, Kriterien zu identifizieren, ist es darüber hinaus notwendig zu differenzieren, welche der identifizierten Kriterien entscheidungsrelevant sind.

### 6.1.1 Identifikation

Der Grund für die anwenderspezifische Kriterien-Selektion liegt darin, dass unterschiedliche Anwender eines Entscheidungsmodells unterschiedliche Ziele verfolgen. Dies trifft nicht nur dann zu, wenn es sich um grundsätzlich unterschiedliche Entscheidungsprobleme handelt, sondern auch, wenn ein und dasselbe Entscheidungsproblem, wie die Auftragszuordnung, in unterschiedlichen Unternehmen behandelt wird. Die Ursache für die Individualität der Ziele ist darin begründet, dass gerade im Bereich der Auftragszuordnung Unternehmen mit unterschiedlichen Anforderungen konfrontiert sind.<sup>355</sup> Es kann daher keine allgemeingültigen Kriterien geben, die für jeden Anwender gelten müssen. Überschneidungen definierter Ziele unterschiedlicher Anwender sind nicht auszuschließen, jedoch auch nicht allgemein zu erwarten, weshalb von Individualität, d.h. anwenderspezifischer Zielausrichtung und -definition, ausgegangen werden muss.<sup>356</sup> Da es keine allgemeingültigen Kriterien und Ziele für das Entscheidungsproblem der Auftragszuordnung geben kann, soll dem Anwender ein Hilfsmittel zur Verfügung gestellt werden, durch dessen Anwendung die individuellen, entscheidungsrelevanten Kriterien identifiziert werden können.

Ein Verfahren zur Kriterien-Selektion ist darüber hinaus notwendig, da die reine Zielableitung auf Kriterien, wie im Grundmodell des Analytic Hierarchy Process vorgesehen ist, die Gefahr birgt, dass diese nicht alle entscheidungsrelevanten Kriterien hervorbringen kann. Daher ist eine mehrstufige und strukturierte Analyse notwendig, die den Zielableitungsprozess des Grundmodells erweitert, indem die Auftragszuordnung von unterschiedlichen Standpunkten betrachtet wird, um eine möglichst vollständige Abbildung aller Kriterien zu erlangen, aus der dann die entscheidungsrelevanten Kriterien selektiert werden können. Die Analyse soll demnach auf der bereits etablierten Ableitung der Kriterien aus einem Oberziel beginnen und um Erkenntnisse des Forschungsstands im Umfeld von Zieldefinitionen sowie um weitere Standpunkte zur Kriterienidentifikation erweitert werden.

#### 6.1.1.1 Top-Down

Die Vorgehensweise aus dem Analytic Hierarchy Process zur Ableitung von Kriterien ausgehend von einem Unternehmensziel, wird im weiteren Verlauf als „Top-Down“ bezeichnet. Das Pendant dazu entspricht der Bezeichnung „Bottom-Up“.<sup>357</sup> Beide Begriffe geben an, aus welcher Richtung eine Problemstellung untersucht bzw. etwas aufgebaut werden soll. Die Literatur liefert zahlreiche Informationen zu Top-Down- bzw. Bottom-Up-Analysen.<sup>358</sup> Beispielsweise

<sup>353</sup> Vgl. (Steiner, 2007 S. 291)

<sup>354</sup> Vgl. (Mayer, 2006 S. 174)

<sup>355</sup> Vgl. (Geier, 2014)

<sup>356</sup> Vgl. (Laux, 1998 S. 15)

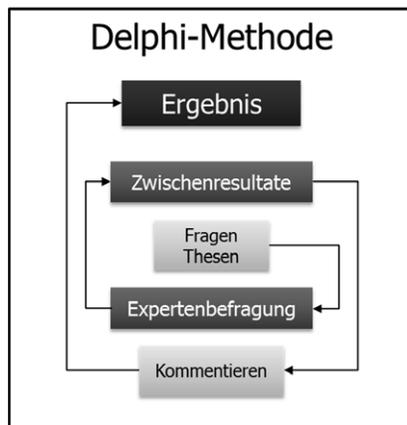
<sup>357</sup> Vgl. (Totzauer, 2014 S. 74 f.)

<sup>358</sup> Vgl. (Junginger, 2005 S. 190 ff.)

werden im Bereich von Computernetzwerken<sup>359</sup> Top-Down-Ansätze verfolgt, um eine komplexe Problemstellung ausgehend von einem hohen Abstraktionsgrad über schrittweise Detaillierung und Konkretisierung zu bearbeiten. Der Grundgedanke von Top-Down-Ansätzen entspricht der Zerlegung einer Problemstellung in einzelne Teilprobleme, die wiederum weiter unterteilt werden können. Ohne weiter im Detail auf die Anwendungsbereiche und allgemeine Inhalte der Top-Down-Ansätze einzugehen, werden im weiteren Verlauf die Inhalte daraus beschrieben, die zur Top-Down-Kriterienidentifikation angewendet werden.

*„Ohne Zielsetzung ist keine rationale Planung, d.h. keine Auswahl einer optimalen Gestaltungsalternative zur Lösung eines Problems möglich; erst die Zielsetzung liefert das Beurteilungskriterium für die Entscheidungsalternativen, gibt der Planung die Denkrichtung die Lösung der Probleme vor.“<sup>360</sup>*

In Teilschritt Top-Down der Kriterienidentifikation wird zunächst das anwenderspezifische Zielsystem der Auftragszuordnung definiert. Dabei soll nicht ein Unternehmenszielsystem definiert werden, sondern ein Zielsystem, das auf die Auftragszuordnung ausgelegt ist. Diesem Zielsystem kann die Auftragszuordnung lediglich einen Beitrag leisten, da Ziele meist zusätzlich von Faktoren beeinflusst werden, auf die die Auftragszuordnung keinen Einfluss hat. Dieses Zielsystem wird anschließend in messbare Teilgrößen heruntergebrochen. Nachstehend wird die Methodenkombination in Teilschritten des hier kurz beschriebenen Ablaufs zusammengestellt. Zur unternehmensspezifischen Definition von Zielgrößen der Auftragszuordnung sind diese aus dem betreffenden Unternehmen selbst zu generieren. Die Delphi-Methode als ein Element aus dem Bereich der Zukunftsforschung, bzw. ursprünglich für militärische Zwecke entwickelt, kann helfen Ziele innerhalb eines Unternehmens zu definieren. Die Methode eignet sich durch ihren Aufbau und Ablauf, die eine strukturierte Gruppenbefragung in mehreren Konkretisierungsdurchläufen darstellt.<sup>361</sup>



**ABBILDUNG 23: DELPHI-METHODE<sup>362</sup>**

Es sind diejenigen Personen im Unternehmen zu identifizieren, die Ziele den Anforderungen gemäß definieren können und auch dazu befugt sind, so dass die Ziele den Grundregeln der Zieldefinitionen entsprechen:<sup>363</sup>

- MusCoW<sup>364</sup> (Must Could Would like)
- STAR (Stretching Timely Achievable Realistic)
- DARMAZ (Deutlich Anspruchsvoll Realistisch Messbar Akzeptiert Zeitbezogen)
- SMART (Spezifisch Messbar Akzeptiert Realistisch Terminierbar)

<sup>359</sup> Vgl. (Kurose, et al., 2008)

<sup>360</sup> Siehe (Adam, 1997 S. 99)

<sup>361</sup> Vgl. (Sahakian, 1997)

<sup>362</sup> Eigene Darstellung

<sup>363</sup> Vgl. (Marek, 2010 S. 33 f.)

<sup>364</sup> Vgl. (Bittner, et al., 2003 S. 74)

Die zu befragenden Personen sind Teil des mittleren und oberen Managements, die durch Experten aus dem Bereich der Auftragszuordnung, -koordination und / oder -planung zu ergänzen sind. Die Personen sind unabhängig voneinander, d.h. ohne Austausch miteinander schriftlich nach den Zielen der Auftragszuordnung zu befragen. Die Befragungsergebnisse werden gesammelt und aufbereitet. Die Aufbereitung der Befragungsergebnisse beinhaltet neben der Elimination von Synonymen die Beschreibung und Charakterisierung der genannten Ziele. Die aufbereiteten Ziele werden den Befragten zurückgespielt. Die gemeinsame Diskussion mit allen Befragten und anschließende Aufbereitung wird bis hin zum Konsens bzw. bis hin zum, in der Praxis häufiger erreichbaren, Kompromiss wiederholt.<sup>365</sup> Die Ergebnisse werden kommentiert, d.h. alle relevanten Informationen je Ziel dokumentiert. Die Ziele sind anschließend einer Relevanzprüfung für die Auftragszuordnung mit Hilfe von Bewertungsmatrizen zu unterziehen.<sup>366</sup> Alle Ziele, die keinen Einfluss auf die Auftragszuordnung haben bzw. zu denen die Auftragszuordnung keinen Beitrag leisten kann, sind auszuklammern. Die Elemente sind nicht zu streichen, da Interdependenzen bestehen könnten oder es könnte sich dabei bereits um Kriterien handeln, die zur Quantifizierung der Ziele notwendig sind. Des Weiteren soll das Zielsystem der Auftragszuordnung rein aus Zielen bestehen. Der Grund dafür geht von der nachfolgenden Konsistenzprüfung der identifizierten Ziele aus. Die vorangehende Aufbereitung sowie die Dokumentation der relevanten Informationen der Ziele gibt Aufschluss über die Form der Ziele. Szenarien sind mitunter erwünschte Zustände oder Situationen, die jedoch keiner Zielstellung gleichkommen. Auch sind Szenarien auszuklammern, da sich diese auf Anforderungen an das Verfahren und zwar auf die situationsabhängige Veränderung von Präferenzen beziehen. An späterer Stelle des Verfahrens zur Auftragszuordnung werden Szenarien berücksichtigt. Darüber hinaus sind Instrumente auszuklammern, sofern diese kein Ziel darstellen. Instrumente werden klassischerweise eingesetzt, um ein Ziel zu erreichen, wie z.B. die Kampagnenfertigung als ein Instrument der dezentralen Fertigungsplanung, mit dem Ziel, Einsatzfaktoren, Rüstaufwände, Durchlaufzeiten und ggf. weitere zu reduzieren.<sup>367</sup> Auszuklammern sind ebenfalls Voraussetzungen, Vorgaben und Anforderungen. Voraussetzungen sind zum einen KO-Kriterien, die vor allen anderen Kriterien eine Alternative ausschließen bzw. entkräften oder aber die Auftragszuordnung in ihrer Ausprägung/Form ändern. Voraussetzungen sind hier gleichzusetzen mit Rahmenbedingungen. Vorgaben entsprechen Richtlinien, die das Feld der Auftragszuordnung einschränken. Anforderungen betreffen das Verfahren zur Auftragszuordnung und nicht die Bewertbarkeit, Differenzierbarkeit oder die zu verfolgenden Ziele und deren Erreichung, weshalb auch diese auszuklammern sind. Über die Eingrenzung der Nennungen aus der Experten- und Managementbefragung durch das Ausklammern unterschiedlicher Kategorien an Elementen hinaus, wird anschließend die eigentliche Relevanzprüfung durchgeführt. Zur Bestimmung der Relevanz der verbliebenen Ziele, bezogen auf die Auftragszuordnung, werden die Wirkungen zwischen Ziel und Auftragszuordnung untersucht. Mithilfe einer Bewertungsmatrix wird überprüft, ob die Auftragszuordnung zu jedem der zu prüfenden Ziele einen Beitrag generieren kann. Darüber hinaus wird überprüft, ob sich die Alternativen, d.h. die Standorte bezüglich des Zielbeitrags, differenzieren lassen. Falls nicht, ist das Ziel für die Auftragszuordnung nicht relevant. Entgegengesetzt wird überprüft, ob ein Ziel Einfluss auf die Auftragszuordnung ausübt. Diese Prüfung kann mit Hilfe einer Bewertungsmatrix durchgeführt werden. Wirkt ein Ziel auf die Auftragszuordnung, dann handelt es sich häufig um eine Voraussetzung, die im vorangehenden Schritt nicht als solche identifiziert werden konnte.<sup>368</sup> Falls dies zutrifft, ist diese Voraussetzung nachträglich auszuklammern. Sofern es sich nicht um eine Voraussetzung handelt, kann eine direkte oder indirekte Wirkung des Ziels auf die Auftragszuordnung bestehen, die im weiteren Verlauf zu überprüfen ist. Die Analyse der Einflussnahme von Zielgrößen auf die Auftragszuordnung und umgekehrt dient zwar der Relevanzprüfung, kann diese jedoch nicht vollständig gewährleisten. Die verbliebenen Zielgrößen sind mit dem Unternehmensleitbild und / oder der Unternehmensvision und / oder der Unternehmensphilosophie abzugleichen.<sup>369</sup> Keines der Ziele darf dabei den geltenden Grundsätzen des Handelns des Unternehmens, für das das Zielsystem der Auftragszuordnung erstellt wird, widersprechen. Des Weiteren sind Ziele mit Einfluss auf die Auftragszuordnung und umgekehrt sowie Ziele, die den Unternehmensgrundsätzen nicht widersprechen, nicht zwingend als Teil eines Zielsystems zur Auftragszuordnung einzuordnen. Zwar ist die Relevanz, wie bislang erläutert, Voraussetzung dafür, dass ein Ziel

<sup>365</sup> Vgl. (Czichos, 1982)

<sup>366</sup> Vgl. (Vojdani, et al., 2010 S. 6)

<sup>367</sup> Vgl. (Grundemann, et al., 2010)

<sup>368</sup> Vgl. (Hügens, 2009 S. 383)

<sup>369</sup> Vgl. (Wehrin, 2014)

bei der Auftragszuordnung Gültigkeit besitzen kann. Die Relevanz der identifizierten Ziele ist jedoch von den Befragten selbst zu bestimmen. Die abschließende Relevanzprüfung im Anschluss an die Aufbereitung der Ziele und Eingrenzung durch Ausklammern, ist Teil der beschriebenen Delphi Methode.

Die aus der Relevanzprüfung hervorgehenden Ziele sind auf Konsistenz zu überprüfen. Die Konsistenz von Zielen kommt der Erfüllung einer Reihe von Anforderungen gleich.<sup>370</sup> Demnach ist ein Unterziel konsistent, wenn es ein übergeordnetes Ziel fördert.<sup>371</sup> Außerdem sind Konflikte zwischen Unterziel und Oberziel unzulässig. Die Ableitung der Kriterien aus dem Zielsystem zur Auftragszuordnung, d.h. die Top-Down Vorgehensweise ist nur dann möglich, wenn die Elemente des Zielsystems konsistent sind. Die Elemente können zwar konfliktär jedoch nicht widersprüchlich sein. Andernfalls können keine idealen Lösungen bestimmt werden. Die Anforderungen zur Konsistenzprüfung beziehen sich auf allgemeine Grundregeln der Zieldefinition, die nachstehend erläutert werden:<sup>372</sup>

#### MusCoW

- Mus = Must → Was muss erreicht werden, damit das Ziel erreicht wird?
- Co = Could → Was könnte noch hinzugefügt werden?
- W = Would like → Was wäre noch wünschenswert?

MusCoW stellt die Anforderung der Vollständigkeit an Ziele und an Elemente des zu erstellenden Zielsystems. Die Leitfrage dahinter heißt: „Was genau ist das Ziel und was geht darüber hinaus?“

Zusätzlich dazu gelten die Anforderungen weiterer Grundregeln zur Zieldefinition.

#### STAR

- S = Streching → strecken, d.h. Ziele sind fordernd
- T = Timely → Fristigkeit der Ziele
- A = Achieveable → prinzipiell erreichbar
- R = Realistic → realistisch

Die Forderung "Achieveable", d.h. Erreichbarkeit von Zielen wird im Anschluss auf die Art der Erreichbarkeit hin überprüft, da diese sowohl direkt als auch indirekt erfolgen kann.

#### DARMAZ

- D = Deutlich → leicht verständlich
- A = Anspruchsvoll → nicht unterfordernd
- R = Realistisch → nicht überfordernd
- M = Messbar → überprüfbar
- A = Akzeptiert → nicht autoritär per Befehl
- Z = Zeitbezogen → nicht endlos

Der erste Punkt der Grundregel „DARMAZ“ – deutlich – erfordert, dass die Ziele eindeutig definiert werden. Gerade in Bezug auf Synonyme und Homonyme sind Definitionen elementar, da Mehrfachnennungen zu inhaltlichen Dopplungen führen, die in Folge die Zielrichtung verfälschen. Die Forderung „messbar“ entspricht dem, was den TOP-Down Ansatz ausmacht. Ausgehend von definierten Zielen soll bis hin zu messbaren Größen geschlossen werden.

#### SMART

- S = Spezifisch → Ziele müssen eindeutig definiert sein
- M = Messbar → Ziele müssen messbar sein
- A = Akzeptiert → Ziele müssen von Empfängern akzeptiert werden  
= Angemessen & Attraktiv & Ausführbar & Anspruchsvoll
- R = Realistisch → Ziele müssen möglich sein
- T = Terminierbar → Zu jedem Ziel gehört eine klare Terminvorgabe

Die Forderungen weisen z.T. inhaltliche Überschneidungen auf, was nicht zwingend einer Relevanzrelation zur Anzahl der Überschneidungen gleichzusetzen ist. Vielmehr sind Abweichungen

<sup>370</sup> Vgl. (Sikora, 2011 S. 212)

<sup>371</sup> Vgl. (Adam, 1997 S. 100 f.)

<sup>372</sup> Vgl. (Marek, 2010 S. 33 f.)

zu allen aufgeführten Grundregeln gleichermaßen zu begeben. Ziele, die diese Grundregeln nicht einhalten können, sind für die Erstellung des Zielsystems zur Auftragszuordnung und der daraus erfolgenden Ableitung der Kriterien ungeeignet.

Die aus dem Abgleich mit den Grundregeln hervorgehenden Ziele sind als konsistent zu bezeichnen und im weiteren Verlauf zu berücksichtigen. Wie bereits angesprochen, sind inkonsistente Ziele in einen konsistenten Zustand zu überführen bzw. auszuklammern.

Aus den Grundregeln zur Zieldefinition gehen Forderungen an die Ziele hervor, die sich auf deren Fristigkeit beziehen - STAR → timely; DARMAZ → zeitbezogen; SMART → terminierbar. Zielsysteme sind in ihrer Gültigkeitsdauer begrenzt, d.h. sie gelten nur solange, bis neuere Erkenntnisse vorhanden sind.<sup>373</sup> Gerade in Anwendungen mit hoher Dynamik unterschiedlicher, zahlreicher Parameter unterliegen auch die Zielsysteme in ihrer Gültigkeit einer gewissen Dynamik. Daher sind Zielsysteme im Sinne einer rollierenden Planung zu überprüfen und, falls notwendig, anzupassen.<sup>374</sup> Die Ziele lassen sich demnach in Bezug auf deren Fristigkeit differenzieren und dadurch klassifizieren. Klassifizierung der Ziele in:<sup>375</sup>

- Strategische Ziele
- Taktische Ziele
- Operative Ziele

Strategische Ziele stellen eine Erwartungshaltung in der Zukunft dar. Diese Erwartungshaltung ist gegenüber taktischen Zielen weiter in der Zukunft platziert. Die Zielerreichung findet jedoch nicht allein durch Maßnahmen in der Zukunft statt, sondern erfordert die Handlung und Maßnahmenumsetzung vor den strategischen Zielen. Aufgrund dessen sind strategische Ziele durch taktische Ziele zu konkretisieren. Gleichermaßen sind taktische Ziele durch kurzfristige Ziele der Klassifizierung operativ zu konkretisieren. Die Kenntnis über die Fristigkeit der Ziele ist, neben der rollierenden Überprüfung der Gültigkeit derselben, für die Ableitung der Kriterien aus den Zielen notwendig. Nur wenn bekannt ist, wie die Ziele zeitlich ausgerichtet sind, können zur Quantifizierung der Ziele die entsprechenden Kriterien abgeleitet werden.<sup>376</sup> Die Klassifizierung der Ziele in Bezug auf deren Fristigkeit reicht für die Erstellung des Zielsystems nicht aus. Die Kriterien lassen sich weitestgehend gemäß des TOP-Down Ansatzes in Richtung strategisch → taktisch → operativ abstufen. Das Problem liegt dabei darin, dass die Konkretisierung strategisch → taktisch → operativ nicht über alle Fristigkeitsstufen möglich und relevant ist. In der Relevanzprüfung können operative Ziele als zu berücksichtigend eingestuft worden sein, die nicht aus einem taktischen Ziel hervorgehen bzw. dieses unterstützen oder generell darauf wirken. Die Erstellung des Zielsystems aus den definierten Zielen muss durch den definitorischen Zusammenhang ergänzt werden. In Anlehnung an den Top-Down Ansatz sind die Kriterien aus dem Oberziel über dessen Zwischen- und Unterziele etc. abzuleiten. Dies kann über den mathematischen Zusammenhang bestimmt werden.<sup>377</sup> Dazu ist der Wert des Oberziels auf dessen Ursprung über alle Zwischenergebnisse hinweg zurück zu vollziehen. Die Quantifizierung des Oberziels ist nur dann möglich, wenn alle Bestandteile vollständig bekannt und messbar sind. Dies ist jedoch nur in Ausnahmefällen der Fall. Darum wird hier lediglich ein Zielbeitrag und nicht der vollständige Zielwert zu quantifizieren sein. Neben den genannten Differenzierungsmöglichkeiten sind Ziele nach deren Ausprägungsformen, d.h. nach deren Zielarten, zu klassifizieren.<sup>378</sup> Ziele, deren Ausprägung so hoch wie möglich sein soll, gehören zur Zielart der Extremierungsziele. Diese Ziele werden als Maximierungsziele bezeichnet. Konträr dazu sind Minimierungsziele, die ebenfalls der Zielart der Extremierungsziele angehören. Bei diesen Zielen werden die geringsten Werte angestrebt. Neben den Extremierungszielen beziehen sich Satisfizierungsziele auf das Zielniveau eines Ziels. Satisfizierungsziele zeichnen sich dadurch aus, dass sie eine Zielausprägung anstreben, die nicht einem Extremwert entspricht, jedoch bei Überschreitung bzw. Unterschreitung des angestrebten Werts im Nutzen abnimmt. Außerhalb des Zielniveaus werden Zielarten wie Optimierungsziele geführt, die in Bezug auf die Auftragszuordnung einen Vergangenheitsbezug aufweisen. Optimieren beinhaltet hier, die Verbesserung eines Ziels, d.h. das Ziel besitzt bereits eine Ausprägung, die durch eine Handlung verbessert werden soll.<sup>379</sup> Weitere Zielarten werden hier nicht beschrieben.

<sup>373</sup> Vgl. (Heinen, 2013 S. 52)

<sup>374</sup> Vgl. (Rieg, 2015 S. 101)

<sup>375</sup> Vgl. (Portmann, 2011 S. 34)

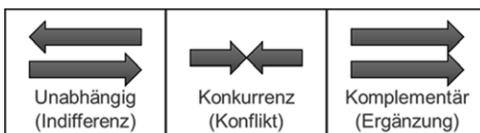
<sup>376</sup> Vgl. (Karlstedt, 2014 S. 29)

<sup>377</sup> Vgl. (Böhm, 2013 S. 229)

<sup>378</sup> Vgl. (Töpfer, 2007 S. 437)

<sup>379</sup> Vgl. (Rücksteiner, 2013 S. 141 f.)

Im Anschluss an die Klassifizierung der Zielarten sind die Zielbeziehungen zu untersuchen. Bewertungsmatrizen eignen sich zur Darstellung der Beziehungen zwischen den Zielen.<sup>380</sup> Die Art der Zielbeziehungen ist für die Aufstellung der Zielhierarchie von Bedeutung. Die Kenntnis über Ziele, die sich direkt oder indirekt auf die Auftragszuordnung auswirken, ist aufgrund der Detaillierung der Hierarchiestufen notwendig. Ziele, die als relevant eingestuft wurden, die aber keine direkte Beziehung zur Auftragszuordnung haben, sind weiter zu detaillieren. Konkret bedeutet dies, dass diese Ziele in weitere Unterziele zerlegt werden sollten, bis Ziele identifiziert werden können, die eine direkte Beziehung zur Auftragszuordnung herstellen. Hierzu sind wiederum mathematische Beziehungen zu beleuchten, Experten zu befragen, Dokumente zu analysieren und ggf. Kreativitätsmethoden anzuwenden. Die direkte und indirekte Form des Zielbeitrags kann darüber hinaus positiv bzw. negativ erfolgen. Eine Handlung oder Entscheidung, wie die Auftragszuordnung eines Auftrags an einen Standort, verändert die Ausprägung verschiedener Ziele. Diese Änderung kann aufgrund der Zielbeitragsunterscheidung direkt oder indirekt und dabei positiv oder negativ erfolgen. Folglich werden Zielbeiträge positiv, d.h. meist wie gewünscht, oder negativ, meist wie zu vermeiden, durch die Auftragszuordnung generiert. Die Zielbeiträge beziehen sich im Zusammenhang der Zielhierarchieerstellung auf die Zielbeziehungen zwischen den einzelnen Zielen. Ziele, die jedoch weder einen direkten noch indirekten positiven oder negativen Zielbeitrag leisten, können eine Zielneutralität aufweisen. Es ist folglich nicht zwingend zu erwarten, dass alle Ziele in Beziehung zueinander stehen und gegenseitig Beiträge generieren. Wenn sich demnach das Zielniveau einer Zielgröße verändert und sich keine Wirkung auf ein zweites, zu betrachtendes Ziel einstellt, wird dies als Zielneutralität, d.h. als Indifferenz, bezeichnet.<sup>381</sup> Ziele, denen hingegen eine positiv korrelierende Beziehung nachgewiesen werden kann, bezeichnet man als komplementäre Ziele.<sup>382</sup> Zielkomplementarität wird durch die Ergänzung zweier Ziele erreicht. Dies trifft zu, wenn sich das verbesserte Niveau einer Zielgröße positiv bzw. fördernd auf eine zweite Zielgröße auswirkt. Häufig ist die ergänzende Wirkung zwischen den Zielen begrenzt. Eine gesteigerte Absatzmenge beispielsweise steigert den Umsatz und den Gewinn. Ist eine bestimmte Menge erreicht, sinkt der Gewinn, was die Zielkomplementarität aufhebt und somit zu einem Konfliktfall wird. Zielkonflikte treten jedoch häufiger aufgrund entgegengesetzter Ausrichtung als aufgrund überstiegener Schwellwerte auf. Die Zielkonflikte treten dann auf, wenn ein verbessertes Zielniveau einer Zielgröße das Niveau einer anderen Zielgröße reduziert. Der Begriff Zieldefekt wird auch synonym zum Zielkonflikt verwendet.<sup>383</sup> Der Zieldefekt beschreibt dem Namen nach, dass eine optimale Entscheidung nur dann möglich ist, wenn der Defekt behoben ist, d.h. die Konfliktsituation aufgehoben ist. Dies ist in der Praxis häufig unter vertretbarem Aufwand oder generell nicht möglich. Die Kenntnis über Zielkonflikte ist dennoch äußerst wichtig, damit diese an anderer Stelle des Verfahrens zur Auftragszuordnung berücksichtigt werden kann.



**ABBILDUNG 24: ZIELBEZIEHUNGEN**<sup>384</sup>

Die Zielgrößen sind im Anschluss an die Analyse der Zielbeziehungen in absolute und relative Ziele zu differenzieren. Absolute Ziele werden anhand einer Ausprägung gemessen,<sup>385</sup> was am Beispiel des Gewinns als absolute Zielgröße deutlich wird. Ein Gewinn von 1.000 € aus einer Handlung lässt nicht erkennen, welcher Ressourceneinsatz notwendig war, um diesen Gewinn zu generieren. Eine Wertung des Gewinns im Sinne von erstrebenswert, gut, schlecht, etc. ist demnach nicht möglich. In einem Vergleich wäre der absolute Gewinn von 1.100 € dem absoluten Gewinn von 1.000 € zu bevorzugen. Aus dem Vergleich geht jedoch nicht hervor, ob z.B. der Gewinn von 1.100 € den doppelten Ressourceneinsatz erfordert hat wie der Gewinn von 1.000€, wodurch der höhere Gewinn nicht zu befürworten wäre. Folglich ist der Gewinn als einzige Zielgröße für die Bewertung einer Alternative unzureichend. Bei der Auftragszuordnung

<sup>380</sup> Vgl. (Baier, 2013 S. 232)

<sup>381</sup> Vgl. (Hab, et al., 2012 S. 285)

<sup>382</sup> Vgl. (Jost, 2013 S. 149)

<sup>383</sup> Vgl. (Adam, 2013 S. 91)

<sup>384</sup> Eigene Darstellung

<sup>385</sup> Vgl. (Waldforst, 2008 S. 5)

lassen sich die Standorte anhand vieler Zielgrößen neben den reinen Kosten oder dem Gewinn unterscheiden. Die Unterscheidung anhand einer einzelnen Zielgröße führt dazu, dass die Alternativen nicht vergleichbar sind. Indem alle relevanten Zielgrößen berücksichtigt werden, können die Alternativen miteinander verglichen werden, so dass die Entscheidung für die geeignetste Alternative erfolgen kann. Der Gewinn aus dem vorangehenden Beispiel kann auch als relatives Ziel ausgelegt werden.<sup>386</sup> Eine mögliche Variante stellt den Bezug des Gewinns auf den Kapitaleinsatz oder den Umsatz dar. Relative Zielgrößen können nur dann eine Wertung darstellen, wenn die Relationen richtig berücksichtigt werden. Sind die Relationen falsch interpretiert bzw. definiert, verfälscht dies die Zielrichtung. Ziele, die mit falschen Relationen verfolgt werden, ziehen negative Auswirkungen nach sich, auch wenn die Kennzahl eine positive Ausprägung aufweist. Ein Beispiel dafür ist die Relation des Gewinns mit dem Kapitaleinsatz. Die Relation ist zunächst plausibel, jedoch im Einzelfall unzureichend. Bei einem geringen Gewinn und noch geringerem Kapitaleinsatz ergibt sich eine hohe Rentabilität. Ein Unternehmen benötigt jedoch hohen Gewinn bei möglichst geringem Kapitaleinsatz. In der Praxis sind meist absolute sowie relative Zielgrößen entscheidungsrelevant. Aufgrund dessen ist es wichtig, die Ziele ihrer Klassifikation zuzuordnen, damit die entsprechenden, relevanten Kriterien abgeleitet werden können. Der Bezug der relativen Ziele kann der Zielhierarchie entnommen werden, d.h. die relativen Ziele und deren Bezug werden durch die Visualisierung des Zielsystems deutlich. Die Erstellung des Zielsystems erfolgt gemäß des Top-Down Ansatzes ausgehend vom Oberziel, welches das Gesamtziel des Entscheidungsproblems darstellen sollte. Idealerweise ist das Oberziel dasselbe wie das Unternehmensziel, da die Auftragszuordnung den größtmöglichen Beitrag auf oberster Ebene generieren soll. Die untersuchten Ziele werden dem Oberziel untergeordnet. Bei der Zuordnung eines Ziels auf ein übergeordnetes Ziel wird stets die Relationssituation untersucht. Ein Ziel kann einem übergeordneten Ziel zugeordnet werden, sofern dieses dazu einen direkten Beitrag leistet. Indirekte Zielbeiträge sind weiter zu detaillieren bzw. auf anderer Ebene anzusiedeln. Elemente derselben Ebene unter einem gemeinsamen übergeordneten Ziel dürfen nicht in einem konfliktären Verhältnis stehen. Ziele, die dabei entgegengesetzt auf das gemeinsame, übergeordnete Ziel wirken, d.h. positiv und negativ, sind nicht demselben übergeordneten Ziel zuzuordnen. Die Wirkung direkter Ziele sollte auf gleicher Ebene einem gemeinsamen übergeordneten Ziel indifferent bzw. komplementär sein. Relative Ziele sind in Bezug auf deren Relationen hin zu untersuchen. Die Konsistenz des Zielsystems ist deshalb vollständig zu überprüfen. Dabei wird Bottom-Up, ausgehend von der untersten Ebene des Zielsystems, die Auswirkung einer Ausprägungsveränderung überprüft. Sofern die Auswirkungen der Änderungen gemäß der Zuordnung der Hierarchie erfolgen, ist das Zielsystem konsistent, andernfalls sind die Zuordnungen zu überprüfen.

Die eigentliche Quantifizierung der Ziele, d.h. die Identifikation der Kriterien, wurde durch den beschriebenen Ablauf Top-Down vorbereitet, so dass auf Basis der daraus gewonnenen Kenntnis über die Ziele die Ableitung der Kriterien erfolgen kann. Auf dem Weg bis hin zur Quantifizierung des Zielsystems der Auftragszuordnung wurden bereits Elemente als Kriterien eingestuft. Diese können zunächst über einen morphologischen Kasten den Zielen der untersten Ebene des Zielsystems zugeordnet werden. Weitere Kriterien werden anhand des mathematischen Zusammenhangs, Experteninterviews, Dokumentenanalysen und Kreativitätsmethoden aus den Zielgrößen abgeleitet und ebenfalls in den morphologischen Kasten eingetragen. Die Quantifizierung der Ziele erfolgt in Anlehnung an die Erstellung des Zielsystems. Die Einschränkungen, wie die Wirkung zweier Elemente auf ein übergeordnetes Element in positiver und negativer Weise erfolgt, gilt auch bei der Ableitung eines Kriteriums aus einem Ziel. Kriterien, die zwei Zielen zugeordnet werden können, sind in einem Folgeschritt auszufiltern. An dieser Stelle wird noch nicht entschieden, ob die abgeleiteten Kriterien als entscheidungsrelevant eingestuft werden. In diesem Schritt geht es allein um die Identifikation von Kriterien. Die Kriterien-Selektion erfolgt in einem weiteren Schritt. Die Ableitung der Kriterien aus den Zielen führt leider nicht bei allen Zielen auf alle darunter stehenden Kriterien. Darüber hinaus ist die Ableitung eines Kriteriums aus einem Ziel nicht bei jedem Ziel möglich. Sind durch den Ablauf und durch die Auflistung der Methoden keine Kriterien aus einem Ziel abzuleiten, gibt es dafür in der Literatur zum Analytic Hierarchy Process keine Abhilfe. Aufgrund dessen werden diese Ziele verstärkt in weiteren Teilschritten der Kriterien-Identifikation des Verfahrens zur Kriterien-Selektion betrachtet.

---

<sup>386</sup> Vgl. (Waldforst, 2008 S. 5)

Die Quantifizierung der Ziele ist problematisch, da mitunter Interdependenzen zwischen Zielen durch Bildung von Entscheidungsfeldern zerschnitten werden und dadurch diese bei der Entscheidungsfindung nicht bzw. nur bedingt berücksichtigt werden können. Die Wirkungen der Entscheidung aus der Auftragszuordnung gehen über das Entscheidungsfeld Auftragszuordnung hinaus und sind nicht vollumfänglich abzusehen. Besonders liegt das Problem bei Zielen außerhalb des Entscheidungsfelds darin, dass Ziele durch unterschiedliche Entscheidungsfelder direkt sowie indirekt beeinflusst werden und sich dadurch Überschneidungen mit anderen Entscheidungsfeldern ergeben können, so dass der Zielbeitrag durch eine Entscheidung nicht quantifizierbar ist, da weitere Entscheidungsfelder Auswirkung auf den Zielbeitrag haben. Aufgrund dessen ist das Entscheidungsfeld Auftragszuordnung mit angrenzenden Entscheidungsfeldern abzugleichen. Wie bereits einleitend angekündigt, wird die Kriterienidentifikation entgegen dem Grundmodell des Analytic Hierarchy Process um weitere Betrachtungsrichtungen ergänzt. In weiteren Schritten erfolgen die Kriterienidentifikation bzgl. des Informations-Inputs und des Informations-Outputs des Auftragszuordnungsprozesses.

### 6.1.1.2 Info-Input

In Teilschritt Info-Input Betrachtungsbereich wird geprüft, welche Informationen in den bestehenden Prozess der Auftragszuordnung des Anwenders eingehen. Woher kommt welche Information, wie setzt sich diese zusammen und wieso ist diese Information notwendig? Dazu werden verschiedene Hilfsmittel angeboten und in ihrer Anwendung beschrieben. Das Ergebnis ist die Kenntnis über Prozessabläufe und Informationsflüsse, erste inhaltliche Anforderungen sowie weitere Kriterien, die für die Auftragszuordnung entscheidungsrelevant sein könnten.

Der bestehende Prozess der Auftragszuordnung muss zunächst abgegrenzt werden, um den Analysebereich zu definieren. Die Grenzen des Prozesses sind individuell. Zum einen hat der Prozess je nach Auftragsart unterschiedliche Ursprünge. Zum anderen ist der Prozess der Auftragszuordnung nicht nur je nach Industriezweig, sondern auch je Unternehmen und z.T. je Produktionsstandort, je Verkaufsabteilung, -gruppe, -mitarbeiter und in nächster Instanz gleichermaßen bei der Produktionsplanung unterschiedlich. Verallgemeinerung der Analysebestandteile bezüglich Ursprung, Umfang und Inhalt sind kaum möglich. Aufgrund dessen werden folgende exemplarisch Anwendungsimpulse formuliert, die sich jedoch der vorangehenden Beschreibung der Individualität nicht verwehren können. Der Prozessursprung der Auftragszuordnung eines Anwenders ist, wie bereits erwähnt, von der Auftragsart abhängig. Aufgrund dessen sind die Auftragsarten zu definieren, die durch den Prozess der Auftragszuordnung betroffen sind. Über teilnehmende Beobachtung sind Aufträge der definierten Auftragsarten über alle möglichen Abläufe zu verfolgen, d.h. in allen beteiligten Abteilungen und Produktionsstandorten. Die Begleitung der Auftragszuordnung ist je an dessen Quelle beginnend anzusetzen. Die Abläufe der Auftragszuordnung sind bis hin zum definierten Prozessende, das sachlogisch durch die Auftragsbuchung an einem Standort gesetzt ist, durch Dokumentenanalyse zu ergänzen. Dokumente, die dabei in Frage kommen, sind zunächst Arbeitsanweisungen sowie bestehende Prozessbeschreibungen, die nachzuvollziehen und zu überprüfen sind. Weitere Dokumente sind Arbeitspapiere, die je Abteilung erstellt werden bzw. Unterlagen und Informationen, die von internen bzw. von externen Quellen in den Prozess einfließen. Die Dokumente sind nicht an ein Medium wie z.B. Papier gebunden. Die beteiligten Personen entlang des Prozesses der Auftragszuordnung sind bzgl. derer Tätigkeit und derer Entscheidungen zu befragen. Um darüber hinaus Anforderungen der Mitarbeiter aller Hierarchiestufen der beteiligten Bereiche abzurufen, sind offene Fragen zu erstellen, die durch einen Interviewleitfaden gesammelt und in den Gesprächen durchgegangen werden können. Weitere Informationen zur Anforderungsanalyse als solche sind in Kapitel 5 beschrieben. Die Gespräche sind zu protokollieren und anschließend auszuwerten. Die Kernaufgabe der Befragung, der teilnehmenden Beobachtung und der Dokumentenanalyse liegt jedoch darin, die Quelle jeder eingehenden Information in den Prozess zu identifizieren und dessen Quelle sowie dessen Anwendung zu hinterfragen. Bei der Quellenanalyse sind neben dem Informationsursprung die Inhalte und Bestandteile der Information zu analysieren. Die Informationen, die in den Prozess der Auftragszuordnung eingehen, sind auf deren Anwendung nachzuvollziehen, d.h. es ist zu analysieren, wozu die Information an welcher Stelle benötigt wird, wodurch bestimmt werden kann, ob durch diese Information eine Differenzierung der Produktionsstandorte bei der Auftragszuordnung möglich ist. Alle Informationen aus der Analyse des Informationsinputs sind in Form von Prozessbeschreibungen via

Prozessablaufdiagrammen nach DIN 66241 zu dokumentieren. Aus der Dokumentation sind anschließend Kriterien zur Auftragszuordnung zu identifizieren. Die Kategorisierung von Kriterien und die Abgrenzung zu Zielen wurde bereits im Teilschritt Top-Down beschrieben und hat an dieser Stelle der Kriterienidentifikation ebenfalls Gültigkeit. Neben dem bestehenden Prozess der Auftragszuordnung bzgl. des Informations-Inputs wurden über diesen Teilschritt die Anforderungen aus unterschiedlichen Quellen bezogen. Aus diesen Anforderungen sind ebenfalls Kriterien abzuleiten. Der Vorteil des Teilschritts Info-Input gegenüber dem Teilschritt Top-Down liegt darin, dass durch Analysen, Befragungen und Beobachtungen z.T. Kriterien vorliegen. Die durchzuführende Ableitung ist nicht mit der Top-Down Vorgehensweise zu vergleichen. Hier werden Kriterien nicht aus Zielen, sondern aus Informationen abgeleitet. Es ist davon auszugehen, dass Kriterien bereits als solche in die Dokumentation eingeflossen sind, so dass diese lediglich extrahiert werden müssen. Andernfalls sind die Informationen auf die Alternativenbewertung hin zu analysieren. Sofern keine Differenzierung der Standorte nach der vorliegenden Information möglich ist, entspricht dies keinem Entscheidungskriterium zur Auftragszuordnung. Identifizierte Kriterien aus dem Teilschritt Info-Input sind ggf. nicht entscheidungsrelevant für die Auftragszuordnung. Die Selektion der Kriterien erfolgt jedoch in einem weiteren Schritt der hier beschriebenen Phase 1.

Das Ergebnis des Teilschritts Info-Input liegt neben der Kriterienidentifikation in der Kenntnis über Ist-Prozessabläufe aller zu betrachtender Auftragsarten, sowie den Varianten je Standort und Abteilung. Darüber hinaus sind die Ist-Informationsflüsse beginnend bei den Quellen über alle Zwischenschritte bis hin zum Prozessende der bestehenden Auftragszuordnung bekannt. Die Ergebnisse aus dem Teilschritt Info-Input werden durch Anforderungen aus der Anwendung ergänzt.

### 6.1.1.3 Info-Output

In Teilschritt Info-Output wird geprüft, welche Informationen aus dem bestehenden Prozess der Auftragszuordnung des Anwenders ausgehen. Wohin wird welche Information getragen, wie setzt sich diese Information zusammen und wieso ist diese Information für welchen Empfänger wichtig? Das Ergebnis ist wie beim Teilschritt Info-Input die Kenntnis über Informationsflüsse, erste inhaltliche Anforderungen sowie weitere Kriterien, die für die Auftragszuordnung entscheidungsrelevant sein könnten.

Die eingehende Erläuterung weist bereits darauf hin, dass der Teilschritt Info-Output das Pendant zum Teilschritt Info-Input darstellt. Vergleichbare Gegensätze sind der Top-Down und der Bottom-Up-Ansatz. Im Teilschritt Info-Output kann die Analyse auf dem Prozess der Auftragszuordnung aufsetzen, der während des Teilschritts Info-Input abgegrenzt wurde. Während der Auftragszuordnung werden nicht nur Informationen benötigt, sondern auch verarbeitet und weitergereicht. Die ausgehenden Informationen des bestehenden Prozesses der Auftragszuordnung können unter anderem aktualisierte Informationen oder eine Kombination aus verschiedenen Informationen sowie eine gänzlich neue Information sein. Die Empfänger dieser Informationsarten sind zu identifizieren, wobei diese überwiegend prozesseextern sind. Teilweise sind die Empfänger auch Teil des Prozesses der Auftragszuordnung. In diesem Fall gleicht der Info-Output dem Info-Input. Empfänger sind darüber hinaus nicht zwingend zu personifizieren. Weitergehend werden Informationen auf Datenbanken des ERP-Systems abgelegt und zu einem späteren Zeitpunkt abgerufen. Die Zeitpunkte des Abrufs sind dabei variabel und von der Information abhängig. Die Relevanz der Kenntnis über die Informationsempfänger liegt darin, dass aufgrund der Empfänger die Verwendung der Informationen analysiert werden kann. Dem voranzustellen ist jedoch die Analyse der Informationszusammensetzung. Dabei werden die Bestandteile der Informationen betrachtet, was mitunter Berechnungen von Einzelinformationen mit einschließt. Die Relevanz der Kenntnis über die Zusammensetzung dient dazu, die Anwendung der Empfänger zu hinterfragen bzw. die Informationszusammensetzung selbst zu hinterfragen. Die Befragung der beteiligten Personen sowie die Analysen sind dabei um die Fragestellung nach inhaltlichen Anforderungen zu ergänzen. Die generierten Erkenntnisse sind zu dokumentieren und anschließend auszuwerten. Die Auswertung bezieht sich dabei auf die Kriterienableitung, die im Teilschritt Info-Input beschrieben wird. Diese Beschreibung trifft auch für den Teilschritt Info-Output zu.

Die Methoden, die bei den genannten Analysen des Prozesses der Auftragszuordnung im Teilschritt Info-Output zur Anwendung kommen sollten, sind den beschriebenen Methoden des Teilschritts Info-Input gleichzusetzen. Das Ergebnis aus der Anwendung des Teilschritts Info-Output liegt neben der Kriterienidentifikation in der Kenntnis über inhaltliche Anforderungen.

Die Dokumentation der Ergebnisse, die über die Kriterien-Identifikation hinausgehen, wie z.B. Anforderungen, Prozessabläufe und weitere sind für nachgelagerte Anwendungen des Verfahrens zur Auftragszuordnung relevant. Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Inhalte des Schritts Identifikation der Phase 1: Kriterien-Selektion des Verfahrens zur Auftragszuordnung.

Vorgehensschritt	Hilfsmittel	Ergebnis
<b>1.1 Identifikation</b>		
<u>1.1.1 Top-Down Betrachtungsbereich</u> a. Entwicklung Zielsystem (1) Definition Zielgrößen (2) Relevanzprüfung für Auftragszuordnung (3) Konsistenzprüfung (4) Klassifizierung Zielarten (5) Analyse Zielbeziehungen (6) Differenzierung relative und absolute Ziele (7) Hierarchisierung der Zielgrößen b. Quantifizierung der Ziele	a. Methodenkombination (1) Delphi-Methode, offenes Interview für Begriffsabfrage, Gruppendiskussionen (2) Bewertungsmatrix, Entscheidungstabellen (3) Bewertungsmatrix (4) Siehe 1.1.1 a. (3) (5) Siehe 1.1.1 a. (3) (6) Siehe 1.1.1 a. (3) (7) Siehe 1.1.1 a. (3) b. Morphologie der Zielgrößen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unternehmensspezifische Ziele &amp; Zielsystem</li> <li>• Zielbestandteile</li> </ul>
<u>1.1.2 Info-Input Betrachtungsbereich</u> a. Prozessanalyse Auftragszuordnung b. Anforderungsanalyse	a. Dokumentenanalyse, teilnehmende Beobachtung, Interviewleitfaden mit offenen Fragen, Prozessablaufdiagramme nach DIN 66241 b. Teilnehmende Beobachtung, Interviewleitfaden mit offenen Fragen	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ist-Prozessabläufe</li> <li>• Ist-Informationsflüsse</li> <li>• Inhaltliche Anforderungen</li> </ul>
<u>1.1.3 Info-Output Betrachtungsbereich</u> a. Prozessanalyse Auftragszuordnung b. Anforderungsanalyse	a. Siehe 1.1.2 a. b. Siehe 1.1.2 b.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Siehe 1.1.2</li> </ul>

**TABELLE 10: PHASE 1 KRITERIEN-SELEKTION SCHRITT IDENTIFIKATION**<sup>387</sup>

### 6.1.2 Charakterisierung

Im Anschluss an den Schritt Identifikation folgt der Schritt Charakterisierung. Darin sind die identifizierten Kriterien zunächst aufzulisten, um sie anschließend anhand deren Ausprägung zu differenzieren. Diese Teilschritte sind notwendig, um in Folge die eigentliche Kriterien-Selektion vornehmen zu können. Die Auftragszuordnung soll entsprechend der Zieldefinition den geeignetsten Standort aus einer verfügbaren Menge an Standorten bestimmen. Die Bestimmung der Standorteignung ist aufgrund der Eingrenzung bis hin zum multikriteriellen Entscheidungsmodell Analytic Hierarchy Process kriterienbasiert. Die Festlegung der Kriterien, die dazu entscheidungsrelevant sind, können nur danach bestimmt werden, was deren Inhalte wiedergeben. Dem entsprechend ist die vollständige Kenntnis über die Kriterien, also deren charakteristischen Eigenschaften und Ausprägung, zur Selektion der relevanten Kriterien als

<sup>387</sup> Eigene Darstellung

Grundvoraussetzung zu sehen. Nur wenn bekannt ist, was ein Kriterium ausmacht, d.h. dessen Charakterisierung bekannt ist, wird die Selektion grundsätzlich erst möglich. In der Literatur sind zu diesem grundlegenden Schritt zur Kriterien-Selektion lediglich Hinweise vorhanden, wobei die Kenntnis über die Charakterisierung der Kriterien meist vorausgesetzt wird.<sup>388</sup> In der Praxis ist die Kenntnis darüber, welche Kriterien entscheidungsrelevant sind bzw. welche charakteristischen Eigenschaften diese aufweisen, meist nicht vorzufinden, da die Kriterien an sich weder bekannt noch als verfügbar vorliegen. Wie eingangs beschrieben, kommt darüber hinaus erschwerend hinzu, dass es keine allgemeingültigen Kriterien geben kann, die für alle Anwender entscheidungsrelevant sind. Die nachfolgenden Erläuterungen sollen dem Anwender ermöglichen, eine Charakterisierung der identifizierten Kriterien vorzunehmen, um anschließend die Kriterien zu selektieren, die entscheidungsrelevante Eigenschaften aufweisen.

### 6.1.2.1 Kriterienauflistung

Die aus dem Schritt Identifikation der Phase 1 identifizierten Kriterien sind in einer Liste zusammen zu tragen, um sie dadurch für die folgende Bearbeitung im Rahmen der folgenden Schritte vorzubereiten. Die Kriterien sind dabei aufzulisten und um deren Beschreibung zu ergänzen.

Die Identifikation der Kriterien bringt bereits Kerninhalte der Auflistung mit sich. Dies beginnt bei der Benennung der Kriterien. Die Auflistung der Kriterien ist nach deren Benennung zu sortieren und durch die Kriterienbeschreibung zu ergänzen. Bereits in diesem Schritt ist es möglich inhaltliche Dopplung sowie Synonyme oder Überschneidungen von Benennungen mit unterschiedlichen Inhalten zu eliminieren. Aus der Identifikation sind auch die Quellen und Senken der Informationen bekannt, die zusätzlich in der Auflistung mit anzugeben sind. Mögliche Quellen und Senken des Prozesses der Auftragszuordnung sind z.B. die Angebotserstellung, Auftragsbuchung sowie die eigentliche Auftragszuordnung als Teilschritt der Auftragsbuchung. Durch die Auflistung sowie durch die Beschreibung der Kriterien ist die Vorbereitung für die Identifikation der Kriterienausprägungen und die Differenzierung erfolgt.

### 6.1.2.2 Ausprägungen

Im Anschluss an die Auflistung der Kriterien werden alle möglichen Ausprägungen der Kriterien aufgelistet, um sie dann danach zu differenzieren und deren Charakterisierung durchzuführen. Auch zur Durchführung dieses Teilschrittes wurden bereits innerhalb des Schrittes Identifikation die notwendigen Inhalte erfasst.

Es gilt, die Liste der identifizierten Kriterien zu überarbeiten, um die Bewertung in geeigneter Form zu ermöglichen. Je nach Anwendungsfall des Verfahrens zur Selektion von Kriterien ändern sich die charakteristischen Ausprägungen, Eigenschaften und Merkmale der Kriterien. Daher sind die zu bewertenden Faktoren anwendungsspezifisch aufzusetzen. Kriterien sind nach der hier gültigen Definition Elemente, durch die sich die Standorte differenzieren lassen. Die Bezüge, Ebenen oder Auswirkungen der Differenzierung sind dabei zunächst unbedeutend und werden erst in der Bestimmung der Entscheidungsrelevanz in Frage gestellt. Darüber hinaus lässt die Definition eines Kriteriums beliebigen Spielraum bezüglich möglicher Ausprägungen. Denkbare Ausprägungen, die sich aus der Analyse der Kriterien ergeben, sind nachstehend exemplarisch ohne Anspruch an Vollständigkeit aufgrund der anwenderspezifischen Abweichungen aufgeführt:

1. statisch | dynamisch  
Zeitliches Änderungsverhalten des Kriteriums in seiner Ausprägung.
2. objektiv | subjektiv  
Personenbezogene Abhängigkeit (meist emotional und/oder geschätzt) des Kriteriums in seiner Ausprägung, dadurch Abweichung der Entscheidung bei Reproduktion möglich.
3. Wertangabe | Entscheidung  
Ausprägung des Kriteriums in Form einer Zahl oder einer Entscheidung (bzw. Beschluss).

<sup>388</sup> Vgl. (Laux, et al., 2012) & (Brinkmeyer, et al., 1994) & (Saaty, 1986) & (Saaty, 1980) & (Saaty, 1996) & (Saaty, et al., 2012)

4. Maßeinheit | dimensionslos  
Zahlenwert mit oder ohne Maßeinheit.
5. KO-Kriterium | Schwellwert  
Positive oder negative Aussage des Kriteriums ab, bis oder durch eine bestimmte Ausprägung.
6. KO-Kriterium für die gesamte Entscheidungssituation  
Das Kriterium in seiner Ausprägung wirkt sich binär auf die gesamte Entscheidungssituation aus.
7. Profilangabe der Alternative  
Weist eine prägnante Ausprägung, Eigenschaft oder Merkmal einer zur Auswahl stehenden Alternative aus.
8. Vergleichbarkeit zwischen den Alternativen  
Erlaubt die Differenzierung der Alternativen durch die vergleichbare Ausprägung (Wert, Aussage, Information, etc.) des Kriteriums
9. Entscheidungsbezogen  
Direkter Bezug zur Entscheidungssituation durch das Kriterium.
10. Vollständigkeitsangabe  
Prüfung der Angaben auf Vollständigkeit ist notwendig, um die notwendige Datenbasis der Entscheidungssituation zur Verfügung zu stellen, jedoch sind Vollständigkeitsangaben bei der Entscheidung an sich nicht relevant. Ausgenommen sind Vollständigkeitsangaben, die bei der Entscheidung direkt geprüft werden.

Die Ausprägungen aus der Analyse der Dokumentation und ggf. aus nachgelagerten Befragungen und sonstigen Informationsbeschaffungsmaßnahmen sind aufzulisten und zu definieren, so dass Fehlinterpretationen ausgeschlossen werden können. Eine in Folge falsche Differenzierung der Kriterien kann zu fehlerhafter Kriterien-Selektion führen.

### 6.1.2.3 Differenzierung

Nach Auflistung der Ausprägungen der identifizierten Kriterien werden die Ausprägungen den Kriterien zugeordnet. Durch die Zuordnung der Ausprägungen lassen sich die Kriterien differenzieren. Die Zuordnung der Ausprägungen zu den Kriterien ist dabei objektiv durchzuführen. Subjektive Einschätzungen sind dabei unzulässig. Die Kriterien sind aufgrund von faktenbasierten Erkenntnissen mit entsprechenden Ausprägungen zu versehen. Die Ausprägungen sind den Kriterien durch einen morphologischen Kasten zuzuordnen. Mehrfachzuweisungen innerhalb des morphologischen Kastens sind zulässig und ermöglichen die Filterung nach gesuchten Ausprägungen im Nachgang des Verfahrens zur Auftragszuordnung. Durch die Morphologie der Kriterienausprägungen wird transparent, welches Kriterium welche Charakterisierung aufweist. Es wird folglich deutlich, dass den Kriterien unterschiedliche Aufgaben zuteilwerden. Durch die Differenzierung können Kriterien klassifiziert werden, die zur Eingrenzung der Standorte dienen, die erst ab einer bestimmten Wertausprägung eine Unterscheidung zulassen oder Kriterien, die sich auf die Eignung aus Sicht des Kunden beziehen sowie Kriterien, die einen Zielbeitrag generieren können.

Der Schritt Charakterisierung der Phase 1: Kriterien-Selektion ist aufgrund seiner geringen Anzahl an Bearbeitungsinhalten überschaubar. Nachstehend sind die einzelnen Elemente des Teilschritts Charakterisierung aufgelistet.

Vorgehensschritt	Hilfsmittel	Ergebnis
<b>1.2 Charakterisierung</b>		
<u>1.2.1 Kriterienauflistung</u> a. Kriteriensammlung aus Identifikation b. Redundanzen eliminieren	a. Zusammenfassung der Dokumente aus 1.1 (Indexierung) b. Analyse der Kriterieninhalte zur Vermeidung inhaltlicher Duplikate	• Kriterienauflistung
<u>1.2.2 Ausprägungen</u>	Morphologie der Kriterienausprägungen	• Kriterienausprägung
<u>1.2.3 Differenzierung</u> Kriteriendifferenzierung über Ausprägungen	Bewertungsmatrix	• Kriteriencharakterisierung

**TABELLE 11: PHASE 1 KRITERIEN-SELEKTION SCHRITT CHARAKTERISIERUNG<sup>389</sup>**

### 6.1.3 Kriterien-Selektion

Die Kriterien-Selektion wird in der Literatur als die Wahl der entscheidungsrelevanten Kriterien beschrieben, die meist lediglich aus der Zielableitung hervorgehen und keiner Ausgrenzung unterliegen.<sup>390</sup> Was bei diesen Erläuterungen des Forschungsstands zu bemängeln ist, bezieht sich auf die Auswirkung unzureichender Kriterien bei der Anwendung der multikriteriellen Entscheidungsfindung. Die Entscheidung kann nach logischen Gesichtspunkten nur anhand der geprüften Kriterien erfolgen. Bilden die geprüften Kriterien nicht die Entscheidungsrelevanz ab, kann die getroffene Entscheidung nicht den Anspruch an die Zielbeitragsgenerierung gewährleisten. Dieses offensichtliche Grundprinzip geht neben den Berechnungsmethoden des Forschungsstands unter. Aufgrund dessen soll dem Anwender des Verfahrens zur Auftragszuordnung die Generierung der Grundvoraussetzung der Entscheidungsfindung in Form der zu berücksichtigenden, entscheidungsrelevanten Kriterien durch den Teilschritt Kriterien-Selektion ermöglicht werden.

Im Teilschritt Kriterien-Selektion werden die für die anwenderspezifische Auftragszuordnung relevanten Kriterien selektiert. Dazu werden zunächst anhand der charakterisierten Kriterien Entscheidungsstufen definiert. Die Relevanz der Kriterien wird ausgehend von den Rahmenbedingungen, Anforderungen und Zielen des Unternehmens beschrieben, die in Form eines Filters zur Selektion der Kriterien führen. Sind die relevanten Kriterien bekannt, werden diese zusammengefasst und vollständig beschrieben. Durch die beschriebenen Schritte und der begleitenden Angabe von Hilfsmitteln ist es möglich, die anwenderspezifischen Kriterien zu selektieren.

#### 6.1.3.1 Entscheidungsstufen

Im vorangehenden Teilschritt Charakterisierung wurden die Kriterien mitunter differenziert. Aus der Differenzierung gehen unterschiedliche Anwendungsbereiche der Kriterien hervor. Aus diesen Anwendungsbereichen sind Entscheidungsstufen zu identifizieren. In Anlehnung an den Top-Down-Ansatz sind Entscheidungsstufen nach deren Detaillierungsgrad zur Entscheidungsfindung abzustufen, so dass am Ende der Alternativenbewertung die geeignetste Alternative identifiziert werden kann. Im Anwendungsfall der Auftragszuordnung hängt die Alternativenanzahl in erster Linie von der Größe des anwenderspezifischen Produktionsnetzwerks ab. Zur Bestimmung der Standorteignung einer gegebenen Anzahl an Standorten innerhalb eines dynamischen Umfelds sind zur Berechnung der Eignung je nach Zielsystem und Anwender zwischen zwei<sup>391</sup> und beliebig vielen Kriterien in ihrer Wertausprägung je Standort etc. zu ermitteln. Die

<sup>389</sup> Eigene Darstellung

<sup>390</sup> Vgl. (Kinkel, 2013 S. 49 f.)

<sup>391</sup> Aufgrund der Klassifizierung der multikriteriellen Entscheidungsfindung sind mind. zwei Kriterien je Alternative zu bewerten.

Wertermittlung der Kriterien ist bei Standorten nur dann möglich, wenn diese Wertausprägungen aufweisen können. Beispielsweise sind Informationen über Herstellkosten von einem Standort nicht abzurufen, der technisch nicht in der Lage ist, einen zu platzierenden Artikel herzustellen. Aufgrund dessen ist eine Entscheidungsstufe zum Ausschluss von Standorten zu definieren, die als KO-Kriterienprüfung bezeichnet werden kann. Darin sind Kriterien zu prüfen, deren Wertausprägung binär ist. Dem Top-Down-Ansatz folgend gilt es, weitere Restriktionen zu prüfen, bevor die Standorteignung der verbleibenden Standorte bestimmt werden kann. Aus dem Prozess der Auftragszuordnung gehen eingrenzende Restriktionen hervor, die keine binäre Ausprägung einnehmen, jedoch zum Ausschluss eines Standorts führen bzw. durch Kompensation anderer positiver Ausprägungen ausgeglichen werden können. Diese, im Vergleich zu KO-Kriterien, weichen Restriktionen können z.B. Schwellwerte darstellen. Schwellwerte sind in ihrer Wertausprägung begrenzt und können zum Ausschluss eines Standorts führen. Beispiele dazu sind die Ressourcenverfügbarkeit oder Toleranzbereiche. Neben den genannten Entscheidungsstufen KO-Kriterien und Schwellwerte sind je nach Anwender und Kriterien weitere Entscheidungsstufen möglich. Grundsätzlich ist jedoch die Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium in jedem Fall der Auftragszuordnung zu berücksichtigen. Durch die Kriterien, die zur Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium gehören, soll die Bewertung, d.h. die Prüfung der Standorteignung, durchgeführt werden können. Im Anschluss an die Definition der Entscheidungsstufen werden durch den Abgleich der Charakterisierung mit den Entscheidungsstufen die charakterisierten Kriterien mit Hilfe einer Vergleichsmatrix den Entscheidungsstufen zugeordnet. Kann ein Kriterium nach Abgleich seiner Ausprägungen mit den definierten Entscheidungsstufen keiner Entscheidungsstufe zugeordnet werden, ist die Charakterisierung des Kriteriums zu überprüfen und ggf. die Definition der Entscheidungsstufen anzupassen oder eine weitere Entscheidungsstufe zu definieren. Jedes der identifizierten Kriterien ist mindestens einer Entscheidungsstufe zu zuordnen. Die Charakterisierung zeigt, dass Kriterien häufig mehr als eine Information beinhalten. Die Ausprägungen eines Kriteriums können demnach mehr als einer Entscheidungsstufe zugeordnet werden. Je nach Entscheidungsstufe, der ein Kriterium zugeordnet wird, sind Inhalte abzurufen. Ein Kriterium kann z.B. in die Entscheidungsstufe Schwellwert zugeordnet werden, da die Wertausprägung des Kriteriums einen Toleranzbereich nicht über- bzw. unterschreiten darf, danach wird in der Schwellwertprüfung die Abweichung gegenüber dem zulässigen Toleranzwert geprüft. Dasselbe Kriterium kann in der Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium einzustufen sein, da sich die Standorte in der Eignung über dieses Kriterium bewerten lassen. So kann ein Standort, der innerhalb der zulässigen Toleranz eine geringere Wertausprägung aufweist, im Vergleich besser sein als ein anderer Standort.

Das Ergebnis, das sich aus dem Teilschritt Entscheidungsstufen des Schritts Kriterien-Selektion ergibt, ist die Einteilung der Kriterien in Entscheidungsstufen. Die Kenntnis über die Entscheidungsstufen und den zugehörigen Kriterien ist für die Kriterien-Selektion sowie für weitere Bearbeitungsschritte des Verfahrens zur Auftragszuordnung notwendig.

### 6.1.3.2 Prüfung | Filter

Der Teilschritt Prüfung | Filter des Schritts Kriterien-Selektion ist in Einzelbestandteile gegliedert. Zunächst werden Prüfungen definiert, anhand derer die Kriterien bewertet werden. Darüber hinaus wird ein „Filter“ zur Kriterien-Selektion aufgestellt. Das Regelwerk aus Prüfung und Filter wird im nächsten Schritt angewandt und entscheidungsrelevante Kriterien werden identifiziert. Das Ergebnis aus der Kriterien-Selektion wird kritisch überprüft.

Die Prüfung der Kriterien dient der Bewertung der Kriterien hinsichtlich der Auftragszuordnung. Die zu prüfenden Punkte werden durch das Ergebnis der Anforderungsanalyse in Anlehnung an Struktureigenschaften von Entscheidungsproblemen laut Literaturdefinition vorgegeben. Laut (Klein, et al., 2012) sind Kriterien auf Strukturdefekte zu überprüfen, dabei handelt es sich um Entscheidungsprobleme, bei denen Elemente nicht definiert werden können.<sup>392</sup> Aufgrund dessen ist zu prüfen, ob die Definitionen der Kriterien in ihrer Begrifflichkeit und charakteristischen Eigenschaften in ausreichendem Detaillierungsgrad vorhanden sind. Darüber hinaus sind Abgrenzungsdefekte festzustellen, d.h. es gilt zu prüfen, ob Ziele, Variablen und Problemgrenzen bekannt sind.<sup>393</sup> Die Aufstellung charakteristischer Ausprägungen, Eigenschaften und Merkmale

<sup>392</sup> Vgl. (Klein, et al., 2012 S. 54)

<sup>393</sup> Vgl. (Klein, et al., 2012 S. 197)

der Kriterien ist wie der Gesamtablauf der multikriteriellen Entscheidungsfindung anwendungsspezifisch. Je nach Situation liegen unterschiedliche Anforderungen vor, die in unterschiedlichen Abläufen in unterschiedlicher Art und Weise auftreten. Daher gilt es, genau diese Unterschiede aus dem Schritt Charakterisierung herauszuarbeiten und als charakteristische Ausprägungen, Eigenschaften und Merkmale zur Bewertung und Kriterien-Selektion heranzuziehen. Es ist daher zu prüfen, ob die Anforderungen (aus Abgleich Ist-Situation & Soll-Zustand) an die Auftragszuordnung durch die Kriterien vollständig gedeckt werden. Aus den vorangehenden Schritten ist erkennbar, dass Relationsstrukturen zwischen Kriterien bestehen. Die Kriterien sind bezüglich ihrer Relationen und hierarchischen Einordnung zu prüfen, so dass Unterkriterien identifiziert und den übergeordneten Kriterien unterstellt werden können. Dadurch werden Kriterien gelistet, die mehr als einem übergeordneten Kriterium zugeordnet sind und in ihrer Ausprägung unterschiedlich sein können. Dabei gilt es, diverse Regeln der Differenzierung innerhalb des Vorgehens zur Bewertung der Kriterien zu beachten, die folgend vorgestellt werden.

Die Prüfung der Kriterien erfolgt aus unterschiedlichen Blickrichtungen auf die Entscheidungssituation der Auftragszuordnung. Zunächst gilt es, die identifizierten Kriterien auf Gemeinsamkeiten zu untersuchen und diese Gemeinsamkeiten in Form eines übergeordneten Kriteriums bzw. Sammelbegriffs auszuweisen, so dass eine Zuordnung der Kriterien stattfinden kann. Dazu ist zu prüfen, ob die Daten und Wirkungszusammenhänge der Variablen bekannt sind. Ohne diese sind keinerlei Zuordnungen möglich.<sup>394</sup> Mehrfachnennungen der Kriterien in unterschiedlichen übergeordneten Kriterien bzw. Sammelbegriffen sind notwendig, da diese je nach Zugehörigkeit Unterschiede aufweisen. Zwischen Kriterien können Interdependenzen anliegen, die wechselseitige Beziehungen ökonomischer Variablen darstellen.<sup>395</sup> Der Begriff soll hier über diese Definition hinaus die Berücksichtigung der Beziehungen aller Variablen beinhalten. Es gilt daher, die Zielbeziehungen und Kriterienbeziehungen zu prüfen. Aus der Zielhierarchie durch den Top-Down-Ansatz aus dem Schritt „Identifikation“ wurden zu Beginn Kriterien abgeleitet. Nun kann überprüft werden, ob alle definierten Ziele anhand von Kriterien gemessen werden können. Es ist daher zu prüfen, ob die Zielgrößen (nach Definition des Unternehmens) durch die Kriterien in Bezug auf Anforderungen an die Ziele (MusCoW, STAR, DARMAZ, SMART) gedeckt werden (Messbarkeit liegt im Bereich der Filterung). Dies beinhaltet darüber hinaus die Konsistenzprüfung, d.h. Konsistenz ist dann vorhanden, wenn ein Unterziel das Oberziel fördert und kein Konflikt zwischen Unterziel und Oberziel anliegt. Übergeordnete Kriterien bzw. Sammelbegriffe geben keine Auskunft über die Hierarchie der Kriterien. An dieser Stelle ist es weder möglich noch notwendig, eine Hierarchie der Kriterien aufzusetzen. Grund dafür ist zum einen, dass durch eine Hierarchisierung vor der Selektion der Kriterien ggf. Kriterien ausgeblendet und zusammengefasst werden müssten, die dann in der Selektion nicht zur Verfügung stehen. Zum anderen müssten Kriterien in Unterkriterien zerlegt werden, was zu Lasten der Übersichtlichkeit und Transparenz bei der Selektion von Kriterien führen würde. Zur Bewertung der Kriterien ist es notwendig, Unterschiede zwischen den Kriterien zu analysieren. Dabei gilt es nicht zu bewerten, inwieweit welches Kriterium besser als ein anderes ist oder wie gut ein Kriterium für die eigentliche Bewertung der Entscheidungssituation geeignet ist. Die Bewertung der Kriterien aus der Differenzierung der Kriterien ohne Wertungsangabe weist unweigerlich Unterschiede bzgl. Relevanz bei der Entscheidungsfindung auf. Daher werden die Kriterien außerhalb des Verfahrens zur Selektion von Kriterien gewichtet. Es ist an dieser Stelle jedoch zu überprüfen, ob die Standorte anhand der Kriterien (je Kriterium) generell zu unterscheiden sind. Die Prüfung, ob die Kriterien für die Entscheidungssituation Auftragszuordnung relevant sind, bedeutet demnach, dass vorausgesetzt wird, dass die Kriterien zur Differenzierung der Standorte dienen. Es wird hier geprüft, ob durch die Kriterien ein Beitrag zur Entscheidungsfindung (geeignetster Standort) geleistet werden kann. Die Bewertung der Handlungsalternativen, d.h. der Standorte, muss durch ein Kriterium möglich sein. *„Ist die Zuordnung von Attributen zu Zielen sowie die Angabe geeigneter Skalen zur Messung der Attributausprägungen nicht (unmittelbar) möglich, spricht man von einem Bewertungsdefekt.“*<sup>396</sup> Des Weiteren ist zu überprüfen, ob ein Kriterium direkt oder indirekt in die Entscheidungsfindung einfließt. Dabei wird geprüft, ob es sich z.B. um eine Rechengröße handelt, die an sich keine Differenzierung der Standorte erlaubt, jedoch als Rechengröße bzw. Bezugsgröße in die Differenzierung der Standorte eingeht. Für die Differenzierung der Standorte ist die Qualität der Informationen entscheidend. Nur wenn die Kriterienausprägungen/-werte zwischen den Standorten vergleichbar sind, kann ein Kriterium als

<sup>394</sup> Vgl. (Klein, et al., 2012 S. 54 f.)

<sup>395</sup> Vgl. (Ambos, 2013 S. 133)

<sup>396</sup> Siehe (Klein, et al., 2012 S. 55)

messbar bezeichnet werden. Es ist notwendig, Messbarkeitsregeln zu definieren und ggf. Datenstandardisierung durchzuführen, um dieses Defizit zu beheben. Die Erläuterungen zum Filter geben dazu weiteren Aufschluss. Der Unterschied zwischen Entscheidungssituationen überträgt sich stets auf die dahinterstehenden Entscheidungskriterien, weshalb auch für jede Entscheidungssituation Kriterien selektiert und nicht kopiert werden sollten. Als Entscheidungssituation ist z.B. die Auftragszuordnung in einem Unternehmen zu nennen. In einem anderen Unternehmen stellt die Auftragszuordnung eine andere Entscheidungssituation dar, wobei die Mehrfachanwendung der Auftragszuordnung in einem Unternehmen bei dynamischem Umfeld dieselbe Entscheidungssituation abbildet. Durch die Identifikationsweise werden Kriterien gelistet, die eine Doppelnennung darstellen. Diese Kriterien müssen im Rahmen der Kriterienprüfung ausselektiert werden, um die Relevanz eines Kriteriums durch Doppelnennung nicht indirekt zu verfälschen. Die Art der Kriterienprüfung und somit die Angabe der Kriterienausprägung bezieht sich auf Reproduzierbarkeit, Transparenz und Nachvollziehbarkeit.

Aus der Prüfung der Kriterien gehen diverse Defizite hervor, die entweder im Anschluss an die Kriterien-Selektion zu beheben oder bereits vor der Selektion durch den Filter zu bearbeiten sind, ansonsten grenzt der Filter diese Kriterien aus. Wird ein Kriterium ausgefiltert, gilt es zu bestimmen, ob dieses Kriterium relevant ist und somit beibehalten werden soll. Gilt es ein Kriterium beizubehalten, muss das Kriterium bzgl. der Defizite angepasst werden. Die Punkte des Filters werden durch das Ergebnis der Anforderungsanalyse vorgegeben. Am Beispiel der im Rahmen dieser Arbeit zu untersuchenden Entscheidungssituation der Auftragszuordnung zeigen sich, wie in der Definition und Abgrenzung des Untersuchungsbereichs beschrieben sowie durch die Analyse der Anforderungen aufgezeigt wurde, diverse Ausprägungen der Problemstellung. Wie zum Beispiel die Dynamik des Betrachtungsbereichs, die Subjektivität bei der Standortwahl oder die Forderung nach Vergleichbarkeit der Standorte. Diese hier beschriebenen Ausprägungen der Entscheidungssituation sowie die Anforderungen aus der Anforderungsanalyse gelten direkt für die Kriterien, die dazu herangezogen werden sollen. Kriterien sollen demnach in der Lage sein, die Erreichung des Soll-Zustands zu bewerten. Daher gilt es im Umkehrschritt die Kriterien nach den gestellten Anforderungen zu selektieren. Aufgrund dessen sind die Anforderungen an die Auftragszuordnung und die Bestimmung der Standorteignung dahingehend zu konkretisieren, dass diese wie ein Filter, d.h. wie KO-Kriterien, binär ausgelegt werden, um Kriterien auszuschließen bzw. als entscheidungsrelevant einzustufen. Eine generelle Anforderung an die Kriterien ist die Entscheidungsrelevanz für die Auftragszuordnung. Ausgefiltert werden demnach Kriterien, die keine Relevanz für die Standortentscheidung haben. Des Weiteren sind Kriterien zu selektieren, die einen Beitrag zu Zielgrößen aus dem Top-Down-Ansatz der Identifikation ermöglichen. Dieser Filterbestandteil darf sich dabei jedoch nur auf die Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium beziehen. In der Entscheidungsstufe KO-Kriterium wird keines der Kriterien einen Zielbeitrag generieren können, dennoch sind KO-Kriterien für die Entscheidungsfindung relevant. Der Filter für Kriterien der Entscheidungsstufe KO-Kriterien und weiteren Entscheidungsstufen soll Kriterien ausschließen, die keinerlei Differenzierung zwischen den Standorten ermöglichen. Ergibt sich für ein Kriterium generell kein Unterschied zwischen den Standorten, stellt dies kein entscheidungsrelevantes Kriterium dar. Dabei handelt es sich dann um eine Anforderung, Vorgabe, Szenario und dergleichen mehr. Hier sollen Differenzierungskriterien beibehalten werden. Kriterien, die nicht dazu beitragen können, eine Entscheidung zu fällen, sind unnötig und auszufiltern. Doppelnennungen wurden bereits an anderer Stelle ausselektiert, jedoch sollte dies auch ein Filterkriterium sein. Doppelnennungen auf Basis des Prüfungsergebnisses (Bsp. Kriteriendefinition, Deckung der Zielgrößen, Interdependenzen, etc.) sind auszuschließen, so dass eine nonredundante Bewertung des Entscheidungsproblems erfolgen kann. Kriterien, die eine negative Ausprägung bzw. ein Defizit eines Prüfungspunktes haben und nicht in Folge ausgefiltert werden, sollen durch Anpassung dieses Defizit beheben, um eine negative Auswirkung auf das Verfahren der Auftragszuordnung auszuschließen. Ein Anspruch an Kriterien liegt in der Vergleichbarkeit und Messbarkeit der Kriterienausprägungen je Standort. Kriterien, die grundsätzlich nicht messbar sind, d.h. Messbarkeit auf Basis des Prüfungsergebnisses (Bsp. Kriteriendefinition, Deckung der Zielgrößen, etc.) nicht erfüllen, dürfen nicht durch den Filter gelangen. Liegt der Grund des Messbarkeitsdefizits in der Definition der Messbarkeitsregeln, sind diese in einem weiteren Schritt zu definieren. In solchen Fällen besteht die Notwendigkeit zur Datenstandardisierung, wenn die Unvergleichbarkeit der Kriterienausprägungen je Standort hinzukommt. Dieser Schritt kann nur dann umgangen werden, wenn ein redundantes, messbares und zwischen den Standorten vergleichbares Kriterium vorhanden ist, das die Filterkriterien erfüllt. Folglich sind Kriterien zulässig, die zwar grundsätzlich messbar,

jedoch im Ist-Zustand noch nicht vorhanden oder nicht messbar sind, da in einem weiteren Schritt die Datenstandardisierung durchgeführt wird. Einer der Bestandteile der Datenstandardisierung ist die Behebung von Defiziten.

Ein weiteres Filterelement muss darin liegen, Subjektivität zu vermeiden. Deswegen sind subjektive Kriterien auf Basis der Kriteriencharakterisierung auszuschließen bzw. das ursächliche Defizit dafür zu beheben. Kriterien, die einer subjektiven Bewertung unterliegen, jedoch entscheidungsrelevant sind, müssen beispielsweise durch eine objektive Alternative ersetzt werden bzw. durch Datenstandardisierungsmaßnahmen objektiviert werden. Subjektivität bremsst die operative Auftragszuordnung aus. Manueller Aufwand in der Auftragszuordnung ist zu vermeiden, da dadurch Fehlentscheidungen verursacht werden und Zeit benötigt wird, die in der operativen Anwendung so gering wie möglich gehalten werden soll. Daraus resultiert der Anspruch an die Wiederholbarkeit der Entscheidungsfindung, d.h. dass reproduzierbare Ausprägungen der Kriterien verwendet werden können. Die Ausprägungen aller Kriterien müssen transparent, dem Sinne nach offenkundig und einsehbar sein. Dies soll sich auch über den Weg der Entscheidungsfindung durchziehen. Transparenz ist eine Grundvoraussetzung der Nachvollziehbarkeit. Die Kriterienausprägung einer Situation muss für den Anwender nachvollziehbar sein. Darüber hinaus soll auch das Verhalten eines Kriteriums bzgl. seiner Ausprägung, wie der Weg der Entscheidungsfindung, nachvollziehbar sein.

Diese Filterkriterien auf Basis der vorangehenden Prüfung sind für viele Anwender der Kriterien-Selektion zur Auftragszuordnung gültig. In Einzelfällen sind diese anwenderspezifisch zu ergänzen bzw. ungeeignete Elemente zu streichen.

Aus der Anwendung des Filters in dieser oder ähnlicher Zusammensetzung werden die entscheidungsrelevanten Kriterien selektiert. Dazu sind die identifizierten Kriterien einzeln auf alle Filterelemente zu prüfen und das binäre Filterresultat ist in einer Entscheidungstabelle zu dokumentieren, wodurch sich ggf. nachgelagert Defizite beheben lassen. Dies geschieht anwenderspezifisch, da der Input in Form der identifizierten Kriterien vom Anwender selbst ausgeht. Darüber hinaus ist der Filter den Anforderungen des Anwenders anzupassen, sofern sich diese nicht mit den aufgeführten Filterkriterien decken sollten. Diese Vorgehensweise ermöglicht die anwenderspezifische Kriterien-Selektion.

Das Ergebnis aus der Filterung der Kriterien kann Fehlinterpretationen enthalten, weshalb die Ergebnisse kritisch zu hinterfragen sind. Der Entscheidende (bzw. die Gruppe aus Entscheidern), der die Filterung durchgeführt hat, kann seine eigene Entscheidung nur bedingt kritisch betrachten. Deshalb sind Experten der Auftragszuordnung zur kritischen Prüfung der Kriterien-Selektion und der Vollständigkeit zu konsultieren. Die genannten Kritikpunkte sind dabei zu überprüfen und ggf. entsprechende Anpassungen durchzuführen. Dieser Zyklus aus Kontrolle und Anpassung ist solange zu wiederholen, bis keine berechtigte Kritik auftritt.

### **6.1.3.3 Kriterienauflistung**

Abschließend werden die Ergebnisse aus der Phase 1: Kriterien-Selektion im gleichnamigen Schritt innerhalb des letzten Teilschritts aufgelistet. Diese Auflistung enthält alle bis dahin vorliegenden Informationen der selektierten, entscheidungsrelevanten Kriterien. Neben der Definition des Kriteriums sind darin die Charakterisierung, der Zielbeitrag, die Entscheidungsstufe(n) und weitere mehr anzugeben. Die Kenntnis über die Eigenschaften der selektierten Kriterien ist für die nachfolgenden Phasen, Schritte, Teilschritte und Einzelbestandteile relevant.

Mit der Kriterienauflistung endet die Phase 1: Kriterien-Selektion.

Nachstehende Tabelle gibt einen Überblick über die Inhalte des Schritts Kriterien-Selektion der Phase 1: Kriterien-Selektion des Verfahrens zur Auftragszuordnung.

Vorgehensschritt	Hilfsmittel	Ergebnis
<b>1.3 Kriterien-Selektion</b>		
<u>1.3.1 Entscheidungsstufen</u> a. Abgleich Charakterisierung mit Entscheidungsstufen b. Einordnung der Kriterien in Entscheidungsstufen	a. Vergleichsmatrix b. Zuordnungstabelle	<ul style="list-style-type: none"> <li>Einteilung Kriterien in Entscheidungsstufen</li> </ul>
<u>1.3.2 Prüfung   Filter</u> a. Prüfung und Filter anhand Regelwerk b. Selektion der Kriterien c. Kritische Prüfung Ergebnis	a. Bewertungsmatrix b. Entscheidungstabelle c. Kritische Prüfung durch Experteninterview	<ul style="list-style-type: none"> <li>Unternehmensspezifische Kriterien</li> </ul>
<u>1.3.3 Kriterienauflistung</u> Definition der selektierten Kriterien unter Angabe aller Untersuchungsergebnisse (Charakterisierung, Zielbeitrag, Entscheidungsstufen)	Tabellarische Auflistung der selektierten Kriterien unter vollständiger Angabe der Eigenschaften	<ul style="list-style-type: none"> <li>Siehe 1.3.3 Hilfsmittel</li> </ul>

**TABELLE 12: PHASE 1 KRITERIEN-SELEKTION SCHRITT KRITERIEN-SELEKTION<sup>397</sup>**

#### 6.1.4 Zusammenfassung Phase 1: Kriterien-Selektion

Die Phase 1: Kriterien-Selektion besteht wie die weiteren Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung aus Schritten, zu deren Erarbeitung Teilschritte notwendig sind, die sich wiederum aus Einzelbestandteilen zusammensetzen.

In Phase 1: Kriterien-Selektion liegt die Entwicklung einer neuen Vorgehensweise mitunter darin, bestehendes Wissen und etablierte Mechanismen zu modifizieren, um aus der kombinierten Zusammensetzung neue Erkenntnisse zu gewinnen. Das Ziel dieser Entwicklungen ist es die zweite Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit zu beantworten.

#### 2. Welche auftrags- und standortspezifischen Zuordnungskriterien sind sinnvoll?

Das Ziel liegt in der Entwicklung eines Verfahrens zur Selektion von Kriterien, um die anwenderspezifische Definition der Standorteignung zu quantifizieren. D.h. unterschiedliche Ziele und Anforderungen des Anwenders erfordern unterschiedliche Kriterien.

Das entwickelte Verfahren zur Kriterien-Selektion bietet dem Anwender die Möglichkeit sein anwenderspezifisches Zielsystem zu quantifizieren. Dadurch erhält der Anwender die notwendigen Ausgangselemente zur Hierarchieerstellung für das Entscheidungsmodell Analytic Hierarchy Process.

Das Verfahren zur Kriterien-Selektion besteht aus den Schritten:

- Identifikation der Kriterien des Entscheidungsproblems Auftragszuordnung
- Charakterisierung der identifizierten Kriterien
- Und Selektion der Kriterien zur Quantifizierung des anwenderspezifischen Zielsystems

<sup>397</sup> Eigene Darstellung

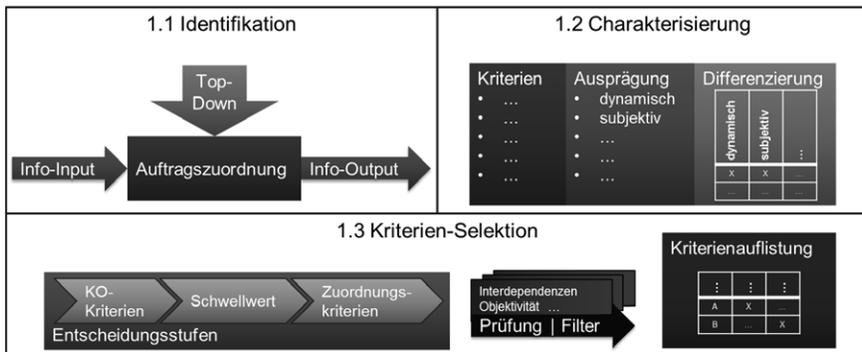


ABBILDUNG 25: PHASE 1: KRITERIEN-SELEKTION<sup>398</sup>

## 6.2 Phase 2: Datenstandardisierung

In Phase 2: Datenstandardisierung des Verfahrens zur Auftragszuordnung werden Informationen, die für den Prozess der Auftragszuordnung relevant sind, falls erforderlich auf ein vergleichbares und belastbares Niveau angehoben. Phase 1: Kriterien-Selektion geht der Frage nach, wie auftrags- und standortspezifische Kriterien für die anwenderspezifische Auftragszuordnung identifiziert werden können. Die aus der Anwendung der Phase 1 identifizierten Kriterien sind auf deren Datenqualität hin zu überprüfen, „denn man kann bekanntlich nur die Dinge verbessern, die man auch nachvollziehen kann bzw. messen kann.“<sup>399</sup> Aus der Problemstellung dieser Arbeit geht hervor, dass Produktionsnetzwerke des Untersuchungs- und Einsatzbereichs meist historisch gewachsen sind, wodurch die Nachvollziehbarkeit, Transparenz, Vergleichbarkeit und Belastbarkeit von Informationen, d.h. in erster Linie von Kennzahlen, gelitten haben. Beim Entscheidungsproblem Auftragszuordnung, wie auch bei anderen Entscheidungsproblemen, hat die Qualität der zu verarbeitenden Informationen direkte Auswirkung auf die Qualität der Entscheidung. Die Kriterienausprägungen, d.h. die Kennzahlen der Standorte, die für die Auftragszuordnung herangezogen werden, sind über alle Standorte des Produktionsnetzwerks zu vereinheitlichen, um ein vergleichbares und belastbares Datenqualitätsniveau zu erreichen.<sup>400</sup>

Aus diesem Grund wird in Phase 2: Datenstandardisierung ein Verfahren zur anforderungsgerechten Datenstandardisierung entwickelt.

Kennzahlen liegen Messbarkeitsregeln und weitere Vorschriften zugrunde, die z.T. nicht vollständig bzw. durchgängig festgelegt wurden, so dass Abweichungen einer Kennzahl zwischen Standorten oder über eine gewisse Dauer auftreten können, wodurch sich ein unvergleichbarer Informationszustand einstellen kann. Kennzahlendefinitionen weisen beispielsweise unzureichende Start- und Endmesspunkte auf. Ein vergleichbarer Kennzahlenzustand erfordert einen standardisierten Kennzahlenaufbau und Inhalt je Anwender bzw. hier je Standort. Die Folgewirkungen unvergleichbarer Informationen in einem Verfahren, wie dem der Auftragszuordnung, sind als negativ einzustufen. Aufgrund von Fehlentscheidungen durch unvergleichbare Kennzahlen ist mitunter eine Reduzierung des Economic Value Added (EVA) oder eine Minderung der Kundenzufriedenheit verbunden. Negative Auswirkungen unvergleichbarer Kennzahlen in einem Produktionsnetzwerk wirken sich auch auf andere Anwendungsbereiche neben der Auftragszuordnung aus. Diese Erkenntnis ist nicht neu, was nachstehendes Zitat bestätigt. „Erschwert wird die Arbeit des Auftragsmanagements in einem Produktionsnetzwerk durch nicht vergleichbare Daten einzelner Standorte.“<sup>401</sup> In Produktionsnetzwerken sind unvergleichbare Kennzahlen heute noch ein aktuelles Thema. „Eine hohe Planungstransparenz und

<sup>398</sup> Eigene Darstellung

<sup>399</sup> Siehe (Janning, 2012 S. 169)

<sup>400</sup> Vgl. (Holten, et al., 2003 S. 436)

<sup>401</sup> Siehe (Dombrowski, 1988 S. 18)

*durchgängige sowie medienbruchfreie Auftragsabwicklungsprozesse gelten als Voraussetzung, um die Effizienz in einem Projektfertigungsnetzwerk nachhaltig zu verbessern.*<sup>402</sup> Diese Voraussetzungen werden in der Praxis jedoch nicht in allen Fällen erfüllt, weshalb diese Probleme weiterhin in der Literatur diskutiert werden. Eine mögliche Ursache für unterschiedliche Ausprägungen, Inhalte und Zusammensetzungen gleichbedeutender Kriterien sowie Kennzahlen kann in unterschiedlichen Definitionen, beginnend beim Begriff einer Kennzahl, liegen.

Die Kriterien aus der Kriterien-Selektion stellen Kennzahlen der Standorte des Produktionsnetzwerks dar. Kennzahlen werden in der Literatur mit unterschiedlichen Definitionen geführt. Exemplarisch werden nachstehend Definitionen des Begriffs ‚Kennzahl‘ vorgestellt, aus denen dann eine für diese Arbeit gültige Definition einer Kennzahl abgeleitet wird.

*„Kennzahlen bilden Sachverhalte zahlenmäßig ab. Voraussetzung dafür ist, dass diese Sachverhalte messbar und zählbar sind. ... Kennzahlen informieren in konzentrierter, zusammengefasster Form über betriebliche Sachverhalte. Dadurch kann es jedoch auch zu Informationsdefiziten kommen.“*<sup>403</sup>

*„Durch die Verwendung von Kennzahlen kann ein Überblick über den Sachverhalt dargestellt werden, die Position gegenüber Mitbewerbern ermittelt und Zielsetzungen überprüft und ggf. Maßnahmen eingeleitet werden. ... Kennzahlen sollen der Führungsinstanz bei der Analyse und bei Steuerungsaufgaben dienen.“*<sup>404</sup>

*„Für interne und externe Zwecke einsetzbare Messgrößen, die in konzentrierter und übersichtlicher Form quantitativ erfassbare betriebliche Vorgänge und Tatbestände abbilden.“*<sup>405</sup>

In Anlehnung an die hier exemplarisch aufgeführten Definitionen des Begriffs ‚Kennzahl‘ ist für den weiteren Verlauf der Dissertation eine Kennzahl wie folgt zu verstehen.

Eine Kennzahl bildet quantifizierbare Sachverhalte anforderungsgerecht und komprimiert ab, die für einen Entscheider von Bedeutung sind.

Die Komprimierung von Informationen und die Definition der Zusammensetzung einer einzelnen Kennzahl sind für multikriterielle Entscheidungsprobleme unzureichend. Während der Definition von Kennzahlen und vor deren Anwendung sind unterschiedliche Grundregeln zu beachten. *„Entscheidend ist dabei, dass die verwendeten Kennzahlen miteinander in Beziehung stehen, untereinander konsistent und auf einen übergeordneten Zweck ausgerichtet sind.“*<sup>406</sup> Diese Grundregeln sind durch das Ergebnis aus Phase 1: Kriterien-Selektion erfüllt, da durch die Kriterien-Selektion die Beziehungen zwischen den Kriterien bekannt und die Konsistenz überprüft wurde. Darüber hinaus dienen die Kriterien einem übergeordneten Zweck in Form eines Oberziels des Zielsystems, das anwenderspezifisch in Phase 1: Kriterien-Selektion im Schritt Identifikation unter dem Teilschritt Top-Down definiert wird.

Neben der Kenntnis über die Beziehungen zwischen Kriterien und der Unterordnung von Kriterien zu Zielen, geht aus Phase 1: Kriterien-Selektion die Zuordnung der Kriterien zu Entscheidungsstufen hervor. Dieser Zuordnung kann entnommen werden, dass Kriterien z.T. mehr als einer Entscheidungsstufe zugeordnet wurden. Je nach Zugehörigkeit eines Kriteriums zu einer Entscheidungsstufe sind die Inhalte des Kriteriums bzw. der Kennzahl und somit die Messbarkeitsregeln unterschiedlich auszulegen. Die Messbarkeitsregeln sind folglich von der Position eines Kriteriums innerhalb des Ablaufs der Auftragszuordnung abhängig. Aufgrund dessen wird zunächst der Ablauf der Auftragszuordnung erstellt, so dass daraus die Definition der Messbarkeitsregeln erfolgen kann.

<sup>402</sup> Siehe (Quick, et al., 2010 S. 78)

<sup>403</sup> Siehe (Jung, 2003 S. 154)

<sup>404</sup> Siehe (Gladen, 2001 S. 12)

<sup>405</sup> Siehe (Sokianos, et al., 1998 S. 247)

<sup>406</sup> Siehe (Thieme, et al., 2014 S. 57)

### 6.2.1 Ablauf Auftragszuordnung

Der Ablauf der Auftragszuordnung besteht aus den identifizierten Entscheidungsstufen der Phase 1: Kriterien-Selektion. Die Entscheidungsstufen sind durch die Kriterien-Selektion bereits chronologisch gegliedert. Exemplarisch sind nachstehend Entscheidungsstufen aufgeführt, die je nach Anwender weitere, andere oder weniger Stufen enthalten können.

1. KO-Kriterien
2. Schwellwert
3. Zuordnungskriterien

Innerhalb der Phasen werden die Kriterien in einen chronologischen Ablauf eingeordnet. Eine Ausnahme bezüglich des chronologischen Ablaufs stellen Vorprüfungen dar, die nicht Teil der Entscheidungsfindung, jedoch Teil des Ablaufs der Auftragszuordnung sind. Elemente der Vorprüfung stellen die notwendigen Daten für die Entscheidungsstufen bereit. Je nach Information werden die Daten z.B. in unterschiedlichen zeitlichen Horizonten erfasst. Strategische Entscheidungen, wie beispielsweise eine Legierungsstrategie, werden nicht bei jedem Auftrag neu definiert. Die Legierungsstrategie entspricht einer Managemententscheidung darüber, welcher Standort des Produktionsnetzwerks welche Legierungen vorhalten und bearbeiten soll. Dahinter können Intentionen wie Bestandssenkung oder Redundanzbildung stehen. Die operative Vorprüfung bezieht sich z.B. auf die Erfassung des Primärbedarfs in Form eines Kundenauftrags, mit Artikel, Menge und Termin. In den auf die Vorprüfung folgenden Entscheidungsstufen sind, wie eingangs erwähnt, chronologische Abläufe zu definieren. Die Abläufe innerhalb der Entscheidungsstufen können durch ein interdisziplinäres Expertenteam in Gruppendiskussionen und / oder Workshops entwickelt werden.<sup>407</sup> Die Zielsetzung dieser gruppenbasierenden Entwicklungsarbeit liegt darin, einen Ablauf zu entwickeln, der die verfügbaren Elemente aus der Kriterien-Selektion in ihrer logischen Reihenfolge darstellt. Der Auslegung einer logischen Reihenfolge entspricht z.B. die Eingrenzung der Alternativen beginnend bei deren Anzahl, über deren Eignung bis hin zur Auswahl. Im Umkehrschluss kann der Ablauf aus dem Ergebnis abgeleitet werden, d.h. die Auftragsbuchung an den geeignetsten Standort als Ende des Ablaufs der Auftragszuordnung wird auf dessen Vorgänger aus der Liste der identifizierten Kriterien überprüft sowie der Vorgänger auf dessen Vorgänger usw. Unterstützend bei der Entwicklung des Ablaufs der Auftragszuordnung können die Ergebnisse aus der Analyse der Kriterienbeziehungen aus Phase 1: Kriterien-Selektion verwendet werden. Die Ergebnisse aus der Ablaufentwicklung sind in Flussdiagrammen zu dokumentieren. Innerhalb der Flussdiagramme wird, neben der chronologischen Abfolge der Kriterienprüfungen, der Dateninput und -output definiert, soweit dies bereits möglich ist. Die Kenntnis über den notwendigen Input bzw. den generierten Output einer Kriterienprüfung ist für die Definition der Messbarkeitsregeln relevant. Output und Input geben an, was die Kriterienprüfung bewirkt bzw. benötigt. Daraus kann abgeleitet werden, welche Messbarkeitsregeln je Kriterium aufgrund seiner Position im Ablauf der Auftragszuordnung zu definieren sind. Im Anschluss an die Definition der Position aller Kriterien innerhalb der Entscheidungsstufen wird der Ablauf der Auftragszuordnung beschrieben und dokumentiert, so dass im weiteren Verlauf des Verfahrens zur Auftragszuordnung darauf zurückgegriffen werden kann. Die Dokumentation sollte allen beteiligten Personen zugänglich sein, wodurch die Überprüfung des definierten Ablaufs angestoßen werden kann. An dieser Stelle des Verfahrens zur Auftragszuordnung sollte der Ablauf der Auftragszuordnung keine maßgeblichen Unklarheiten enthalten. Geringfügige Lücken aufgrund unvorhersehbarer Ereignisse bzw. Prüfungsinhalte sind zulässig, jedoch würden maßgebliche Unklarheiten die weitere Vorgehensweise des Verfahrens zur Auftragszuordnung gefährden. Zwar kann der Ablauf der Auftragszuordnung nicht in Stein gemeißelt sein, da durch die Erkenntnisgewinnung der folgenden Schritte ggf. Anpassungen am Ablauf der Auftragszuordnung erforderlich sind, aber die Existenz maßgeblicher Unklarheiten überträgt sich auf die zu generierenden Inhalte des Verfahrens zur Auftragszuordnung. Der an dieser Stelle definierte Soll-Ablauf der Auftragszuordnung wird stets bezüglich des aktuellen Revisionsstands der zu realisierende Kerninhalt der Auftragszuordnung sein.

Ein Beispiel für einen Ablauf der Auftragszuordnung wurde im Rahmen der Validierung anhand eines Fallbeispiels anwenderspezifisch entwickelt und beschrieben.

<sup>407</sup> Vgl. (Meyer, et al., 2005)

Im Anschluss an die Entwicklung des Ablaufs der Auftragszuordnung werden die Messbarkeitsregeln der identifizierten Kriterien definiert. Die Messbarkeitsregeln beschreiben einen Soll-Zustand zur Quantifizierung der selektierten Kriterien. Messbarkeitsregeln geben an, welche Inhalte ein zu prüfendes Element des Ablaufs der Auftragszuordnung (z.B. ein Kriterium) bereitstellen soll. Die Messbarkeitsregeln gehen darüber hinaus auf die Bestandteile eines Elements ein und legen die mathematische und/oder inhaltliche Art der Zusammensetzung der Elemente fest. Dieser Soll-Zustand je selektiertem Kriterium sowie je Element des Ablaufs zur Auftragszuordnung gilt für alle Alternativen, d.h. Standorte, die für das entsprechende Kriterium bzw. Element eine Ausprägung aufweisen und innerhalb des Ablaufs der Auftragszuordnung in die Entscheidungsfindung einfließen. Die entscheidungsrelevanten Kriterien weisen diverse Unterschiede auf, wie aus dem entwickelten Ablauf der Auftragszuordnung hervorgeht. Die Charakterisierung der Kriterien aus Phase 1 gibt einen Überblick über die Fülle an Unterscheidungsmerkmalen. Die Kriterien bzw. Kennzahlen der Standorte lassen sich darüber hinaus anhand von Kennzahlengattungen differenzieren, wodurch die Definition der Messbarkeitsregeln unterstützt wird.

Aus der Kriterienbeschreibung der selektierten Kriterien geht hervor, welche Ausprägung ein Kriterium annehmen kann. Konkretisiert wurde dies durch die Angabe des Kriterien-Input und -Output bei der Entwicklung des Ablaufs der Auftragszuordnung. Aus diesen Erkenntnissen können die Kriterien den Kennzahlengattungen aus der Literatur zugeordnet werden. Zu nennen sind dazu Absolutzahlen, die nicht in komplexen, mathematischen Berechnungsvorschriften, sondern in den Grundrechenarten definiert sind. Absolutzahlen stellen nach (Wöhe, 2008) Kennzahlen dar, die absolute Werte beinhalten und ausgeben.<sup>408</sup> Ein Beispiel für eine Absolutzahl ist die Anzahl (Summe) an Aufträgen des Auftragsbestands eines Standorts innerhalb eines Produktionsnetzwerks während eines bestimmten Zeitraums. Die Definition der Messbarkeitsregeln von Absolutzahlen bezieht sich maßgeblich auf die Grenzen der Werterfassung. Beispiele für Grenzen sind Zeiträume, Wertebereiche innerhalb dessen die Absolutzahl ausgelesen wird und der weiteren mehr. Am Beispiel des Auftragsbestands sind folgende Grenzen denkbar:

- Zeithorizont ausgehend von der aktuellen Kalenderwoche bis zehn Wochen in die Zukunft
- Räumliche Eingrenzung, bezogen auf einen Standort im Produktionsnetzwerk
- Auftragsbestand nach Auftragsart, bezogen auf Anzahl Kundenaufträge
- etc.

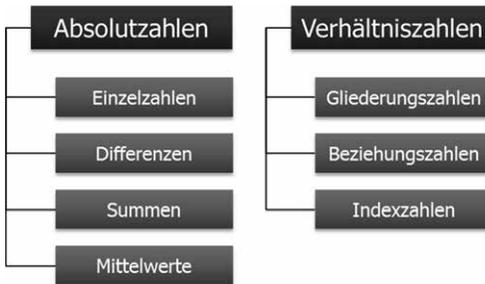
Eine weitere Kennzahlengattung stellen Verhältniszahlen dar. Verhältniszahlen stehen in Relation zu einer anderen Zahl.<sup>409</sup> Eine klassische Verhältniszahl aus dem Produktionsmanagement ist die Termintreue eines Standorts. Diese Verhältniszahl errechnet sich aus der Anzahl an Aufträgen, die zum bestätigten Termin von einem Standort abgeliefert wurden und der Anzahl aller abgelieferten Aufträge inkl. zu früher und zu später Lieferungen des Standorts. Die Relation der Verhältniskennzahl Termintreue liegt zwischen der Anzahl pünktlicher und der Anzahl aller Aufträge. Erst durch die Relation dieser Werte lässt sich ein Verhältnis bilden. Messbarkeitsregeln von Verhältniszahlen enthalten mathematische Berechnungsvorschriften sowie die Definition der Grenzen der Werterfassung.

Die Kennzahlengattungen der Absolutzahlen und der Verhältniszahlen lassen sich in weitere Kennzahlenarten unterteilen.

---

<sup>408</sup> Vgl. (Wöhe, 2008 S. 213)

<sup>409</sup> Vgl. (Wöhe, 2008 S. 213)



**ABBILDUNG 26: GLIEDERUNG DER KENNZAHLENGATTUNGEN IN ANLEHNUNG AN (THIEME, ET AL., 2014)<sup>410</sup>**

Die Kennzahlengattung der Absolutzahlen wird hier nicht näher erläutert, da die Definition der Messbarkeitsregeln durch die Grundrechenarten beschrieben sind, so dass die Definition der Grenzen die Messbarkeitsregeln der Absolutzahlen komplettiert.

Die Kennzahlengattung der Verhältniszahlen ist als der Quotient aus zwei statistischen Größen definiert.<sup>411</sup> Die Auswirkung auf die Definition der Messbarkeitsregeln kann auch aus den Kennzahlenarten der Verhältniszahlen abgeleitet werden. Bei Gliederungszahlen wird der Anteil einer Teilmasse an einer übergeordneten Gesamtmasse ausgewiesen.<sup>412</sup> Ein Beispiel für eine Gliederungszahl stellt die Termintreue, wie eingangs beschrieben, dar. „Bei Beziehungszahlen hingegen werden zwei verschiedenartige Größen, die zueinander in sachlicher Beziehung stehen, ins Verhältnis gesetzt. Dabei können Zähler und Nenner in derselben oder in unterschiedlichen Dimensionen gemessen werden.“<sup>413</sup> Betriebliche Beziehungszahlen sind beispielsweise:<sup>414</sup>

- Arbeitszeitverbrauch je Erzeugnis
- Stromverbrauch je Tonne Produktion
- Produktion je Stunde

Als weitere Verhältniszahl beschreibt die Indexzahl die durchschnittliche relative Veränderung mehrerer Merkmale.<sup>415</sup> Das bedeutet, dass sich durch Indexzahlen einzelne Veränderungen mehrerer Merkmale in einer Zahl komprimieren lassen. Beispielsweise kann die Entwicklung eines Lohnniveaus durch eine Indexzahl ausgewiesen werden, indem eine Vielzahl an Einzelgehältern zusammengefasst werden.<sup>416</sup>

Kriterien sind nicht in allen Fällen einer Kennzahlenart zuzuordnen. Sofern durch den Abgleich der identifizierten Kriterien mit den Kennzahlenarten eine Anzahl an Kriterien ohne Zuordnung verblieben ist, werden diese Kriterien separat betrachtet. Kriterien, die keiner Kennzahl entsprechen, können ggf. dem Bereich von Kenngrößen zugeordnet werden. Kenngrößen, die z.T. Kennzahlen entsprechen, sind Funktionen aus Zufallsvariablen in einer Zufallsstichprobe.<sup>417</sup>

Die Definition der Messbarkeitsregeln wird durch die vorangehenden Klassifizierungen unterstützt. Die Anforderung an die Messbarkeitsregeln in Bezug auf die Auftragszuordnung wird durch die Klassifizierung jedoch nicht vollständig erfüllt. Trotz der Kenntnis über Charakterisierung, Ausprägungen, Input-, Output, Grenzen und weiteren sind Definitionen von Messbarkeitsregeln der Kriterien auf dieser Basis nur bedingt zum Vergleich der Alternativen, d.h. zur Bestimmung des geeignetsten Standorts aus einer gegebenen Anzahl an Standorten zur Herstellung eines Auftrags, anwendbar. „Eine genaue Definition der Messgrößen stellt daher einen wesentlichen Schritt zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der erhobenen Daten dar.“<sup>418</sup>

<sup>410</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Thieme, et al., 2014 S. 32)

<sup>411</sup> Vgl. (Lübke, et al., 2014 S. 57)

<sup>412</sup> Vgl. (Schambacher, 2013 S. 87)

<sup>413</sup> Siehe (Wöhe, 2008 S. 213)

<sup>414</sup> Vgl. (Schambacher, 2013 S. 88)

<sup>415</sup> Vgl. (Bourier, 2013 S. 127)

<sup>416</sup> Vgl. (Schambacher, 2013 S. 95)

<sup>417</sup> Vgl. (Dietrich, 2007 S. 11)

<sup>418</sup> Siehe (Jochem, 2010 S. 156)

Aufgrund dessen wird zunächst der Zusammenhang der bis dahin vorhandenen Informationen betrachtet, um daraus abzuleiten, welche Informationen für die Definition der Messbarkeitsregeln ggf. zusätzlich notwendig sind.

Aus der Entwicklung des Ablaufs der Auftragszuordnung geht hervor, dass Informationen von einer Quelle oder von n Quellen in ein Kriterium einfließen. Innerhalb des Kriteriums werden diese Informationen beispielsweise verarbeitet, verdichtet oder lediglich gesammelt. Diese Informationsverarbeitung und weitere stellen die Messbarkeitsregeln eines Kriteriums dar. Darin enthalten sind die Grenzen, Rechenvorschriften und weitere Restriktionen. Der Output eines Kriteriums ist einem bestimmten Zweck bzw. mehreren Zwecken zugeordnet. Daraus geht hervor, dass der Zweck durch den Output eines Kriteriums zu erfüllen ist. Der Output eines Kriteriums ergibt sich aus der Definition der Messbarkeitsregeln. Messbarkeitsregeln geben vor, welche Informationen wie zu verwenden sind. Der Input erfüllt die Forderungen der Messbarkeitsregeln hinsichtlich zu liefernder Informationen. Dieser Zusammenhang wird nachstehend graphisch dargestellt.



**ABBILDUNG 27: ZUSAMMENHANG INPUT – KRITERIUM – OUTPUT IN ANLEHNUNG AN (THIEME, ET AL., 2014)<sup>419</sup>**

Die Graphik und die voranstehende Erläuterung geben das Vorgehen zur Definition der Messbarkeitsregeln vor. Zunächst wird der Zweck des Kriteriums definiert. Anschließend wird der dafür notwendige Output bestimmt. Die Messbarkeitsregel des Kriteriums wird so definiert, dass der gewünschte Output generiert werden kann. Sind die Messbarkeitsregeln bekannt, wird identifiziert, welche Informationen notwendig sind, damit die Berechnung erfolgen kann. Abschließend werden dann die Quellen der Informationen bestimmt. Die Elemente Input und Output des dargestellten Zusammenhangs sind fest mit den Messbarkeitsregeln verbunden. Ohne Input kann trotz Messbarkeitsregeln kein Output generiert werden. Ohne Output / Zweck sind Messbarkeitsregeln und Input unnötig. Aufgrund dieses untrennbaren Zusammenhangs werden die Elemente der obenstehenden Darstellung (Input, Messbarkeitsregeln und Output) im weiteren Verlauf dieser Arbeit in dem Begriff: „Messbarkeitsregeln“ gebündelt. Aufgrund der Zusammensetzung der Messbarkeitsregeln aus mehreren Elementen soll nachstehend ein Ablauf auf Basis der logischen Zusammenhänge abgeleitet werden, durch dessen Anwendung anforderungsgerecht die Datenstandardisierung aller selektierten Kriterien auf ein vergleichbares und belastbares Qualitätsniveau erfolgen kann.

Die vorangehenden Erläuterungen beschreiben den Zweck eines Kriteriums als Anforderungssteller bezüglich der Datenstandardisierung innerhalb eines Produktionsnetzwerks. Der Zweck soll demnach für ein Kriterium gelten, gleichwohl von welchem Standort die Information bezogen wird. Erfüllt das Kriterium den Zweck nicht, sind Anpassungen vorzunehmen. An aller Anfang der Messbarkeitsregeln steht der Zweck, welcher sich aus der Frage, was gemessen werden soll, ableitet.

Nur durch die Kenntnis über den Zweck können wiederum Folgefragen abgeleitet werden, die sich auf den Output und dadurch auf das Kriterium selbst beziehen. Die Beschreibung der selektierten Kriterien sowie die Position des Kriteriums innerhalb des entwickelten Ablaufs der Auftragszuordnung geben Aufschluss über den Zweck eines Kriteriums. Aufgrund eines Anwendungszwecks kann die Forderung nach statistischer Sicherheit durch eine hohe Anzahl an Messwerten gefordert werden, die je nach Dateninput durch einen größeren Zeitraum gewährleistet werden kann. „Eine große Stichprobe führt zu ‚mehr Vertrauen‘, also zu einem engen Konfidenzintervall.“<sup>420</sup> Es ist unzulässig, den Zweck eines Kriteriums zu verändern, da sich dadurch das Ergebnis der Kriterien-Selektion verfälscht. In Folge verfälschter Zwecke geht die

<sup>419</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Thieme, et al., 2014 S. 33)

<sup>420</sup> Siehe (Prel, et al., 2009 S. 336)

Messbarkeit der definierten Ziele verloren. Entscheidungsfindung auf Basis von Kriterien mit falschem Zweck kann und wird nicht den erwünschten Zielbeitrag leisten. Dieser Effekt kann darüber hinaus auftreten, wenn die Zwecke unzureichend detailliert sind. Fehlinterpretationen aufgrund unsauberer Definitionen können die Folge sein. Die Frage, was gemessen werden soll, ist deshalb sehr ernst zu nehmen. Die vergleichsweise unkonkreten Angaben aus der Beschreibung der selektierten Kriterien und die Zweckermittlung aufgrund der Position des Kriteriums innerhalb des Ablaufs der Auftragszuordnung, können durch Befragung von Experten, Gruppendiskussionen und / oder Workshops konkretisiert werden.

Liegt der Anwendungszweck eines Kriteriums darin, die Standorteignung in der Entscheidungsstufe der Zuordnungskriterien zu bestimmen, gibt dies Aufschluss über den Zyklus des zu generierenden Outputs. In diesem Fall betrifft dies den Zeitpunkt der Auftragsbuchung. Entspricht das Kriterium einem statischen KO-Kriterium, erfolgt der Zeitpunkt des Datenoutputs durch die Sicherung einer Wissenstabelle strategisch. Die Position sowie der Zweck eines Kriteriums sind demnach Anhaltspunkte für den Zyklus des zu generierenden Outputs. Die Anhaltspunkte können durch die Kriterienbeschreibung ergänzt werden, um die Zyklen zu bestimmen. Daraus ergibt sich als erste Definition der Messbarkeitsregel die Formulierung des Zwecks des Kriteriums in Form des Ziels und des Nutzens der zu generierenden Information.

Im nächsten Schritt wird bestimmt, wie der Zweck des Kriteriums erreicht werden kann, indem dieser in seine Bestandteile zerlegt wird. Aus der Kriterienbeschreibung gehen die dafür notwendigen Informationen hervor.

Das Kriterium der Terminabweichung als Beispiel beinhaltet die Information darüber, ob der Kundenwunschtermin durch die Herstellung des Auftrags an einem Standort eingehalten werden kann. Aus dieser Information kann abgeleitet werden, dass die Bestandteile je Werk zu bestimmen sind und eine Abweichung zum Wunschtermin in einer zu definierenden Dimension, wie z.B. in Tagen, angeben. In diesem Schritt werden folglich diejenigen Grenzen bestimmt, die sich z.B. auf die Kennzahlenebene beziehen wie der zu bewertende Standort. Darüber hinaus sind die Dimensionen bekannt wie die Abweichung zum Kundenwunschtermin in Tagen. Durch die Kenntnis über die Dimension kann z.B. ausgeschlossen werden, dass die Berechnung auf Basis falscher Bestandteile erfolgt. Wenn beispielsweise bei der Kapazität von Mehrproduktanlagen Stück anstatt Stunden ausgewiesen werden, kann die Zusammensetzung nicht stimmen. Im vorangehenden Schritt der Definition der Messbarkeitsregeln wurde der Zyklus des Outputs bestimmt, wodurch das Berechnungsintervall bzw. Datenerhebungsintervall abgeleitet werden kann. Sind die Bestandteile bekannt, kann die Zusammensetzung der Bestandteile ermittelt und daraus die Berechnungsvorschrift abgeleitet werden.

Am Beispiel der Terminabweichung errechnet sich diese aus dem Kundenwunschtermin und dem zur Herstellung möglichen Termin am Standort. Die Terminabweichung ergibt sich aus der Subtraktion der genannten Input-Informationen möglicher Termin am Standort und Wunschtermin des Kunden. Die Berechnungsvorschrift leitet sich darüber hinaus aus der Klassifizierung der Kennzahlengattung und -art ab. Am Beispiel der Terminabweichung wird deutlich, dass die Informationen zur Berechnung des Kriteriums ggf. noch nicht in der gewünschten Form vorliegen. Aus der Darstellung der Messbarkeitsregeln geht hervor, dass die Input-Informationen des Kriteriums bis auf absolut messbare Einzelzahlen herunter zu brechen sind. Der Kundenwunschtermin erfüllt diese Anforderung, wohingegen der mögliche Termin am Standort zu bestimmen ist. Dieser ergibt sich aus der Prüfung der Vormaterialverfügbarkeit und der Kapazitätssituation der Anlagen laut Arbeitsplan am Standort. Daraus geht hervor, dass die Messbarkeitsregeln dieser Elemente separat zu bestimmen sind, um als Input-Information in dieses Kriterium einfließen zu können. Aus diesem Grund werden die zur Berechnung notwendigen Elemente untersucht.

Zur Bestimmung des Input werden die Datenquellen der Informationen bestimmt. Die Daten einer Quelle können grundsätzlich in drei Qualitätsstufen eingeteilt werden. Mit steigender Genauigkeit sind dies: Prognosedaten, Vergangenheitsdaten, Daten aus direkter Messung. Für eine Information sind in der Praxis häufig mehrere Quellen verfügbar. Zur Definition der geeigneten Quelle sind die Messmethoden der Quelle zu überprüfen. Bei den Messmethoden wird zwischen direkten und indirekten unterschieden. Direkte Messmethoden stellen einen Vergleich zu einem Bezugswert her, wie z.B. zu Normgewichten. Bei indirekten Messmethoden werden die Daten durch Verwendung physikalischer Größen bestimmt. Ein Beispiel das in diesem Zusammenhang genannt wird, ist die Anzahl an Motorumdrehungen zur Ermittlung einer zurückgelegten Distanz, bei der die indirekten Messwerte Ungenauigkeiten aufweisen können. Falls unterschiedliche Quellen unterschiedliche Messmethoden verwenden, sind die direkten Messmethoden den indirekten zu bevorzugen. Datenquellen beziehen sich auf Systeme, in denen

die Informationen liegen. Bei Informationen, die selbst über Messbarkeitsregeln definiert werden, können diese aus entsprechenden Systemen bezogen werden. Absolut messbare Einzelbestandteile hingegen liegen meist in Wissenstabellen, d.h. Datenbanken, die in den meisten Fällen mit Systemen verknüpft sind. Je nach Inhalt des Kriteriums sind die Datenquellen über mehrere Ebenen zu definieren. Für die Informationen der messbaren Einzelbestandteile und für die Bestandteile, die sich aus Messbarkeitsregeln ergeben, sind die verantwortlichen Bereiche, Abteilungen bzw. Personen zu bestimmen. Diese werden im Datenstandardisierungsschritt eingebunden, sofern ein Defizit zum hier definierten Soll-Zustand des Kriteriums vorliegt.

Die definierten Messbarkeitsregeln können den gewünschten Datenstandardisierungszustand auf Basis eines vergleichbaren und belastbaren Datenniveaus nur dann gewährleisten, wenn die verwendeten Begrifflichkeiten klar abgegrenzt sind. Die Definition der verwendeten Begriffe muss Interpretationen durch Synonyme und Homonyme ausschließen. Zur Darstellung und Kommunikation des definierten Standards eines Kriteriums können Kennzahlendatenblätter verwendet werden.

Parameter	Ausprägung
<b>Definition der Kennzahl</b>	Die Terminabweichung gibt an, wie groß die Abweichung des Wunschtermins zum terminierten (möglichen) Fertigstellungstermin (Eckende) eines Standorts ist.
<b>Bestandteile</b>	Standort, Terminabweichung in Tagen
<b>Berechnung</b>	Terminabweichung = möglicher Termin – Wunschtermin
<b>Zweck (Ziel bzw. Nutzen der Kennzahl)</b>	Mit Hilfe der Terminabweichung kann mitunter die Eignung eines Standorts zur Herstellung eines Auftrags sowie die Einhaltung/Abweichung gesetzter Toleranzen bestimmt werden.
<b>Datenquelle 1. Ebene</b>	System A – berechnete Terminabweichung auslesen
<b>Datenquelle 2. Ebene</b>	System B (Wunschtermin aus Kundenauftrag), terminierter Fertigstellungstermin aus System A
<b>Datenquelle 3. Ebene</b>	Terminierter Fertigstellungstermin auf Basis System B Kapazität und Vormaterialverfügbarkeit (bzw. Wiederbeschaffungszeit), System B Arbeitsplan (inkl. Alternativenanlagen)
<b>Anwender</b>	Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium
<b>Kennzahlentyp</b>	Datenspeicher, dynamisch
<b>Kennzahlenebene</b>	Standort, Auftrag
<b>Intervall</b>	Bei Auftragsbuchung
<b>Verantwortlichkeit</b>	Auftragskoordination

**TABELLE 13: KENNZAHLENDATENBLATT AM BEISPIEL EINER VEREINFACHTEN DARSTELLUNG DER TERMINABWEICHUNG<sup>421</sup>**

Der beschriebene Ablauf zur Definition der Messbarkeitsregeln wird für alle selektierten, entscheidungsrelevanten Kriterien der Auftragszuordnung durchgeführt. Die Definition der Messbarkeitsregeln je Kriterium kann mit einem Kennzahlendatenblatt dokumentiert und kommuniziert werden. Anhand des Kennzahlendatenblatts können unvollständige Messbarkeitsregeln identifiziert werden. Kennzahlendatenblätter müssen darüber hinaus für alle Elemente des definierten Ablaufs der Auftragszuordnung erstellt werden. Aus der Ablaufentwicklung geht hervor, dass neben den entscheidungsrelevanten Kriterien weitere Elemente innerhalb des Ablaufs der Auftragszuordnung geführt werden. Die Anforderung nach vergleichbarer und belastbarer Informationen innerhalb eines Produktionsnetzwerks erfordert daher, dass für alle Elemente des Ablaufs der Auftragszuordnung Messbarkeitsregeln definiert werden. Das Vorgehen zur Definition von Messbarkeitsregeln gilt somit auch für die anderen Elemente des Ablaufs der Auftragszuordnung. Die Elemente, die keine Kriterien darstellen, können mitunter frei von Berechnungsvorschriften sein. In diesen Fällen kann das aus der Definition der Messbarkeitsregeln hervorgehende Kennzahlendatenblatt des Elements vollständig sein, obwohl keine Berechnungsvorschrift definiert wurde. Ein Beispiel für ein Element, das kein Kriterium darstellt, aber dennoch Teil des Ablaufs der Auftragszuordnung ist, stellt das Element des „neuen Termins“ dar. Der neue Termin ist eine Information, die aus der Terminierung des Auftrags hervorgeht. Die

<sup>421</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Thieme, et al., 2014 S. 69)

Terminierung erfolgt, je nach Definition, ausgehend vom Kundenwunschtermin über Rückwärts-terminierung auf den notwendigen Produktionsstarttermin. Ist dieser aus Gründen der Vormaterialverfügbarkeit und / oder aufgrund mangelnder Kapazität einer oder mehrerer Anlagen des Arbeitsplans nicht zu halten, wird der nächstmögliche Produktionsstarttermin bestimmt. Aus der Vorwärtsterminierung ergibt sich der neue Abliefertermin, der das Element „neuer Termin“ darstellt. Diese stark vereinfachte Beschreibung des neuen Termins zeigt, dass es sich bei der Ermittlung seiner Ausprägung nicht um eine Berechnungsvorschrift handelt, vielmehr ist das Datum des neuen Termins ein Rechenwert zur Bestimmung der Terminabweichung, denn der neue Termin entspricht dem möglichen Fertigstellungstermin am Standort.

Im Anschluss an die Definition aller Messbarkeitsregeln müssen diese durch ein Gremium befugter Entscheider freigegeben werden. Ohne die Freigabe der Messbarkeitsregeln als zu erreichender Soll-Zustand und damit als Grundvoraussetzung der Auftragszuordnung in der anwenderspezifisch ausgelegten Zielrichtung, kann ein vergleichbarer und belastbarer Zustand des Datenniveaus innerhalb eines Produktionsnetzwerks nicht erreicht werden. Die Konsequenz aus der Entscheidung, die Messbarkeitsregeln im definierten Zustand frei zu geben, liegt darin, dass, falls der Soll-Zustand ggf. vom Ist-Zustand abweicht, diese Abweichung aufgehoben werden muss. Der ggf. auftretende Änderungsaufwand soll dabei jedoch so gering wie möglich gehalten werden. Die Umsetzung des Soll-Zustands der Datenstandardisierung, d.h. die Umsetzung der Messbarkeitsregeln innerhalb des Produktionsnetzwerks, betrifft viele Bereiche. Die Umsetzung des Soll-Zustands kann dazu führen, dass bestehende Prozesse negativ durch die Änderung beeinflusst werden. Darüber hinaus sind Fälle realistisch, in denen ein Standort innerhalb des Produktionsnetzwerks die Messbarkeitsregeln vollständig erfüllt, ein anderer Standort des Produktionsnetzwerks z.B. nur einen Teil der Messbarkeitsregeln verletzt. In diesen Fällen kann der Soll-Zustand durch geringen Aufwand erreicht werden, indem die Abweichungen des Standorts behoben werden. Diese kurz aufgeführten Gründe und weitere sprechen dafür, dass zur Aufwandsreduzierung und zur Erreichung des Ziels eines vergleichbaren und belastbaren Datenstandards innerhalb eines Produktionsnetzwerks eine Ist-Analyse aller Elemente des Ablaufs der Auftragszuordnung je Standort erfolgen muss. Durch die Ist-Analyse kann ein Soll-Ist-Abgleich der Kriterienausprägungen erfolgen, auf Basis dessen weitere Maßnahmen eingeleitet werden können. Ausgehend vom definierten Soll-Zustand der Messbarkeitsregeln, der über die Kennzahlendatenblätter aller Elemente des Ablaufs der Auftragszuordnung dokumentiert wurde, kann die Ist-Analyse durchgeführt werden. Die Parameter des Kennzahlendatenblatts werden hinsichtlich der Ausprägung des Ist-Zustands analysiert. Die Analyse muss sich dabei auf alle Standorte des Produktionsnetzwerks beziehen. Die Ausprägungen je Standort der Parameter aus den Kennzahlendatenblättern pro Element des Ablaufs der Auftragszuordnung können dem Soll-Zustand in einer Vergleichsmatrix gegenübergestellt werden. Die Vergleichsmatrix wird bei der Identifikation von Defiziten herangezogen.

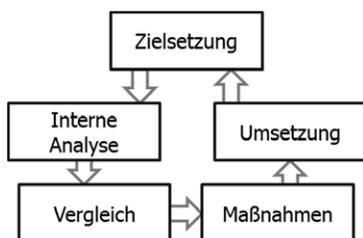
### 6.2.3 Identifikation Defizite

Der Vergleich von zwei oder n Standorten ist grundsätzlich nur dann möglich, wenn die Vergleichselemente sauber definiert und die Ausprägungen quantifizierbar sind. (Goebel, 2010) gibt an, dass die Vergleichbarkeit von Kennzahlen nur dann erreicht werden kann, wenn die Datenquellen und die Berechnung einer Kennzahl unterschiedlicher Anwender, d.h. im vorliegenden Anwendungsfall der Auftragszuordnung in einem Produktionsnetzwerk, je Standort vergleichbar sind.<sup>422</sup> Die Definition der Elemente ist durch die Messbarkeitsregeln erfolgt und in Form der Kennzahlendatenblätter dokumentiert. Die Quantifizierbarkeit definierter Messbarkeitsregeln allein reicht für einen Vergleich nicht aus. Der Vergleich ist nur dann zulässig, wenn die Ausprägungen, d.h. die Daten der Vergleichselemente, vergleichbar und belastbar sind. Die Existenz von Messbarkeitsregeln ist die Basis eines Datenstandards in einem Produktionsnetzwerk. Der Datenstandard kann jedoch durch die Existenz von Messbarkeitsregeln nicht gewährleistet werden. Zwar sind viele Kennzahlen, die in der Praxis verwendet werden, in der Literatur definiert, diese erreichen häufig dennoch keinen Standard. Dieser Effekt ist nicht nur im Bereich der Auftragszuordnung und dem Vergleich von Standorten ein Problem. *„Die Beurteilung eines Projekts oder der Vergleich zweier Projekte ist häufig aufgrund fehlender Normierung der berichteten Projektkennzahlen nur schwer möglich. ... So werden unterschiedliche Kennzahlen*

<sup>422</sup> Vgl. (Goebel, 2010 S. 10)

oder dieselben Kennzahlen mit unterschiedlichsten Inhalten berichtet.“<sup>423</sup> In der Theorie können Messbarkeitsregeln ohne Probleme definiert werden. Alle notwendigen Informationen können dabei als gegeben vorausgesetzt und der Einfluss von ungeplanten Effekten des Umfelds, Fehler, Störgrößen, Interessenskonflikte und weitere ausgeblendet werden. Die Definitionen der Messbarkeitsregeln aus der Literatur beziehen sich überwiegend auf die Berechnung einer Kennzahl, nicht jedoch auf den In- und Output. Aufgrund der Unvollständigkeit der Messbarkeitsregeln sind in der Praxis trotz vermeidlichem Standard Defizite vorzufinden, die dabei im Bereich der Informationsquellen, der Berechnung, dem Output oder sonstigen Bestandteilen des Elements liegen können.

Die Identifikation der Defizite innerhalb des Verfahrens zur Auftragszuordnung geht nicht davon aus, dass ein definierter Standard produktiv ist und dessen Wirksamkeit überprüft werden soll, sondern davon, dass ein neuer Standard, d.h. ein Soll-Zustand, definiert wurde, der ggf. bereits erfüllt wird. Falls der neue Standard nicht erfüllt wird, müssen die Defizite herausgearbeitet werden, die im Einzelnen zu analysieren sind. Die Analyse der Defizite gibt dann Aufschluss über die Ursachen für die Abweichung zwischen Soll- und Ist-Zustand. Ist kein Ist-Zustand eines definierten Soll-Zustands vorhanden, liegt eine vollständige Abweichung und dadurch die Notwendigkeit zur Einführung eines neuen Elements vor. Der Aufwand der Einführung neuer Elemente ist jedoch höher als die Anpassung des Ist-Zustands und daher nicht zu bevorzugen. Eine Maßnahme zur Behebung von Abweichungen liegt darin, den im Vergleich besten Ist-Zustand auf andere Parteien, z.B. Standorte, zu übertragen. Der Vergleich von Kennzahlen zwischen Standorten (intra-organisational oder inter-organisational) fällt in den Bereich des Benchmarkings. Benchmarking entspricht dem best practice Ansatz, wovon im Untersuchungs- und Einsatzbereich nicht ausgegangen werden kann. Der Grund dafür liegt darin, dass der Beste Ist-Zustand eines Elements innerhalb des Produktionsnetzwerks nicht die Anforderungen erfüllt und vom definierten Soll-Zustand abweicht. Die Anpassung aller Elemente hin zur Zusammensetzung des besten Ist-Zustands würde dabei Aufwand generieren, ohne einen Nutzen zu erzeugen. Die Definition eines Soll-Zustands, wie sie im Teilschritt Messbarkeitsregeln erfolgt, ist nicht Teil des Benchmarking-Zyklus nach (Jochem, 2010 S. 149). Die Ansätze des Benchmarking greifen daher erst im Anschluss an die Definition der Messbarkeitsregeln. Dabei wird zunächst eine interne Analyse durchgeführt, anschließend ein Vergleich aufgestellt und Maßnahmen abgeleitet. Die definierten Maßnahmen werden umgesetzt und mit der Zielsetzung abgeglichen. Die Prinzipien aus dem Benchmarking werden nachstehend graphisch dargestellt.



**ABBILDUNG 28: PHASEN DES PROZESSBENCHMARKING<sup>424</sup>**

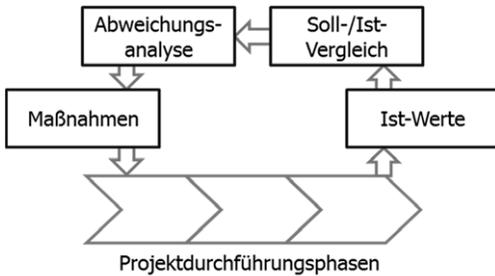
Das Grundprinzip des beschriebenen Benchmarking-Zyklus ist in ähnlicher Form z.B. im Bereich des Projektmanagements zu finden. Das Projektmanagement setzt sich aus den Phasen Initialisierung, Definition, Planung, Steuerung und Abschluss zusammen.<sup>425</sup> Das vergleichbare Grundprinzip zum Benchmarking-Zyklus befindet sich in der Projektsteuerungsphase. Diese Phase startet mit einer Ist-Analyse, vergleicht Soll- & Ist-Zustand und stellt daraus die Abweichungen fest, für die anschließend Maßnahmen zur Behebung entwickelt werden.<sup>426</sup> Diese Maßnahmen werden umgesetzt und anschließend auf Wirksamkeit überprüft. Die Prinzipien aus dem Projektmanagement werden nachstehend graphisch dargestellt.

<sup>423</sup> Siehe (Ebhart, 2009 S. 1)

<sup>424</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Jochem, 2010 S. 149)

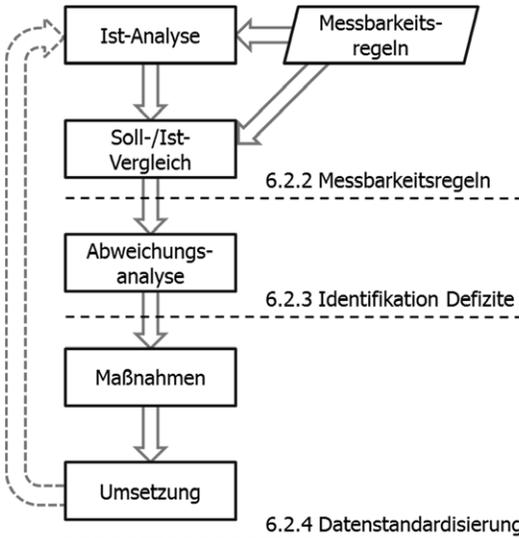
<sup>425</sup> Vgl. (DIN 69901, 2009)

<sup>426</sup> Vgl. (Probst, et al., 2007 S. 90)



**ABBILDUNG 29: PROJEKTSTEUERUNG**<sup>427</sup>

Aus den Darstellungen werden Parallelen ersichtlich. Bei Problemlösungsprozessen gilt es, einen gewünschten Zustand zu definieren und zu untersuchen, was notwendig ist, um diesen gewünschten Zustand mit gezielten Maßnahmen zu erreichen. Die Maßnahmen werden definiert, umgesetzt und auf Wirksamkeit überprüft. Auch in der Anwendung der Datenstandardisierung ist diese Vorgehensweise zweckmäßig. Die dargestellten Abläufe des Benchmarking-Zyklus und des Projektmanagements sind trotz ihrer Überschneidung auf unterschiedliche Anwendungen ausgelegt. Für die Anwendung der Datenstandardisierung der Elemente aus dem Ablauf der Auftragszuordnung wird eine Zusammenfassung der vorgestellten Abläufe angewandt. Diese Zusammenfassung wird dabei für die Anwendung des hier vorliegenden Problemfalls der Datenstandardisierung konkretisiert. Teilbereiche dieses Prozesses sind bereits im Rahmen des Schritts Messbarkeitsregeln erfolgt. Die nachstehende Darstellung verschafft dazu einen Überblick, der im weiteren Verlauf erläutert wird. Der Überblick zeigt die Zuordnung der Prozessbestandteile zu den Schritten der Phase 2: Datenstandardisierung zum Ablauf der Auftragszuordnung.



**ABBILDUNG 30: PROZESS DER DATENSTANDARDISIERUNG DER ELEMENTE ZUM AB- LAUF DER AUFTRAGSZUORDNUNG**<sup>428</sup>

<sup>427</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Probst, et al., 2007 S. 90)

<sup>428</sup> Eigene Darstellung

Die Voraussetzung des Prozesses zur Datenstandardisierung liegt in der Kenntnis über die zu standardisierenden Kriterien, die aus der Kriterien-Selektion hervorgehen und dem Zweck der Elemente, welcher mitunter aus dem Ablauf der Auftragszuordnung abgeleitet werden kann. Für die Elemente des Ablaufs wurden im vorangehenden Schritt die Messbarkeitsregeln definiert und in Form von Kennzahlendatenblättern dokumentiert. Auf Basis dieses Standards wurde der Ist-Zustand je Standort und Element erfasst und dem Soll-Zustand der Messbarkeitsregeln gegenübergestellt. Im Anschluss daran sollen Defizite identifiziert werden, die dem gewünschten Soll-Zustand ggf. im Wege stehen könnten. Durch die Kenntnis über die Abweichungen aus dem Soll-/Ist-Vergleich können diese gezielt analysiert werden, um die Defizite zu identifizieren. Die Abweichungsanalyse liefert dazu geeignete Methoden. Ursprünglich aus dem Bereich des Controllings wird die Abweichungsanalyse zur Identifikation von Ursachen für eine Planabweichung erwirtschafteter Erlöse verwendet.<sup>429</sup> Im vorliegenden Zusammenhang wird die Abweichungsanalyse in Einzelbestandteile aufgeteilt und stufenweise angewandt. Die Stufen der hier nachfolgend beschriebenen Abweichungsanalyse sind die Kriterienanalyse bzgl. Anforderungen und Messbarkeitsregeln aus der die Defizite hervorgehen, die Analyse der Kriterienbeschreibungen bzgl. der Defizite, die Beschreibung der Defizite und die Ursachenanalyse der Defizite. Bei der Kriterienanalyse bzgl. der Anforderungen und Messbarkeitsregeln wird mit Hilfe einer Bewertungsmatrix festgestellt, an welcher Stelle Defizite auftreten. Bei der Vergleichbarkeit von Daten innerhalb eines Produktionsnetzwerks handelt es sich standortspezifisch um unterschiedliche Datenquellen, an die verschiedene Anforderungen gestellt werden. Exemplarisch sind nachstehend Fragestellungen gelistet, die sich zur Identifikation von Defiziten eignen.

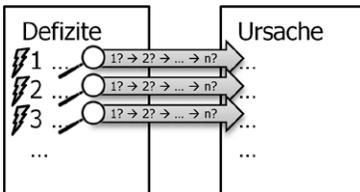
1. Liefert die Datenquelle die gewünschten, notwendigen Daten?
2. Sind die Daten ausreichend aktuell?
3. Ist die Datenerhebung wirtschaftlich vertretbar?
4. Ist die Datenbasis belastbar?
5. Gibt es einen Verantwortlichen für die Datenquelle?<sup>430</sup>

In Anlehnung an die gelisteten Fragestellungen bzgl. der Datenquellen sind Fragen an die Berechnung, an die Grenzen und an weitere Bestandteile der Messbarkeitsregeln zu stellen, um die Defizite ganzheitlich erfassen zu können. Nur durch den Abgleich des Soll-Zustands zum Ist-Zustand je Ausprägung, d.h. je Standort innerhalb des Produktionsnetzwerks, können die Abweichungen festgestellt werden. Abweichungen, die sich daraus ergeben, sind nicht zwingend mit Defiziten gleichzusetzen. Abweichungen können zulässig sein, sofern diese nicht die Anforderungen an die Elemente und die Messbarkeitsregeln verletzen. Tritt eine Verletzung der genannten Punkte auf, handelt es sich bei der Abweichung um ein Defizit, das im weiteren Verlauf genauer zu analysieren ist. Die identifizierten Defizite aus dem Soll-/Ist-Abgleich werden in der Kriterienbeschreibung überprüft. Dabei wird geprüft, an welcher Stelle des Kriteriums bzgl. der Definition der Messbarkeitsregel und der Charakterisierung das Defizit einzuordnen ist. Die Kenntnis über ein Defizit muss konkretisiert werden. Dabei können W-Fragen helfen, die Kenntnis über die Wirkung auf und durch das Defizit in Erfahrung zu bringen. Wie wirkt sich das Defizit aus? Diese und weitere Fragen sind hier gezielt zu stellen. Durch die Kenntnis über das Ausmaß des Defizits kann abgewogen werden, ob dieses Defizit einen Einfluss auf ein belastbares und vergleichbares Datenstandardisierungsniveau ausübt und falls ja, wie stark diese Auswirkung ist. Zur Dokumentation der Analyseergebnisse ist eine transparente Darstellung und detaillierte Auflistung aller Erkenntnisse und Eigenschaften des vorliegenden Defizits in einer Vergleichstabelle geeignet. Zur Erreichung des Soll-Zustands sind die Defizite bezogen auf die Punkte Informations-Input und Berechnungsvorschrift der Messbarkeitsregeln zu differenzieren. Aufgrund der Differenzierung werden Anhaltspunkte zur Ursachenanalyse und zu ihrer Behebung erkennbar. In der Vergleichstabelle werden aufgrund dessen die Kennzahlendatenblätter in ihrer Struktur übernommen und bewertet. Dabei kann anteilig bewertet werden, in wie weit das Defizit vom Datenstandard abweicht und wie groß der Einfluss ist. Diese subjektive Bewertung ist eine Möglichkeit zur Priorisierung der im weiteren Verlauf zu behandelnden Defizite. Grundsätzlich gilt, dass für einen vergleichbaren und belastbaren Datenstandard alle Defizite, die als solche identifiziert wurden, zu beheben sind. Eine Priorisierung im Sinne des Pareto-Prinzip kann helfen, schnell spürbare Effekte zu generieren. Die gewählten bzw. alle Defizite werden anschließend auf ihre Ursachen hin untersucht. Bei der Ursachenanalyse liegt die Schwierigkeit darin, bis auf den Ursprung bzw. die Ursache eines Defizits zu schließen.

<sup>429</sup> Vgl. (Brühl, 2012 S. 285 ff.)

<sup>430</sup> Vgl. (Thieme, et al., 2014 S. 58)

Häufig werden lediglich die Symptome eines Problems beseitigt, anstatt das Problem von der Wurzel an zu lösen. In der Praxis sind solche Ursachenanalysen bis hin zum Ursprung des Problems mit viel Aufwand verbunden, da je nach Identifikationsbestandteil z.B. aufwendige Analysen und Auswertungen großer Datenmengen notwendig sind. Eine simple Methode, um schnell auf die Ursachen zu stoßen, die sich auch im praktischen Einsatz bewährt hat, ist die 5-Why-Methode.<sup>431</sup> Die 5-Why-Methode kann auch der Root-Cause-Analysis zugeordnet werden. Die 5-Why-Methode kann direkt auf der Vergleichstabelle aufsetzen. Bei der Ursachenanalyse wird mit dieser Methode die Frage nach dem „Warum?“ bezogen auf ein Defizit solange wiederholt bis die Ursache für das Defizit bekannt ist. Jede Antwort auf eine Warum-Frage wird mit einer weiteren Warum-Frage hinterfragt. Jede Frage geht dabei tiefer in die Problemstellung ein, solange bis die Ursache identifiziert werden konnte. Vereinfacht lässt sich dies graphisch wie folgt darstellen.



**ABBILDUNG 31: VEREINFACHTE DARSTELLUNG DER 5-WHY-METHODE BEI DER URSACHENANALYSE<sup>432</sup>**

Die identifizierten Ursachen je Defizit können ebenfalls in der Vergleichstabelle dokumentiert werden. Dadurch bildet diese Tabelle die Arbeitsgrundlage für die Datenstandardisierung, bei der Maßnahmen entwickelt werden müssen, um die Ursachen der Defizite zu beheben.

Bei der Identifikation der Defizite und der Analyse der dahinterstehenden Ursachen muss das Bewusstsein für die Datenerhebungsmöglichkeiten aus praktischer Sicht vorhanden sein. „Jede Messung ist unvollkommen und ist Einflüssen unterworfen, die sich in der Regel nicht genau quantifizieren lassen.“<sup>433</sup>

#### 6.2.4 Datenstandardisierung

Im Schritt Datenstandardisierung werden die Ursachen der identifizierten Defizite aus dem vorgehenden Schritt behoben, um einen belastbaren und vergleichbaren Datenstandard zu erreichen. Der angestrebte Datenstandard wird durch die dreiteilige Darstellung der Messbarkeitsregeln aus Input, Kriterium und Output visualisiert. Die Dokumentation des angestrebten Datenstandards erfolgt in Form der Kennzahlendatenblätter. Eine der wesentlichen Anforderungen bei der Erstellung der Kennzahlendatenblätter liegt darin, Synonyme und Homonyme auszuschließen, um mögliche Interpretationen zu vermeiden. Unterschiedliche Interpretationen erschweren bekanntlich die Vergleichbarkeit.

Im Schritt Datenstandardisierung der gleichnamigen Phase 2 liegt der Fokus in der Entwicklung und Umsetzung von geeigneten Maßnahmen zur Behebung der Ursachen der identifizierten Defizite. Die Entwicklung der Maßnahmen ist ein kreativer Prozess. Die meisten Kreativitätsmethoden sind auf die Anwendung in Gruppen ausgelegt. Neben der Anwendung von Kreativitätsmethoden zur Maßnahmenentwicklung wird die Maßnahmenbewertung häufig durch eine Gruppe durchgeführt. Sobald mehr als eine Person in einen Entscheidungsprozess, wie in diesem Fall aus Lösungsentwicklung via Kreativitätstechniken und Bewertung z.B. anhand von Gruppenbewertungsverfahren eingebunden ist, kann es zu Konflikten kommen. Aufgrund des Konfliktpotenzials bei der Maßnahmenentwicklung wird das Konfliktmanagement auf Parallelen sowie auf Anwendbarkeit zur Datenstandardisierung überprüft.

<sup>431</sup> Vgl. (Horev, 2010 S. 8 ff.)

<sup>432</sup> Eigene Darstellung

<sup>433</sup> Siehe (Krystek, 2012 S. 5)

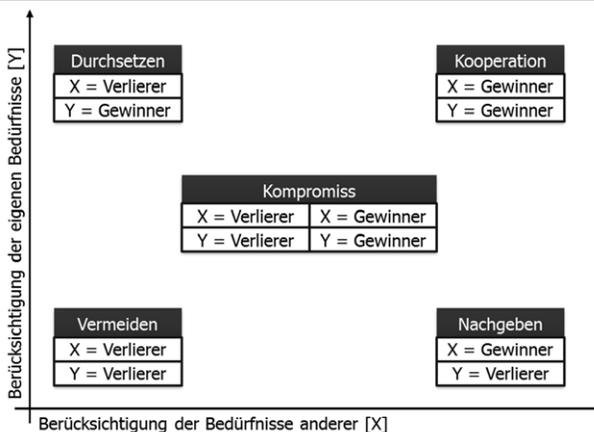


ABBILDUNG 32: KONFLIKTLÖSUNGEN<sup>434</sup>

Geht man davon aus, dass ein Standort innerhalb eines Produktionsnetzwerks einer Interessengruppe von  $n$  Interessengruppen entspricht, die ggf. unterschiedliche Interessen verfolgen, kann im Sinne des Konfliktmanagements ein Konflikt entstehen. Bei der vorliegenden Problemstellung der Datenstandardisierung ist davon auszugehen, dass die einzelnen Interessengruppen versuchen, den am jeweiligen Standort vorliegenden Zustand beizubehalten, da mitunter Änderungsaufwände gescheut werden. Entspricht der vorliegende Zustand eines Standorts nicht dem Soll-Zustand, müssen die Ursachen und damit die Defizite behoben werden. Die Behebung der Ursachen und Defizite führt dazu, dass eine Interessengruppe die Position des Nachgebers einnehmen muss und eine andere Interessengruppe die Position des Durchsetzers einnehmen kann. In diesem Fall ist ein Verlierer zu beklagen. Sind die Interessengruppen zwischen den Standorten verteilt, kann es sein, dass ein Standort seinen vorliegenden Zustand beibehalten kann und ein anderer Standort diesen Zustand übernehmen muss, um den gewünschten Datenstandard im Produktionsnetzwerk zu erhalten. Die Übertragung eines Standards eines Standorts auf einen anderen ist dann sinnvoll, wenn der Zustand eines Standorts, der auf andere übertragen werden soll, den Anforderungen und den Messbarkeitsregeln entspricht und die Übertragung darüber hinaus den geringsten Änderungsaufwand verursacht. In den Konfliktlösungen des Durchsetzens und Nachgebens sollte der Kompromiss gesucht werden, sofern die Möglichkeit dazu gegeben ist. Der Kompromiss zeichnet sich dadurch aus, dass die Interessengruppen von ihrem Standpunkt etwas zurückweichen, um sich beim kleinsten gemeinsamen Nenner zu treffen. Darüber hinaus kann sich der Änderungsaufwand in Grenzen halten, da keine vollständige Übernahme von Standards erfolgt, sondern lediglich Teile angepasst werden und dies bei unterschiedlichen Standorten erfolgt, so dass die Maßnahmen parallel erfolgen können, wodurch theoretisch der zeitliche Aufwand reduziert werden kann. Die stets anzustrebende Art der Konfliktlösung ist die Kooperation, bei der die Interessengruppen gemeinsam eine ideale Lösung entwickeln, die einerseits die Anforderungen erfüllt und andererseits einen geringen Aufwand bei den Beteiligten verursacht. In der Praxis ist dieses Ideal nur bedingt erreichbar, da eine Kooperation hohen Aufwand verursachen und während des Problemlösungsprozesses trotz gemeinsamer Zielrichtung zu weiteren Konflikten führen kann. Dennoch bleibt die Kooperation die angestrebte Ausrichtung bei der Maßnahmenentwicklung der Datenstandardisierung. Ist eine Kooperation aus verschiedenen Gründen nicht möglich, kann auf einen Kompromiss ausgewichen werden.

Die Kenntnis über die Konfliktlösungsarten ist bei der Entwicklung der Maßnahmen zu berücksichtigen. Eingangs wurde die Maßnahmenentwicklung als kreativer Prozess beschrieben. Die Ursachenanalyse hat gezeigt, dass die zu entwickelnden Lösungen ggf. mehrstufig, verschiedene Ursachen beheben sollen. An die Lösungen werden unterschiedliche Anforderungen gestellt. Die hier kurz aufgeführten Punkte machen deutlich, dass die Maßnahmenentwicklung eine Kombination unterschiedlicher Einzellösungen für jedes mit Defiziten behaftete Element aus dem Ablauf der Auftragszuordnung darstellen muss. Zur Entwicklung von Lösungskombinationen sind Kreativitätsmethoden geeignet. Es gibt verschiedene Arten von Werkzeugen, die zur Ideenfindung und zur Lösungssuche verwendet werden können. Prinzipiell lassen sich diese Werkzeuge in zwei Kategorien einteilen:<sup>435</sup>

<sup>434</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Schwarz, 2014 S. 281 ff.)

<sup>435</sup> Vgl. (Rosenstiel, 2009 S. 269 ff.)

- Intuitive kreative Ideenfindung (Bsp. Brainstorming)
- Kritisch analytische Ideenfindung (Bsp. morphologischer Kasten<sup>436</sup>)

Eine sehr effektive Möglichkeit aus dem Kreativitätsmethodenpool zur Entwicklung von Lösungen bei komplexen Problemstellungen ist der morphologische Kasten. Beim morphologischen Kasten wird das Problem zunächst in Einzelbestandteile zerlegt.<sup>437</sup> Diese Teilprobleme werden als Parameter bezeichnet und stellen den Bedarf des Problems dar. Für jeden Parameter werden Lösungen entwickelt, die als Ausprägungen bezeichnet werden. Ausprägungen dienen der Bedarfserfüllung. Parameter und Ausprägungen werden in eine Tabelle eingetragen. Die Entwicklung von und die Suche nach Ausprägungen erfolgt meist mit Hilfe von Kreativitätsmethoden in Gruppen, wie Brainstorming, Kartenabfrage, 6-3-5-Methode und weiteren. Die Gesamtlösung wird anschließend aus den Parameterausprägungen zusammengestellt. Bei der Zusammensetzung von miteinander verträglichen Ausprägungen je Parameter können Leitideen dabei helfen Lösungsvarianten zu entwickeln. Leitideen können z.B. an Zielrichtungen angelehnt sein. Beispiele für Leitideen nach (Wiegand, 2005) sind:

- „die vermutlich kostengünstigste Lösung
- die vermutlich im Nutzen (z.B. Gebrauchsqualität des Tisches) beste Lösung
- besonders gewagte Ideen“<sup>438</sup>

Bei der Kombination von Parameterausprägungen zu einer Lösungsvariante gilt das Prinzip des „aufgeschobenen Urteils“, d.h. es wird erst später darüber befunden, ob eine Lösung brauchbar ist. Die aus der multiplen Kombination resultierenden Lösungsvarianten können geprüft und für die Auswahl einer Variante bewertet werden. Ergibt die Bewertung der Lösungsvarianten ein unzufriedenstellendes Ergebnis, kann beispielsweise bei der Wahl der Parameterausprägung des morphologischen Kastens neu angesetzt werden, d.h. neue Ausprägungen entwickeln oder andere Ausprägungen wählen.

„Je besser und sorgfältiger die Lösungsprinzipien erarbeitet werden und je mehr Fachwissen und Erfahrung beim Verbinden der Lösungsprinzipien einfließt, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, gute Lösungskombinationen zu bekommen.“<sup>439</sup>

Nachfolgend wird ein vereinfachtes Anwendungsbeispiel des morphologischen Kastens dargestellt. In diesem Beispiel dient der morphologische Kasten zur Entwicklung von Varianten eines Tisches. Die nachstehende Tabelle zeigt das Anwendungsbeispiel „Tisch-Varianten“ in farblicher Abstufung je Lösungsvariante.

Parameter P.	Ausprägung					
	A.1	A.2	A.3	A.4	A.5	A.n ...
P.1. Anzahl Essplätze	1	2	3	4	5	...
P.2 Erweiterung Essplätze	0	+1	+2	+3	+4	
P.3 Verbindung	Frei stehend	Mit Wand verbunden	Mit Möbel verbunden			
P.4 Form Tischplatte						
P.5 Material Tischplatte	Holz	Metall	Kunststoff	Glas		
P.6 Anzahl Tischbeine	0	1	2	3	4	
P.7 Material Tischbeine	Kein Material	Holz	Metall	Glas	Verbund aus A.2 und A.3	
P.n ...						

**TABELLE 14: VEREINFACHTES ANWENDUNGSBEISPIEL DES MORPHOLOGISCHEN KASTENS BEI DER ENTWICKLUNG VON VARIANTEN EINES TISCHES<sup>440</sup>**

<sup>436</sup> Siehe (Pepels, 2013 S. 16 f.)

<sup>437</sup> Vgl. (Pepels, 2013 S. 18 ff.)

<sup>438</sup> Siehe (Wiegand, 2005 S. 451)

<sup>439</sup> Siehe (Böge, 2008 S. 16)

<sup>440</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Wiegand, 2005 S. 451)

Zusammenfassend besteht der Prozess der Lösungsentwicklung mit Hilfe des morphologischen Kastens aus fünf Schritten.<sup>441</sup>

1. Genaue Beschreibung und Definition des Problems
2. Ermittlung der problem- und lösungsbestimmenden Parameter
3. Suche nach Teillösungen (Ausprägungen) zu den Parametern
4. Kombination von ausgewählten Teillösungen zu Gesamtlösungen
5. Bewertung und Auswahl der Gesamtlösung

Die Vorteile des morphologischen Kastens liegen in der einfachen tabellarischen Darstellungsweise, mit der die Angaben klar strukturiert und übersichtlich dargestellt werden können. Darüber hinaus ermöglicht der morphologische Kasten während der Suche nach Parameterausprägungen eine Lösungsoffenheit, die im letzten Schritt zur Bewertung führt.<sup>442</sup> Mit dieser Kreativitätsmethode können in kurzer Zeit viele Lösungsvarianten entwickelt werden. Bei fünf Parametern mit je zehn Ausprägungen ergeben sich 100.000 Lösungsvarianten.<sup>443</sup>

Aus der Anwendung des morphologischen Kastens lassen sich Maßnahmenpakete zur Datenstandardisierung entwickeln, die durch ein Projektteam umgesetzt werden können. Das aus der Bewertung gewählte Maßnahmenpaket muss hinsichtlich verschiedener Fragestellungen überprüft werden. Nachstehend sind exemplarisch Leitfragen wie z.B. bezüglich des Beitrags zum definierten Ziel der Datenstandardisierung durch das Maßnahmenpaket aufgeführt.

1. Liefert die Datenquelle die gewünschten, notwendigen Daten?
2. Sind die Daten ausreichend aktuell?
3. Ist die Datenerhebung wirtschaftlich vertretbar?
4. Ist die Datenbasis belastbar?
5. Gibt es einen Verantwortlichen für die Datenquelle?
6. Sind die Grenzen, Rechenvorschriften, Zyklen, Dimensionen, Restriktionen, ggf. weitere definiert?
7. Erfüllt der Output inhaltlich den Anwendungszweck?
8. Ist der Output werksübergreifend vergleichbar und belastbar?

Führt die Überprüfung der Maßnahmenpakete zu keinem zufriedenstellenden Ergebnis, müssen die Maßnahmenpakete überarbeitet bzw. neu definiert werden. Eine weitere Möglichkeit besteht in der Entwicklung einer Kompromisslösung, wodurch die Definition der Messbarkeitsregel des betreffenden Elements, bzw. der Elemente angepasst werden muss, ohne den Zweck des Elements zu verletzen. Falls auch der Kompromiss nicht möglich ist, muss ein Standard definiert und im Sinne des Durchsetzens bzw. Nachgebens ein Top-Down durch das Management eingefordert werden. In welcher Form die Maßnahmen greifen, ist in Bezug auf die Zielsetzung eines vergleichbaren und belastbaren Datenstandards nicht von Belang. Jedoch können massive Änderungen des Ist-Zustands zu hohen Änderungsaufwänden und geringer Akzeptanz führen.

Nach der Entwicklung und Überprüfung sowie der Freigabe der Maßnahmenpakete zur Datenstandardisierung beginnt die Umsetzungsphase. Diese Phase besitzt Projektcharakter und kann mit Hilfsmitteln des Projektmanagements geplant und bei der Umsetzung begleitet werden. Die Wirksamkeit kann im Anschluss an die Umsetzung der Maßnahmen zur Datenstandardisierung überprüft werden. Die exemplarisch aufgeführten Leitfragen zur Überprüfung der entwickelten Maßnahmenpakete können z.T. zur Überprüfung der Wirksamkeit umgesetzter Maßnahmen verwendet werden. Ist die Wirksamkeit der Maßnahmen nicht gegeben, müssen weitere Maßnahmen definiert und umgesetzt werden. Sind die Maßnahmen wirksam, ist die Datenstandardisierung erfolgt und Phase 2: Datenstandardisierung des Verfahrens zur Auftragszuordnung abgeschlossen.

Zur nachhaltigen Sicherstellung des belastbaren und vergleichbaren Datenstandards empfiehlt es sich, die Messbarkeitsregeln zyklisch auf Wirksamkeit zu überprüfen.

<sup>441</sup> Vgl. (Wiegand, 2005 S. 454) & (Pepels, 2013 S. 19)

<sup>442</sup> Vgl. (Wiegand, 2005 S. 450)

<sup>443</sup> Vgl. (Pepels, 2013 S. 19)

## 6.2.5 Zusammenfassung Phase 2: Datenstandardisierung

Kennzahlen wurden im Zusammenhang der vorliegenden Arbeit wie folgt definiert:

Eine Kennzahl bildet quantifizierbare Sachverhalte anforderungsgerecht und komprimiert ab, die für einen Entscheider von Bedeutung sind.

Aus theoretischer Sicht enthält eine Kennzahl einen definierten Standard. Allgemein bekannte Kennzahlen wie die Durchlaufzeit sind in der Literatur einheitlich definiert. „Die Durchlaufzeit eines Auftrages ist definiert als die Summe der Bearbeitungs-, Transport- und Wartezeiten auf allen Produktionsstufen.“<sup>444</sup> Nach diesem Grundverständnis wird die Durchlaufzeit in der Praxis ausgewiesen. Wie Warte- und Liegezeiten als ein Teil der Durchlaufzeit erfasst und ausgewiesen werden, wird z.T. unterschiedlich interpretiert bzw. gehandhabt. Zur Terminierung eines Auftrags anhand der Durchlaufzeit sind Plandaten notwendig. Die Plandaten werden jedoch unterschiedlich erfasst und interpretiert. Als Beispiel zu nennen sind durchschnittliche Wartezeiten eines in der Vergangenheit produzierten Auftragsbestands. Mögliche Defizite dieses Beispiels bezogen auf die Vergleichbarkeit innerhalb eines Produktionsnetzwerks können unterschiedliche Betrachtungszeiträume je Standort darstellen.

Nachdem stets anzunehmen ist, dass vorhandene Standards die hier geforderte Belastbarkeit und Vergleichbarkeit nicht erfüllen, müssen die vorhandenen Standards überprüft und ggf. standardisiert werden. Überprüfung ist im Kennzahlen- und Datenerhebungszusammenhang unabdingbar, da Kennzahlen und Daten Entscheidungsgrundlagen darstellen. Sind die Informationen aus den Kennzahlen und Daten nicht auf dem geforderten Qualitätsniveau, wird auch die darauf getroffene Entscheidung nicht dem gestellten Anspruch gerecht.

Aus diesen Gründen ist die Phase 2: Datenstandardisierung elementarer Bestandteil des Verfahrens zu Auftragszuordnung. Phase 2 besteht wie die anderen Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung aus Schritten, zu deren Erarbeitung Teilschritte notwendig sind, die sich wiederum aus Einzelbestandteilen zusammensetzen. Wie in Phase 1 liegt auch in Phase 2 die Entwicklung darin, bestehendes Wissen und etablierte Mechanismen zu modifizieren, um aus der kombinierten Zusammensetzung neue Erkenntnisse zu gewinnen. Das Ziel dieser Entwicklungen ist es, einen belastbaren und vergleichbaren Datenstandard zu generieren, um darauf aufbauend den geeignetsten Standort zur Herstellung eines Auftrags aus einer gegebenen Anzahl an Standorten zu identifizieren. Die entwickelten Schritte zur Datenstandardisierung bieten dem Anwender die Möglichkeit, seine anwenderspezifischen, entscheidungsrelevanten Elemente des Ablaufs der Auftragszuordnung (enthält mitunter die selektierten Kriterien aus Phase 1: Kriterien-Selektion) zu standardisieren. Dadurch erhält der Anwender einen belastbaren und vergleichbaren Datenstandard, auf dessen Basis die Entscheidungsfindung erfolgen kann.

Die Schritte der Datenstandardisierung sind:

- Ablauf Auftragszuordnung
- Messbarkeitsregeln
- Identifikation Defizite
- Datenstandardisierung

<sup>444</sup> Siehe (Hansmann, 2006 S. 350)

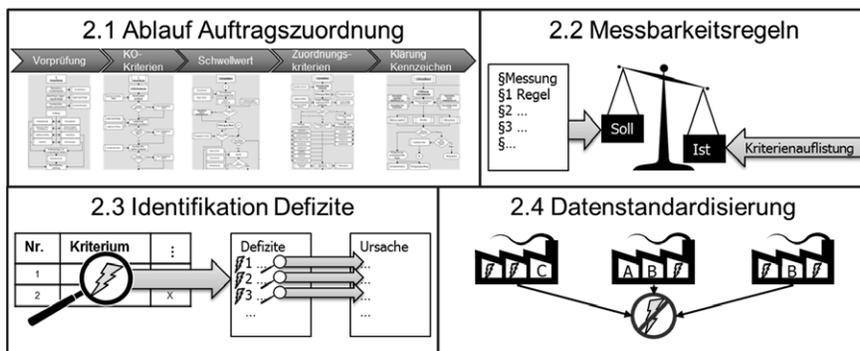


ABBILDUNG 33: PHASE 2: DATENSTANDARDISIERUNG<sup>445</sup>

### 6.3 Phase 3: Berechnung Standorteignung

Phase 3: Berechnung der Standorteignung basiert auf dem multikriteriellen Entscheidungsmodell Analytic Hierarchy Process. Die Eingrenzung, Auswahl und Beschreibung des Entscheidungsmodells aus dem Bereich der multikriteriellen Entscheidungstheorie wurden in der Untersuchung des Forschungsstands vorgenommen.

Die Anwendung des Verfahrens zur Kriterien-Selektion aus Phase 1 ermöglicht die anwenderspezifischen, entscheidungsrelevanten Kriterien zu identifizieren, die bei der Berechnung der Standorteignung den geeignetsten Standort bestimmen sollen. Des Weiteren geht aus Phase 1 hervor, wie die Kriterien in Beziehung zueinander stehen und was bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden soll. Der geeignetste Standort kann jedoch nur berechnet werden, wenn die zur Berechnung verwendeten Daten belastbar und vergleichbar sind. Phase 2: Datenstandardisierung ermöglicht die schrittweise Entwicklung eines anwenderspezifischen, anforderungsgerechten Datenstandards. Trotz belastbarer und vergleichbarer Daten der entscheidungsrelevanten Kriterien kann die Standorteignung mit Hilfe des Analytic Hierarchy Process nicht ohne weiteres berechnet werden. Das Grundmodell des Analytic Hierarchy Process ist, wie im Stand der Forschung beschrieben, nicht in der Lage, die Anforderungen der Auftragszuordnung vollständig zu erfüllen. Die Anforderungen an ein zu entwickelndes Verfahren beschreibt (Winkelmann, 1996)<sup>446</sup> als die Notwendigkeit zur Bestimmung der Grenzen und Aufgaben des zu betrachtenden Untersuchungsbereichs. Wie bereits in der Anforderungsanalyse beschrieben, gelten auch für das Entscheidungsmodell AHP relevante Anforderungen aus Sicht der Wissenschaft, wie von (Hesse, et al., 1992)<sup>447</sup> empfohlen, und aus Sicht der betrieblichen Praxis. Die Anforderungen an das Entscheidungsmodell sind nachstehend aufgeführt:

Das Entscheidungsmodell soll den größtmöglichen Beitrag auf das Unternehmensziel leisten. Ein denkbare zentrales Ziel eines Unternehmens kann die nachhaltige Unternehmenswertsteigerung darstellen. Die anwenderspezifischen Unternehmensziele der Auftragszuordnung sowie das hier angesprochene Oberziel werden durch die Top-Down Identifikationsweise aus Phase 1: Kriterien-Selektion im Schritt Identifikation definiert.

Das Entscheidungsmodell soll mehrere Kriterien bei der Entscheidungsfindung berücksichtigen. Die Bestimmung der Standorteignung im Rahmen der Auftragszuordnung hängt von mehreren Kriterien ab. Aufgrund dessen wird hier ein multikriterielles Entscheidungsmodell eingesetzt.

Das Entscheidungsmodell soll subjektive Entscheidungen unterbinden. Die Entscheidungsfindung soll frei von abgeschätzten Werten erfolgen, um dadurch objektive Entscheidungsfindung zu gewährleisten. Aufgrund dessen sind quantifizierbare, belastbare

<sup>445</sup> Eigene Darstellung

<sup>446</sup> Vgl. (Winkelmann, 1996 S. 37)

<sup>447</sup> Vgl. (Hesse, et al., 1992 S. 51)

und vergleichbare Daten notwendig, so dass die Entscheidungsfindung der Anforderung nach Objektivität gerecht werden kann.

Das Entscheidungsmodell soll flexibel an die Entscheidungssituation angepasst werden können. Aus der Beschreibung der Problemstellung geht hervor, dass sich das Produktionsumfeld verändern kann, wodurch sich die Entscheidungssituation ändert. Die Dynamik bezieht sich auf die Ausprägungen der Kriterien, auf die Relevanz der Kriterien im Vergleich zueinander und auf die Elemente der Entscheidungsfindung selbst. Es soll möglich sein, die anwenderspezifischen Elemente des Entscheidungsmodells zu editieren.

Das Entscheidungsmodell soll bei der Berechnung der Standorteignung kompensatorischen Ausgleich der Kriterienausprägungen zulassen. Die Ausprägung eines einzelnen Kriteriums soll nicht über die Ausprägung anderer Kriterien hinweg die Entscheidung beeinflussen. Vielmehr soll ein Ausgleich zwischen positiven und negativen Kriterienausprägungen möglich sein.

Der Analytic Hierarchy Process soll in Phase 3: Berechnung der Standorteignung dahingehend weiterentwickelt werden, dass die gestellten Anforderungen erfüllt werden. Die für die Anwendung bei der operativen Auftragszuordnung notwendigen Modifikationen des Grundmodells werden im Nachgang durchgeführt. Die Modifikationen des Entscheidungsmodells zur Berechnung der Standorteignung sind beim Ablauf der Auftragszuordnung in die Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium einzuordnen. Die Adaptabilität des modifizierten Entscheidungsmodells Analytic Hierarchy Process steht im Fokus der weiteren Schritte der Phase 3: Berechnung der Standorteignung. Weder die entscheidungsrelevanten Kriterien noch die daraus erstellte Kriterien-Hierarchie sowie Bewertungsarten der Kriterien und die Nutzenfunktion der Kriterienausprägungen sind durch Modifikationen für den Anwendungsbereich generalisierbar. Diese Bestandteile des Entscheidungsmodells sind absolut auf die anwenderspezifischen Inhalte des Entscheidungsproblems Auftragszuordnung vom Anwender selbst zu erstellen. Die Modifikation des Analytic Hierarchy Process liefert den Rahmen für die Adaptabilität der anwenderspezifischen Auftragszuordnung. Daraus geht hervor, dass sich die Adaptabilität auf unterschiedliche Anwender allgemein sowie spezifisch auf die Bestandteile und Inhalte des Analytic Hierarchy Process bei einem Anwender bezieht.

Deshalb wird innerhalb der Phase 3: Berechnung der Standorteignung das Grundmodell des Analytic Hierarchy Process modifiziert, um die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Im Anschluss an die Modifikation des Entscheidungsmodells werden wie in Phase 1 und 2 Adaptionsbestandteile beschrieben, um den anwenderspezifischen Einsatz des Entscheidungsmodells zu ermöglichen.

### **6.3.0 Entwicklung des Entscheidungsmodells auf Basis des Analytic Hierarchy Process**

Die Entwicklung des Entscheidungsmodells auf Basis des Analytic Hierarchy Process ist wie bereits beschrieben der Rahmen und die Grundlage der anwenderspezifischen Berechnung der Standorteignung. Diese Entwicklung ist den Schritten der Phase 3: Berechnung der Standorteignung vorangestellt. Der Anwender des Verfahrens zur Auftragszuordnung wird die hier beschriebenen Entwicklungen nicht durchführen, jedoch bei der Anwendung darauf aufbauen. Deswegen sind die nachfolgenden Inhalte in diesem Teil der Ausarbeitung aufgeführt, jedoch als Voraussetzung des Verfahrens zur Auftragszuordnung nicht Bestandteil der Phase 3: Berechnung der Standorteignung.

In der Literatur werden zahlreiche Anpassungs- und Erweiterungsmöglichkeiten des Analytic Hierarchy Process diskutiert. Die Anpassungs- und Erweiterungsmöglichkeiten werden fortfolgend als Alternativen des AHP Grundmodells bezeichnet. Diese Alternativen beziehen sich auf unterschiedliche Schritte des AHP Grundmodells. Es werden nachfolgend Alternativen zur 9-Punkte Skala nach Saaty aufgezeigt, die bei den paarweisen Vergleichen verwendet werden, um die lokalen und globalen Gewichte zu bestimmen. Darüber hinaus werden Alternativen zur Berechnung der Gewichte auf Basis der durchgeführten Gewichtung vorgestellt sowie Ansätze

zur Konsistenzprüfung der Gewichtungsergebnisse beschrieben. Aus diesen Alternativen wird die Modifikation gemäß den gestellten Anforderungen an das Entscheidungsmodell durchgeführt. Das Ergebnis des modifizierten AHP wird abschließend zusammenfassend aufgeführt.

### 6.3.0.1 Alternative Bewertungsskalen

Im Kapitel 4 Stand der Forschung wurde unter dem Abschnitt 4.5.6 Kritik am Grundmodell des Analytic Hierarchy Process mitunter aufgeführt, dass die Abstufung und Begrenzung der 9-Punkte Skala nach Saaty auf den Wert 9 nicht logisch zu begründen sei.<sup>448</sup> Aufgrund der Skalenbegrenzung können Konsistenzprobleme und darüber hinaus Schwierigkeiten bei der Abbildung der Präferenzen auftreten. Als Folge daraus können sich die Gewichtungsverhältnisse des paarweisen Vergleichs verzerren. Zusammenfassend bezieht sich die Kritik an der 9-Punkte Skala darauf, dass die Größenverhältnisse, die über das Verhältnis 1:9 hinausgehen, nicht angemessen dargestellt werden können. Saaty hat auf diese Kritik mit der Entwicklung eines Cluster-Ansatzes reagiert. Dieser Ansatz sieht vor, dass Vergleichsobjekte mit homogenen Ausprägungen in Clustern zusammengefasst werden. Dadurch wird umgangen, direkt auf Abweichungen der Verhältnisse einzugehen. Durch die Clusterbildung soll ermöglicht werden, schrittweise auf die abzubildenden Verhältnisse der Elemente zu schließen. Der Einstieg in diesen Ansatz sieht vor, die Clusterbildung der Elemente vorzunehmen, um anschließend, beginnend beim Element mit der geringsten Merkmalausprägung, paarweise Vergleiche mit den Elementen des selben Clusters durchzuführen. Nachdem das Element mit der größten Merkmalausprägung ermittelt wurde, wird dies in die paarweisen Vergleiche des nächst größeren Clusters eingebunden. Diese Abhandlung erfolgt über alle eingangs erstellten Cluster. Nach der Bestimmung der Merkmalausprägungen aller Elemente je Cluster werden die Elemente mit dem Wert der geringsten Merkmalausprägung des Clusters dividiert. Das Element mit der geringsten Merkmalausprägung eines Clusters erhält den Wert 1. Dieser Wert wird anschließend mit dem Wert des Elements aus dem ursprünglichen Cluster multipliziert. Daraus ergeben sich die Verhältniszerte der eingangs aufgestellten Elemente.<sup>449</sup> Die nachfolgende Darstellung (eine Kopie aus (Saaty, et al., 2012)) zeigt graphisch den Cluster-Ansatz am Beispiel der Größe einer Kirschtomate gegenüber einer Wassermelone. Die Darstellung zeigt darüber hinaus die einzelnen Rechenschritte zur Bestimmung der Verhältniszerte.

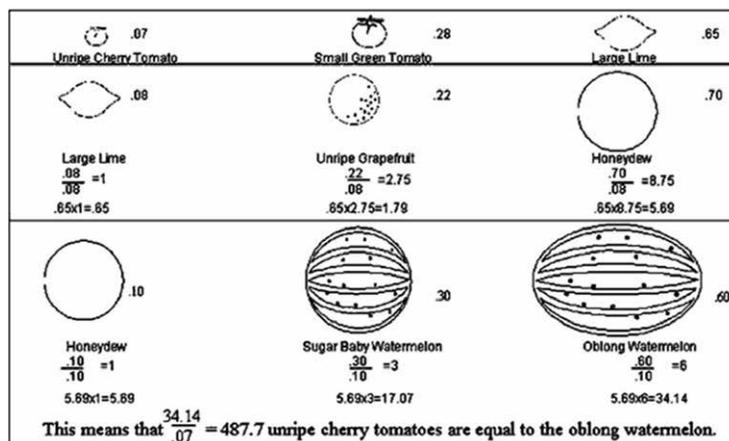


ABBILDUNG 34: CLUSTER-ANSATZ NACH (SAATY, ET AL., 2012)<sup>450</sup>

Neben der von Saaty selbst entwickelten Alternative zur 9-Punkte Skala wurden von anderen Wissenschaftlern alternative Bewertungsskalen entwickelt und zur Diskussion freigegeben. Die für die Anwendung grundsätzlich in Frage kommenden und gleichzeitig wichtigsten

<sup>448</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2009 S. 209)

<sup>449</sup> Vgl. (Saaty, et al., 2012 S. 31 f.)

<sup>450</sup> Siehe (Saaty, et al., 2012 S. 32)

Arbeitsergebnisse im Bereich der Bewertungsskalenentwicklung werden nachstehend vorgestellt. In Anlehnung an (Ji, et al., 2003) werden die Bewertungsskalen in einheitlicher Darstellung beschrieben. Die lokalen Gewichte werden als  $w_i$  bezeichnet. Die Skalen entsprechen alle reziproken Skalen und werden wie folgt dargestellt:<sup>451</sup>

$$\left\{w_i, 1, \frac{1}{w_i}\right\}, \quad w_i > 1, \quad i = 2, 3, \dots, m$$

Die 9-Punkte Skala nach Saaty kann dadurch ebenfalls dargestellt werden. Für die gilt:

$$w = i, \quad m = 9,$$

Im Gegensatz zur Skala von Saaty zeigt die Ma-Zheng Skala (Inverse linear) eine bessere Zuordnung der verbalen Aussagen zu den numerischen Werten. Für die gilt:

$$w_i = \frac{9}{10 - i}, \quad m = 9,$$

Bei der logarithmischen Skala sollen bei extremen Ausprägungen bessere Ergebnisse erzielt werden können. Speziell für die Anwendung bei der multiplikativen Version des Analytic Hierarchy Process (MAHP) soll die logarithmische Skala Vorteile gegenüber der 9-Punkte Skala nach Saaty liefern.<sup>452</sup> Für die gilt:

$$w_i = \log_c(i + 1), \quad c = 2, \quad m = 9,$$

Die Reduzierung der Schwierigkeiten der Grenzwerte der 9-Punkte Skala nach Saaty soll die Asymptotical Scale ermöglichen. Die Autoren (Donegan, et al., 1992) stellen eine verbesserte Übersetzung der verbalen Angaben in numerische Werte vor. Selbstkritisch weisen (Donegan, et al., 1992) darauf hin, dass deren Thesen noch zu verifizieren sind.<sup>453</sup> Für die gilt:

$$w_i = \exp \left[ \tanh^{-1} \frac{i-1}{H-1} \right], \quad H = 1 + \frac{6}{\sqrt{2}} \quad \vee \quad H = 1 + \frac{14}{\sqrt{3}}, \quad m = 9,$$

Die Geometric Scale, auch als Lootsma Scale bezeichnet, versucht abzubilden, dass Entscheider bei der Bewertung dazu neigen, exponentielle Skalen zu verwenden. Die Geometric Scale basiert auf psychologischen Erkenntnissen, um verbale Angaben besser einem numerischen Wert zuzuordnen.<sup>454</sup>

$$w_i = c^{i-1} \quad \text{mit} \quad c = \sqrt{2} \quad \vee \quad c = 2, \quad m = 7 \quad \vee \quad m = 9,$$

Ein weiterer Versuch, verbale Angaben numerischen Werten zuzuordnen, stellt die Balanced Scale dar. Die Balanced Scale soll die Intensionen der Entscheider durch geeignete Abstufung der Skala deutlich besser widerspiegeln als die 9-Punkte Skala nach Saaty. Diese Skala verteilt die lokalen Gewichte gleichmäßig über das Intervall [0,1; 0,9], so dass gilt:<sup>455</sup>

$$s = \frac{1}{17}$$

In einer weiteren Arbeit wird die Balanced Scale auf Basis des Intervalls [0,0; 1,0] bei gleichmäßiger Verteilung vorgestellt, so dass gilt:<sup>456</sup>

$$s = 0,05$$

Für die Balanced Scale gilt:

$$w_i = \frac{0,5 + (i-1)s}{0,5 - (i-1)s}, \quad s = 0,05 \quad \vee \quad s = \frac{1}{17}, \quad m = 9,$$

Die Basis aller hier aufgeführten Bewertungsskalen stellt die 9-Punkte Skala nach Saaty dar. Die aufgeführten Bewertungsskalen sind monotone Transformationen der 9-Punkte Skala. In der Literatur wurden die Skalen bislang auf die Effekte bei der Konsistenzprüfung sowie auf systembedingtes Fehlverhalten hin untersucht. Die Asymptotical Scale liefert demnach ein besseres Konsistenzergebnis gegenüber der 9-Punkte Skala. Des Weiteren konnte anhand bekannter Verhältnisse erwiesen werden, dass die Ma-Zheng Skala sowie die Balanced Scale

<sup>451</sup> Vgl. (Ji, et al., 2003 S. 896 ff.)

<sup>452</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2006 S. 391 f.)

<sup>453</sup> Vgl. (Donegan, et al., 1992 S. 299 f.)

<sup>454</sup> Vgl. (Ji, et al., 2003 S. 897)

<sup>455</sup> Vgl. (Pöyhönen, et al., 1997 S. 2)

<sup>456</sup> Vgl. (Hämäläinen, et al., 1997 S. 314)

genauere Ergebnisse als die Saaty Skala liefern können.<sup>457</sup> Trotz reger Diskussion innerhalb der Fachjournals ist noch nicht erkennbar, welche der vorgestellten Bewertungsskalen die Intensionen der Entscheider am besten in numerische Werte transformieren kann, um die Verhältnisse realitätsgetreu wieder zu geben. Erkennbar ist jedoch, dass die 9-Punkte Skala trotz der bekannten Defizite, die am weitesten verbreitete Skala ist. Das ist einerseits darauf zurückzuführen, dass es verschiedene AHP-Software-Anwendungen gibt, bei denen die Bewertung anhand der Saaty Skala erfolgt. Andererseits konnten unzählige Anwendungserfolge mit der Saaty Skala erreicht werden. Des Weiteren sind die zulässigen Konsistenzwerte der Saaty Skala verifiziert und in den Software-Anwendungen hinterlegt. Die Softwareunterstützung auf Basis alternativer Bewertungsskalen fällt vergleichsweise gering aus.<sup>458</sup> Aus den im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit gesichteten Quellen kann geschlossen werden, dass die Ma-Zheng Skala und die Balanced Scale die Intensionen der Entscheider besser abbilden können als die 9-Punkte Skala nach Saaty.<sup>459</sup> Aufgrund dessen muss bei der Entwicklung des Entscheidungsmodells, d.h. bei der Modifikation des Analytic Hierarchy Process, bestimmt werden, welche Skala für die Anwendung der Auftragszuordnung am geeignetsten ist. Die Empfehlung für die Verwendung einer Bewertungsskala erfolgt in der 6.3.0.4 Zusammenfassung der Entwicklung des Entscheidungsmodells.

### 6.3.0.2 Alternative Berechnung der Gewichte

In der Literatur werden alternative Methoden zur Berechnung der lokalen Gewichte gegenüber den vorgestellten Methoden diskutiert. Den alternativen Methoden lassen sich grundsätzlich zwei Gruppen zuordnen. Zum einen sind dies Eigenwert-Ansätze und zum anderen Ansätze, die sich darauf beziehen, die Distanz zwischen der Evaluationsmatrix und der am nächsten liegenden konsistenten Matrix auf ein Minimum zu reduzieren. Der bekannteste Vertreter der zweitgenannten Ansätze ist die Logarithmic Least Square Method (LLSM), die auch als geometrisches Mittel bezeichnet wird. Weitere Methoden aus dem Bereich dieser Ansätze werden hier nicht vorgestellt, da diese in der Praxis nur bedingt anwendbar sind und sich die Berechnungsergebnisse gegenüber der LLSM nur geringfügig unterscheiden.<sup>460</sup> Befürworter der LLSM sind (Crawford, et al., 1985), da sich durch die Anwendung rechenstechnisch bedingte Rangumkehrungen vermeiden lassen.<sup>461</sup> Dies soll durch die Minimierung der Summe multiplikativer Fehler  $e_{ij}$  der Matrix ermöglicht werden.

$$e_{ij} = a_{ij} \frac{v_j}{v_i}$$

Das Optimierungsproblem stellt sich wie folgt dar:

$$\min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \left[ \ln(a_{ij}) - \ln\left(\frac{v_i}{v_j}\right) \right]^2$$

Das geometrische Mittel gibt eine eindeutige Lösung an:

$$v_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}$$

Die Gewichtung ergibt sich aus der Normalisierung des Wertes:

$$w_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^n v_i}$$

Die aus der Eigenwertmethode errechneten Werte sind identisch mit den konsistenten Matrizen, die mit Hilfe der LLSM berechnet werden. Dies trifft bei Matrizen zu für die gilt:

$$n \leq 3$$

Der Vergleich der Ansätze zur Berechnung der lokalen Gewichte wurde in einer Studie durchgeführt. Dabei wurde nachgewiesen, dass sich auch bei größeren Matrizen unabhängig von der verwendeten Skala lediglich geringe Abweichungen ergeben.<sup>462</sup> (Ishizaka, et al., 2006) bestätigen den Effekt, dass die Berechnungsmethode der lokalen Gewichte unabhängig von der

<sup>457</sup> Vgl. (Pöyhönen, et al., 1997) und (Ishizaka, et al., 2006)

<sup>458</sup> Vgl. (Gastes, 2011 S. 44)

<sup>459</sup> Vgl. (Dong, et al., 2008 S. 236 f.)

<sup>460</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2006 S. 388)

<sup>461</sup> Vgl. (Crawford, et al., 1985 S. 388 f.)

<sup>462</sup> Vgl. (Dong, et al., 2008 S. 239)

verwendeten Skala ist.<sup>463</sup> Deshalb kann die Wahl der Berechnungsmethode der lokalen Gewichte frei von der Wahl der Bewertungsskala erfolgen.

Neben der Verwendung des LLSM lässt sich nach Belton & Gear, die von (Ishizaka, et al., 2011) zitiert werden, der Effekt der Rangumkehrung durch die Anwendung des Ideal-Mode gegenüber des Distributive-Mode reduzieren. Deren Untersuchungen zufolge tritt der Effekt der Rangumkehrungen bei allen additiven Entscheidungsmodellen auf und ist deshalb kein spezifisches Phänomen des Analytic Hierarchy Process. Von den Autoren wird empfohlen, eine Normalisierung durchzuführen, bei der die Werte der lokalen Gewichte durch den besten Wert des Kriteriums dividiert werden. Dadurch erhält die beste Ausprägung den Wert 1 und die Vergleichsausprägungen einen Wert innerhalb des Intervalls [0;1]. Die Rangumkehrungen lassen sich jedoch nur dann vermeiden, wenn die zusätzlich hinzugefügte Alternative nicht die beste Ausprägung im Vergleich zu den bestehenden Ausprägungen aufweist, d.h. sich in die bestehende Abstufung der Werte einfügt.<sup>464</sup> Die Diskussion über die geeignetste Methode lässt kein abschließendes Urteil zu.<sup>465</sup> (Hämäläinen, et al., 1997) verweisen darauf, dass die Rangumkehrung nur dadurch vermieden werden kann, wenn auf eine Normalisierung verzichtet wird.<sup>466</sup> Beim Ideal-Mode ist jedoch eine Normalisierung zur Ermittlung der Abstufung ausgehend vom geeignetsten Wert notwendig, wodurch der Effekt der Rangumkehrung weiterhin auftreten kann. Dem können sich auch vergleichbare Normalisierungsmethoden nicht verwehren. Aus der Literatur gehen darüber hinaus keine exemplarischen Anwendungserfolge des Ideal-Mode über mehrere Hierarchiestufen hervor. Des Weiteren wird nicht diskutiert, ob die Verwendung des Distributive-Mode im Vergleich zum Ideal-Mode die Verhältniswerte verzerren würde. Ohne Normalisierung können zwar theoretisch Rangumkehrungen vermieden werden, jedoch ist anzunehmen, dass das Gesamtergebnis der Gewichtung der Alternativen ein verzerrtes Bild aufweist.

Weitere Anstrengungen, um den Effekt der Rangumkehrungen des Grundmodells des Analytic Hierarchy Process zu vermeiden, beziehen sich auf die Aggregation der globalen Gewichte. Aus diesem Grund wurde die multiplikative Aggregation der globalen Gewichte entwickelt. Dabei werden die globalen Gewichte nicht wie im Grundmodell additiv ermittelt, sondern das Produkt über alle exponentiell gewichteten Alternativen gebildet.<sup>467</sup> Es gilt:

$$p_i = \prod_k w_{ik}^{c_k}$$

Die aus dieser Berechnung resultierenden Gewichte lassen sich nicht auf den Wert 1 aufsummieren. Auf oberster Hierarchieebene ist dies nicht notwendig, da diese lediglich Aufschluss über die Rangfolge geben soll. Sobald eine Hierarchie aus mehr als einer Ebene zusammengesetzt ist, wird die Normalisierung der berechneten Gewichte aufgrund der Aggregation über die einzelnen Ebenen notwendig. Die Notwendigkeit zur Normalisierung geht aus folgender Forderung hervor:<sup>468</sup>

$$\sum_k w_k = 1$$

Bei Hierarchien, die über mehrere Ebenen aufgebaut sind, gilt die jeweils untergeordnete Hierarchieebene als lokales Gewicht. Deswegen sind die formalen Anforderungen zu erfüllen, die die Normalisierung erfordert. Dies begründet den Ausschluss des Ideal-Mode bei Hierarchien mit mehreren Ebenen. Durch die Verwendung des Distributive-Modus bei Normalisierung und multiplikativer Aggregation der globalen Gewichte können Rangumkehrungen vermieden werden, sofern identische Alternativen zusätzlich bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden. Darüber hinaus ist der multiplikative Analytic Hierarchy Process geeignet, wenn ein Ausgleich zwischen Kriterienausprägungen stattfinden soll. Extremwerte verzerren demnach durch die kompensatorischen Eigenschaften des MAHP nicht das Gesamtergebnis.<sup>469</sup> Zudem sind in der Literatur nur bedingt Erfahrungsberichte aus dem Einsatz des multiplikativen Analytic Hierarchy Process zu finden.<sup>470</sup> Hier liegt der Grund wie bei der zu bemängelnden Durchsetzung

<sup>463</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2006 S. 392)

<sup>464</sup> Vgl. (Brinkmeyer, et al., 1994 S. 89)

<sup>465</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2011 S. 14339 ff.)

<sup>466</sup> Vgl. (Hämäläinen, et al., 1997 S. 318)

<sup>467</sup> Vgl. (Stam, et al., 2002 S. 94 f.)

<sup>468</sup> Vgl. (Stam, et al., 2002 S. 94)

<sup>469</sup> Vgl. (Stam, et al., 2002 S. 92 f.)

<sup>470</sup> Vgl. (Gastes, 2011 S. 59)

alternativer Bewertungsskalen darin, dass verfügbare Softwareanwendungen die multiplikative Aggregation der globalen Gewichte nur vereinzelt anbieten.

Die Empfehlung für die Verwendung einer Berechnung der Gewichte erfolgt in der 6.3.0.4 Zusammenfassung der Entwicklung des Entscheidungsmodells.

### 6.3.0.3 Alternative Konsistenzprüfung

Neben den aufgeführten Alternativen im Bereich der Bewertungsskalen und der Berechnung der Gewichte werden in der Literatur Alternativen zur Konsistenzprüfung des Analytic Hierarchy Process Grundmodells angeboten. Im Gegensatz zum Consistency Index nach Saaty existieren für die Alternativen keine ausreichend validierten Indices. Daraus folgt, dass die zulässigen Konsistenzwerte, die sich aus der Konsistenzprüfung ergeben, nicht ausreichend geprüft oder limitiert wurden. Aus diesem Grund wird bei Anwendungen in der Praxis häufig auf den Consistency Index nach Saaty zurückgegriffen. Die Verwendung des Consistency Index in Verbindung mit dem multiplikativen Analytic Hierarchy Process ist jedoch nicht möglich. Aus den vorangehenden Erläuterungen geht hervor, dass der MAHP gegenüber dem Grundmodell des additiven AHP Vorteile liefert. Zur Überprüfung der nachgelagerten Anwendung des MAHP bei der Auftragszuordnung werden deshalb alternative Konsistenzprüfungen vorgestellt.

Der Geometric Consistency Index (GCI) kann als Weiterentwicklung der von Saaty entwickelten Konsistenzprüfung interpretiert werden und eignet sich für die Anwendung beim MAHP. Der GCI ermittelt die Konsistenz über die durchschnittliche Differenz zwischen dem Verhältnis der subjektiven Bewertungen  $a_{ij}$  und dem Verhältnis der errechneten Prioritäten der Alternativen  $\frac{w_i}{w_j}$ .

$$GCI = \frac{2}{(n-1)(n-2)} \sum_{i < j} \left( \ln a_{ij} - \ln \frac{w_i}{w_j} \right)^2$$

(Crawford, et al., 1985) haben den Geometric Consistency Index entwickelt und in Verbindung mit der Logarithmic Least Square Methode zur Gewichtung von Alternativen veröffentlicht.<sup>471</sup> Die Interpretation des GCI wurde erst Jahre später von (Aguarón, et al., 2003) untersucht.<sup>472</sup> Dabei haben diese Autoren zur Bestimmung der Indices vergleichbar zum Consistency Index zufällige Matrizen untersucht. Die zulässigen Konsistenzwerte des Geometric Consistency Index in Anlehnung an den Consistency Index stellen sich wie folgt dar.

Größe der Matrix	1	2	3	4	>4
GCI	0,00	0,00	<0,31	<0,35	<0,37

**TABELLE 15: ZULÄSSIGE KONSISTENZWERTE DES GCI IN ABHÄNGIGKEIT VON DER GRÖÖE DER MATRIX<sup>473</sup>**

Neben dem Geometric Consistency Index ist das Konsistenzkriterium nach (Alonso, et al., 2006) zu nennen. Dieser Ansatz schätzt den Randomindex (RI) nach Saaty ab. Das Konsistenzkriterium basiert dabei auf dem größten Eigenwert ( $\lambda_{max}$ ) der Evaluationsmatrix. Der Ansatz von (Alonso, et al., 2006) soll für alle Skalen anwendbar sein. Es gilt:

$$\lambda_{max} \leq n + \alpha(1,7699n - 4,3513)$$

Die Abweichung zu einer absolut konsistenten Matrix entspricht  $\alpha$ . In Bezug auf den Consistency Index nach Saaty von 0,1 gilt:

$$\lambda_{max} \leq n + 0,1(1,7699n - 4,3513)$$

Folglich lassen sich die Richtwerte in Abhängigkeit der Größe der Matrizen bestimmen.<sup>474</sup>

Eine weitere Alternative stellen die Autoren (Hämäläinen, et al., 1997) sowie (Ji, et al., 2003) vor, bei denen jeweils die Indices aus der Transitivitätsregel abgeleitet werden. (Hämäläinen, et al., 1997) haben bei ihrem Ansatz einen Index entwickelt, der unabhängig von der verwendeten Bewertungsskala sein soll. Dabei überführen sie die inkonsistenten Bewertungsergebnisse in

<sup>471</sup> Vgl. (Crawford, et al., 1985 S. 387 f.)

<sup>472</sup> Vgl. (Aguarón, et al., 2003 S. 137 f.)

<sup>473</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Aguarón, et al., 2003 S. 138)

<sup>474</sup> Vgl. (Alonso, et al., 2006 S. 445 f.)

eine nicht leere Menge von Prioritäten. Der Wert des consistency measure (CM), der auch als Konsistenzwert bezeichnet wird, lässt sich daraus bestimmen. Es gilt:<sup>475</sup>

$$CM = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i>j} \frac{r_{ij} - (r_{ij})^{-1}}{[1 + r_{ij}][1 + (r_{ij})^{-1}]}$$

Zusätzlich gilt:

$$r_{ij} = \max_k a_{ik} a_{kj}$$

Der Ansatz von (Ji, et al., 2003) zur Konsistenzprüfung soll wie der Ansatz nach (Hämäläinen, et al., 1997) unabhängig von der verwendeten Bewertungsskala sein.

$$CI^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (a_{ij} - \ln \frac{w_i}{w_j})}{n(n-1)}}$$

Die Ansätze der Autoren (Hämäläinen, et al., 1997) sowie (Ji, et al., 2003) sind exemplarische Beispiele dafür, dass die Kenntnis über zulässige Konsistenzwerte einer konsistenten Matrix zu bemängeln ist. Bevor die Anwendung dieser Ansätze in der Praxis möglich ist, sind weitere Forschungsergebnisse notwendig.

Die Empfehlung für die Verwendung einer Konsistenzprüfung erfolgt nachstehend in der 6.3.0.4 Zusammenfassung der Entwicklung des Entscheidungsmodells.

#### 6.3.0.4 Zusammenfassung der Entwicklung des Entscheidungsmodells

Zu Beginn der Phase 3: Berechnung der Standorteignung wurde darauf hingewiesen, dass für die operative Anwendung der Auftragszuordnung innerhalb des Untersuchungs- und Einsatzbereichs unterschiedliche Anforderungen speziell im Bereich der Bestimmung der Standorteignung zu erfüllen sind. Das Entscheidungsmodell Analytic Hierarchy Process wurde im Rahmen dieser Arbeit als Basis für die Entscheidungsfindung der Auftragszuordnung festgelegt. Im Zuge dessen können durch die Anwendung der Phase 1: Kriterien-Selektion die anwenderspezifisch, entscheidungsrelevanten Kriterien zur Auftragszuordnung identifiziert werden. Diese Kriterien können durch die Anwendung der Phase 2: Datenstandardisierung ein belastbares und vergleichbares Datenniveau erreichen. Es wurde festgestellt, dass die Entscheidungsfindung auf den genannten Grundlagen nicht mit Hilfe des Grundmodells des Analytic Hierarchy Process erfolgen kann, da die Anforderungen an die Auftragszuordnung nicht vollständig erfüllt werden können. Die Anforderungen beziehen sich wie bereits beschrieben auf folgende Bereiche:

- Ausrichtung auf Unternehmensziel
- Multikriteriell
- Objektiv
- Adaptabilität
  - Dynamische Kriterienausprägungen
  - Situationsbedingte Relevanz der Kriterien
  - Kriterien-Hierarchie
    - Bewertungsart je Kriterium
    - Nutzenfunktion je Kriterium
- Konsistenz
- Kompensatorisch

Die vorgestellten Alternativen der Elemente - Bewertungsskala, Berechnung der Gewichte, Konsistenzprüfung - des AHP Grundmodells sollen durch geeignete Zusammenstellung ein modifiziertes Entscheidungsmodell ergeben, das in der Lage, ist die gestellten Anforderungen zu erfüllen. Darüber hinaus soll es möglich sein, einen Adaptabilitätsrahmen für die anwenderspezifische Gestaltung des Entscheidungsmodells anzubieten, der bei der Anwendung der operativen Auftragszuordnung erforderlich ist. Die Anwendung bei der operativen Auftragszuordnung innerhalb des Untersuchungs- und Einsatzbereichs stellt die Forderung, täglich eine große Anzahl an Aufträgen (im Bereich von 300 und mehr Aufträgen) an die Standorte eines Produktionsnetzwerks zuzuordnen zu können. Bei der Auftragszuordnung soll die jeweilige Ist-Situation im Produktionsnetzwerk berücksichtigt werden können. Das Entscheidungsmodell soll in der Lage

<sup>475</sup> Vgl. (Hämäläinen, et al., 1997 S. 315)

sein, unterschiedliche Ausgangssituationen bei der Entscheidungsfindung zu berücksichtigen. Die praktische Anwendung soll gewährleistet werden, indem die Bestandteile bedingt statisch ausgerichtet sind, d.h. lediglich die Ausprägung variiert dynamisch, so dass die Entwicklung des Modells initial durchgeführt werden kann und nicht je Entscheidungssituation erfolgen muss. Die Modifikation steht in Bezug auf die Anforderungen nach Objektivität, Adaptabilität, Konsistenz und Kompensation von Extremwerten. Die Anforderungen nach Ausrichtung auf ein anwenderspezifisches Unternehmensziel ist bereits in Phase 1: Kriterien-Selektion erfolgt. Der Anspruch nach ganzheitlicher Bewertung der Standorteignung entspricht dem Grundsatz multikriterieller Entscheidungsfindung, die hier durch den Analytic Hierarchy Process abgebildet wird. Die Elemente der Adaptabilität werden in den fortfolgenden Gliederungspunkten behandelt. Der Rahmen dafür wird jedoch innerhalb dieses Gliederungspunktes geschaffen, indem die Alternativen ausgewählt werden, die das Entscheidungsproblem am besten darstellen können. Der Ablauf zur Modifikation des Analytic Hierarchy Process Grundmodells soll sicherstellen, dass die Alternativen kompatibel zueinander sind. Der Ablauf erfolgt nach folgenden Punkten:

1. Berechnung der globalen Gewichte
2. Bestimmung der lokalen Gewichte
3. Konsistenzindex
4. Bewertungsskala für paarweise Vergleiche

#### Zu 1: Berechnung der globalen Gewichte

Die Berechnung der globalen Gewichte, d.h. die Aggregation der globalen Gewichte kann entweder wie im Grundmodell des AHP's additiv oder wie in dem Gliederungspunkt Alternative Berechnung der Gewichte vorgestellt multiplikativ erfolgen. Aus den vorangehenden Erläuterungen zur Berechnung der globalen Gewichtung geht hervor, dass die Wahl der Aggregationsmethode keinen Einfluss auf die Wahl der Bewertungsskala hat. Durch Simulation von Entscheidungssituationen bei der Auftragszuordnung wurden im Rahmen dieses Forschungsprojekts zahlreiche Standortbestimmungen durchgeführt. Diese wurden einerseits mit dem additiven Ansatz des Grundmodells und mit dem multiplikativen Ansatz des Analytic Hierarchy Process durchgeführt. Andererseits wurde dabei der Distributive-Mode verwendet, da für den Ideal-Mode die Anwendbarkeit bei mehreren Hierarchieebenen noch nicht bestätigt werden konnte. Die Aggregationsmethoden unterscheiden sich aus theoretischer Sicht in Bezug auf die kompensatorische Auslegung. Damit der Effekt der Kompensation ersichtlich wird, sind mindestens drei Alternativen zu betrachten, da bei zwei Alternativen beide gleich „ausgeglichen“ sind. Zur Darstellung der Kompensation werden drei Standorte A, B und C mit fiktiven Ausprägungen und einer vorgegebenen Kriteriengewichtung der Kriterien Losgrößenabweichung, Logistikkosten und Herstellkosten verglichen. Die genannten Kriterien werden im Beispiel unter dem Ziel Kostenreduzierung zusammengefasst.

	Losgrößenabweichung	Logistikkosten	Herstellkosten
Kriteriengewicht	0,20625	0,12740	0,66636
Standort A	0,32	0,32	0,32
Standort B	0,1	0,1	0,52
Standort C	0,58	0,58	0,16

**TABELLE 16: SIMULATIONSBEISPIEL DER KOMPENSATION<sup>476</sup>**

Standort A weist in diesem Beispiel eine ausgeglichene Ausprägung auf. Die Aggregation mit Hilfe des additiven Ansatzes weicht vom Ergebnis des multiplikativen Ansatzes ab.

<sup>476</sup> Eigene Darstellung

## Additiver AHP

	Kostenreduzierung
	1
Standort A	0,32000
Standort B	0,37987
Standort C	0,30013

## Multiplikativer AHP

	Kostenreduzierung	
	1	0,86588
Standort A	0,36957	0,32000
Standort B	0,34646	0,30000
Standort C	0,28397	0,24588

**TABELLE 17: ABWEICHUNG AHP GEGENÜBER MAHP AUFGRUND DER KOMPENSATION<sup>477</sup>**

Der MAHP hat in der obenstehenden Darstellung zwei Wertespalten. In grauer Schrift ist das Berechnungsergebnis aus der Aggregation dargestellt. Daneben wird der normalisierte Wert je Standort ausgewiesen. Beim additiven AHP ist Standort B am geeignetsten und beim multiplikativen AHP ist Standort A am geeignetsten. Die Abweichung der Berechnungsergebnisse geht auf die Kompensationsunterschiede der Aggregationsmethoden zurück. Der Effekt der Kompensation trägt sich durch alle Hierarchieebenen hindurch und kann auf die Rangfolge der Standorteignung Einfluss ausüben. Je nachdem, welche Aggregationsmethode gewählt wird, ergeben sich unterschiedliche Bewertungsergebnisse. Die Gegenüberstellung der Bewertungsergebnisse hat gezeigt, dass bei der additiven Aggregation der Standort als geeignetster bestimmt wird, dessen Kriterienausprägungen positive Extremwerte aufweist. Im Gegensatz dazu konnte bei der Anwendung des multiplikativen Ansatzes festgestellt werden, dass bei gleicher Datenbasis eine bessere Kompensationswirkung aufgetreten ist. Extremwerte schlagen beim MAHP nicht so stark durch wie beim Grundmodell des AHP. In Bezug auf die gestellte Anforderung nach kompensatorischer Auslegung des Entscheidungsmodells und aufgrund keiner Auswirkung auf die Wahl einer Bewertungsskala wird zur Berechnung der Standorteignung die multiplikative Aggregation gewählt.

## Zu 2: Bestimmung der lokalen Gewichte

Neben der Eigenvektormethode des AHP Grundmodells können lokale Gewichte mit Hilfe der vorgestellten Alternative Logarithmic Least Square Method bestimmt werden. Die Wahl einer Bewertungsskala ist unabhängig von der lokalen Aggregationsmethode, da diese jeweils zu vernachlässigbaren Abweichungen führen. Bei der Bestimmung der lokalen Gewichte kann zur Normalisierung entweder der Distributive-Mode oder der Ideal-Mode verwendet werden. Der Ideal-Mode führt keine Normalisierung auf 1 durch, da die beste Ausprägung den Wert 1 erhält und alle weiteren Gewichte davon ausgehend abgestuft werden. Die formalen Anforderungen des multiplikativen Analytic Hierarchy Process setzen jedoch die Normalisierung auf 1 voraus.<sup>478</sup> Beim Distributive-Mode sind keine negativen Auswirkungen bekannt, die bei mehrstufigen Hierarchien gegenüber dem Ideal-Mode auftreten könnten. (Stam, et al., 2002) haben mit Einsatz des Distributive-Modes untersucht wie sich die lokalen Aggregationsmethoden Eigenwertmethode und Logarithmic Least Square Method auf die Ergebnisse des multiplikativen AHP's auswirken. Obwohl beide lokalen Aggregationsmethoden für die Berechnung der globalen Gewichte mit dem MAHP geeignet seien, wird die Logarithmic Least Square Method empfohlen.<sup>479</sup> Für die LLSM sprechen die Eigenschaft, dass rechtechnisch bedingte Rangumkehrungen vermieden werden können und das Kompensationsverhalten verbessert wird.<sup>480</sup> Die Kombination des LLSM mit dem additiven Ansatz des AHP Grundmodells wurde von (Stam, et al., 2002) nicht untersucht. (Dong, et al., 2008) gehen in ihrer Vergleichsstudie ebenfalls nicht auf die Auswirkungen der globalen Aggregation des additiven AHP's in Verbindung mit dem LLSM ein. Für die Bestimmung der lokalen Gewichte soll im Rahmen der Auftragszuordnung die Logarithmic Least Square Method verwendet werden. Für diese Entscheidung spricht, dass in Verbindung mit der multiplikativen globalen Aggregation des Analytic Hierarchy Process die Kompensationswirkung unterstützt sowie Rangumkehrungen reduziert werden. Somit erfüllt der LLSM die Anforderung nach ganzheitlicher Bewertung durch Kompensation an das Entscheidungsmodell zur Auftragszuordnung.

<sup>477</sup> Eigene Darstellung

<sup>478</sup> Vgl. (Stam, et al., 2002 S. 94)

<sup>479</sup> Vgl. (Stam, et al., 2002 S. 105)

<sup>480</sup> Vgl. (Crawford, et al., 1985 S. 388 f.)

### Zu 3: Konsistenzindex

Die Überprüfung der Konsistenz ist dann durchzuführen, wenn Bewertungen mit Hilfe von paarweisen Vergleichen erfolgen. Besonders im Falle einer Vielzahl von paarweisen Vergleichen ist die Konsistenz für den Entscheider nicht mehr ersichtlich. Deshalb muss rechentech-nisch überprüft werden, ob seine Angaben in sich konsistent sind. Bei der Konsistenzbestim-mung eines paarweisen Vergleichs sind die Vergleiche selbst Bestandteil der Berechnung, d.h. auf Basis ermittelter Gewichte ohne Vergleichsmatrizen kann keine Konsistenz überprüft wer-den. In Bezug auf die Methode der lokalen Aggregation scheint die Art der Konsistenzprüfung zunächst frei wählbar zu sein, da die Abweichung der Berechnungsergebnisse der Eigenwert-methode gegenüber der LLSM als geringfügig bezeichnet werden können. Ungeachtet dessen basieren Konsistenzindizes, wie der oft verwendete Consistency Index<sup>481</sup> oder die Konsistenz-messung nach (Alonso, et al., 2006), auf der Eigenwertmethode, die stets in Verbindung mit dem additiven Ansatz des Grundmodells empfohlen werden. Die Abhängigkeiten zu den lokalen und globalen Aggregationsmethoden des AHP Grundmodells bestehen beim Geometric Consis-tency Index nicht, da dieser speziell für die Logarithmic Least Square Method entwickelt wurde. Die Konsistenzprüfung bei der Auftragszuordnung soll mit Hilfe des Geometric Consistency Index erfolgen. Diese Entscheidung unterstützt die bereits getroffenen Entscheidungen für den multiplikativen Analytic Hierarchy Process, für die Logarithmic Least Square Method und für den Distributive-Mode.

### Zu 4: Bewertungsskala für paarweise Vergleiche

Die bislang getroffenen Entscheidungen grenzen die Wahl einer Bewertungsskala nicht ein. Aus der Untersuchung alternativer Bewertungsskalen ging mitunter hervor, dass die Balanced Scale die Intensionen der Entscheider besser abbilden kann als die 9-Punkte Skala nach Saaty.<sup>482</sup> Des Weiteren wird die Logarithmic Scale in Verbindung mit dem multiplikativen Analytic Hierarchy Process empfohlen.<sup>483</sup> Dabei ist zu beachten, dass diese Empfehlung von den Entwick-lern der Logarithmic Scale ausgeht. Tests im Rahmen der Verfahrensentwicklung zur Auftrags-zuordnung geben Anlass dazu, dass die Wahl der Bewertungsskala anwenderspezifisch ist. Im Rahmen der angesprochenen Tests wurden verbale Angaben für paarweise Vergleiche heran-gezogen, die in unterschiedliche Bewertungsskalen übersetzt wurden. Die aus den entspre-chenden Bewertungsskalen resultierenden Gewichte wurden den Testpersonen zurück gespielt. Die Personen konnten dann entscheiden, welche der Gewichtungsergebnisse ihrer Intension entsprechen. Keine der getesteten Bewertungsskalen konnte sich deutlich von den anderen Skalen hervorheben. Aus diesem Grund kann keine allgemeingültige Empfehlung bzw. Auswahl einer Skala in Bezug auf die Auftragszuordnung ausgesprochen werden. Die Beschreibung der alternativen Bewertungsskalen liefert jedoch eine Orientierungsgrundlage bei der Wahl einer Bewertungsskala.

Ergänzend zu den genannten Modifikationen des Grundmodells des Analytic Hierarchy Process liegt die Modifikation bei der Bestimmung der dynamischen Kriterienausprägung je Alternative in der Verwendung von quantitativen Daten, die entsprechend des Nutzens zu berechnen sind. Dadurch entfallen die Konsistenzprüfung sowie die subjektive und manuelle Abschätzung der Realität. Der manuelle Aufwand durch paarweise Vergleiche je Entscheidungssituation, d.h. je Auftrag, je Standort, je Kriterium entfällt. In Folge dessen ist das Entscheidungsmodell aus theo-retischer Sicht zur operativen Auftragszuordnung geeignet. Die Gewichtung der Elemente der Hierarchie bleibt jedoch erhalten. Die Relevanzverteilung je nach Situation des Produktionsum-felds wird fortfolgend als Szenario bezeichnet. Die Bildung und Gewichtung der Szenarien er-folgt in Phase 4: Szenarienentwicklung.

Durch die hier aufgeführten Modifikationen des Analytic Hierarchy Process konnte der Rahmen für die Adaptabilität der anwenderspezifischen Auftragszuordnung gebildet werden. Die ein-gangs dargestellten Anforderungen an das Entscheidungsmodell können durch die Modifikation des AHP erfüllt werden.

Die Ausrichtung auf das Unternehmensziel kann durch die Quantifizierung mit Hilfe entschei-dungsrelevanter Kriterien erfolgen, da diese durch das Verfahren zur Kriterien-Selektion aus Phase 1 anwenderspezifisch identifiziert werden können. Mit Hilfe des Distributive-Modes wer-den die Verhältnisse der Alternativen realistisch berücksichtigt. Die Objektivität bei der

<sup>481</sup> Vgl. (Gastes, 2011 S. 16 f.)

<sup>482</sup> Vgl. (Pöyhönen, et al., 1997)

<sup>483</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2009)

Bestimmung der Standorteignung erfolgt durch die Verwendung von quantitativen Daten, wodurch die Konsistenzprüfung entfällt. Bei der Gewichtung der Kriterien bleibt diese jedoch notwendig und wird durch die Wahl einer geeigneteren Skala zur Abbildung der Intensionen verbessert. Die Verwendung der LLSM verhindert den Effekt der Rangumkehrungen deutlich besser als die Aggregationsmethode des Grundmodells. Die logische Konsequenz ist die Verwendung des GCI zur Konsistenzprüfung, da dieser speziell für die Anwendung des LLSM entwickelt wurde.

Die Verbindung des LLSM mit dem MAHP dient dazu das Kompensationsverhalten zu steigern, welches durch angewandte Simulationsläufe im Rahmen dieser Arbeit bestätigt werden konnte.

Die Modifikation des AHP und die dadurch möglichen Adaptionen im Anwendungszusammenhang bei der Auftragszuordnung sind bislang in der Literatur in dieser Zusammensetzung noch nicht zu finden.

### 6.3.1 Kriterien-Hierarchie

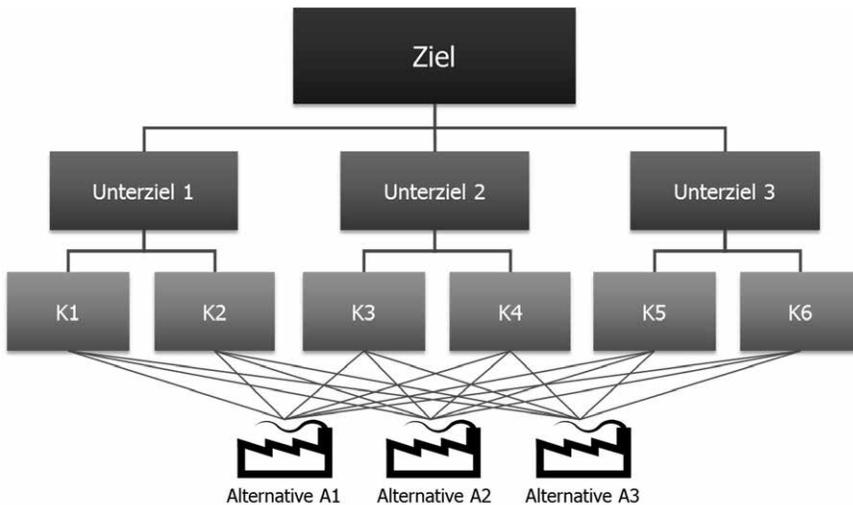
Aus den Zielen und Kriterien, die in Phase 1 identifiziert wurden, muss für die Berechnung der Standorteignung mit Hilfe des modifizierten AHP, eine anwenderspezifische Kriterienhierarchie erstellt werden. Die Erstellung der Hierarchie ist Teil der Stufen aus dem Analytic Hierarchy Process Grundmodell nach Saaty. Die Gründe für die Erstellung einer Hierarchie sind in 4.5.1 Hierarchie beschrieben. Dort wird kritisiert, dass zwar an die Hierarchieerstellung Anforderungen gestellt werden, die z.T. durch Hinweise ergänzt werden, jedoch keine Vorgehensweise zur Hierarchieerstellung empfohlen wird. „*No inviolable rule exists for constructing hierarchies.*“<sup>484</sup> Die Formulierung allgemeingültiger Regeln scheint aus theoretischer Sicht möglich, kann jedoch in der praktischen Anwendung Schwierigkeiten hervorrufen, denn „*... constructing a hierarchy depends on the kind of decision to be made.*“<sup>485</sup> Die Erstellung einer Hierarchie im Bereich des Entscheidungsproblems Auftragszuordnung kann auf Basis der Hinweise von Saaty (siehe 4.5.1 Hierarchie) und mit Hilfe der nachstehend ergänzten Handlungsempfehlung erfolgen.

Saaty bezeichnet das Element der obersten Hierarchieebene als „*The top level, called the focus, consists of only one element: the broad, overall objective.*“<sup>486</sup> Das oberste Element der Hierarchie wird hier als Oberziel bezeichnet und soll dem Namen nach die Zielstellung des Entscheidungsproblems darstellen. In Bezug auf die Auftragszuordnung kann die nachhaltige Unternehmenswertsteigerung als Beispiel für ein Oberziel genannt werden. Das Ziel der Auftragszuordnung kann darin liegen den größtmöglichen Beitrag zur nachhaltigen Unternehmenswertsteigerung zu leisten. Ein Oberziel kann dem obersten Ziel eines Unternehmens entsprechen, das möglicherweise aus dem Zielsystem der Kriterienidentifikation aus Phase 1 entnommen werden kann. Saaty sieht vor, aus dem definierten Oberziel die Zwischen- und Unterziele abzuleiten, die wiederum auf die entscheidungsrelevanten Kriterien führen. Dieser Top-Down Ansatz ist Teil der Kriterienidentifikation aus Phase 1. Allein dieser Weg zur Kriterien-Selektion ist wie in Phase 1 beschrieben zu kurz gedacht. Sind die Kriterien und Ziele jedoch bekannt, kann durch den Top-Down Ansatz die Hierarchie erstellt werden, sofern weitere Restriktionen berücksichtigt und Schritte durchlaufen werden. Folglich wird ausgehend vom Oberziel auf darunter stehende Ziele geschlossen, die aus Phase 1 zur Verfügung stehen. Diese Zielzuordnung muss dabei eine direkte Verbindung zum Oberziel aufweisen, ansonsten handelt es sich bei indirekten Beziehungen um Unterziele, die auf tieferer Ebene den Zwischenzielen zugeordnet werden. Im Gliederungspunkt 4.5.1 Hierarchie ist eine Hierarchie exemplarisch aufgeführt und erläutert. Ziel der hier aufgeführten Handlungsempfehlungen ist die Erstellung einer Hierarchie nach folgendem Beispiel, wobei die Anzahl der Ebenen (Stufen) nicht der Darstellung entsprechen muss.

<sup>484</sup> Siehe (Saaty, 2008 S. 31)

<sup>485</sup> Siehe (Saaty, 2008 S. 32)

<sup>486</sup> Siehe (Saaty, 2008 S. 31)



**ABBILDUNG 35: AUFBAU EINER 3-STUFIGEN HIERARCHIE**<sup>487</sup>

Eine der Anforderungen von Saaty bezieht sich auf die Durchgängigkeit der Hierarchie. Das bedeutet, dass der Beitrag zum Oberziel über Zwischen- und Unterziele bis auf messbare Kriterien zurückverfolgt werden kann. Im Gegenzug soll auch Bottom-Up, also ausgehend von den messbaren Kriterien über Unter- und Zwischenziele, ein Beitrag auf das Oberziel erfolgen können. Diese Anforderung ist nur dann zu erfüllen, wenn die Zuordnungen der Kriterien und Ziele bis hin zum Oberziel in sich schlüssig sind. Die Zuordnung z.B. des Kriteriums Termintreue zum Ziel der Kosteneinsparung ist in sich nicht schlüssig. Wird die Termintreue dem Ziel der Kundenzufriedenheitssteigerung zugeordnet, wird die Anforderung nach Durchgängigkeit erfüllt. Damit die Durchgängigkeit einer Hierarchie von mehr als zwei Elementen neben dem Oberziel gewährleistet werden kann, sind die beschriebenen, Versuche sachlogisch auf schlüssige Zuordnungen zu schließen, unzureichend. Deshalb sollen bei der Hierarchieerstellung die Beziehungen der Elemente untersucht werden. Die Untersuchung bezieht sich dabei in erster Linie auf die Ergebnisse aus Phase 1 in der bereits Wirkungsbeziehungen untersucht wurden. Aus den Ergebnissen soll entnommen werden, welches Kriterium einen Beitrag zu welchem Ziel leisten kann und wie sich die Ziele sowie Kriterien zueinander verhalten. Die Beziehungen aus der Phase 1 können bei Bedarf durch nachgelagerte Untersuchungen ergänzt werden. Mit Hilfe der Kenntnis über Beziehungen der Elemente lassen sich die Kriterien den Unterzielen direkt zuordnen. Falls eine direkte Zuordnung der Kriterien zu den Unterzielen nicht möglich ist, kann ein Zwischenschritt Abhilfe leisten, indem die Kriterien den Elementen einer höheren Ebene zugeordnet werden, zu der eine indirekte Wirkungsbeziehung besteht. Durch diesen Zwischenschritt kann das fehlende Element Top-Down sowie Bottom-Up eingekreist und dadurch identifiziert werden. Die Kenntnis über die Beziehungen der Elemente ist darüber hinaus notwendig, da die Zuordnung der Elemente die Anforderung nach Unabhängigkeit erfüllen soll. Die Unabhängigkeit bezieht sich auf Elemente, die demselben Element untergeordnet sind. Ein Beispiel dafür ist das Ziel der Kundenzufriedenheitssteigerung, dem das Kriterium Termintreue und das Kriterium Terminabweichung (Delta aus Kundenwunschtermin und nächstmöglichen Termin am Standort) untergeordnet sind. Diese Elemente im Beispiel Kriterien sind unabhängig, da eine Steigerung oder Reduzierung der Termintreue keinen Einfluss auf die Terminabweichung hat. Die Terminabweichung ergibt sich aus der Auftragsterminierung unter Berücksichtigung der Durchlaufzeit bei aktueller Belegungssituation der Anlagen laut Arbeitsplan, ggf. Alternativanlagen sowie der Vormaterialverfügbarkeit, ggf. weitere Elemente, in all denen die Termintreue keinen Informationsinput darstellt. Der Grund dafür liegt darin, dass aus der Terminierung ein Termin hervorgeht, den der Standort (dezentrale Planung) über den Verkäufer dem Kunden bestätigen kann, auch wenn dieser ggf. von seinem Wunsch abweicht. Termintreu ist der Standort nur dann nicht, wenn bestätigte Termine nicht eingehalten werden, auch wenn bereits

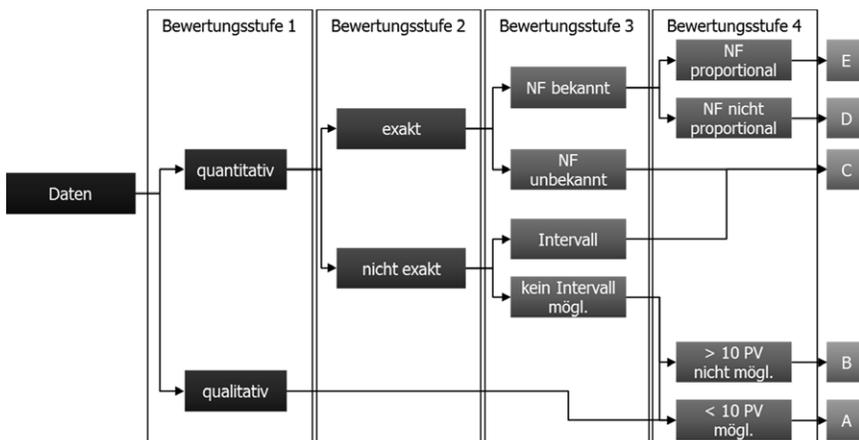
<sup>487</sup> Eigene Darstellung

ein bestätigter Termin nicht dem Kundenwunschtermin entsprechen hat. Dieser kurze Exkurs in die Definitionen und Inhalte möglicher Kriterien zeigt, wie die Elemente betrachtet werden können, um ggf. Abhängigkeiten festzustellen, aus denen dann Gruppierungen der Elemente bzw. zu ergänzende Zwischenziele definiert werden können. Aus den aufgeführten Hinweisen kann ein Entwurf einer Hierarchie erstellt werden, der überprüft und ggf. angepasst werden muss. Als Grundlage der Überprüfung kann die dreiteilige Messbarkeitsregel aus Phase 2 herangezogen werden. Die Informationsquelle und der Output des Elements werden dabei überprüft. Sofern eine Verbindung aus Output eines Elements zum Input eines anderen Elements besteht, kann die hierarchische Anordnung lediglich einer Unterordnung entsprechen. Ist diese Zuordnung noch nicht erfolgt, sind entsprechende Anpassungen an der Hierarchie vorzunehmen.

Nachdem mit Hilfe der aufgeführten Hinweise eine Hierarchie erstellt wurde, wird diese erstmals dem Entscheidungsproblem gegenübergestellt. Die Gegenüberstellung des Problems und der Kriterien-Hierarchie sollte ergeben, dass die Hierarchie das Entscheidungsproblem vollständig abbildet. Falls dies nicht zutrifft, müssen Anpassungsmaßnahmen an entsprechender Stelle des Verfahrens zur Auftragszuordnung vorgenommen und der Ablauf ab der Stelle erneut durchlaufen werden. Aufgrund der Vielzahl von Reviews während des Verfahrens sollten Abstrünge eher selten und, falls dennoch notwendig, nur geringfügige Rückschritte darstellen.

### 6.3.2 Bewertungsart je Kriterium

Im Anschluss an die Erstellung der Kriterien-Hierarchie werden die Bewertungsarten der einzelnen Kriterien definiert. Im Vorfeld wurde festgelegt, dass die Kriterienausprägungen der Alternativen, d.h. die Ausprägungen der Standorte je Kriterium auf Basis quantifizierbarer Werte erfolgen sollen. Innerhalb der Beschreibung des Analytic Hierarchy Process Grundmodells wurden im Gliederungspunkt 4.5.2 Paarweise Bewertung die Bewertungsarten vorgestellt, denen die Kriterien zugeordnet werden müssen. Die Zuordnung der Kriterien zu den Bewertungsarten erfordert die Untersuchung der verfügbaren Informationen und Daten. Dabei muss überprüft werden, welche Auswirkung den Werten der Kriterien zukommt, d.h. worin die Aussage eines Wertes eines Standorts innerhalb eines Kriteriums liegt. (Peters, et al., 2006) stellen ein Schema für die Differenzierung von Bewertungsarten bei Filialen eines Handelsunternehmens vor.<sup>488</sup> Dieses Schema kann jedoch auch auf den Anwendungszusammenhang der Auftragszuordnung adaptiert werden. Das Bewertungsschema ist in Anlehnung an (Peters, et al., 2006) nachstehend abgebildet.



**ABBILDUNG 36: DIFFERENZIERUNG DER BEWERTUNGSARTEN IN ANLEHNUNG AN (PETERS, ET AL., 2006)<sup>489</sup>**

<sup>488</sup> Vgl. (Peters, et al., 2006 S. 16 f.)

<sup>489</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Peters, et al., 2006)

Bei der Definition der Bewertungsart je Kriterium kann ein mehrstufiger Ablauf erfolgen, um die Differenzierung vorzunehmen. Ausgangspunkt dieses Ablaufs sind die Daten des entsprechenden Kriteriums. Der Einstieg in die erste Bewertungsstufe prüft dabei, ob es sich um quantifizierbare oder qualitative Daten handelt. Sind die Daten qualitativ so können lediglich die Bewertungsarten A und B zugeordnet werden. Bei quantitativen Daten erfolgt in der ersten Bewertungsstufe noch keine Eingrenzung, d.h. alle Bewertungsarten sind grundsätzlich denkbar. Im Fall der Auftragszuordnung, bei der quantitative Daten verwendet werden sollen, erfolgt die Differenzierung der Bewertungsarten erst in den folgenden Bewertungsstufen.

In Anlehnung an die obenstehende Darstellung zur Differenzierung der Bewertungsarten wird in der zweiten Bewertungsstufe lediglich eine Differenzierung der quantitativen Daten vorgenommen. Die Differenzierung der Bewertungsstufe 2 bezieht sich auf die Genauigkeit der Daten. Es wird unterschieden, ob die Daten in exakter Form oder nicht exakter Form, d.h. als geschätzte Werte vorliegen.

Erfolgt der Einstieg in die dritte Bewertungsstufe mit exakten quantitativen Daten, wird die dahinterstehende Nutzenfunktion überprüft. Die Nutzenfunktion eines quantitativen Kriteriums wird im nächsten Teilschritt der Phase 3: Berechnung der Standorteignung definiert. Aus diesem Grund muss an dieser Stelle ggf. ein Absprung stattfinden. Unter der Voraussetzung, dass die Nutzenfunktion bekannt ist, d.h. die Nutzenfunktion kann im nächsten Teilschritt definiert werden, erfolgt die weitere Differenzierung dieser Kriterien in der nächsten Bewertungsstufe. Im anderen Fall wird mit demselben Einstieg in die dritte Bewertungsstufe die Nutzenfunktion als unbekannt oder lediglich abschätzbar klassifiziert. Auch dies setzt die Inhalte des nächsten Teilschritts der Phase 3 voraus. Falls die Nutzenfunktion diesem Zweig des Schemas nach unbekannt ist, kann eine Zuordnung des Kriteriums zur Bewertungsart C erfolgen, die Intensitäten und Intensitätsintervalle abbildet. Erfolgt der Einstieg in die dritte Bewertungsstufe anhand quantitativer Daten, die nicht exakt vorliegen, wird dahingehend differenziert, ob die Daten innerhalb von Intervallen liegen oder nicht. Sofern die nicht exakten Daten innerhalb von Intervallen liegen kann diesen die Bewertungsart C zugeordnet werden. Im anderen Fall, bei dem die nicht exakten Daten keinem Intervall zugeordnet werden können, sind diese wie qualitative Daten zu behandeln und in der vierten Bewertungsstufe weiter zu differenzieren.

Bei quantitativen Daten, die exakt vorliegen und bei denen die Nutzenfunktion bekannt ist, wird in der vierten Bewertungsstufe danach differenziert, ob die Nutzenfunktion proportional ist oder nicht. Sind die Nutzenfunktionen der Kriterien proportional, kann die Bewertung des Kriteriums anhand der Bewertungsart E erfolgen. Ein Sonderfall stellen Kriterien dar, bei denen die Nutzenfunktion nicht den größten Nutzen der größten Wertausprägung zuweist. In diesen Fällen, bei denen der kleinste Wert dem größten Nutzen entspricht, muss überprüft werden, ob die Nutzenfunktion dahingehend angepasst werden kann, dass der größte Wert dem größten Nutzen entspricht. Sofern dies nicht möglich ist, kann die Nutzenfunktion durch eine lineare Funktion modelliert werden. Die Nutzenfunktion muss dabei die Restriktion erfüllen, dass alle Ausprägungen innerhalb eines positiven Wertebereichs liegen. Erfolgt hingegen der Einstieg in die vierte Bewertungsstufe mit exakten Daten, deren bekannte Nutzenfunktion nicht proportional ist, muss die Nutzenfunktion dies in der Modellierung entsprechend abbilden, so dass die Zuordnung zur Bewertungsart D erfolgen kann. Bei Daten mit qualitativer Ausprägung und Daten, deren quantitative Ausprägungen nicht exakt und nicht innerhalb von Intervallen vorliegen, wird überprüft, ob diese der direkten Bewertungsart zugeordnet werden sollen oder ob paarweise Vergleiche durchzuführen sind, um die Ausprägung einer Alternative bei einem Kriterium zu bewerten. Paarweise Vergleiche sind jedoch der direkten Bewertung vorzuziehen, da bei direkter Bewertung kein Vergleich der Ausprägungen stattfindet, weshalb die Bewertung von der Realität abweichen kann. Direkte Bewertung ist anzuwenden, wenn die Anzahl zu vergleichender Alternativen für den paarweisen Vergleich zu groß ist. In Fällen, in denen der Entscheider die Alternativen und deren Nutzen kaum abzuschätzen vermag, sind paarweise Vergleiche nicht zielführend. (Peters, et al., 2006) geben hier einen Richtwert von 10 zu vergleichenden Alternativen an.

Bei der Differenzierung der Bewertungsarten ist darauf zu achten, dass die Zuordnung der Kriterien stets unter dem Ziel erfolgt, dass die Bewertung des Entscheidungsproblems so exakt wie möglich erfolgt. Sofern möglich, sind die Kriterienausprägungen in Abhängigkeit der Daten mit einer Nutzenfunktion abzubilden. Durch die Bewertungsarten D und E wird die exakte Bewertung der Entscheidungssituation möglich, wodurch der geeignetste Standort aus einer verfügbaren Anzahl an Standorten zur Herstellung eines Auftrags identifiziert werden kann.

### 6.3.3 Nutzenfunktion je Kriterium

Im vorangehenden Teilschritt Bewertungsart je Kriterium der Phase 3: Berechnung der Standorteignung wurden Absprünge in diesen Teilschritt bei Bedarf angekündigt. Ungeachtet der Absprünge sind im Teilschritt Nutzenfunktion je Kriterium Werte zu ermitteln, die den Ausprägungen zugeordnet werden müssen. Es wird daher je Kriterium ein Bewertungsschema auf Basis der im Vorfeld festgelegten Bewertungsart definiert. Die den Ausprägungen zugeordneten Nutzenwerte werden zur Berechnung der Standorteignung herangezogen. Sofern der Wert der Kriterienausprägung dem Nutzen entspricht kann dieser direkt übernommen werden. Da dieser Idealfall nicht in allen Fällen zutrifft, werden nachfolgend Maßnahmen zur Bestimmung der Nutzenfunktion vorgestellt. Fälle die vom Idealfall abweichen weisen mitunter keine exakten Daten aus. Voraussetzung zur Definition der Nutzenfunktionen sind belastbare und vergleichbare Daten je Kriterium, wie sie durch die Anwendung der Phase 2: Datenstandardisierung generiert werden können.

Zur Definition der Nutzenfunktionen werden zunächst Kriterienausprägungen der Alternativen ermittelt und mit Hilfe eines Schemas bewertet. Dieses Schema soll den Nutzen der Alternativen abbilden, sprich die Nutzenfunktion des Kriteriums darstellen. Die ermittelten Ausprägungen je Alternative und Kriterium werden in Relation zueinander gesetzt, was der Normalisierung der Werte durch den Distributive-Mode entspricht. Die Verhältnisse sind dabei über die gesamten zu erwartenden Wertebereiche abzubilden. Die Untersuchung bezieht sich auf das Verhalten zwischen Wertsteigerung und -reduzierung der Alternativen bei den Kriterienausprägungen in Bezug auf den zu erwartenden Nutzen gegenüber der Ausprägung anderer Alternativen. Entsprechend der definierten Bewertungsart der Kriterien wird die Bewertung der Wertausprägungen durchgeführt. Dadurch ergibt sich die Nutzenfunktion je Kriterium. Ein Sonderfall stellen die Bewertungsarten A und B dar, bei denen die Bewertung des Nutzens auf linguistischen Angaben basiert. Bei diesen Bewertungsarten werden subjektive Einschätzungen des Nutzens unter Zuordnung eines Werts durchgeführt, der bei der Berechnung der Standorteignung herangezogen wird. Deswegen weichen diese Bewertungsarten bezüglich des Nutzens je nach Qualität der Abschätzung entsprechend weit von dem Nutzen der Alternative ab. Der Nutzen wird durch die Bewertungsart C im Vergleich zu den Bewertungsarten A und B verbessert, da hier der Nutzen anhand quantifizierbarer Daten bewertet wird. Der subjektive Anteil der Nutzenbewertung wird durch die Zuordnung zu definierten Intervallen reduziert, da die gleichbleibenden Intervalle die Vergleichbarkeit der Nutzenbewertung verbessern. Trotz einer besseren Vergleichbarkeit sind die zu erwartenden Nutzenwerte der Kriterien ungenau. Der Anspruch an die Objektivität der Entscheidungsfindung kann nur durch die Bewertungsarten D und E erfüllt werden. Bei diesen Bewertungsarten wird der Nutzen mit Hilfe einer zu definierenden Funktion dargestellt. Durch die Funktion lassen sich die Alternativen exakt unterscheiden und bewerten. Dabei kann jedoch eine Scheingenauigkeit vorliegen, wenn die Nutzenfunktion nicht die Realität bezüglich dem Verhältnis aus Wert- und Nutzenänderung abbildet. Die Subjektivität durch manuelle Bewertung von Entscheidern kann durch die Verwendung von Nutzenfunktionen ausgeschlossen werden, da sich keine Bewertungsunterschiede durch unterschiedliche Entscheider ergeben. Die anwenderspezifische Definition der Nutzenfunktionen ist bei der Berechnung der Standorteignung entscheidend, weshalb diese einer genauen Überprüfung unterliegen sollten, bevor sie angewandt werden.

### 6.3.4 Zusammenfassung Phase 3: Berechnung Standorteignung

Die Untersuchung des Forschungsstands in Bezug auf die Problemstellung der Auftragszuordnung ergab, dass hier ein multikriterielles Entscheidungsproblem vorliegt, zu dessen Lösung die Anwendung des Analytic Hierarchy Process geeignet ist. Die im Rahmen der Phase 3: Berechnung der Standorteignung durchgeführten Modifikationen am Grundmodell des AHP können die Anforderungen an das Entscheidungsmodell erfüllen. Der modifizierte AHP ermöglicht die anwenderspezifische Adaption auf das Entscheidungsproblem, das sich innerhalb eines dynamischen Umfelds beim Anwender ergibt. Die Vorbereitungen aus Phase 1: Kriterien-Selektion und aus Phase 2: Datenstandardisierung münden in die Gestaltung des Entscheidungsmodells. Dadurch wird die anwenderspezifische Berechnung der Standorteignung möglich, um den geeignetsten Standort aus einer gegebenen Anzahl an Standorten zur Herstellung eines Auftrags zu identifizieren. Damit die operative Auftragszuordnung gemäß dem definierten Ablauf zur Auftragszuordnung aus Phase 2 erfolgen kann, ist die Berechnung der Standorteignung anhand der Kriterien-Hierarchie, der Bewertungsarten der Kriterien und den entsprechenden

Nutzenfunktionen zu adaptieren. Die dafür notwendige Basis sowie die dafür erforderlichen Schritte werden in Phase 3: Berechnung der Standorteignung beschrieben.

Die Inhalte der Phase 3: Berechnung der Standorteignung stellen die Basis der Entscheidungsfindung dar, die das Verfahren zur Auftragszuordnung prägen. Phase 3 besteht wie die anderen Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung aus Schritten, zu deren Erarbeitung Teilschritte notwendig sind, die sich wiederum aus Einzelbestandteilen zusammensetzen. Wie in Phase 1 und Phase 2 liegt auch in Phase 3 die Entwicklung darin, bestehendes Wissen und etablierte Mechanismen zu modifizieren, um aus der kombinierten Zusammensetzung neue Erkenntnisse zu gewinnen. Ziel dieser Entwicklungen ist es, für die anwenderspezifischen Anforderungen ein adaptierbares Entscheidungsmodell bereitzustellen, um durch dessen Anwendung den geeignetsten Standort zur Herstellung eines Auftrags aus einer gegebenen Anzahl an Standorten zu identifizieren. Die entwickelten Schritte zur Berechnung der Standorteignung bieten dem Anwender die Möglichkeit, seine anwenderspezifischen Inhalte bei der Entscheidungsfindung anforderungsgerecht abzubilden. Dadurch erhält der Anwender das notwendige Entscheidungsmodell, auf dessen Basis die Entscheidungsfindung erfolgen kann.

Die Schritte der Berechnung der Standorteignung sind:

- Kriterien-Hierarchie
- Bewertungsart je Kriterium
- Nutzenfunktion je Kriterium

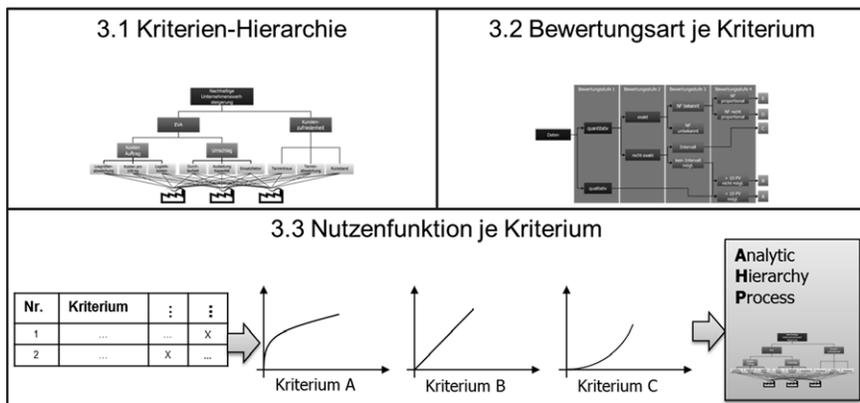


ABBILDUNG 37: PHASE 3: BERECHNUNG DER STANDORTEIGNUNG<sup>490</sup>

## 6.4 Phase 4: Szenarienentwicklung

Das Entscheidungsproblem der Auftragszuordnung wurde bereits mehrfach in den vorangehenden Erläuterungen als dynamisch bezeichnet. Der Grund dafür liegt im dynamischen Umfeld der operativen Auftragszuordnung. Darin ändern sich die Ausprägungen der Kriterien bei jeder Auftragszuordnung. Ein Beispiel dafür ist die veränderte Kapazitätssituation durch die Buchung eines Auftrags an einen Standort oder die Fertigstellung eines bereits gebuchten Auftrags. Neben den sich ändernden Ausprägungen der Kriterien an den Standorten kann sich das Umfeld innerhalb und außerhalb des Unternehmens verändern. Es handelt sich dabei meist um Faktoren, auf die das Unternehmen keinen Einfluss nehmen kann, die jedoch Einfluss auf das Unternehmen ausüben. Durch die Dynamik dieser Faktoren kann sich die Relevanz der Kriterien und der Ziele des Entscheidungsproblems Auftragszuordnung ändern. Das bedeutet, dass z.B. in einer Situation die Belange des Kunden Vorrang vor den unternehmensinternen Belangen haben können. In einem dynamischen Umfeld kann sich diese Situation ändern, so dass die unternehmensinternen Belange Vorrang vor den Belangen der Kunden haben. Diese Belange sind daher in Form einer verteilten Relevanz über die Elemente der Kriterien-Hierarchie zu

<sup>490</sup> Eigene Darstellung

berücksichtigen. Die Elemente der Kriterien können aufgrund des Umfelds nicht zu jedem Zeitpunkt als gleich wichtig, bzw. in gleicher Art und Weise der berücksichtigten Relevanz beurteilt werden. Daher sollen Situationen identifiziert werden, die sich durch die Dynamik des Unternehmensumfelds sowie interner Faktoren ergeben können. Nachdem die Situationen bekannt sind, in denen sich die Auftragszuordnung eines Unternehmens befinden kann, sollen die Elemente der Kriterien-Hierarchie gemäß ihrer Entscheidungsrelevanz der Situation eine Gewichtung erhalten. Diese Schritte sind notwendig, um angemessen auf die aktuelle Situation bei der Entscheidungsfindung der Auftragszuordnung reagieren zu können. Tritt eine Situation ein, die sich von einer bestehenden Situation unterscheidet, muss dafür eine Gewichtung der Kriterien erfolgen. Ist die Gewichtung erfolgt, kann sich die Situation erneut verändert haben. Aufgrund der Dynamik soll die Möglichkeit geschaffen werden Gewichtungen präventiv zu erstellen. Dies erfordert eine Abschätzung der Zukunft. Es sind viele Forschungsbereiche bekannt, die sich mit der Zukunft auf die unterschiedlichste Art und Weise beschäftigen. In Bezug auf die Auftragszuordnung beschreibt sich die Problemstellung wie folgt: Ausgehend von einer gegenwärtigen Situation sollen Situationen identifiziert werden, die in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreffen, so dass für diese Situationen eine Gewichtung vorgenommen werden kann. Die Problemstellung wird dem Bereich der Szenariotechnik zugeordnet. Im Forschungsbereich der Szenariotechnik wird ein Szenario wie folgt definiert: *„Ein Szenario ist eine allgemeinverständliche Beschreibung einer möglichen Situation in der Zukunft, die auf einem komplexen Netz von Einflussfaktoren beruht. Ein Szenario kann darüber hinaus die Darstellung einer Entwicklung enthalten, die aus der Gegenwart zu dieser Situation führt.“*<sup>491</sup> In Anlehnung an die Definition eines Szenarios nach (Gausemeier, et al., 1996), werden die Situationen des Umfelds der Auftragszuordnung fortfolgend als Szenarien bezeichnet.

Die Szenariotechnik stellt eine Kernmethode aus dem Bereich der angewandten Zukunftsforschung dar. Dieser Bereich wird auch als Corporate Foresight bezeichnet, bei dem sich die Untersuchungen zunehmend auf strategische Orientierung von Unternehmen beziehen. Nach (Schulz-Montag, et al., 2006) dienen Szenarien unterschiedlichen Zwecken:<sup>492</sup>

- Erkundung alternativer Entwicklungspfade in die Zukunft
- Sensibilisierung für mögliche und denkbare Veränderungen des Umfelds
- Identifikation und Verdeutlichung von Leitbildern und Zielvorstellungen
- Ermittlung von kritischen Entscheidungspunkten und Eröffnung von Handlungsoptionen
- Beschreibung von Kontexten für zukünftige Innovationen

In der Szenariotechnik werden nach (Schulz-Montag, et al., 2006) unterschiedliche Ansätze verfolgt. Zur Identifikation möglicher Szenarien, die in Zukunft eintreten können, werden mitunter Trends betrachtet, d.h. es wird aus einer aktuellen Entwicklung auf die Zukunft geschlossen. Des Weiteren finden auch Prognoseverfahren Anwendung, bei denen ausgehend von der Vergangenheit auf die Zukunft geschlossen wird. Es werden dabei quantitative und qualitative Informationen, wie Einschätzungen und Meinungen von Experten verknüpft, die in Wechselwirkungen stehen. Aus den Zusammenhängen der Informationen wird durch Einfluss an entsprechender Stelle die Änderung über die Zeitachse prognostiziert. Dabei entstehen als Ergebnis detaillierte Beschreibungen möglicher Szenarien, die dennoch ergebnisoffen sind, da deren Eintritt nicht garantiert werden kann.<sup>493</sup> (Brettschneider, 1999) bezeichnet die Szenariotechnik wie folgt: *„Es ist ein Verfahren zum systematischen Entwurf mehrerer alternativer, nachvollziehbar dargestellter Vorstellungen von der Zukunft und der jeweiligen Entwicklungspfade dorthin.“*<sup>494</sup> Grundsätzlich gilt, dass Szenarien keine harten Vorhersagen treffen können, da diese Projektionen beispielsweise Gedankenexperimenten darstellen. Dabei werden Fragestellungen in Bezug auf „was-wäre-wenn“ gezielt gestellt und versucht zu beantworten. Der Anspruch von Szenarien liegt demnach nicht darin, präzise Vorhersagen zu treffen, sondern Bandbreiten von möglichen Entwicklungen aufzuzeigen.<sup>495</sup>

In den Teilschritten der Phase 4: Szenarienentwicklung werden in Anlehnung an die Methodik der Szenariotechnik realistische Szenarien gebildet und anschließend gewichtet.

<sup>491</sup> Siehe (Gausemeier, et al., 1996 S. 90)

<sup>492</sup> Vgl. (Schulz-Montag, et al., 2006 S. 381)

<sup>493</sup> Vgl. (Albers, et al., 1999 S. 12)

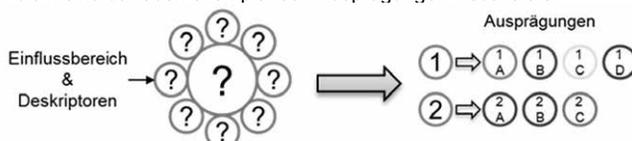
<sup>494</sup> Siehe (Brettschneider, 1999 S. 208)

<sup>495</sup> Vgl. (Kosow, et al., 2008 S. 14)

### 6.4.1 Szenarienbildung

Im Teilschritt Szenarienbildung der Phase 4 Szenarienentwicklung werden Situationen identifiziert, für die im nächsten Teilschritt eine Gewichtung vordefiniert wird, so dass diese bei Eintritt der Situation operativ berücksichtigt werden kann. Bevor auf die Anforderungen und die Vorgehensweise zur Entwicklung von Szenarien eingegangen wird, werden zunächst Begriffe und der Aufbau von Szenarien erläutert.

Szenarien werden anhand von Einflussbereichen und Deskriptoren beschrieben. Bei Einflussbereichen handelt es sich um Überbegriffe, die ein Szenario beschreiben. Beispiele für Einflussbereiche der Auftragszuordnung sind das Management und der Markt. Die Beispiele zeigen, dass bei Einflussbereichen zwischen internen und externen Einflussbereichen differenziert wird. Einflussbereiche reichen noch nicht aus, um Szenarien zu beschreiben. Jeder Einflussbereich gliedert sich in mindestens zwei weitere Deskriptoren. Diese beschreiben wiederum den Einflussbereich. In Bezug auf die genannten Beispiele der Einflussbereiche gehören exemplarisch Deskriptoren der Auftragszuordnung, die Forderung nach Flexibilität beim Management und das Marktpreisniveau beim Einflussbereich Markt. Eine weitere Detaillierung liegt in der Ausprägung je Deskriptor. So kann das Marktpreisniveau hoch, mittel oder niedrig sein. Darüber hinaus können Ausprägungen der Deskriptoren auch durch Werte dargestellt werden, wie z.B. ein Marktpreisniveau von 500 € pro 100 kg oder 300 € pro 100 kg. Wird folglich versucht, ausgehend von der Gegenwart die Zukunft vollständig zu beschreiben, d.h. wird versucht, alle erkennbaren Einflussbereiche, Deskriptoren und Ausprägungen zu erfassen, werden unzählige alternative Entwicklungspfade und Kombinationsmöglichkeiten aus Ausprägungen und Deskriptoren ersichtlich.<sup>496</sup> In nachstehender Abbildung ist ein beliebiger Einflussbereich durch einen großen Kreis dargestellt, der von beliebigen Deskriptoren umgeben ist. Je Deskriptor von 1 bis n sind daneben exemplarisch Ausprägungen visualisiert.



**ABBILDUNG 38: EINFLUSSBEREICHE, DESKRIPTOREN UND AUSPRÄGUNGEN VON SZENARIEN**<sup>497</sup>

Die Anforderungen an die Beschreibung von Szenarien betreffen unterschiedliche Bereiche. In Anlehnung an (Albers, et al., 1999) und (Geschka, et al., 2012) werden im Folgenden Anforderungen an Szenarien aufgeführt.<sup>498</sup>

#### Widerspruchsfreiheit, Konsistenz und Stimmigkeit

Diese Anforderung betrifft die Inhalte der Szenarien, d.h. die Einflussbereiche, Deskriptoren und Ausprägungen. Die Inhalte dürfen demnach nicht in einem Konfliktverhältnis stehen. Das Konfliktverhältnis bezieht sich dabei auf die entsprechenden Ausprägungen des Szenarios, die nicht widersprüchlich sein dürfen. Darüber hinaus ist die Anforderung an die Konsistenz der Angaben zu stellen, die vergleichbar mit den Konsistenzanforderungen aus dem Bereich der Entscheidungstheorie ist. Jedoch erfolgt hier keine Berechnung der Konsistenz wie beim Entscheidungsmodell des Analytic Hierarchy Process. Dem übergreifend steht der Begriff Stimmigkeit, der bezeichnend für das Zusammenspiel der Inhalte eines Szenarios ist. Die Anforderung bezieht sich darauf, dass sich Entwicklungen, d.h. die Ausprägungen der Deskriptoren nicht gegenseitig aufheben dürfen.

#### Stabilität

Die Forderung nach größtmöglicher Stabilität bedeutet, dass die Szenarien einen ausreichenden Detaillierungsgrad aufweisen. Wenn z.B. der Deskriptor Marktpreisniveau in seinen Ausprägungen auf Werte festgesetzt wird, kann durch geringfügige Änderung des Preisniveaus das Szenario entkräftet werden. Die Ausprägungen müssen demnach so definiert werden, dass geringfügige Veränderungen nicht dazu führen, dass das Szenario an Gültigkeit verliert. Geeignet sind deshalb Wertebereiche bei quantifizierbaren Ausprägungen und ausreichend konkrete Angaben bei qualitativen Ausprägungen.

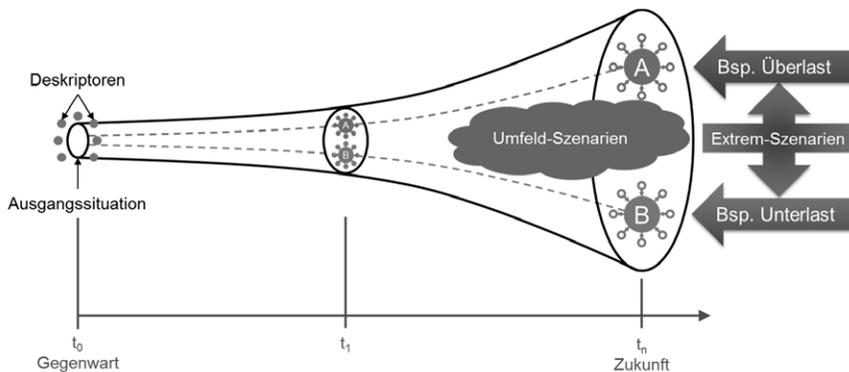
<sup>496</sup> Vgl. (Müller-Stewens, et al., 2011 S. 153 f.)

<sup>497</sup> Eigene Darstellung

<sup>498</sup> Vgl. (Albers, et al., 1999 S. 59) & (Geschka, et al., 2012 S. 5)

### Differenzierbarkeit der Szenarien

Bei der Definition der Szenarien muss darauf geachtet werden, dass sich diese differenzieren lassen. Werden Szenarien definiert, die lediglich geringfügige Unterscheidungsmerkmale bzw. weitreichende Überschneidungen aufweisen, kann es dazu führen, dass diese bei operativer Anwendung unverhältnismäßig oft an Gültigkeit verlieren, d.h. der Anforderung nicht nachkommen, da ein benachbartes Szenario der Situation eher entspricht. Darüber hinaus erschwert dies die Identifikation des aktuell gültigen Szenarios. Der Anforderung nach Differenzierbarkeit der Szenarien folgend ist die Anzahl der Szenarien zu begrenzen, um deutlich unterschiedliche Konstellationen zu erzeugen. (Albers, et al., 1999) empfehlen drei Grundtypen von Szenarien zu entwickeln, die alle denkbaren und empirisch wahrscheinlichen Situationen abbilden können.<sup>499</sup> Die Grundtypen definieren einerseits die Grenzbereiche der zukünftig realistischen Szenarien und andererseits die Fortführung des gegenwärtigen Szenarios. Bei den Szenarien der Grenzbereiche handelt es sich um das positive Extremszenario, das die günstigste zukünftige Entwicklung darstellt und um das negative Extremszenario, das die ungünstigste zukünftige Entwicklung darstellt. Der dritte empfohlene Grundtyp eines Szenarios ist das Trendszenario. Dies entspricht, wie eingangs angedeutet, der Fortschreibung der aktuellen Ist-Situation in die Zukunft. Auch (Geschka, et al., 2012) empfehlen, die Anzahl an Szenarien auf maximal drei zu begrenzen, da sich nach deren Beschreibung die Zukunft innerhalb der gesetzten Fixpunkte einstellen wird.<sup>500</sup> In einer Vielzahl von Quellen zur Szenariotechnik werden die genannten Grundtypen der Szenarien, d.h. die Entwicklung von Gegenwart in die Zukunft, anhand eines Trichtermodells graphisch dargestellt, so auch bei (Geschka, et al., 1997). Die Darstellung ist nachstehend um den Bereich der Umfeldszenarien erweitert.



**ABBILDUNG 39: TRICHTERMODELL DER SZENARIOTECHNIK IN ANLEHNUNG AN (GESCHKA, ET AL., 1997)<sup>501</sup>**

Die graphische Darstellung des Trichtermodells baut sich wie folgt auf. Die Ausgangssituation zum Zeitpunkt  $t_0$  entspricht der Gegenwart, sie ist grundsätzlich analysierbar und erklärbar. Die Einflussbereiche der Ausgangssituation sind bekannt und die Deskriptoren in ihrer Ausprägung können ermittelt werden. Sobald an der Zeitachse in Richtung  $>t_0$  verfahren wird, nimmt die vorhersehbare Ungewissheit zu. Durch die Spannweite des Trichters wird die zunehmende Ungewissheit dargestellt. In der Abbildung des Trichtermodells befindet sich auf Höhe der Ausgangssituation zum Zeitpunkt  $t_n$  das Trendszenario. Im Bereich der Grenzen der Spannweite des Trichters befinden sich die Extremszenarien. Daraus geht hervor, dass die Extremszenarien so zu definieren sind, dass diese möglichst nah an den Grenzen des Trichters liegen. Dieser Anforderung ist in der Praxis nur schwer nachzukommen, da die Grenzen des Trichters unbekannt sind. Es darf daher nicht angenommen werden, dass durch Szenarien ein absolutes

<sup>499</sup> Vgl. (Albers, et al., 1999 S. 12)

<sup>500</sup> Vgl. (Geschka, et al., 2012 S. 4)

<sup>501</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Geschka, et al., 1997 S. 468)

Zukunftsspektrum dargestellt werden kann. Die Zukunft ist indeterminiert, weshalb die Anzahl an Szenarien unbegrenzt und nicht vollständig erfassbar ist.<sup>502</sup>

Aus den Anforderungen geht hervor, dass es unterschiedliche Grundtypen von Szenarien gibt. Darüber hinaus werden Szenarien nach deren Intension unterschieden. (Glockner, 2012) beschreibt die grundsätzliche Unterscheidung in explorative und normative Szenarien. Bei explorativen Szenarien werden Wünsche an eine zukünftige Situation nicht berücksichtigt. Explorative Szenarien bilden ab was nach Expertenmeinung plausibel und mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten wird. Dabei werden ergänzend und unabhängig von den Experten Trends ohne subjektive Vorgaben fortgeschrieben. Kausalitäten zwischen den Bestandteilen, d.h. zwischen den Deskriptoren und Einflussbereichen der Szenarien, werden durch den deskriptiven Charakter der explorativen Szenarien aufgezeigt. Bei normativen Szenarien werden hingegen Wünsche, Interessen und Erwartungen dargestellt. Darin wird abgebildet, welche Situationen für das anwendende Unternehmen erstrebenswert und per Definition erreichbar sind. Diese Art der Szenarien stellt meist eine gewünschte strategische Ausrichtung dar, die als erwünschter Zielzustand bezeichnet werden kann. Um den erwünschten Zielzustand zu erreichen, müssen Maßnahmen definiert und umgesetzt werden. In der Praxis werden nach (Glockner, 2012) häufig normative und explorative Szenarien gebündelt und in ein Szenarioportfolio aufgenommen.<sup>503</sup> Bei der Anwendung der Szenariotechnik auf die Problemstellung der Auftragszuordnung sind vorzugsweise explorative Szenarien zu entwickeln. Der Grund dafür liegt im Anwendungsinhalt der Auftragszuordnung. Hier werden Situationen identifiziert bzw. prognostiziert, auf die durch entsprechende Gewichtung der Elemente der Kriterien-Hierarchie reagiert werden soll. Bei der Definition von normativen Szenarien ist der Einflussbereich der Auftragszuordnung zu berücksichtigen. Zielzustände interner und externer Einflussbereiche liegen überwiegend außerhalb des Einflussbereichs der Auftragszuordnung, auch wenn diese die Auftragszuordnung beeinflussen. Normative Szenarien können für die Auftragszuordnung nur in Verbindung mit Maßnahmen definiert werden. Die Maßnahmen liegen dabei jedoch überwiegend außerhalb der Auftragszuordnung. Die Definition normativer Szenarien steht zwar nicht grundsätzlich im Widerspruch zur reaktiven Auslegung der Auftragszuordnung. Es kann jedoch zu Folgeproblemstellungen führen.

Neben der Unterscheidung der Grundtypen und der Intension von Szenarien führen (Heinecke, et al., 1995) Betrachtungsfelder von Szenarien auf. Die Betrachtungsfelder lassen sich grundsätzlich nach Ebenen und Branchen differenzieren. (Heinecke, et al., 1995) sprechen dabei von Globalszenarien und Feldszenarien. Globalszenarien bilden mögliche Entwicklungen der Zukunft über mehreren Ebenen und Branchen ab. Aufgrund des vielschichtigen Betrachtungsfelds globaler Szenarien sind diese als unkonkret zu bezeichnen. Einen vergleichsweise konkreteren Blick in die Zukunft liefern Feldszenarien. Feldszenarien setzen auf Makro-, Branchen- oder Unternehmensebene an. In Bezug auf die Auftragszuordnung kann die Verwendung von Globalszenarien ausgeschlossen werden, da der direkte Anwender- und Unternehmensbezug zu gering ist. In Frage kommen daher nur Feldszenarien. Eine klare Abgrenzung der Feldszenarien ist für die Auslegung des Verfahrens zur Auftragszuordnung jedoch nicht zielführend. Der Grund besteht darin, dass durch die Festlegung einer Szenarienebene innerhalb des Betrachtungsfelds Feldszenario die Adaptabilität des Verfahrens zur Auftragszuordnung eingeschränkt werden würde. Je nachdem ob ein Unternehmen großen Einfluss von externen oder internen Einflussbereichen erfährt, wird die Ebene des Feldszenarios beeinflusst. Sind z.B. interne Einflussbereiche stärker ausgeprägt, sollten Feldszenarien auf Unternehmensebene definiert werden. In der Praxis sind die Grenzen jedoch fließend, anwenderspezifisch und zeitbezogen. Aufgrund dessen sind bei Szenarien nicht nur die Ausprägungen der Deskriptoren dynamisch, sondern auch die Einflussbereiche und Deskriptoren selbst. Ohne das Bewusstsein, dass bei der Definition der Szenarien die Dynamik Einfluss auf das gesamte Abbild einer Situation nehmen kann, können weder Realität noch Zukunft beschrieben werden. Ein Szenarioportfolio kann deshalb unterschiedliche Szenarien enthalten, die sich in den Ausprägungen der Deskriptoren und in den betrachteten Einflussbereichen samt Deskriptoren unterscheiden. Ein Überblick der Betrachtungsebenen wird nachstehend in Anlehnung an (Heinecke, et al., 1995) dargestellt.

<sup>502</sup> Vgl. (Kaluza, et al., 1995 S. 27 ff.)

<sup>503</sup> Vgl. (Glockner, 2012 S. 32)

Kriterien Ebene	Typ	Hauptuntersuchungsgegenstand	Hauptcharakteristika	Auftraggeber	Erstellt von	Beispiele
global	graphisch orientierte generelle Szenarien	globale Umweltentwicklungen. Analyse möglicher Umwelten	Informationsaggregation, grobes, z.T. abstraktes Datenmaterial	Regierungen, übergeordnete Instanzen	externen Institutionen, z.B. Interfuture-Studie der OECD	ökonomische, soziale, politische Trends der EU, Weltenergiebedarf
partielle (Feld-Szenarien)	problemorientierte, generelle Szenarien (Makroszenarien)	überregionale, zu best. Themen erstellte Szenarien	generelle Entwicklungen zu best. Wirtschaftsbereichen, z.T. nicht differenziert genug	große Unternehmen, (Unternehmens-) Verbände	externe Institutionen	Umweltentwicklung, legislative Beschränkungen, F+E Trends
	branchenspezifische Szenarien (Industry-Scenario)	für Themen, die eine best. Branche betreffen, einschl. Konkurrenzverhalten und Wettbewerbssituation	bezieht sich auf Umweltbedingungen einer best. Branche	Unternehmensgemeinschaften, Unternehmen	Unternehmen (Branche) selbst oder externe Institutionen	zukünftige Anforderungen an Autoindustrie, neue Anwendungsgebiete für Computer
	unternehmensspez. Szenarien (Corporate-Scenario)	Szenarien zu spezifischen Themen der Unternehmensentwicklung	direkt umsetzbare Informationen auf Unternehmenssituation zugeschnitten	Unternehmen	Unternehmen selbst oder in Zusammenarbeit mit externen Institutionen	Absatzmarkt für spez. Produkt, Personalbedarf im Jahr 2020

**TABELLE 18: BETRACHTUNGSEBENEN DER SZENARIEN IN ANLEHNUNG AN (HEINECKE, ET AL., 1995)<sup>504</sup>**

Bei der Bildung der Szenarien sind unterschiedliche Faktoren zu beachten, beginnend bei den zu berücksichtigenden Anforderungen über die empfohlenen Grundtypen bis hin zu den Intentionen und Betrachtungsfeldern von Szenarien. Diese Faktoren werden um weitere zu berücksichtigende Aspekte ergänzt, die jedoch nicht im Vorfeld zu definieren, sondern als Teil des Ablaufs zur Bildung von Szenarien zu verstehen sind. Damit die anwenderspezifische Definition der Szenarien im Rahmen des Verfahrens zur Auftragszuordnung erfolgen kann, wird nachstehend zunächst ein allgemeiner Ablauf der Szenariotechnik vorgestellt und anschließend auf den Anwendungszusammenhang der Auftragszuordnung modifiziert.

Der in der deutschsprachigen Literatur meist zitierte und diskutierte Ansatz zur Bildung von Szenarien ist das Vorgehensmodell des Battelle-Instituts in Frankfurt. Das Vorgehensmodell des Battelle-Instituts ist durch die Verwendung einer Konsistenzmatrix-Analyse und durch die Implementierung einer Störereignis-Analyse gekennzeichnet.<sup>505</sup> Das Battelle Vorgehensmodell setzt sich aus acht Schritten zusammen.<sup>506</sup>

1. Aufgabenanalyse  
Ziele . Strategien . Stärken . Schwächen
2. Einflussanalyse  
Einflussbereiche . Einflussfaktoren . Vernetzung
3. Trendprojektionen  
Eindeutige Projektionen . alternative Projektionen
4. Alternativenbündelung  
Konsistenzbewertung

<sup>504</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Heinecke, et al., 1995 S. 8)

<sup>505</sup> Vgl. (Geschka, 1999 S. 523 f.)

<sup>506</sup> Vgl. (Reibnitz, 1992 S. 30)

5. Szenario-Interpretation  
Vernetzte Szenario-Entwicklung
6. Konsequenz-Analyse  
Chancen / Risiken . Aktivitäten
7. Störereignis-Analyse  
Auswirkungsanalyse . Präventivmaßnahmen . Reaktivmaßnahmen
8. Szenario-Transfer  
Leitstrategie . Alternativstrategie . Umfeldbeobachtungssystem

### Zu Schritt 1 Aufgabenanalyse

In Schritt 1 Aufgabenanalyse wird zuerst der Untersuchungsgegenstand definiert. Anschließend wird eine Ist-Analyse innerhalb des Untersuchungsbereichs durchgeführt. Der Umfang der Ist-Analyse hängt z.B. von der vorliegenden Ebene des Feldszenarios ab. Zur Aufnahme der Ist-Situation wird beim Battelle Vorgehensmodell empfohlen, einen Fragenkatalog zu erstellen, der für die Problembereiche separat Fragen beinhaltet. Das Ziel der Ist-Analyse liegt darin, dass beim Anwender der Szenario-Technik ein Problembewusstsein der Gegenwart entsteht und die Probleme der Gegenwart identifiziert werden. Darüber hinaus soll ein Bewusstsein für Probleme operativer, taktischer und strategischer Anwendungen generiert werden. Im Anschluss an die Ist-Analyse werden die Ergebnisse kategorisiert und in einen zeitlichen Horizont eingeordnet. Zusammenfassend enthält Schritt 1 Aufgabenanalyse folgende Punkte:

- Analyse aller relevanter Informationen des Untersuchungsgegenstands
- Kategorisierung der Analyse-Ergebnisse
- Definition von internen Einflussbereichen und Deskriptoren
- Gemeinsames Verständnis bei allen Beteiligten

### Zu Schritt 2 Einflussanalyse

Bei der Einflussanalyse werden die externen Einflüsse identifiziert, die bei der Szenarienbildung zu berücksichtigen sind. Die Einflussbereiche werden anschließend in einer Vernetzungsmatrix gegenübergestellt und auf Interdependenzen untersucht, d.h. es gibt wechselseitige Einflüsse bei der Änderung eines Einflussbereichs. Daraus können Aussagen über die Dynamik des Untersuchungsgegenstands und dessen Umfeld getroffen werden. Diesen Aussagen kann dann entnommen werden, welcher der Einflussbereiche den größten Einfluss ausübt, d.h. die Wirkungsrelevanz der Einflussbereiche kann ermittelt werden. Zusammenfassend enthält Schritt 2 Einflussanalyse folgende Punkte:

- Definition von externen Einflussbereichen und Deskriptoren
- Interdependenzanalyse

### Zu Schritt 3 Trendprojektionen

Die Trendprojektionen beziehen sich auf Deskriptoren. In diesem Schritt werden Deskriptorausprägungen je Einflussbereich abgeleitet. Nachdem die Deskriptorausprägungen bekannt sind, wird eine Ist-Analyse durchgeführt, um die aktuelle Ausprägung der Deskriptoren aufzunehmen. Die Trendprojektion liegt folglich darin, die Deskriptorausprägungen zu variieren, um dadurch mögliche Zukunftsszenarien zu generieren. Bei den Deskriptoren wird zwischen eindeutigen und alternativen Ausprägungen unterschieden. Eindeutige Deskriptoren sind eher zu prognostizieren als alternative Deskriptoren, da deren Ausprägungen nur geringfügig variieren können. Bei alternativen Deskriptoren hingegen sind deutlich größere Variationen der Ausprägungen denkbar als bei eindeutigen Deskriptoren. Die Begründung und die Beschreibungen der Deskriptorausprägungsarten sind möglichst vollständig zu erstellen. Zur Prognose der Ausprägungen sollen unterschiedliche Quellen herangezogen werden. Zusammenfassend enthält Schritt 3 Trendprojektionen folgende Punkte:

- Definition der Ausprägungen der Deskriptoren
- Analyse des Ist-Zustands der Deskriptoren
- Prognose der Deskriptorausprägungen

### Zu Schritt 4 Alternativenbündelung

Aus den möglichen Deskriptorausprägungen werden anhand der Prognose unterschiedlicher Quellen Alternativen entwickelt, indem unterschiedliche Deskriptoren mit unterschiedlichen Ausprägungen gebündelt werden. Diese werden anschließend auf logische Konsistenz und Verträglichkeit untersucht. Bei der Konsistenzprüfung werden alle theoretisch nicht möglichen Szenarien ausgeschlossen. Aus den theoretisch möglichen Szenarien werden die Szenarien mit

der größtmöglichen Konsistenz selektiert. Eine weitere Eingrenzung sieht vor, Szenarien zu identifizieren, die aus der verbliebenen Menge an Szenarien eine interne Stabilität aufweisen und voraussichtlich über einen längeren Zeitraum gültig sein werden. Abschließend werden zwei Szenarien gewählt, die eine möglichst große Konsistenz, Stabilität und möglichst klare Differenzierungsmerkmale aufweisen.

#### Zu Schritt 5 Szenario-Interpretation

Die Basis zur Szenario-Interpretation sind die Informationen aus den vorangehenden Schritten. Die Vernetzungsmatrix aus Schritt 2 wird an dieser Stelle wiederholt. Die Inhalte beziehen sich dabei jedoch auf die Prognosen der Deskriptoren. Aus der Vernetzungsmatrix geht hervor, wie die Ausprägungen der Zukunft miteinander vernetzt sind. Es können Aussagen über die Entwicklungsdynamik getroffen werden.

#### Zu Schritt 6 Konsequenz-Analyse

Ausgehend von den definierten Szenarien wird analysiert, worin Chancen und Risiken für den Untersuchungsgegenstand liegen können. Die Chancen und Risiken werden anschließend mit Prioritäten versehen. Je nachdem wie relevant eine Chance oder ein Risiko innerhalb eines Szenarios ist, können Maßnahmen definiert werden, die beim Eintritt des Szenarios greifen sollen. Bei der Anwendung der Szenariotechnik zur Entwicklung einer Unternehmensstrategie sind die Entscheidungen auf Basis der Konsequenz-Analyse zu treffen.

#### Zu Schritt 7 Störereignis-Analyse

Bei der Störereignis-Analyse werden mögliche interne und externe Einflüsse bewertet, die plötzlich eintreten können und gleichzeitig einen massiven, negativen oder positiven Einfluss auf den Untersuchungsgegenstand ausüben. Die Störereignisse werden nach deren Einflussstärke differenziert. Für die größten Einflüsse werden Maßnahmen definiert, die je nachdem präventiv oder reaktiv ausgelegt sind. Die Bewertung von Wahrscheinlichkeiten ist nicht zielführend, da die Ereignisse mit den größten Einflüssen die größten Probleme verursachen werden. Bei der Störereignis-Analyse sind jedoch Einflussbereiche zu fokussieren, die eine Reaktion des Untersuchungsgegenstands zulassen. Beispiele für zu analysierende Störereignisse liegen in Märkten, im Verhalten der Wettbewerber, in (technischen) Innovationen, in politischen Entwicklungen sowie in der Verabschiedung neuer Gesetze.

#### Zu Schritt 8 Szenario-Transfer

Schritt 8 definiert eine Leitstrategie, d.h. eine gewünschte Ausrichtung zukünftiger Ereignisse. Die Grundlage der Leitstrategie liegt z.B. in den größten Chancen- und den geringsten Risikopotenzialen aus Schritt 6. Zusätzlich zur Leitstrategie werden Alternativstrategien entwickelt. Die Definition der Strategien wird um ein System ergänzt, das die Veränderung der Umwelt beobachtet, so dass ggf. Präventivmaßnahmen rechtzeitig greifen können.

Die Auslegung des Ansatzes des Battelle-Instituts bezieht sich auf die strategische Unternehmensplanung. Anwendungsbeispiele aus diesem Bereich decken sich mit der hier vorgestellten Grundstruktur zur Szenarienbildung.<sup>507</sup> Das Battelle Vorgehensmodell stellt einen vielfach verifizierten Ansatz zur Szenarienbildung dar. Für die Anwendung des Battelle-Ansatzes bei der Auftragszuordnung sind Anpassungen und Erweiterungen notwendig, auf die nachstehend eingegangen wird. Die Wiederholung der Inhalte wird daher vermieden, vielmehr wird die Modifikation zur Anwendung bei der Auftragszuordnung hervorgehoben. Zur Abgrenzung des Battelle-Ansatzes werden gegenüber der Vorgehensweise zur Szenarienbildung bei der Auftragszuordnung die Schritte durch Buchstaben aufgezählt.

- a. Identifikation Einflussbereiche
  - o Hinweise zur Aufgabenstellung der Szenarienbildung
  - o Systematisierung des internen und externen Umfelds in Bereiche
  - o Definition von internen und externen Einflussbereichen
  - o Methoden zur Identifikation der Einflussbereiche

<sup>507</sup> Vgl. (Fink, et al., 1998) & (Geschka, 1999) & (Godet, 2000)

- b. Ermittlung Deskriptoren
  - Restriktionen und Anforderungen an die Ermittlung von Deskriptoren
  - Ermittlung der Deskriptoren für alle internen und externen Einflussbereiche
  - Methoden zur Ermittlung der Deskriptoren
  - Interdependenzanalyse mit Hilfe einer Vernetzungsmatrix
  - Intensitätsanalyse der Einflussbereiche und Deskriptoren
- c. Definition Deskriptorausprägungen
  - Restriktionen und Anforderungen an die Bestimmung von Ausprägungen
  - Bestimmung der Ausprägungen für alle Deskriptoren
  - Methoden zur Bestimmung der Ausprägungen
- d. Annahmebündelung
  - Restriktionen und Anforderungen an die Annahmebündelung
  - Annahmebündelung
  - Methoden zur Annahmebündelung
- e. Szenarienbildung
  - Restriktionen und Anforderungen an die Szenarienbildung
  - Szenarienbildung
  - Methoden zur Verifizierung der Annahmebündelung in Folge Szenarien
- f. Störfallanalyse & Interpretation
  - Inhalte der Störfallanalyse
  - Interpretation
  - Regelwerk zur Szenarienwahl

#### Zu a. Identifikation Einflussbereiche

Der erste Schritt aus dem Battelle-Ansatz entfällt bei der Anwendung der Auftragszuordnung. Inhaltlich ist die Aufgabenanalyse außerhalb der Szenarienbildung anzusiedeln und somit stellt sie die Basis des Vorgehens zur Szenarienbildung bei der Auftragszuordnung dar. Die Ist-Situation ist aus den vorangehenden Schritten und Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung bekannt, woraus die Aufgabenstellung der Szenarienbildung hervorgeht. Zur Identifikation der Einflussbereiche ist die Kenntnis über die Aufgabe der Szenarien essentiell. Die Aufgabe der Auftragszuordnung in einem dynamischen Umfeld wurde im Verlauf dieser Arbeit mehrfach beschrieben. Im Anwendungsfall der Auftragszuordnung sollen die zu bildenden Szenarien Situationen beschreiben, für die eine Gewichtung der Elemente der Kriterien-Hierarchie vorgenommen werden kann. Es ist davon auszugehen, dass bei unterschiedlichen Situationen die Elemente der Kriterien-Hierarchie in unterschiedlicher Relevanz bei der Entscheidungsfindung berücksichtigt werden sollten. Die Gewichtung der Szenarien soll in einem weiteren Schritt anhand der Situationsbeschreibung vorgenommen werden. Dies beschreibt eine reaktive Auslegung durch die Bildung von normativen Feldszenarien für den definierten Untersuchungsgegenstand Auftragszuordnung.

Der erste Schritt aus der Vorgehensweise zur Szenarienbildung bei der Auftragszuordnung bezieht sich auf die Einflussanalyse, d.h. die Identifikation interner und externer Einflussbereiche. Die Identifikation der Einflussbereiche erfordert die Systematisierung des internen und externen Umfelds in Komponenten, die Einfluss auf den Untersuchungsgegenstand der Auftragszuordnung nehmen. In diesem Schritt sind folglich Faktoren zu ermitteln, die den Untersuchungsgegenstand beschreiben bzw. beeinflussen, jedoch keine konkreten Aussagen liefern können. Zur Systematisierung des internen und externen Umfelds und zur Identifikation der Einflussbereiche empfiehlt sich, auch aus der Anwendung der Szenariotechnik, die Zusammenstellung eines iterativen Verfahrens zur sukzessiven Annäherung an die gesuchten Inhalte. Dabei können Interviewleitfaden mit offenen Fragen an Experten der zu systematisierenden Bereiche des Umfelds gerichtet sowie deren Bezug zum Untersuchungsgegenstand durch teilnehmende Beobachtung festgestellt werden. Des Weiteren können Einflussbereiche in Gruppendiskussionen bestehend aus Experten identifiziert und abgegrenzt werden. Im Bereich der Kreativitätstechniken sind der morphologische Kasten sowie die Delphi-Methode in diesem Anwendungszusammenhang geeignet. Zusammenfassend enthält Schritt a. folgende Punkte:

- Hinweise zur Aufgabenstellung der Szenarienbildung
- Systematisierung des internen und externen Umfelds in Bereiche
- Definition von internen und externen Einflussbereichen
- Methoden zur Identifikation der Einflussbereiche

### Zu b. Ermittlung Deskriptoren

Für jeden internen und externen Einflussbereich, der in Schritt a. identifiziert wurde, werden in Schritt b. die Deskriptoren ermittelt, d.h. hier findet die Konkretisierung der Einflussbereiche durch die Beschreibung anhand der Deskriptoren statt. Ein Einflussbereich wird durch mindestens zwei Deskriptoren beschrieben. Sofern nur ein Deskriptor eines Einflussbereichs ermittelt werden konnte, entspricht dieser ggf. einem Synonym des Einflussbereichs, so dass, wenn keine weiteren Deskriptoren ermittelt werden können, überprüft werden muss, ob es sich um einen vermeintlichen Einflussbereich handelt, der einen Deskriptor darstellt. (Geschka, et al., 2012) wagen die Nennung der Anzahl an Deskriptoren bei komplexen Themen, die bei 30 bis 60 liegen würde.<sup>508</sup> Grundsätzlich sollte die Anzahl an Deskriptoren nicht auf ein Minimum oder Maximum limitiert werden. Der limitierende Faktor sollte der zu erwartende Mehrwert oder Informationsverlust durch die Erweiterung der Deskriptoren bzw. durch die Reduzierung der Deskriptoren sein. Der damit verbundene Aufwand sollte dem zu erwartenden Nutzen gegenübergestellt werden. Aus dieser Betrachtung sollten die Deskriptoren in einer nicht vorgegebenen Anzahl hervorgehen. Die Vorgabe einer Anzahl an Deskriptoren scheint nicht plausibel, da die Anzahl an Deskriptoren anwenderspezifisch von zahlreichen Faktoren abhängt, wie von der zu beschreibenden Situation, der Betrachtungsebene der Szenarien, der Grundtypen der Szenarien (explorativ, normativ) und weiteren mehr, die jeweils durch den Aufwand und Nutzen der ermittelten Deskriptoren zu einer zweckmäßigen Anzahl führen können. Im nächsten Schritt der Vorgehensweise zur Szenarienbildung bei der Auftragszuordnung werden die Ausprägungen der Deskriptoren bestimmt. Daher sollten Deskriptoren grundsätzlich in ihrer Ausprägung zu bestimmen sein. Folglich müssen Deskriptoren messbar bzw. quantifizierbar sein. Diese Anforderung kann durch die Angabe qualitativer Ausprägungen zur Beschreibung der Deskriptoren ergänzt werden, wobei dies zur Steigerung der Subjektivität führt, die jedoch bei bestimmten Einflussbereichen und einzelnen Deskriptoren zulässig ist. Es können demnach quantitative und beschreibende Deskriptoren unterschieden werden. Die Ermittlung der Deskriptoren erfolgt dabei wie die Identifikation der Einflussbereiche iterativ. Zusätzlich können die Deskriptoren aus den Einflussbereichen abgeleitet werden, da diese die Einflussbereiche beschreiben sollen. Die Vorgehensweise kann in Anlehnung an den Top-Down Schritt der Kriterien-Identifikation aus Phase 1: Kriterien-Selektion erfolgen. Hilfreich dabei ist die Analyse des beschriebenen Ist-Zustands, aus dem die aktuell bekannten Deskriptoren der internen und externen Einflussbereiche entnommen werden können. Dies erfordert jedoch eine zusätzliche Prognose dahingehend, ob die ermittelten Deskriptoren auch in der Lage sein können zukünftige Situationen zu beschreiben. Nachdem die Deskriptoren je Einflussbereich anforderungsgerecht ermittelt wurden, wird die Vernetzungsmatrix in Anlehnung an den Battelle-Ansatz aufgestellt. Die Aufstellung einer Vernetzungsmatrix der aus der Anwendung der vorgestellten Methoden hervorgehenden Einflussbereiche ist bereits Teil des Battelle-Ansatzes, der diesem Vorgehen zu Grunde liegt. Die Vernetzungsmatrix ist in der Lage neben der Festlegung von Wechselwirkungen zwischen Einflussbereichen, Anhaltspunkte für die Intensität dieser Wechselwirkungen zu bestimmen. Daraus kann eine Abschätzung der Bedeutung eines Einflussbereichs auf die Auftragszuordnung erfolgen.<sup>509</sup> Die Erstellung der Vernetzungsmatrix an dieser Stelle der Vorgehensweise zur Szenarienbildung bei der Auftragszuordnung verursacht höheren Aufwand als beim Battelle-Ansatz, da hier neben den Einflussbereichen die Deskriptoren berücksichtigt werden, wodurch die Matrix mindestens um zwei Deskriptoren je Einflussbereich vergrößert wird. Die Vernetzung der Einflussbereiche ist für die Anwendung bei der Auftragszuordnung zu unkonkret, da die Ermittlung der Intensitäten der Einflussbereiche ohne die Wechselwirkung der Deskriptoren nicht ausreichend abgeschätzt werden können. Mit der Kenntnis über die Intensitäten kann eine Selektion der zentralen Einflussbereiche und Deskriptoren erfolgen. Aus der Vernetzungsmatrix geht hervor, welche Einflussbereiche und Deskriptoren aktiv auf andere Einflussbereiche und Deskriptoren wirken und welche passiv Wirkung erfahren. Die Selektion erfolgt dabei nach dem Pareto-Prinzip, d.h. es wird ermittelt welche Einflussbereiche und Deskriptoren ca. 80 % der Situationsbeschreibung ermöglichen und dabei den größten Einfluss ausüben. Einflussbereiche und Deskriptoren, die lediglich oder überwiegend passiv Wirkung erfahren und keine bzw. geringe aktive Wirkung ausüben, können ggf. vernachlässigt werden. Diese Angaben sind lediglich als Orientierungshilfen zu verstehen und dienen der Aufwandsreduzierung. Einflussbereiche und Deskriptoren, die verschwindend geringen beschreibenden Charakter und Einfluss auf eine Situation nehmen können, liefern bei der Szenarienbildung lediglich geringen Mehrwert, der in Einzelfällen dazu führen kann, diese nicht näher zu untersuchen. Die Entscheidung ist

<sup>508</sup> Vgl. (Geschka, et al., 2012 S. 6)

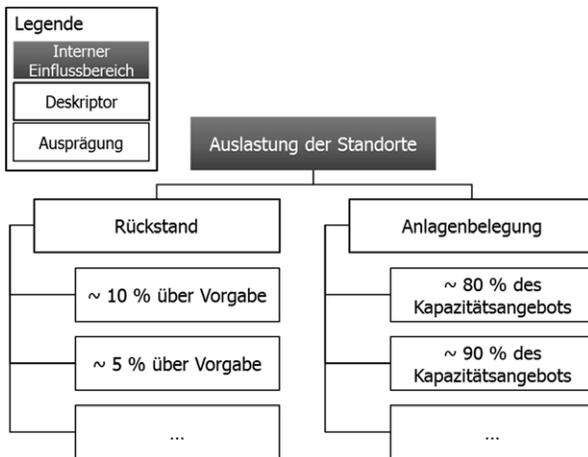
<sup>509</sup> Vgl. (Götze, 1993 S. 148)

dabei anwenderspezifisch und sollte objektiv bestimmt werden. Sofern der Ausschluss nicht begründet werden kann, sollten Einflussbereiche und Deskriptoren weiterhin betrachtet werden. Zusammenfassend enthält Schritt b. folgende Punkte:

- Restriktionen und Anforderungen an die Ermittlung von Deskriptoren
- Ermittlung der Deskriptoren für alle internen und externen Einflussbereiche
- Methoden zur Ermittlung der Deskriptoren
- Interdependenzanalyse mit Hilfe einer Vernetzungsmatrix
- Intensitätsanalyse der Einflussbereiche und Deskriptoren

#### Zu c. Definition Deskriptorausprägungen

In Schritt c. werden die Ausprägungen je Deskriptor bestimmt. Diese beziehen sich auf den vorliegenden Ist-Zustand und auf alle Zustände, die eintreten können, um in Folge Szenarien bilden zu können. Ausprägungen müssen grundlegend erfassbar sein. In Schritt b. wurde kurz darauf Bezug genommen, dass Ausprägungen messbar sein müssen. Die Messung kann dabei subjektiv oder objektiv erfolgen, d.h. anhand quantitativer oder qualitativer Messverfahren. Die Subjektivität sollte jedoch so gering wie möglich ausfallen. Auch bei der Bestimmung von Ausprägungen je Deskriptor ist die Limitierung auf ein Maximum an Ausprägungen nicht zweckmäßig. Jedoch sollten auch hier mindestens zwei Ausprägungen ermittelt werden, da der Deskriptor sonst statisch ist und somit keine Veränderung der Situation beschreiben kann, was zum Ausschluss des Deskriptors führen muss. Zur Bestimmung aller erdenklichen Ereignisse und somit Ausprägungen eines Deskriptors eignen sich Kreativitätstechniken. Zunächst sollte ein morphologischer Kasten aufgestellt werden, dessen Parameter den ermittelten Deskriptoren entsprechen. Je Parameter können dann Ausprägungen durch verschiedene Methoden bestimmt werden. Dazu eignen sich offene Interviews zur Begriffsabfrage, Brainstorming, Kartenabfrage z.B. innerhalb eines Workshops mit Experten, die 6-3-5 Methode und der weiteren mehr. Bei der Anwendung von Kreativitätstechniken empfiehlt es sich, Methoden zu verwenden, die innerhalb des Unternehmens etabliert sind, d.h. die Anwenderorientierung steht dabei im Vordergrund. Gehen aus der Anwendung der bekannten Standards unzureichende Ergebnisse hervor, sollten weitere Methoden verwendet werden. Die Ergebnisse sind dann unzureichend, wenn nicht für jeden Deskriptor mindestens zwei Ausprägungen bestimmt werden, wenn die identifizierten Ausprägungen nicht quantifizierbar und / oder keine Unterscheidung zulassen bzw. deren Überschneidung zu groß ist, da sich in diesen Fällen Situationen nicht differenzieren lassen. Die Überprüfung der Ausprägungen auf Vollständigkeit ist nicht möglich, da dies einer Prognose entspricht, bei der nicht alle Individualitäten bekannt sind oder berücksichtigt werden können. Deshalb muss ein Prozess die Bestimmung der Ausprägungen je Deskriptor darstellen, der auf einer Methodenkombination basiert, die sich zyklisch wiederholt. Dadurch können weitere Ausprägungen ermittelt werden, durch die weitere bzw. andere Szenarien erstellt oder die vorhandenen Szenarien angepasst werden können. Bei der Anwendung der in Folge aus der Vorgehensweise zur Szenarienbildung der Auftragszuordnung definierten Szenarien kann der Bedarf nach weiteren oder angepassten Szenarien entstehen, wenn im Szenarienportfolio eine vorliegende Situation nicht enthalten ist. Um darauf schnellst möglich reagieren zu können, ist es erforderlich, dass die Ausprägungen der Deskriptoren in größtmöglicher Vielfalt bestimmt wurden, so dass die vorliegende Situation in Form eines Szenarios dargestellt werden kann. Beispiele für Einflussbereiche, Deskriptoren und Ausprägungen der Auftragszuordnung sind nachstehend visualisiert.



**ABBILDUNG 40: BEISPIELE FÜR EINFLUSSBEREICHE, DESKRIPTOREN UND AUSPRÄGUNGEN DER AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>510</sup>**

Die Darstellung zeigt, dass die Ausprägungen abgegrenzt werden müssen. Es sollte daher im Vorfeld, in Anlehnung an die Darstellung, definiert werden, was bei einer Ausprägung der Anlagenbelegung von 85 % geschieht, wenn ein Szenario A auf 80 % und ein Szenario B auf 90 % ausgelegt sind. Abhilfe können dabei Trendbetrachtungen schaffen. Wenn z.B. eine Schwellwertüberschreitung zu erwarten ist und exemplarisch in naher Zukunft min. 86 % Anlagenbelegung prognostiziert werden, sollte das Szenario B gelten. Eine weitere Alternative stellen qualitative Ausprägungen der Deskriptoren dar. Am Beispiel der Anlagenbelegung könnten die Ausprägungen als hoch, mittel oder niedrig bezeichnet werden, was jedoch zu einer Fehlinterpretation der Situation aufgrund der subjektiven Abschätzung führen kann. Es reicht daher nicht aus, die Ausprägungen zu bestimmen. Es müssen dabei auch die Grenzen zwischen Ausprägungen definiert und Regeln erstellt werden, wann welche Ausprägung greifen bzw. wie diese festgestellt werden soll. Zusammenfassend enthält Schritt c. folgende Punkte:

- Restriktionen und Anforderungen an die Bestimmung von Ausprägungen
- Bestimmung der Ausprägungen für alle Deskriptoren
- Methoden zur Bestimmung der Ausprägungen

#### Zu d. Annahmebündelung

In Schritt d. werden Projektionen und Annahmen aufgestellt, die durch die Kombination aus Einflussbereichen, Deskriptoren sowie deren Ausprägungen gebündelt und in Folge zu Szenarien fixiert werden. Bei der Bildung und der Auswahl von alternativen Annahmekombinationen ist auf die Konsistenz der Ausprägungen zu achten. Ein inkonsistentes Beispiel aus der Auftragszuordnung in diesem Zusammenhang ist eine Anlagenbelegung an der Kapazitätsgrenze bei einem enorm schwachen Auftragsbestand und minimalen Umlauf- sowie Vormaterialbestand. Zur Überprüfung der Konsistenz sind daher die Ausprägungen der Deskriptoren in Beziehung zueinander zu setzen. Die Wahl von Ausprägungen als eine Annahme der in Zukunft möglichen Situationen sollte begründet erfolgen. Dabei sind die Beziehungen der Deskriptorausprägungen in Form von Hypothesen zwischen den Objekten aufzustellen, indem ein Zusammenhang definiert wird. Dieser Zusammenhang kann auf veröffentlichte Studien Bezug nehmen, die empirisch belegte Hypothesen beinhalten. Annahmen sollten auf wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen, die eine Recherche für die Begründung einer gewählten Verknüpfung aus Einflussbereichen, Deskriptoren und deren Ausprägungen erfordern. Deskriptorausprägungen, die nicht in Beziehung zu anderen Ausprägungen stehen, sollten ausgeschlossen werden, um das System möglichst schlank zu halten. Des Weiteren sind die Ausprägungen erneut zu überprüfen und deren Grenzen zu beschreiben. Nicht messbare Ausprägungen müssen ersetzt werden. Die Annahmebündelung bringt verschiedene Kombinationen hervor, die noch nicht als Szenarien bezeichnet werden können, da an dieser Stelle bislang nur die

<sup>510</sup> Eigene Darstellung

Konsistenz, die Beziehungen basierend auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, Messbarkeit der Ausprägungen und die Grenzen der Ausprägungen überprüft wurden. Zusammenfassend enthält Schritt d. folgende Punkte:

- Restriktionen und Anforderungen an die Annahmebündelung
- Annahmebündelung
- Methoden zur Annahmebündelung

#### Zu e. Szenarienbildung

Die gebündelten Annahmen, bestehend aus Ausprägungen je Deskriptor jedes Einflussbereichs, werden in Schritt e. zu Szenarien fixiert. Die Grundlagen dazu wurden in den vorangehenden Schritten erstellt, wie die Konsistenzprüfung, die Beziehungen, die Messbarkeitsregeln und die Grenzen. Wie erwähnt, reichen diese für die Bildung der Szenarien noch nicht aus. Die Annahmebündelungen werden zunächst in eine verbale Situationsbeschreibung überführt. Die Beschreibung sollte dabei so genau wie möglich und so genau wie nötig erfolgen, so dass die Situation bei Eintritt identifiziert werden kann. Innerhalb der Beschreibung sind vor allem die Grenzen der Ausprägungen zu bestimmen. Weitere Abstufung kann erfolgen, indem die Einflussbereiche, Deskriptoren und Ausprägungen mit der größten Intension klar abgegrenzt sind, so dass eine Situation, die den Kernbereichen entspricht und in einzelnen Ausprägungen nicht die Beschreibung widerspiegelt dennoch als das betreffende Szenario eingestuft werden kann. Die Situationsbeschreibung und die Einflussbereiche, Deskriptoren sowie die Ausprägungen werden je Annahmebündelung in einer tabellarischen Auflistung gesammelt. Die vollständigen Darstellungen der Annahmebündelungen werden anschließend gegenübergestellt. Die Anforderung an die Szenarien basierend auf den Annahmebündelungen betrifft die Differenzierbarkeit der beschriebenen Situationen. Ist eine Unterscheidung der Annahmebündelungen nicht möglich, müssen diese nachträglich konkretisiert werden. Aus den Grundlagen der Szenariotechnik geht hervor, dass mindestens drei Grundformen von Szenarien zu definieren sind. Dies betrifft das Trendszenario, das in den meisten Fällen der Fortführung der Ausgangssituation entspricht. Darüber hinaus sind die Extremszenarien zu definieren. Sind diese in den Annahmebündelungen nicht enthalten, müssen weitere Annahmebündelungen stattfinden. Die Annahmebündelungen in Form von Umfeldszenarien, Trendszenario und Extremszenarien können erst dann als Szenarien fixiert werden, wenn diese einen minimalen Interpretationsspielraum aufweisen. (Götze, 1993) empfiehlt daher Szenarien von einem Forscherteam bzw. Expertenteam aus dem Unternehmen zu verifizieren, da diese auf ihre Kenntnisse und Fähigkeiten sowie auf ihre breite Wissensbasis zurückgreifen können.<sup>511</sup> Dadurch kann die Verifizierung der Szenarien, also die Beschreibung von Situationen in Zukunft, plausibilisiert werden. Die Vollständigkeit der Aussagen und deren Interpretationsspielraum werden somit einem qualitativen Kontrollmechanismus unterzogen. Quantitative Kontrollmechanismen zukünftiger Situationen sind zum Stand der Forschung indiskutabel. An Stelle eines Expertenteams kann die Verifizierung durch eine Einzelperson stattfinden. Die Einzelperson kann sich bei der Verifizierung auf das fachliche Wissen und auf die zur Verfügung stehenden Quellen beziehen. Die Qualität der Szenarienbildung, d.h. die Überführung von Annahmebündelungen in Szenarien, ist von der intellektuellen sowie materiellen Ressource der Einzelperson abhängig. Neben der Qualität kann durch die Verifizierung durch eine Einzelperson die Akzeptanz der fixierten Szenarien leiden, sofern es nicht gelingt die Untersuchungsergebnisse transparent und nachvollziehbar zu dokumentieren. Szenarien, die von einer Person oder mehreren Personen bestätigt wurden, sollten nur dann einer Störfallanalyse und Interpretation unterzogen werden, wenn sichergestellt werden kann, dass die Szenarien sowie die Überführung ausgehend von Annahmebündelungen konsistent, vollständig, transparent, nachvollziehbar, (möglichst) frei von Fehlinterpretationen und plausibel sind. Kann dies an dieser Stelle der Vorgehensweise zur Szenarienbildung bei der Auftragszuordnung nicht bestätigt werden, sind Korrekturen in den vorangehenden Schritten notwendig. Im Fall, dass die Annahmebündelungen bestätigt werden können, werden diese als Szenarien fixiert. Zusammenfassend enthält Schritt e. folgende Punkte:

- Restriktionen und Anforderungen an die Szenarienbildung
- Szenarienbildung
- Methoden zur Verifizierung der Annahmebündelung in Folge Szenarien

<sup>511</sup> Vgl. (Götze, 1993 S. 235 f.)

### Zu f. Störfallanalyse & Interpretation

Die Störfallanalyse und Interpretation der Szenarien führen zur Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit. Die Szenarien die mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten werden, erhalten im folgenden Gliederungspunkt eine Gewichtung, die bei operativer Anwendung berücksichtigt werden kann. Im Rahmen der Störfallanalyse werden die Szenarien einer Modifikation unterzogen, d.h. es werden weitere unkritische Deskriptoren hinzugezogen, die im Vorfeld aufgrund der geringen Intensität ausgeschlossen wurden. Dadurch kann die Störfälligkeit der Szenarien in Bezug auf den Eintritt zusätzlicher Ereignisse untersucht werden. Die Überprüfung bringt hervor, ob bei Eintritt eines vorab nicht berücksichtigten Ereignisses eine Veränderung des Szenarios verursacht wird. Falls dies zutrifft, muss das Szenario angepasst werden. Ergänzend wird ein Störfall simuliert, der nicht, wie vorab beschrieben, ein zusätzliches Ereignis berücksichtigt, sondern eine Änderung eines erwarteten Ereignisses beschreibt. Die Simulation bezieht sich darauf, dass ein plötzlicher Trendbruch eintritt. Eine Variation kann einen unerwarteten bzw. vorab nicht erkennbaren Trendbruch beinhalten. Zusätzlich sind dabei Kreativitätstechniken anzuwenden, um eine Vielzahl an Individualitäten zu simulieren, wodurch die Auswirkungen auf die definierten Szenarien abgeschätzt werden können. Neben den Trendbrüchen werden die dadurch auftretenden Chancen und Risiken abgeschätzt. Aus den Chancen und Risiken gehen Intensionen für die darauffolgende Gewichtung hervor. Wenn die Chance eines Szenarios darin besteht Neu-Kunden zu gewinnen, sollte ggf. die Gewichtung der Kriterien der Kundenzufriedenheit erhöht werden. Die theoretische Eintrittswahrscheinlichkeit kann auf Basis der Störfallanalyse in Kombination mit den wissenschaftlichen Erkenntnissen aus der vorangehenden Analyse sowie auf Basis der Untersuchung eines Expertenteams abgeschätzt werden. Diejenigen Szenarien, die mit einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit bewertet wurden, können in ein Szenarioportfolio aufgenommen werden, das mindestens die drei Grundformen der Szenarien, Trendszenario und Extremszenario beinhaltet. Alle weiteren Szenarien sollten archiviert werden, so dass im Bedarfsfall darauf zurückgegriffen werden kann. Die Szenarien des Szenarioportfolios werden anschließend einer Interpretation unterzogen. Die Interpretation bezieht sich darauf, welche Auswirkung der Eintritt des Szenarios neben den Chancen und Risiken mit sich bringen kann. Diese Interpretationen sollten dabei in die Szenarienbeschreibung einfließen. Die Szenarienbeschreibung enthält, wie im Vorfeld festgelegt, in tabellarischem Aufbau die Einflussbereiche, Deskriptoren, Ausprägungen und Grenzen sowie die vollständige verbale Beschreibung der Situation. Mit Hilfe der Szenarienbeschreibung sind abschließend Regeln zur Szenarienwahl zu definieren. Im Anwendungsfall soll durch das Regelwerk zur Szenarienwahl die Situationsanalyse beschrieben werden, durch die ein Szenario identifiziert werden kann, das die aktuelle Situation repräsentiert. Des Weiteren soll darin festgelegt werden, welche Maßnahmen greifen sollen, wenn keines der Szenarien aus dem Szenarioportfolio der aktuellen Situation entspricht. Sofern qualitative Ausprägungen in einem Szenario enthalten sind, ist die qualitative manuelle Abschätzung der Situation notwendig. In diesem Fall ist festzulegen, durch welche Personen die Abschätzung erfolgen soll und auf welcher Basis dies bestimmt werden soll, d.h. welche Informationen dabei zu berücksichtigen sind. Neben diesen Faktoren zur Situationsanalyse ist der zeitliche Rahmen zu definieren. Der Zyklus der Szenarienwahl ist dabei von der Dynamik des Umfelds abhängig und entsprechend anzupassen. Ein weiterer zeitlicher Rahmen bezieht sich auf die Gültigkeit der Szenarien, d.h. es wird festgelegt, ob ein Szenario für den Auftragszugang gültig ist, dessen Produktionsstart in der Zukunft liegt, wie z.B. >10 Wochen oder alle eingehenden Aufträge unter demselben Szenario zugeordnet werden. Weiterer Bezug des zeitlichen Rahmens liegt in der Informationsbasis der Ausprägungen. Die reine Quantifizierung der Ausprägungen des Ist-Zustands kann um Forecasts bzw. Prognosen, Trends oder saisonale Effekte aus der Vergangenheit ergänzt werden. Die Konkretisierung des Regelwerks zur Szenarienwahl sollte anwenderspezifisch erfolgen, so dass an dieser Stelle keine Vorgaben neben den aufgeführten Hinweisen erfolgen können. Zusammenfassend enthält Schritt f. folgende Punkte:

- Inhalte der Störfallanalyse
- Interpretation
- Regelwerk zur Szenarienwahl

Die beschriebenen Modifikationen am Battelle-Ansatz der Vorgehensweise zur Szenarienbildung bei der Auftragszuordnung sollen die anwenderspezifische Szenarienbildung ermöglichen, so dass im nächsten Schritt der Phase 4: Szenarientwicklung die Szenariengewichtung für die Szenarien des Szenarioprotfolios erfolgen kann. Die Vorgehensweise beschreibt zusammenfassend die Identifikation der internen und externen Einflussbereiche, die Identifikation der

Deskriptoren und die Ermittlung der Ausprägungen, die als Annahmen gebündelt werden und in Form von Szenarien in einem Szenarioportfolio fixiert werden.

#### 6.4.2 Szenariengewichtung

In Schritt 2 Szenariengewichtung der Phase 4: Szenarientwicklung werden die Szenarien des Szenarioportfolios aus der Szenarienbildung gewichtet. Die Gewichtung stellt die situationsspezifische Relevanzverteilung der Elemente der Kriterien-Hierarchie dar, die bei der operativen Entscheidungsfindung bezüglich der Identifikation des geeignetsten Standorts aus einer gegebenen Anzahl an Standorten berücksichtigt werden sollen. Das aus der Szenariengewichtung hervorgehende Gewicht eines Elements bestimmt über seinen Einfluss auf die Entscheidungsfindung. Ein Kriterium, das z.B. ein hohes Gewicht hat, kann durch geringe Abweichung zweier Alternativausprägungen einen großen Effekt verursachen, dagegen bewirkt ein Kriterium mit sehr geringem Gewicht trotz großer Abweichungen der Alternativausprägungen einen geringen Effekt. Die Auswirkung der Gewichtung auf die Entscheidungsfindung soll gezielt genutzt werden, indem beispielsweise bei Extremszenarien wie einer kapazitiven Überlastsituation gegenüber einer Unterlastsituation die Relevanz der Kundenzufriedenheit im Verhältnis zu anderen Elementen der Kriterien-Hierarchie reduziert oder gesteigert wird. In einer Unterlastsituation kann die höhere Gewichtung der Kundenzufriedenheit dazu beitragen, Kunden zu binden und weitere Kunden durch den Fokus auf den Service zu gewinnen. Um die Dynamik des Umfelds bzgl. sich ändernder Relevanzen zu berücksichtigen, sind die unterschiedlichen Situationen über Szenarien abzubilden. Durch die präventive Gewichtung möglicher Situationen reduziert sich der manuelle Aufwand bei der operativen Auftragszuordnung.

Die Gewichtung der Elemente der Kriterien-Hierarchie zueinander kann nicht mit Hilfe von quantitativen Daten erfolgen. Im Anwendungsfall der Auftragszuordnung werden unterschiedliche Kriterien in unterschiedlichen Einheiten verwendet. Die Gewichtung anhand quantitativer Daten ist nur dann möglich, wenn die Kriterien dieselbe bzw. eine vergleichbare Einheit in Bezug auf ein Oberziel aufweisen.<sup>512</sup> In der Anwendung der Auftragszuordnung scheint es nicht möglich, unterschiedliche Einheiten in eine gemeinsame Einheit zu überführen. Falls doch, sollte die Kriterien-Hierarchie überprüft werden, denn Elemente mit derselben Einheit beziehen sich ggf. auf dieselbe Information, d.h. sie messen ggf. das Gleiche und sollten demnach zusammengefasst oder bei Deckungsgleichheit auf ein Element reduziert werden. Ansonsten kommt es zu einer Verdopplung bei der Gewichtung der Kriterien. Aufgrund dessen erfolgt die Gewichtung der Elemente der Kriterien-Hierarchie qualitativ, d.h. die Bestimmung der Gewichte erfolgt durch paarweise Vergleiche. Die Modifikation am Grundmodell des AHP bei der lokalen Gewichtung wurde in 6.3.0 Entwicklung des Entscheidungsmodells auf Basis des Analytic Hierarchy Process beschrieben. Darin sind die Berechnungsgrundlagen sowie die Modifikationen zur anforderungsgerechten Bestimmung der Gewichtung enthalten. Die Zusammensetzung zur Bestimmung der lokalen Gewichte enthält die Aggregation mit Hilfe der Logarithmic Least Square Method und die Normalisierung durch den Distributive-Mode, wodurch die Wahl einer Bewertungsskala nicht eingeschränkt wird. Die Konsistenzprüfung erfolgt durch den Geometric Consistency Index, da dieser speziell für die Logarithmic Least Square Method entwickelt wurde.

Wie vorangehend aufgeführt, erfolgt die Gewichtung durch paarweisen Vergleich der Elemente der Hierarchie. Die Gewichtung selbst wird von den anwenderspezifischen, unternehmensinternen Experten durchgeführt. Die Basis der qualitativen Gewichtungen sind die vollständig beschriebenen Szenarien aus dem Szenarioportfolio, das im vorangehenden Schritt Szenarienbildung der Phase 4 entwickelt wurde. Während der paarweisen Vergleiche aller Elemente der Kriterien-Hierarchie wählt der Experte aus einer verbalen Skala, die dem Saaty Grundmodell der lokalen Gewichtung entspricht und auf dem die vorgestellten Bewertungsskalen aufbauen. Die Gewichtung mit Hilfe einer verbalen Skala macht es dem Entscheider leichter, die Relevanzbeurteilung zweier Elemente durchzuführen. Beispielsweise gibt der Experte an: Kriterium A ist viel wichtiger als Kriterium B. Hinter der verbalen Skala können aufgrund des AHP Designs dieser Arbeit wahlweise unterschiedliche Skalen verwendet werden. Aus der Untersuchung alternativer Bewertungsskalen ging mitunter hervor, dass die Balanced Scale die Intensionen der Entscheider besser abbilden kann als die 9-Punkte Skala nach Saaty.<sup>513</sup> Zudem wird die Logarithmic Scale in Verbindung mit dem multiplikativen Analytic Hierarchy Process

<sup>512</sup> Vgl. (Peters, et al., 2004 S. 306)

<sup>513</sup> Vgl. (Pöyhönen, et al., 1997)

empfohlen.<sup>514</sup> Tests im Rahmen der Verfahrensentwicklung zur Auftragszuordnung geben Anlass zur Annahme, dass die Wahl der Bewertungsskala anwenderspezifisch ist. Es kann daher keine Empfehlung für eine Skala ausgesprochen werden. Es sollte die Skala verwendet werden, die die Intensionen der Experten am besten repräsentiert. Die Einzelgewichtungsergebnisse je Experte werden gesammelt und ausgewertet. Die Auswertung sollte dabei die durchschnittliche Bewertung aller Beteiligten ausweisen sowie die Verteilung innerhalb der Bewertungsspanne darstellen. Die Bewertungsergebnisse werden dann durch mehrstufige Gruppendiskussionen mit den Experten abgestimmt und die Gewichtung der Szenarien fixiert. Die Abstimmung zur Fixierung der Gewichtungsergebnisse der Szenarien kann mit Hilfe der Delphi Methode erfolgen. Dabei werden grundsätzlich Experten zu einer Abschätzung herangezogen, wie sie im Rahmen der Gewichtung der Szenarien erfolgt.<sup>515</sup> Während der Abschätzung sollten sich die Experten jedoch nicht miteinander austauschen oder abstimmen. In Anlehnung an die Standard-Delphi-Methode nach (Häder, 2002) werden Arbeitsformulare durch einen Projektleiter vorbereitet und in Bezug auf die Ziele des Gewichtungsvorhabens allen Experten zur Verfügung gestellt. Die Abschätzung der Gewichtung erfolgt durch den jeweiligen Experten. Die Summe aller Gewichtungsabschätzungen aus den paarweisen Vergleichen wird vom Projektleiter ausgewertet. Sofern gravierende Abweichungen einzelner Experten auftreten, sollten diese in Verbindung mit einer Erklärung an den Experten zurückgespielt werden. Die Experten können ihre Abschätzung überdenken und dem Projektleiter ggf. nach Anpassung zukommen lassen. Diese Schleife sollte sich bis zum Konsens wiederholen. Eine Alternative zur Delphi-Methode ist die Cooke's Method<sup>516</sup>, welche der Vorgehensweise der Delphi-Methode nachempfunden ist. Der Unterschied liegt darin, dass die Abschätzung der Experten in Bezug auf deren Fähigkeiten gewichtet wird. Die Abschätzung des Spezialisten unter den Experten erhält dabei ein höheres Gewicht als die Abschätzung eines regulären Experten. Die Szenariengewichtung endet mit der Fixierung der Gewichtungsergebnisse durch die Expertenabstimmung. Die Szenariengewichtung wird in der operativen Anwendung der Auftragszuordnung systemunterstützt bei der Berechnung der Standorteignung berücksichtigt. Die Szenariengewichtung je Szenario muss daher in Form von Wissenstabellen gesichert werden, die durch das zu entwickelnde IT-System abgerufen werden können. Die Integration der Szenariengewichtung in die systemunterstützte Entscheidungsfindung der Auftragszuordnung wird unter anderem in Phase 5: Umsetzung im ERP-System erläutert.

#### 6.4.3 Zusammenfassung Phase 4: Szenarientwicklung

Das beschriebene Vorgehen der Szenarienburgung orientiert sich an den Prinzipien der Zukunftsforschung. Zusammenfassend werden zunächst interne und externe Einflussbereiche identifiziert, die eine Situation beschreiben. Ein interner Einflussbereich bei der Auftragszuordnung ist z.B. die Auslastung der Standorte. Anschließend werden je Einflussbereich Deskriptoren identifiziert. Am Beispiel Auslastung der Standorte repräsentieren die Anlagenbelegung oder der Rückstand mögliche Deskriptoren. Je Deskriptor werden dann Ausprägungen bestimmt wie eine Anlagenbelegung von durchschnittlich 80% oder 90% des Kapazitätsangebots. Im nächsten Schritt werden Annahmen gebündelt, d.h. Einflussbereiche, Deskriptoren und deren Ausprägungen zu Szenarien zusammengefasst. An der folgenden Darstellung des Trichters ist erkennbar, dass unzählige Situationen denkbar sind, die jedoch von Extremszenarien eingegrenzt werden. Beispiele für Extremszenarien der Auftragszuordnung sind kapazitive Überlast- und Unterlastsituation des Produktionsnetzwerks. Die identifizierten Szenarien werden einer Störfallanalyse unter Abschätzung von Chancen und Risiken unterzogen. Je nach Eintrittswahrscheinlichkeit werden die Szenarien gewichtet.

Die Gewichtung erfolgt durch paarweisen Vergleich der Elemente der Hierarchie. Die Gewichtung selbst ist von anwenderspezifischen, unternehmensinternen Experten durchzuführen. Die Befragten können je paarweisen Vergleich die Präferenz aus einer verbalen Skala wählen, wie z.B. Kriterium A ist viel wichtiger als Kriterium B. Hinter der verbalen Skala können wahlweise unterschiedliche Skalen verwendet werden. Die Ergebnisse der Gewichtung werden mit den Befragten abgestimmt und die Gewichtung der Szenarien fixiert.

<sup>514</sup> Vgl. (Ishizaka, et al., 2009)

<sup>515</sup> Vgl. (Häder, 2002)

<sup>516</sup> Vgl. (Clemen, 2008)

Die Inhalte der Phase 4: Szenarientwicklung ergänzen die Berechnung der Standorteignung zur anwenderspezifischen Reaktion auf die Dynamik des Umfelds der operativen Auftragszuordnung durch präventiv identifizierte Situationen mit gewichteten Entscheidungsrelevanz der Elemente der Kriterien-Hierarchie. Phase 4 besteht wie die anderen Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung aus Schritten, zu deren Erarbeitung Teilschritte notwendig sind, die sich wiederum aus Einzelbestandteilen zusammensetzen. Wie in Phase 1, Phase 2 und Phase 3 liegt auch in Phase 4 die Entwicklung darin, bestehendes Wissen und etablierte Mechanismen zu modifizieren, um aus der kombinierten Zusammensetzung neue Erkenntnisse zu gewinnen. Das Ziel dieser Entwicklungen ist es, für die anwenderspezifischen Anforderungen adaptierbare Inhalte einer modifizierten Vorgehensweise zur Szenarienburgung und anwenderspezifische Gewichtung der identifizierten Szenarien bereitzustellen, um durch die Anwendung den geeignetsten Standort zur Herstellung eines Auftrags aus einer gegebenen Anzahl an Standorten zu identifizieren. Die entwickelten Schritte zur Szenarienburgung bieten dem Anwender die Möglichkeit, seine anwenderspezifischen Inhalte bei der Entscheidungsfindung anforderungsgerecht abzubilden. Dadurch erhält der Anwender die situationsabhängige Relevanzverteilung der Elemente der Kriterien-Hierarchie, auf dessen Basis die Entscheidungsfindung erfolgen kann. Die Schritte der Szenarienburgung sind:

- Szenarienburgung
- Szenariengewichtung

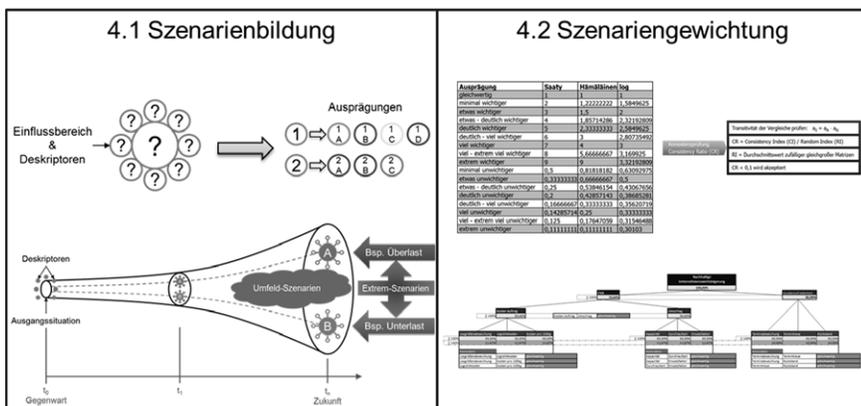


ABBILDUNG 41: PHASE 4: SZENARIENENTWICKLUNG<sup>517</sup>

### 6.5 Phase 5: Umsetzung im ERP-System

In Phase 5: Umsetzung im ERP-System (Enterprise Resource Planning) ist der Ablauf der Auftragszuordnung aus Phase 2: Datenstandardisierung abzubilden, so dass die operative Auftragszuordnung systemunterstützt erfolgen kann.

Der Ablauf der Auftragszuordnung aus Phase 2 beschreibt mehrere Entscheidungsstufen, die unterschiedliche Prüfungen und die anwenderspezifische Berechnung der Standorteignung aus Phase 3 auf Basis der Kriterien aus Phase 1: Kriterien-Selektion enthalten, für die darüber hinaus in Phase 2 ein vergleichbarer und belastbarer Datenstandard generiert wurde. Die Berechnung der Standorteignung als Kern der Auftragszuordnung erfolgt durch das modifizierte und anwenderspezifisch adaptierbare Entscheidungsmodell auf Basis des Analytic Hierarchy Process, das situationsabhängig die Entscheidungsrelevanz präventiv gewichteter Szenarien aus Phase 4: Szenarienburgung berücksichtigen soll. Die für die Auftragszuordnung notwendigen Informationen beziehen sich bei der KO-Kriterienprüfung auf alle Standorte des Produktionsnetzwerks. Alle weiteren Informationen beziehen sich anschließend auf die aus der KO-Kriterienprüfung verbliebenen Werke bzw. auf das verbliebene Werk. Die Informationen der

<sup>517</sup> Eigene Darstellung

meisten Kriterien können nicht aus einer Wissenstabelle ausgelesen werden, da Werte wie die der Terminierung mit Hilfe von Simulationsaufträgen je Werk auf Basis des Wunschtermins, des Arbeitsplans und der Stückliste, der Vormaterialverfügbarkeit bzw. Wiederbeschaffungszeit, den Anlagenkapazitäten und weiteren Faktoren generiert werden müssen. Aufgrund der Dynamik des Produktionsumfeldes kann die Standorteignung nicht präventiv je Artikel bestimmt werden. Darüber hinaus weist der Auftragsfertiger meist eine enorme Artikelvielfalt auf, die schnell in die Zehntausende geht und permanent eine hohe Fluktuation neuer im Austausch mit veralteten Artikel darstellt. Bei Unternehmen aus dem Untersuchungs- und Einsatzbereich ist von rund 300 Aufträgen und mehr pro Arbeitstag auszugehen für die eine Auftragszuordnung zum Zeitpunkt des Auftragszugangs erfolgen soll, so dass dem Kunden direkt eine Auftragsbestätigung übermittelt werden kann. Manuell sind diese Prüfungen und Berechnungen nicht in dienlicher Zeit mit vertretbarem personellen Aufwand zu realisieren. Die Anforderungen in Bezug auf Transparenz, Nachvollziehbarkeit, Dokumentation, Objektivität und weitere sind durch manuelle Auftragszuordnung gefährdet. Aus den genannten und weiteren Gründen besteht die Notwendigkeit zur Abbildung der Auftragszuordnung mit Hilfe einer Software. Die systemunterstützte Auftragszuordnung entspricht daher einer zentralen Anforderung aus dem Bereich des Verfahrenseinsatzes wie unter 5.4.2 Verfahrenseinsatz beschrieben. Darin enthalten ist die Anforderung zur Integration in die bestehende Systemlandschaft, die bei den Unternehmen aus dem typologisch abgegrenzten Untersuchungs- und Einsatzbereich die Verwendung von ERP-Systemen darstellt.

ERP-Systeme sind in vielen Unternehmen ein zentraler Bestandteil der IT-Landschaft. (Hecht, 2014) bezeichnet ERP-Systeme als das „Herzstück in der Informationstechnologie“<sup>518</sup> vieler Unternehmen. Die Definition von (Hesseler, et al., 2007) stellt eine konkrete Abgrenzung des Begriffs ‚ERP-System‘ dar: *„Unter einem ERP-System wird eine integrierte Software verstanden, die auf Basis standardisierter Module alle oder wesentliche Teile der Geschäftsprozesse eines Unternehmens aus betriebswirtschaftlicher Sicht informationstechnisch unterstützt. Die zur Verfügung stehenden Systemfunktionalitäten liefern dabei aktuelle Informationen auf Basis der erfassten und verarbeiteten Daten und ermöglichen hierdurch eine unternehmensweite Planung, Steuerung und Kontrolle.“*<sup>519</sup> Die Aufgabe von ERP-Systemen liegt unter anderem in der Unterstützung bei der Verwaltung und Planung von Material, Personal, Kapazitäten sowie Finanzen.<sup>520</sup> Der Umfang an Basisfunktionalitäten der Standardsoftware eines ERP-Systems kann anwenderspezifisch mit Hilfe von zusätzlichen Informationssystemen erweitert werden.<sup>521</sup> Der Bedarf zur Systemerweiterung entsteht zum Beispiel für das Customer-Relationship-Management, für das Supply-Chain-Management<sup>522</sup> und wie im vorliegenden Fall für die operative Auftragszuordnung. Die Erweiterung der ERP-Systeme ist bei den genannten Beispielen notwendig, da deren Anforderungen die Basisfunktionen der ERP-Systeme übersteigen. Die Anforderungserfüllung an die Terminierung von Fertigungsaufträgen von mehr als einem Werk im Rahmen der Auftragszuordnung wird erst durch die Erweiterung des ERP-Standards möglich. Das bedeutet, dass notwendige Informationen via User Exits aus dem ERP-System über Schnittstellenanbindung in ein application framework zu transferieren sind, innerhalb dessen die Entscheidungsstufen der Auftragszuordnung durchlaufen werden. Dieser erste Konzipierungsschritt wird als *„funktionale Systemarchitektur“*<sup>523</sup> bezeichnet, also das Zusammenspiel aus Daten, Schnittstellen und Systemen. Im Anschluss an die Erstellung der Systemarchitektur soll die Datenintegration über die definierten Schnittstellen in die betreffenden Systeme des abzubildenden Ablaufs stattfinden. Erst dann kann die Modellentwicklung auf Basis der integrierten Daten der ERP-Erweiterung im Rahmen der zu entwickelnden Softwarelösung der Auftragszuordnung erfolgen.

Die Anwendung der Phase 5: Umsetzung im ERP-System setzt die etablierte Existenz eines ERP-Systems im anwendenden Unternehmen voraus. Die Entwicklungen der Phase 5 sind Teil der offenen ERP-Postimplementierungsphase, bei der mitunter eine Erweiterung des bestehenden ERP-Systems stattfindet. In Anlehnung an (Hecht, 2014) fällt die Umsetzung der Auftragszuordnung in den Bereich des ERP-Anwendungsmanagements. Phase 5 beschreibt konkret die Softwareentwicklung, d.h. Phase 5 stellt eine Implementierungsanleitung im ERP-Anwendungsmanagement dar.

<sup>518</sup> Siehe (Hecht, 2014 S. 1)

<sup>519</sup> Siehe (Hesseler, et al., 2007 S. 5 f.)

<sup>520</sup> Vgl. (Gronau, 2010 S. 4)

<sup>521</sup> Vgl. (Kurbel, 2011 S. 232 f.)

<sup>522</sup> Vgl. (Krcmar, 2010 S. 29)

<sup>523</sup> Siehe (Balzert, 2010 S. 489)

### 6.5.1 Konzipierung Ablauf Auftragszuordnung

Im Rahmen der Konzipierung des Ablaufs der Auftragszuordnung sind Prozessauslöser, Quellen und die Informationen zu definieren, die innerhalb der abzubildenden Entscheidungsstufen abgerufen werden sollen. Wie in der Einleitung der Phase 5: Umsetzung im ERP-System angedeutet wurde, soll der Ablauf der Auftragszuordnung aus Phase 2: Datenstandardisierung durch die Erweiterung des ERP-Standards ermöglicht und abgebildet werden.

Nach (Sucky, 2013) nehmen Advanced Planning and Scheduling-Systems (APS-Systeme) eine ergänzende Stellung zu den ERP-Systemen ein bzw. überwinden die Defizite von ERP-Systemen.<sup>524</sup> (Kurbel, 2005) beschreibt die unterstützenden Funktionen von APS-Systemen wie folgt: *„APS ist zum einen ein konzeptioneller Begriff für bestimmte Planungs- und Steuerungsansätze; zum anderen werden aber auch die Lösungen computergestützter Informationssysteme (APS-System) damit bezeichnet. Die Funktionalität von APS-Systemen ist gekennzeichnet durch:*

- *Ausgeprägte Modellierungsmöglichkeiten*
- *Starke Orientierung an Engpässen (Constraint Management)*
- *Leistungsfähige Algorithmen, z.B. mathematische Optimierung (lineare Programmierung, gemischt-ganzzahlige Programmierung) und heuristische Methoden wie Genetische Algorithmen, Simulated Annealing, Neuronale Netze und andere*
- *Unterstützung komplexer Datenstrukturen (vielstufige Stücklisten und Arbeitspläne)*
- *Berücksichtigung des Pegging (darunter versteht man die Verbindung von Beschaffungs-, Produktions-, Transport- und Kundenaufträgen; ähnlich wie in konventionellen Fertigungsnetzen, aber übergreifend)*
- *Simulationsmöglichkeiten (What-if-Simulation) für unterschiedliche Produktions- und Lieferszenarien*
- *Schnittstellen zu ERP-Systemen“*<sup>525</sup>

Die Unterstützung von Planungsfunktionen wie das überbetriebliche Material Requirement Planning (MRP) (Materialbedarfsplanung), ist die primäre Aufgabe von APS-Systemen.<sup>526</sup> Beispielsweise kommen hier Module wie Finite Capacity Scheduling (FCS) zur simultanen Ressourcenplanung von Material und Maschine zur Berechnung der Produktionsstart- und -endtermine zum Einsatz.<sup>527</sup> APS-Systeme haben einen modularen Aufbau, der sich aus Planungsobjekten zusammensetzt. Die Planungsobjekte sind in den APS-Systemen als Basisfunktionalitäten verfügbar und wie von (Kurbel, 2005) beschrieben änderbar, d.h. anwenderspezifisch adaptierbar. APS-Systeme enthalten die notwendigen Basisfunktionalitäten, um durch Simulationsaufträge je Werk die notwendigen Daten zu ermitteln, die zur Berechnung der Standortzuteilung notwendig sind. Die leistungsfähigen Algorithmen der APS-Systeme können dabei z.B. die Terminierung von Fertigungsaufträgen je Werk unter Berücksichtigung der physischen bzw. dispositiven Vormaterialverfügbarkeit, dynamischer Vormaterialwiederbeschaffungszeit alternativer Vormaterialquellen, Kapazitätssituation der Anlagen laut Arbeitsplan und Alternativanlagen unterstützen. APS-Systeme besitzen jedoch keine Basisfunktion, um das modifizierte Entscheidungsmodell basierend auf dem Analytic Hierarchy Process abzubilden. Doch bevor die Modellierung der Auftragszuordnung und des Entscheidungsmodells innerhalb des APS-Systems entwickelt werden kann, ist der Ablauf der Auftragszuordnung zu konzipieren, um darauf aufbauend die Datenintegration aus dem ERP-System in das APS-System zu bestimmen.

<sup>524</sup> Vgl. (Sucky, 2013 S. 279)

<sup>525</sup> Siehe (Kurbel, 2005 S. 367 f.)

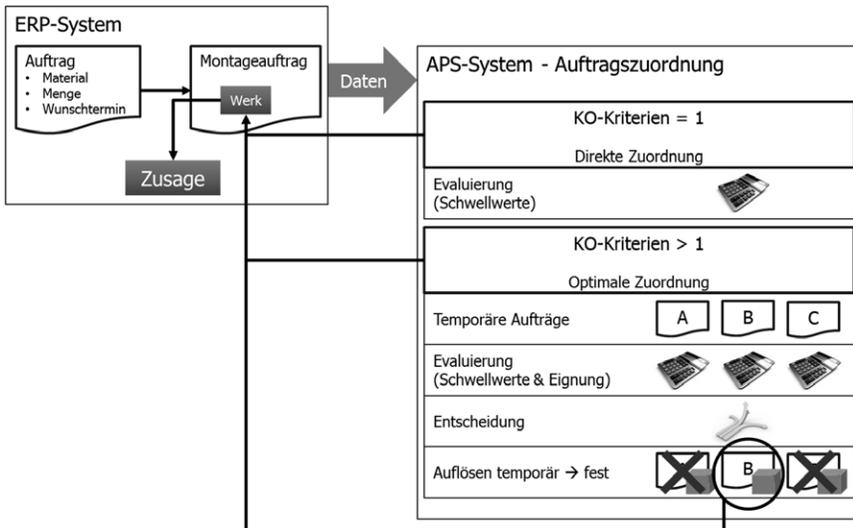


ABBILDUNG 42: KONZIPIERUNG ABLAUF AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>528</sup>

Die Auftragszuordnung soll laut der Zielformulierung zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung stattfinden. Zu diesem Zeitpunkt ist bekannt, welches Material in welcher Menge zu welchem Wunschtermin ein Auftrag beinhaltet. Die hier stark vereinfachte Darstellung zeigt, dass beim Anlegen z.B. eines Kundenauftrags mit Material, Menge und Wunschtermin manuell oder automatisiert ein Montageauftrag im ERP-System zu erzeugen ist. Bei einem Montageauftrag handelt es sich um die Erzeugung eines Plan- oder Fertigungsauftrags zur Deckung des Primärbedarfs.<sup>529</sup> An dieser Stelle erfolgt der Absprung in den Ablauf der Auftragszuordnung, da es das geeignetste Werk zur Deckung des Primärbedarfs zu bestimmen gilt. Beginnend mit der Entscheidungsstufe KO-Kriterium sind unterschiedliche Informationen zu überprüfen wie z.B. das Auslesen der technisch machbaren Werke aus dem Materialstamm oder das Auslesen einer Kundenrestriktion (freigegebene Werke aus Sicht des Kunden) aus einer Wissenstabelle. Hat keines der verfügbaren Werke die KO-Kriterienprüfung erfolgreich durchlaufen, ist ein manueller oder systemunterstützter Workflow zur gezielten Klärung des Problems anzustoßen. Sofern mindestens ein Werk die KO-Kriterienprüfung erfolgreich durchlaufen hat, sind Schwellwerte zu prüfen. Grundlegend bei der Auftragszuordnung als einer der zu prüfenden Schwellwerte ist die Terminierung, die im ERP-Standard der führenden System-Anbieter nicht ausreichende Funktionen abbilden kann.<sup>530</sup> Dabei sind die Verfügbarkeiten bzw. Wiederbeschaffungszeiten der Elemente der Stückliste je Material und Standort zum notwendigen Starttermin zu prüfen. Der Produktionsstarttermin wird durch Rückwärtsterminierung ermittelt und ausgehend von der Materialverfügbarkeit unter Berücksichtigung von Alternativanlagen bei Mehrproduktanlagenverfügbarkeit auf Kapazitätssituation je Anlage aus dem Arbeitsplan unter Abgleich der Bearbeitungs- und Wartezeiten vorwärts terminiert. Dieser Ablauf kann mehrmals je Werk stattfinden, um den besten Fertigstellungstermin zu bestimmen. Geht mehr als ein Werk aus der KO-Kriterienprüfung hervor, ist die Standorteignung dieser Alternativen zu bestimmen. Dazu sind zusätzliche Softwareentwicklungen notwendig, wie die parallele Anlage von temporären Fertigungsaufträgen je Werk zur Simulation der Vergleichssituation, wobei APS-Systeme unterstützen können.<sup>531</sup> Hinzu kommt die Evaluierung der Zuordnungskriterien durch die Berechnung der situationspezifischen Standorteignung auf Basis der Modifikation des für die Auftragszuordnung anwenderspezifisch adaptierbaren Analytic Hierarchy Process. Ergänzt wird das Entscheidungsmodell durch die Abbildung von unterschiedlichen Szenarien, d.h. durch situationspezifische Abbildung der Kriteriengewichte, auf die bei Eintritt der Situation zurückgegriffen werden kann. Das Ergebnis der berechneten Standorteignung ist in Form einer Rangliste inkl.

<sup>528</sup> Eigene Darstellung

<sup>529</sup> Vgl. (Mescheder, et al., 2012 S. 64)

<sup>530</sup> Vgl. (Kurbel, 2005 S. 286)

<sup>531</sup> Vgl. (Kurbel, 2005 S. 367 f.)

Berechnungsprotokoll zu sichern. Die eigentliche Standortentscheidung ist auf Basis der Rangliste automatisiert oder manuell zu treffen. Die manuelle Entscheidung kann während einer ersten Einführungsphase helfen, zusätzliche Informationen der Entscheider abzuholen, die bislang die Auftragszuordnung durchgeführt haben. Dahinter steht der Gedanke der kontinuierlichen Verbesserung.<sup>532</sup> Die Standortentscheidung führt zur Auflösung der temporären Fertigungsaufträge und überträgt die Ergebnisse bzw. Informationen Termin, Einsatzmenge und gewähltes Werk in den Montageauftrag zur Deckung des Primärbedarfs.

Die Konzipierung des Ablaufs ist um die Prozessauslöser, Quellen und Informationen zu ergänzen, d.h. diese müssen konkretisiert und definiert werden. Die anwenderspezifische Abbildung der Auftragszuordnung erfordert in Bezug auf die Prozessauslöser die Festlegung der Auftragsarten, die der Berechnung der Standorteignung unterzogen werden sollen. In der obenstehenden Abbildung der Konzipierung des Ablaufs der Auftragszuordnung wurde vereinfacht der Einstieg in den Prozess durch einen Auftrag dargestellt. In Bezug auf den Wunschtermin wurde dabei der Prozessauslöser eines Kundenauftrags genannt. Neben diesem Auslöser kann die Auftragszuordnung bei internen Lagerergänzungen, Kundenaufträgen im Sinne von Handelspartnern, Lohnunternehmen und weiteren sowie bei Nach- bzw. Ersatzlieferungen als auch bei anwenderspezifischen Auftragsarten erfolgen, die eine Materialbearbeitung, d.h. Fertigung verursachen, die an mehr als einem Standort zugeordnet werden kann. Die Prozessauslöser sind demnach zu unterscheiden und in Bezug auf deren Quellen innerhalb des ERP-Systems zu definieren, da an diesen Stellen der Absprung in den Ablauf der Auftragszuordnung erfolgen soll, d.h. die Datenintegration in das APS-System und im Anschluss an die Bestimmung der Standorteignung der Transfer der Informationen Werk und Termin sowie ggf. begleitende Informationen wie Bestandsreduzierung des Vormaterials müssen durch die kalkulierte Einsatzmenge und Kapazitätsbelegung der Anlagen erfolgen. Sind die Prozessauslöser festgelegt, die den Ablauf der Auftragszuordnung anstoßen, müssen die Quellen innerhalb des ERP-Systems identifiziert werden, auf die der Auftragsbuchungsprozess zugreifen kann. Aus diesen Quellen werden unterschiedliche Informationen ausgelesen und ggf. zurückgespielt. Diese Informationsquellen aller Elemente aus dem Ablauf der Auftragszuordnung müssen identifiziert werden, da das APS-System via Schnittstellen daran anknüpfen soll, sofern die Informationsquellen innerhalb des ERP-Systems liegen. Aufgrund der Basisfunktionen von APS-Systeme ist es möglich, dass Informationen innerhalb des APS-Systems generiert werden und dort abzugreifen sind. Es muss dabei festgelegt werden, welche Informationen an welcher Stelle zu welchem Zeitpunkt des Ablaufs der Auftragszuordnung im APS-System zur Verfügung stehen sollen. Zusammenfassend gibt die Konzipierung des Ablaufs vor, welche Funktionen für welchen Prozessauslöser innerhalb des APS-Systems erfolgen sollen und welche Daten zu welchem Zeitpunkt von welcher Quelle zu beziehen sind sowie welche Informationen an welche Stelle des ERP-Systems zu welchem Zeitpunkt zurückgespielt werden sollen. Was dies konkret beinhaltet, wird durch den anwenderspezifischen Ablauf der Auftragszuordnung vorgegeben. Die anwenderspezifische Konzipierung des Ablaufs der Auftragszuordnung sollte durch ein interdisziplinäres Expertenteam bestehend aus IT-Experten aus dem Umfeld der Produktionsplanung, Materialwirtschaft, Vertrieb und Softwareintegration als auch aus Experten der dezentralen Fertigungsplanung sowie, falls vorhanden, der zentralen Auftragskoordination definiert werden.

## 6.5.2 Datenintegration

Im Schritt Datenintegration der Phase 5: Umsetzung im ERP-System werden die zur Auftragszuordnung notwendigen Daten gemäß des konzipierten Ablaufs aus dem vorangehenden Schritt der Phase 5 bereitgestellt.

*„Die Datenintegration stellt, neben der Sicherstellung einer ausreichenden Datenqualität, bei der Einführung von APS in der Praxis oft die größte Hürde dar.“*<sup>533</sup> Durch die Anwendung der Phase 2: Datenstandardisierung kann der von (Ickerott, 2007) geforderte Datenstandard im Produktionsnetzwerk erreicht werden. Die Datenintegration ist als eine notwendige Voraussetzung an die Umsetzung des Ablaufs der Auftragszuordnung zu verstehen, die bei einem APS-System durch Anbindung an ein bestehendes ERP-System realisiert werden soll. Wie bereits angedeutet, sind die Daten aus dem ERP-System in das APS-System zu übermitteln, die beim

<sup>532</sup> Vgl. (DGQ, 2014)

<sup>533</sup> Siehe (Ickerott, 2007 S. 100)

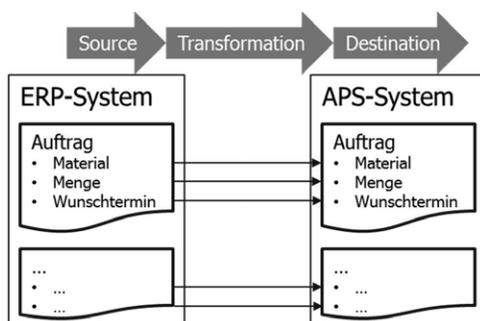
Ablauf der Auftragszuordnung benötigt werden. Innerhalb des Ablaufs können Daten verwendet werden, die nicht direkt aus dem ERP-System stammen, sondern z.B. aus dem Ergebnis der Terminierung von Simulationsaufträgen über mehrere Standorte, die innerhalb des APS-Systems stattfindet. Informationen können wie am Beispiel der Terminierung dynamisch, d.h. zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung bestimmt werden oder statisch sein. Ein Beispiel für statische Informationen stellt der Bereich der Stammdaten dar wie beispielsweise ein Materialstamm, der Parameter wie Abmessungen, Verpackung, Qualitätsmerkmale o.ä. enthält. Statische Informationen werden zyklisch oder aufgrund eines Ereignisses erstellt oder angepasst. Diese kurze Erläuterung enthält folgende wichtigen Punkte für die Datenintegration:

- Daten aus dem ERP-System unterscheiden sich in Bezug auf:
  - Quellen
  - Prozessauslöser
  - Zeitpunkt der Übermittlung
    - Dynamische Daten zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung
    - Statische Daten werden zyklisch oder aufgrund von Ereignissen erstellt
- Daten aus dem APS-System unterscheiden sich in Bezug auf:
  - Quellen der Daten, die im APS-System verwendet werden
  - Zeitpunkt der Datengenerierung
- Redundante Daten in ERP und APS-System vermeiden

Die Kenntnis über die genannten Punkte wird bei der Datenintegration vorausgesetzt. Aufgrund dessen wurde der Ablauf der Auftragszuordnung im Vorfeld konzipiert, so dass die Datenintegration darauf zurückgreifen kann. Die an dieser Stelle noch offenen Punkte müssen vor den weiteren Schritten geklärt werden. Die Klärung beinhaltet unter anderem die Zeitpunkte, an denen die Datenübermittlung statischer Informationen erfolgen soll, sofern diese nicht redundant in mehreren Systemen (bzw. Datenbanken) gehalten werden. Kernbestandteil der Klärung muss dabei sein, wie mit redundanten Daten umgegangen werden soll. Wenn z.B. die Vormaterialprüfung bislang im ERP-System erfolgt ist und in Zukunft die Vormaterialprüfung im APS-System stattfinden soll, ist zunächst zu prüfen, welche Auswirkungen die Verlagerung dieser Prüfung auf andere Systembestandteile hat. Die Vormaterialprüfung ist in der Regel ein Netz aus unterschiedlichen Informationsquellen, Bestandsänderungsmechanismen und Informationsausgaben. In diesem Netz agieren unterschiedliche Mitarbeiter und Systeme. Die redundante Datenbereitstellung kann in einigen Fällen zunächst mit vergleichsweise geringem Aufwand umgesetzt werden. Im Datenänderungs- und / oder -pflegefall können bei redundanten Daten in mehr als einem System Probleme auftreten. Änderungen müssen in allen Systemen erfolgen, so dass jeweils dieselbe Datengrundlage für die entsprechenden Anwendungen zur Verfügung steht. Der Aufwand und die Fehleranfälligkeit bei manueller Pflege redundanter Systeme sind sehr hoch. Die systemunterstützte Datenänderung und -pflege ist aufgrund der Schnittstellen sehr aufwendig und ggf. kostenintensiv, die durch gezielte Entwicklungsentscheidungen reduziert werden können. Deshalb sollte die Datenredundanz der Systeme so gering wie möglich sein. Im Fall von redundanten Datenstrukturen, müssen die Konsequenzen bekannt und Maßnahmen definiert sowie umgesetzt werden, damit die reibungslose Funktion der Systeme ermöglicht werden kann.

Nachdem die Grundvoraussetzungen zur Datenintegration erfüllt sind, müssen weitere vorbereitende konzeptionelle Überlegungen angestellt werden, die nach Festlegung ihre Umsetzung erfordern. Mit Hilfe der vorangehenden Beschreibungen soll es möglich sein, Festlegungen zu treffen, die zur Datenintegration notwendig sind. Die anwenderspezifischen Inhalte, die in Phase 5: Umsetzung im ERP-System bislang generiert wurden, betreffen mitunter die Differenzierung der Datenbereitstellung aus dem ERP- und / oder APS-System sowie die Datenübertragungszeitpunkte aus den identifizierten Quellen, die ausgelöst durch definierte Prozesse abgerufen werden. Alle Daten, die während des Ablaufs der Auftragszuordnung benötigt werden, müssen innerhalb des APS-Systems zur richtigen Zeit bereitgestellt werden. Durch Kenntnis dieser und weiterer der beschriebenen Punkte aus diesem und dem vorangehenden Gliederungspunkt sollen als Teil der Datenintegration innerhalb des APS-Systems sogenannte Wissenstabellen erstellt werden, in die Daten des Ablaufs der Auftragszuordnung integriert werden. Die Wissenstabellen sollen demnach unabhängig von deren Quelle (außerhalb oder innerhalb des APS-Systems) erstellt werden. Je Element des Ablaufs sollte eine Wissenstabelle aufgesetzt werden. Der Aufbau einer Wissenstabelle sollte so flach wie möglich sein, d.h. am Beispiel eines Kriteriums die Ausprägung je Werk enthalten. Das APS-System kann während des Ablaufs der Auftragszuordnung z.B. bei der KO-Kriterienprüfung oder bei der Berechnung der

Standorteignung auf die Wissenstabellen zugreifen. Die Wissenstabellen sollen je nach Element statisch bzw. dynamisch durch das ERP oder APS-System zum richtigen Zeitpunkt für den entsprechenden auslösenden Prozess gefüllt werden.



**ABBILDUNG 43: DATENINTEGRATION AUSGEHEND VON EINEM ERP-SYSTEM IN EIN APS-SYSTEM**<sup>534</sup>

Die Datenübermittlung aus dem ERP-System in das APS-System ist in obenstehender Abbildung stark vereinfacht dargestellt. Wie bereits mehrfach beschrieben, sind die notwendigen Daten gezielt aus dem ERP-System zum richtigen Zeitpunkt an den richtigen Stellen abzurufen und in das APS-System zu übertragen. ERP-Systeme können durch APS-Systeme nicht abgelöst werden. Wie eingangs erläutert, unterstützen bzw. erweitern die APS-Systeme vielmehr die Funktionalitäten der ERP-Systeme. „Eine autarke Anwendung von APS ist nicht zulässig, denn es benötigt historische Daten, die ERP-Systeme zur Verfügung stellen.“<sup>535</sup> (Ertel, 2014) bezieht sich dabei auf die Verwaltung von Stamm- und Bewegungsdaten, die auch nach (Busch, et al., 2013) nicht zu den primären Aufgaben der APS-Systeme gehört.<sup>536</sup> Die Eingabedaten in das APS-System sind in Anlehnung an (Ertel, 2014) in die zwei Arten Stamm- und Bewegungsdaten zu unterscheiden.<sup>537</sup>

- Daten für den Aufbau eines Planungsmodells (Stammdaten)
  - Produkt- und Materialinformationen, Ressourcen, Arbeitspläne, Stücklisten, Planungsstrukturen, Kapazitätsangebot, Durchlaufzeiten, Lieferantendaten, Kundendaten, etc.
- Daten für den Betrieb des Planungsmodells (Bewegungsdaten)
  - Vormaterialbestände, geplante Vormaterialzugänge, Fertigmaterialebestände, Umlaufbestände, Auftragsbestand, Planbedarf, etc.

Beide Arten an Informationen können aus dem ERP-System übermittelt werden. Bewegungsdaten und Kapazitätsangebotsdaten werden jedoch meist zusätzlich in APS-Systemen gehalten. ERP-Systeme bleiben das führende System in Unternehmen, da laut (Hachtel, et al., 2010) die kurz- und mittelfristige Ablösung einer etablierten ERP-Infrastruktur nicht wirtschaftlich sei.<sup>538</sup> (Steiner, 2014) untermauert dies durch nachstehende Abbildung. Dabei bezeichnet er eine zentrale Datenbank als das „Rückgrat“<sup>539</sup> des ERP-Systems, in der alle Daten gespeichert und zur Verfügung gestellt werden.

<sup>534</sup> Eigene Darstellung

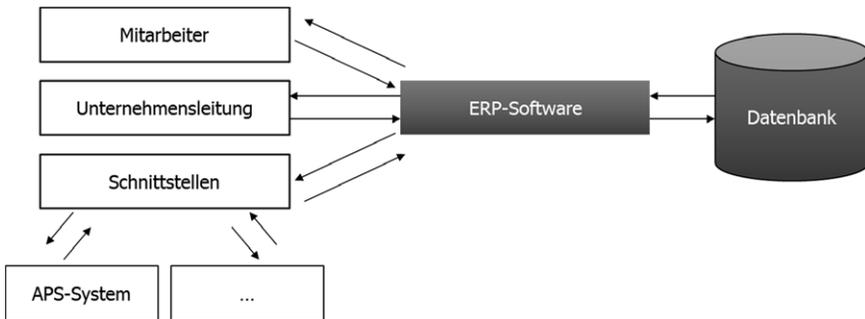
<sup>535</sup> Siehe (Ertel, 2014 S. 16)

<sup>536</sup> Vgl. (Busch, et al., 2013 S. 224)

<sup>537</sup> Vgl. (Ertel, 2014 S. 225)

<sup>538</sup> Vgl. (Hachtel, et al., 2010 S. 153)

<sup>539</sup> Siehe (Steiner, 2014 S. 35)



**ABBILDUNG 44: TECHNISCHE FUNKTIONSWEISE EINES ERP-SYSTEMS IN ANLEHNUNG AN (STEINER, 2014)<sup>540</sup>**

Die End-User des ERP-Systems sind, wie in der Abbildung dargestellt, z.B. Mitarbeiter, die Unternehmensleitung oder Schnittstellen zu externen Anwendungen bzw. Applikationen wie z.B. zu einem APS-System. Das ERP-System übernimmt dabei laut (Steiner, 2014) die „Gehirn-Funktion“<sup>541</sup> durch die systematische Erfassung, Aufbereitung und Wiederbereitstellung der Daten. Zu diesen Funktionen zählen trotz der Anbindung eines APS-Systems operative transaktionsorientierte Aufgaben aus dem Bereich der Auftragserfassung oder auch aus dem Bereich der Fertigungsabwicklung.<sup>542</sup> Die „Hersteller“ des ERP und APS-Systems müssen nicht dieselben sein, da es möglich ist, unterschiedliche ERP-Systeme mit einem APS-System zu vernetzen.<sup>543</sup> Aus diesen Gründen sind verschiedene Daten aus den Datenbanken des ERP-Systems auszulesen. Die Datenübermittlung erfolgt dabei über User-Exits aus dem ERP-System, die via EAI-Schnittstellen in die Wissenstabellen des APS-Systems übertragen werden. Die Bedeutung wird fortfolgend erläutert.

ERP-Systeme bieten durch User-Exits an zahlreichen, definierten Event-Schnittstellen innerhalb eines Programmablaufs die Möglichkeit Absprünge in Applikationen durchzuführen. (Courant, 2013) bezeichnet dies als den „Call eines externen Programms oder Services“<sup>544</sup>. Dieser Aufruf eines User-Exits erfolgt zu bestimmten Zeitpunkten während des Programmablaufs. Sofern einer der zahlreichen User-Exits nicht benötigt d.h. dieser nicht ausprogrammiert wird, läuft das Programm regulär ohne Unterbrechung weiter. Werden User-Exits ausprogrammiert, können Applikationen angebunden werden. In den Applikationen wie z.B. in einem APS-System können dann Operationen wie die Bestimmung der Standorteignung, d.h. die Auftragszuordnung erfolgen. Die geänderten oder erweiterten Daten, wie z.B. das geeignetste Werk, werden in das ERP-System zurückgespielt, in dem der besagte Ablauf mit den veränderten Daten weiter geführt wird. Ein großer Vorteil bei der Anwendung von User-Exits liegt in der Release-Sicherheit.<sup>545</sup> Die Schnittstellen zwischen ERP und APS-System, deren Datenaustausch an den User-Exits erfolgt, werden in Batch-Schnittstellen und Online-Schnittstellen unterschieden. „Bei Batch-Schnittstellen werden Daten in definierten Zeitabständen von einem System auf ein anderes System übertragen. Die Aktualität der verfügbaren Daten hängt davon ab, wie lange der letzte Datenaustausch zurückliegt.“<sup>546</sup> Online-Schnittstellen berücksichtigen hingegen die ständige Änderung von Daten. „Eine Online-Schnittstelle zwischen APS und einem ERP-System ist nur für den Prozess der Auftragsbestätigung notwendig.“<sup>547</sup> Dies trifft auch auf den Ablauf der Auftragszuordnung zu. Wie eingangs beschrieben, gibt der Ablauf der Auftragszuordnung vor, welche Daten zwischen den Systemen ausgetauscht werden sollen. (Busch, et al., 2013) sprechen dabei von einem Integrationsmodell, das bestimmt welche Objekte zwischen ERP und APS-System ausgetauscht werden sollen. Wie der Datenfluss zwischen den Systemen organisiert und gesteuert werden soll, wird nach (Busch, et al., 2013) durch das Datenaustauschmodell bestimmt.<sup>548</sup> In der Praxis ist die direkte Integration aus ERP und APS-System aufgrund

<sup>540</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Steiner, 2014 S. 35)

<sup>541</sup> Siehe (Steiner, 2014 S. 35)

<sup>542</sup> Vgl. (Wannenwetsch, et al., 2013 S. 75)

<sup>543</sup> Vgl. (Ertel, 2014 S. 16)

<sup>544</sup> Siehe (Courant, 2013 S. 63)

<sup>545</sup> Vgl. (Jeske, 2006 S. 101)

<sup>546</sup> Siehe (Behrenbeck, 2013 S. 163)

<sup>547</sup> Siehe (Busch, et al., 2013 S. 226)

<sup>548</sup> Vgl. (Busch, et al., 2013 S. 232)

unterschiedlicher Generationen und Eigenentwicklungen (meist im ERP-System) sowie verschiedenen Anpassungen bestehender Schnittstellen nicht mehr möglich.<sup>549</sup> Zur Überwindung dieser Hürde werden bei dem Datenaustauschmodell EAI-Systeme eingesetzt. Die Aufgabe der Enterprise Application Integration Systeme (EAI-Systeme) liegt in der nahtlosen Integration von Applikationen wie APS-Systeme in die bestehende IT-Landschaft eines Unternehmens. EAI-Systeme entkoppeln die betreffenden Systeme durch die Bildung einer Zwischenschicht. Dadurch kommunizieren die Systeme indirekt über das EAI-System. Die Daten und Informationen werden ausgehend von der Quellcodierung in eine unabhängige Kodierung des EAI-Systems konvertiert und dann in die Zielkodierung übertragen. Das bestehende ERP-System ist daher über User-Exits durch eine Schnittstelle mit dem EAI-System zu verknüpfen. Eine weitere Schnittstelle zwischen EAI-System und APS-System muss dabei aufgebaut werden.<sup>550</sup> Dadurch können die benötigten Daten für den Ablauf der Auftragszuordnung aus dem ERP-System in das APS-System übertragen werden, in dem die Entscheidungsstufen aus Phase 2: Datenstandardisierung durchlaufen werden. Der geeignetste Standort mit den Begleitdaten, wie Einsatzmenge und Termine, wird aus dem APS-System in das ERP-System übertragen, so dass die Auftragsbestätigung erfolgen kann. Durch die Datenintegration werden dem APS-System alle relevanten Informationen zur Verfügung gestellt, um die Standorteignung zu bestimmen. Zur Bestimmung der Standorteignung müssen nun die integrierten Daten innerhalb des APS-Systems entsprechend verarbeitet werden. Die Modellentwicklung wird im folgenden Schritt beschrieben.

### 6.5.3 Modellentwicklung

Im Anschluss an die Konzipierung der funktionalen Systemarchitektur, also dem beschriebenen Zusammenspiel aus Daten, Schnittstellen und Systemen, wird die Funktion innerhalb des APS-Systems definiert und die verfügbaren Basisfunktionalitäten, um die zu entwickelnde Berechnung der Standorteignung erweitert.

APS-Systeme haben einen modularen Aufbau, der sich aus Planungsobjekten zusammensetzt. Die Planungsobjekte sind in den APS-Systemen als Basisfunktionalitäten verfügbar und änderbar. Ungeachtet der Vielzahl an Basisfunktionen, die durch die APS-Systeme zur Verfügung stehen, werden zusätzliche Optimierungsmöglichkeiten nicht ausreichend bzw. gar nicht durch Algorithmen unterstützt.<sup>551</sup> Die Potenziale nicht unterstützter Optimierungsmöglichkeiten können durch Weiterentwicklung der APS-Systeme ausgeschöpft werden.<sup>552</sup> Mathematische Modelle, die in Beziehung mit Algorithmen stehen, bilden die Basis von APS-Systemen, durch die flexible Anpassungs- und Erweiterungsmöglichkeiten entstehen.<sup>553</sup> Durch die Konzipierung des Ablaufs der Auftragszuordnung aus Schritt 1 der Phase 5: Umsetzung im ERP-System sind die Planungsobjekte bekannt, die innerhalb des APS-Systems zur Anwendung kommen sollen. Für diese Planungsobjekte sind die entsprechenden, verfügbaren Basisfunktionen zu zuordnen. Die zugeordneten Basisfunktionen gemäß des Ablaufs der Auftragszuordnung müssen in der entsprechenden Reihenfolge des Ablaufs erfolgen, sofern eine Abhängigkeit bzgl. der verwendeten bzw. auszugebenen Daten besteht. Es ist möglich, dass Planungsfunktionen parallel ablaufen, wenn durch die Beziehungen der Objekte keine Abhängigkeit besteht. Das Delta aus verfügbaren Basisfunktionen und geforderten Funktionen aus dem Ablauf der Auftragszuordnung muss innerhalb des APS-Systems entwickelt werden. Die Grundstruktur zur Weiterentwicklung des Systems, ist, wie eingangs erläutert, gegeben.

Bei der Modellentwicklung innerhalb des APS-Systems sind folglich die Objekte des APS-Systems bezüglich der Abhängigkeiten und Beziehungen zu verknüpfen. Ausgehend vom Dateninput über EAI-Schnittstellen aus dem ERP-System in das APS-System wird ein Modell erstellt, das die Objektstruktur abbildet. Aus Gründen wie der Nachvollziehbarkeit und der Fehlersuche im Problemfall sollten die Modelle im APS-System nicht zu groß angelegt werden. Sofern notwendig können Modelle im Nachhinein erweitert und / oder angepasst werden.<sup>554</sup> Die Anpassung des Modells innerhalb des APS-Systems kann beispielsweise durch die Erweiterung des Produktionsnetzwerks notwendig werden, sofern ein weiterer Standort bei der

<sup>549</sup> Vgl. (Ertel, 2014 S. 58)

<sup>550</sup> Vgl. (Ertel, 2014 S. 58)

<sup>551</sup> Vgl. (Piontek, 2012 S. 40 f.)

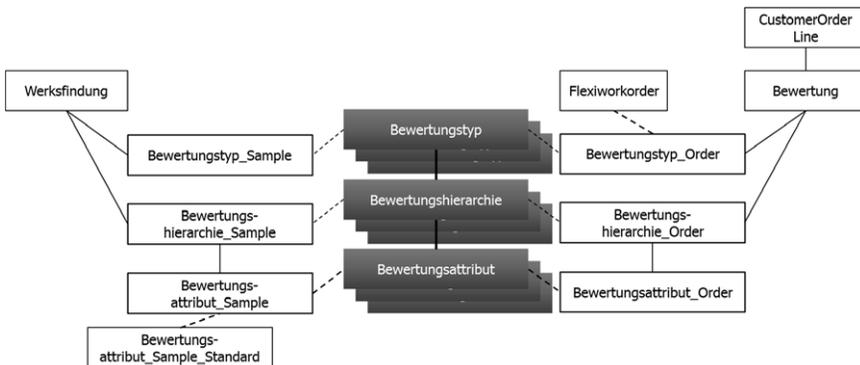
<sup>552</sup> Vgl. (Piontek, 2012 S. 41)

<sup>553</sup> Vgl. (Schenk, et al., 2006 S. 304)

<sup>554</sup> (Hufgard, et al., 2006 S. 177)

operativen Auftragszuordnung berücksichtigt werden soll. Zudem können durch Erweiterung und Anpassung des Modells im APS-System weitere und / oder andere Kriterien sowie Szenarien bei der Berechnung der Standorteignung herangezogen werden. Auf Basis der Modelldefinition im APS-System werden die Datenstrukturen automatisiert im Hintergrund erstellt. Dabei greift das APS-System auf die hinterlegten Wissenstabellen zu, die entweder mit Daten aus APS-internen Funktionen bedient oder durch externe Datenintegration aus dem ERP-System versorgt werden. Die Informationen, die durch das Modell definiert wurden, können im GUI (graphical user interface), d.h. grafische Benutzeroberfläche mittels grafischer Symbole, individuell für den Bediener dargestellt werden.<sup>555</sup>

Der Kern der Phase 5: Umsetzung im ERP-System liegt in der Modellentwicklung zur Berechnung der Standorteignung innerhalb des APS-Systems, da hierzu keine Basisfunktionalitäten verfügbar sind. Zunächst werden die Elemente der Kriterienhierarchie in Form von Attributen und Typen klassifiziert. Die Berechnung der Standorteignung ist mit Hilfe der Nutzenfunktionen je Typ, d.h. je Kriterium aus der Phase 3: Berechnung der Standorteignung und mit Hilfe der mathematischen Bestimmung der globalen Gewichte zu programmieren. Damit die Berechnung erfolgen kann, sind auch hier die Beziehungen der Objekte abzubilden. Die operative Anwendung wird durch Klassendefinitionen möglich, die in ihren Ausprägungen definiert werden und den Objekten wie Arbeitsplan je Material entsprechen, d.h. Klassendefinitionen sind allgemeingültig und ihre Inhalte ändern sich je Planungsobjekt, hier also je Auftrag. Durch die umfangreiche, vorgelagerte Entwicklung sind die Erläuterungen zum Ablauf der Modellentwicklung vergleichsweise schlank. In nachstehender Abbildung ist ein Modell innerhalb des APS-Systems zur Auftragszuordnung exemplarisch und ohne Anspruch auf Vollständigkeit dargestellt.



**ABBILDUNG 45: EXEMPLARISCHE MODELLDARSTELLUNG ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG INNERHALB DES APS-SYSTEMS<sup>556</sup>**

#### 6.5.4 Zusammenfassung Phase 5: Umsetzung im ERP-System

Phase 5: Umsetzung im ERP-System beschreibt den Eingriff in bestehende Prozesse eines Anwenders des Verfahrens zur Auftragszuordnung im Bereich der Auftragsbuchung durch die Entwicklung der Systemarchitektur inklusive Datenbereitstellung und EAI-Schnittstellen sowie die Abbildung des Ablaufs der Auftragszuordnung innerhalb eines APS-Systems, das die Abbildung des Entscheidungsmodells auf Basis des modifizierten Analytic Hierarchy Process beinhaltet.

Zusammenfassend wird in Phase 5 zunächst der Ablauf der Auftragszuordnung aus der Phase 2: Datenstandardisierung konzipiert, d.h. es wird das Zusammenspiel aus Daten, Schnittstellen und Systemen festgelegt. Dabei wird der Ablauf der Auftragszuordnung in seinen Bestandteilen beschrieben, woraus die dabei abzubildenden Funktionen sowie alle notwendigen Prozessauslöser, Quellen und Informationen hervorgehen. Die Abbildung dieser Funktionen geht z.T. über die Möglichkeiten der verfügbaren ERP-Systeme hinaus, weshalb die Anbindung an ein

<sup>555</sup> Vgl. (Ryzko, et al., 2011 S. 96)

<sup>556</sup> Eigene Darstellung

APS-System notwendig ist. In einem weiteren Schritt erfolgt die Datenintegration in das APS-System, so dass der Ablauf der Auftragszuordnung erfolgen kann. Alle dafür notwendigen Daten sollen dem APS-System zur Verfügung gestellt werden, das nach dem Ablauf der Auftragszuordnung die generierten Informationen der Auftragszuordnung, wie das Ergebnis aus der Berechnung der Standorteignung, d.h. den geeignetsten Standort mit z.B. Angabe der Termine und Einsatzmenge, an das ERP-System zurückspielt. Damit das APS-System diese Informationen ausgeben kann, ist neben den integrierten Daten die Verarbeitung der Daten innerhalb des APS-Systems, d.h. die Modellentwicklung durchzuführen. Die Verwendung von Basisfunktionalitäten des APS-Systems wird durch verschiedene Weiterentwicklungen, die im Kern die Berechnung der Standorteignung enthalten, vervollständigt. Durch die aufgeführten Entwicklungen kann die operative Auftragszuordnung systemunterstützt erfolgen.

Die Inhalte der Phase 5: Umsetzung im ERP-System setzen die anwenderspezifischen Adaptationen der Auftragszuordnung aus allen vorangehenden Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung in Form einer Software um. Dadurch wird die Anwendung bei der operativen Auftragszuordnung möglich, womit z.B. die Reaktion auf die Dynamik des Umfelds durch die gewichteten Szenarien systemunterstützt erfolgen kann. Phase 5 besteht, wie die anderen Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung, aus Schritten, zu deren Erarbeitung Teilschritte notwendig sind, die sich wiederum aus Einzelbestandteilen zusammensetzen. Wie in Phase 1, Phase 2, Phase 3 und Phase 4 liegt auch in Phase 5 die Entwicklung darin, bestehendes Wissen und etablierte Mechanismen zu modifizieren, um aus der kombinierten Zusammensetzung neue Erkenntnisse zu gewinnen. Das Ziel dieser Entwicklungen ist es, für die anwenderspezifischen Anforderungen adaptierbare Inhalte einer modifizierten Vorgehensweise zur Softwareentwicklung und Anbindung an ein bestehendes ERP-System bereitzustellen, um durch diese Anwendung den geeignetsten Standort zur Herstellung eines Auftrags aus einer gegebenen Anzahl an Standorten zu identifizieren. Die entwickelten Schritte zur Umsetzung im ERP-System bieten dem Anwender die Möglichkeit, seine anwenderspezifischen Inhalte bei der Entscheidungsfindung anforderungsgerecht abzubilden. Dadurch erhält der Anwender eine Softwarelösung, auf dessen Basis die Entscheidungsfindung bei der Auftragszuordnung erfolgen kann.

Die Schritte der Umsetzung im ERP-System sind:

- Konzipierung Ablauf Auftragszuordnung
- Datenintegration
- Modellentwicklung

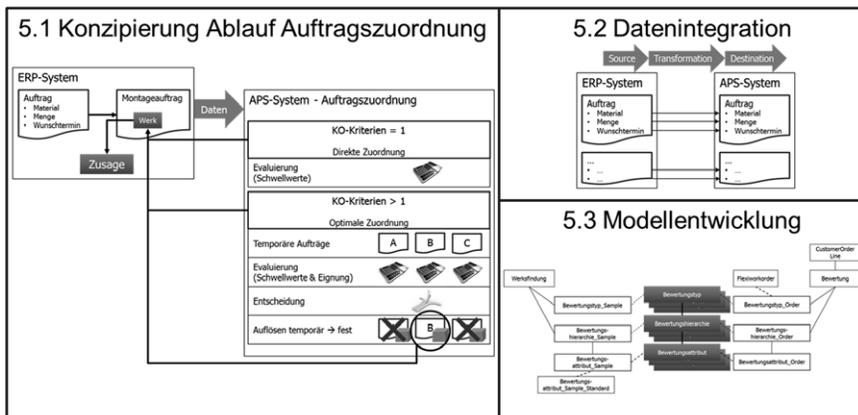


ABBILDUNG 46: PHASE 5: UMSETZUNG IM ERP-SYSTEM<sup>557</sup>

## 6.6 Zusammenfassung der Verfahrensentwicklung

Einleitend wurde beim Gliederungspunkt 6 Verfahrensentwicklung beschrieben, dass die Anforderungen an die Auftragszuordnung innerhalb des typologisch abgegrenzten Untersuchungs- und Einsatzbereichs durch den Stand der Forschung nicht erfüllt werden können. Deshalb wurden die vorangehenden Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung entwickelt. Durch die Bestandteile der Phasen soll die anwenderspezifische Umsetzung in der Praxis ermöglicht werden. Innerhalb der Phasen sind anwenderspezifische Adaptionen notwendig, die die anwenderspezifischen Ziele und Inhalte berücksichtigen. Das entwickelte Verfahren zur Auftragszuordnung geht über die Beschreibung eines Entscheidungsmodells hinaus und stellt alle notwendigen Schritte zur Verfügung, um die anwenderspezifische Entwicklung der Auftragszuordnung zu ermöglichen. Die Phasen sind so aufgebaut, dass diese ein beliebiger Anwender aus dem Untersuchungs- und Einsatzbereich durchlaufen kann, um dadurch die operative Auftragszuordnung auf seinen anwenderspezifischen Problemfall zu adaptieren, d.h. Anforderungen, Ziele und Ausgangssituation werden individuell berücksichtigt.

Der Anwender des Verfahrens zur Auftragszuordnung bestimmt in Phase 1, zu welchen Zielen durch die Auftragszuordnung ein Beitrag geleistet werden soll. Der Grund für die anwenderspezifische Selektion der Kriterien liegt darin, dass Unternehmen unterschiedliche Ziele mit der Auftragszuordnung verfolgen, die durch unterschiedliche Kriterien gemessen werden sollen. Die Vorgabe allgemeingültiger Kriterien ist deswegen nicht möglich. In Phase 1: Kriterien-Selektion werden daher zunächst die anwenderspezifischen Ziele definiert und daraus Kriterien abgeleitet. Die identifizierten Kriterien werden durch die Betrachtung der Auftragszuordnung aus unterschiedlichen Gesichtspunkten ergänzt, um eine möglichst vollständige Auflistung aller ggf. entscheidungsrelevanten Kriterien zu erhalten. Die Liste an identifizierten Kriterien wird anschließend charakterisiert. Dadurch lassen sich die Kriterien differenzieren und unterschiedlichen Entscheidungsstufen zuordnen. Auf Basis dieser beschreibenden Ergänzungen der identifizierten Kriterien können die anwenderspezifisch relevanten Kriterien selektiert werden. Die entscheidungsrelevanten Kriterien werden dabei aus den identifizierten Kriterien ausgefiltert. Die Schritte aus Phase 1: Kriterien-Selektion beantworten die 2. Leitfrage des Forschungsprojekts.

### 2. Welche auftrags- und standortspezifischen Zuordnungskriterien sind sinnvoll?

Sind die entscheidungsrelevanten Kriterien bekannt, werden in Phase 2 die Daten, d.h. Ausprägungen der Kriterien analysiert. Innerhalb des Betrachtungsbereichs, für den dieses Verfahren ausgelegt ist, sind die Produktionsnetzwerke meist historisch gewachsen und zeigen besonders im Bereich der Daten je Standort z.T. massive Abweichungen. Noch viel häufiger ist jedoch die Entscheidungsstufe, der ein Kriterium zuzuordnen ist, der Grund dafür, dass die notwendige Information noch nicht in ausreichend vergleichbarer Form im Produktionsnetzwerk vorliegt. Es gilt folglich in Phase 2, die Daten zu standardisieren, d.h. einen belastbaren und vergleichbaren Datenstandard zu generieren. Daher werden je Kriterium Messbarkeitsregeln definiert und dem vorliegenden Ist-Zustand der Daten des Anwenders gegenübergestellt. Die Abweichung zwischen Ist- und Soll-Zustand der Daten wird anschließend einer Ursachenanalyse unterzogen, so dass Maßnahmen definiert werden können, um gezielt den erforderlichen Datenstandard zu generieren.

Durch die in Phase 3: Berechnung der Standorteignung durchgeführten Modifikationen am Grundmodell des Analytic Hierarchy Process können die Anforderungen an das Entscheidungsmodell erfüllt werden. Die Modifikationen des Grundmodells beziehen sich dabei auf die Berechnung der globalen Gewichte, auf die Bestimmung der lokalen Gewichte, die Konsistenzprüfung anhand des Geometric Consistency Index und die Vorstellung geeigneter Bewertungsskalen für paarweise Vergleiche der Elemente der Kriterien-Hierarchie. Das modifizierte Entscheidungsmodell des AHP wird in Phase 3 auf die Problemstellung eines dynamischen Umfelds des Anwenders adaptiert. Dazu wird zuerst die anwenderspezifische Hierarchie erstellt. Anschließend werden die Bewertungsarten je Kriterium bestimmt und ggf. die Nutzenfunktion des Kriteriums definiert.

In Phase 4: Szenarienentwicklung werden in Anlehnung an Prinzipien der Zukunftsforschung Situationen identifiziert, die ggf. eintreten können. Je nach Situation kann sich die Relevanz der Elemente aus der Kriterien-Hierarchie ändern. Deswegen werden in Phase 4 für Szenarien, die mit hoher Wahrscheinlichkeit eintreten, paarweise Vergleiche der Elemente der Kriterien-Hierarchie durchgeführt, so dass die vollständig beschriebenen, präventiv gewichteten

Szenarien bei Eintritt der Situation in der Berechnung der Standorteignung berücksichtigt werden können.

Im Anschluss daran wird in Phase 5: Umsetzung im ERP-System der Ablauf der Auftragszuordnung aus der Phase 2: Datenstandardisierung abgebildet, so dass die operative Auftragszuordnung systemunterstützt erfolgen kann. Dabei wird zunächst der Ablauf der Auftragszuordnung konzipiert, in dem das Zusammenspiel aus Daten, Schnittstellen und Systemen bestimmt wird. Auf Basis der Prozessauslöser, Quellen und Informationen des Ablaufs der Auftragszuordnung kann die Datenintegration aus dem ERP-System in das APS-System erfolgen. Die Daten innerhalb des APS-Systems sind die Grundlage dafür, dass der Ablauf der Auftragszuordnung mit Hilfe von Basisfunktionalitäten des APS-Systems und Weiterentwicklungen, wie der Berechnung der Standorteignung mit Hilfe der Modellentwicklung, erfolgen kann.

Die Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung berücksichtigen jeweils die anwenderspezifischen Inhalte und unterstützen die Entwicklung durch die Anwendung strukturierter Handlungsschritte. Wie beschrieben, können in Phase 1 die anwenderspezifisch, entscheidungsrelevanten Kriterien selektiert und ihre Ausprägungen in Phase 2 standardisiert werden. In Phase 3 wird das modifizierte Entscheidungsmodell auf Basis der selektierten und standardisierten Kriterien entwickelt. Bei der Bestimmung der situationsabhängigen Entscheidungsrelevanz der anwenderspezifischen Kriterien in Phase 4 werden ebenfalls anwenderspezifische Belange berücksichtigt. Dabei gibt der Anwender vor, wie wichtig, welche Kriterien in welcher Situation sind. Die Entwicklungen werden abschließend in Phase 5 in die anwenderspezifische Systemlandschaft integriert.

Nach der Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung, d.h. während der operativen Auftragszuordnung, sind Absprünge in vorangehende Phasen möglich. Die Notwendigkeit zum Absprung besteht zum Beispiel, wenn ein weiterer Standort bei der Auftragszuordnung berücksichtigt werden soll. In diesem Fall wird in Phase 2: Datenstandardisierung gesprungen und die Ausprägungen der Kriterien für den betreffenden Standort standardisiert. Alle folgenden Phasen sind auf Basis dieser veränderten Alternativenanzahl erneut zu durchlaufen. Ein weiteres Beispiel für einen notwendigen Absprung ist die Änderung oder Anpassung des anwenderspezifischen Zielsystems, in dem z.B. weitere Ziele verfolgt werden sollen. In diesem Fall wird das Verfahren zur Auftragszuordnung in Phase 1: Kriterien-Selektion erneut begonnen. Für die neuen Ziele werden dabei Kriterien selektiert und ihre Ausprägungen in Phase 2 standardisiert. Der Ablauf eines Absprungs endet in Phase 5: Umsetzung im ERP-System innerhalb dessen die veränderten Inhalte im System hinterlegt werden müssen, was auch z.B. zu einer Modell- und / oder Schnittstellenanpassung führen kann.

Zusammenfassend beschreibt das Verfahren zur Auftragszuordnung einen Ablauf, wie er in der Literatur nicht zu finden ist. Das Verfahren enthält die für die anwenderspezifische Entwicklung der Auftragszuordnung notwendigen Bestandteile und beantwortet dadurch die erste Leitfrage des Forschungsprojekts.

1. Wie könnte ein Auftragszuordnungsverfahren auf Basis der multikriteriellen Entscheidungsfindung für den Betrachtungsbereich aussehen?

Die Anwendbarkeit des Verfahrens zur Auftragszuordnung in der Praxis wird nachstehend durch die Anwendung anhand eines realen Fallbeispiels überprüft.

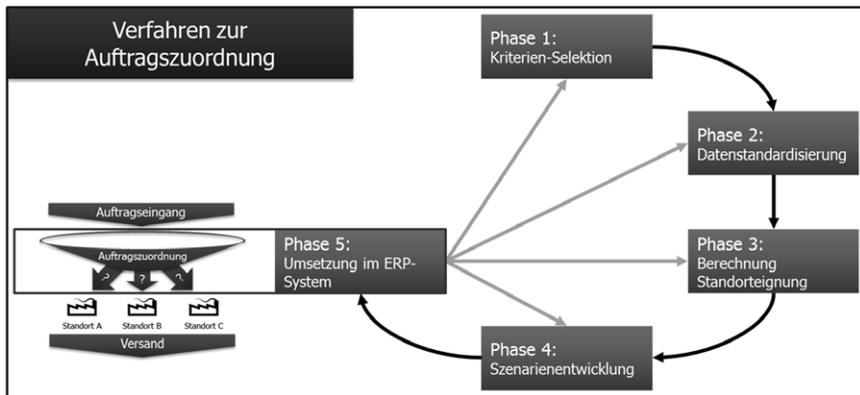


ABBILDUNG 47: VERFAHREN ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>558</sup>

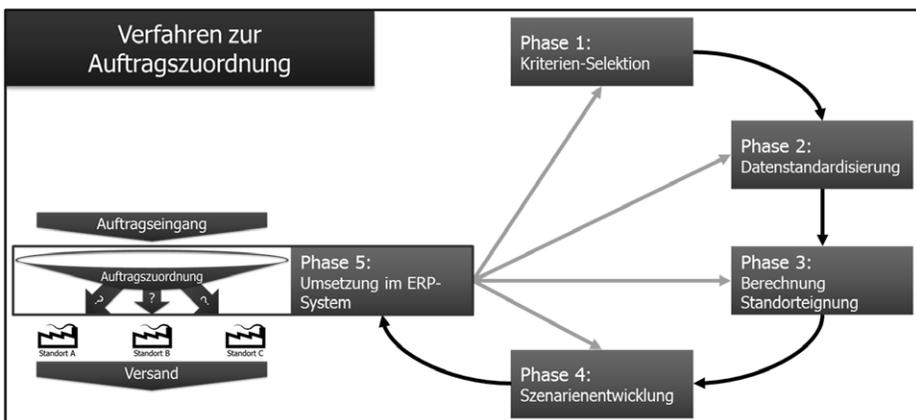
<sup>558</sup> Eigene Darstellung

## 7 Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung

Das Verfahren zur Auftragszuordnung beschreibt in 5 Phasen, welche Schritte für einen Anwender notwendig sind, um das Potenzial der Auftragszuordnung in seinem Produktionsnetzwerk zu nutzen. Nachdem ein Anwender die Schritte des Verfahrens durchlaufen hat, ist er in der Lage, jeden Auftrag zum Zeitpunkt seiner Buchung an den aktuell dafür geeignetsten Standort zuzuordnen.

Die Grundausslegung des Verfahrens liegt in der Individualisierung und Anwenderorientierung der Auftragszuordnung, wodurch Anforderungen, die Ausgangssituation und Ziele anwenderspezifisch Berücksichtigung finden können. So werden in Phase 1<sup>559</sup> anwenderspezifische, entscheidungsrelevante Kriterien selektiert, deren Daten in Phase 2<sup>560</sup> standardisiert werden. In Phase 3<sup>561</sup> wird das Entscheidungsmodell an die Kriterien angepasst, so dass der geeignetste Standort rechnerisch bestimmt werden kann. Phase 4<sup>562</sup> ergänzt das Entscheidungsmodell um situationsabhängige Kriteriengewichtung (Szenarien). Der Anwender legt dabei fest, welche Kriterien in welcher Situation welche Entscheidungsrelevanz haben. In Phase 5<sup>563</sup> werden die Kriterien, deren Werte, das Entscheidungsmodell und die Szenarien in die Systemlandschaft des Anwenders implementiert. Das vorliegende Forschungsprojekt geht dabei über die theoretische Entwicklung hinaus in die praktische Anwendung des gesamten Verfahrens bis hin zur prototypischen Realisierung der operativen Auftragszuordnung durch Validierung mit Hilfe einer dafür entwickelten Software.<sup>564</sup>

Sofern Anpassungen im Anschluss an die erfolgreiche Durchführung des Verfahrens und Inbetriebnahme der Auftragszuordnung notwendig werden, können diese in der entsprechenden Phase erfolgen. Damit Anpassungen einer Phase bei der operativen Auftragszuordnung berücksichtigt werden können, müssen die darauffolgenden Phasen erneut durchlaufen werden. Dies kann der Fall sein, wenn z.B. ein weiterer Standort bei der Auftragszuordnung berücksichtigt werden soll. Dabei müssten in Phase 2 die Daten des neuen Standorts mit dem Datenstandard des Produktionsnetzwerks abgeglichen und ggf. angepasst werden. Die Anpassungen müssen dann in allen folgenden Phasen verarbeitet werden.



ABILDUNG 48: VERFAHREN ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>565</sup>

<sup>559</sup> Siehe Kapitel „6.1 Phase 1: Kriterien Selektion“

<sup>560</sup> Siehe Kapitel „6.2 Phase 2: Datenstandardisierung“

<sup>561</sup> Siehe Kapitel „6.3 Phase 3: Berechnung Standorteignung“

<sup>562</sup> Siehe Kapitel „6.4 Phase 4: Szenarientwicklung“

<sup>563</sup> Siehe Kapitel „6.5 Phase 5: Umsetzung im ERP-System“

<sup>564</sup> Siehe Kapitel „8.1 Anwendung des entwickelten Verfahrens in einem Fallbeispiel“

<sup>565</sup> Eigene Darstellung

In der nachstehenden Tabelle/Checkliste (*unter Angabe des Kapitels der Dissertation*) wird aufgeführt was als Anwender des Verfahrens zur Auftragszuordnung durchzuführen ist, d.h. alle Phasen, Teilschritte und Einzelbestandteile müssen durchlaufen werden. Anschließend wird beispielhaft beschrieben, wie die Bestandteile des Verfahrens bearbeitet werden können.

<b>(Kapitel)</b>	<b>Phasen und Teilschritte</b>	<b>Einzelbestandteile</b>
<b>(6.1)</b> <b>Phase 1</b>	<b>Kriterien-Selektion</b>	
<b>(6.)1.1</b>	Identifikation	
<b>(6.)1.1.1</b>	Top-Down Betrachtungsbereich	a. Entwicklung Zielsystem (1) Definition Zielgrößen (2) Relevanzprüfung für Auftragszuordnung (3) Konsistenzprüfung (4) Klassifizierung Zielarten (5) Analyse Zielbeziehungen (6) Differenzierung relative und absolute Ziele (7) Hierarchisierung der Zielgrößen b. Quantifizierung der Ziele
<b>(6.)1.1.2</b>	Info-Input Betrachtungsbereich	a. Prozessanalyse Auftragszuordnung b. Anforderungsanalyse
<b>(6.)1.1.3</b>	Info-Output Betrachtungsbereich	a. Prozessanalyse Auftragszuordnung b. Anforderungsanalyse
<b>(6.)1.2</b>	Charakterisierung	
<b>(6.)1.2.1</b>	Kriterienauflistung	a. Kriteriensammlung aus Identifikation b. Redundanzen eliminieren
<b>(6.)1.2.2</b>	Ausprägungen	Morphologie der Kriterienausprägungen
<b>(6.)1.2.3</b>	Differenzierung	Kriteriendifferenzierung über Ausprägungen
<b>(6.)1.3</b>	Kriterien-Selektion	
<b>(6.)1.3.1</b>	Entscheidungsstufen	a. Abgleich Charakterisierung mit Entscheidungsstufen b. Einordnung der Kriterien in Entscheidungsstufen
<b>(6.)1.3.2</b>	Prüfung   Filter	a. Prüfung und Filter anhand Regelwerk b. Selektion der Kriterien c. Kritische Prüfung Ergebnis
<b>(6.)1.3.3</b>	Kriterienauflistung	Definition der selektierten Kriterien unter Angabe aller Untersuchungsergebnisse (Charakterisierung, Zielbeitrag, Entscheidungsstufen)
<b>(6.2)</b> <b>Phase 2</b>	<b>Datenstandardisierung</b>	
<b>(6.)2.1</b>	Ablauf Auftragszuordnung	a. Entscheidungsstufen Flussdiagramm b. Beschreibung Ablauf
<b>(6.)2.2</b>	Messbarkeitsregeln	a. Definition Messbarkeitsregeln b. Soll-Ist-Abgleich Kriterienausprägungen
<b>(6.)2.3</b>	Identifikation Defizite	a. Kriterienanalyse bzgl. Anforderungen & Messbarkeitsregeln (→ Defizite) b. Kriterienbeschreibung bzgl. Defizite analysieren c. Beschreibung Defizit d. Ursachenanalyse je Defizit
<b>(6.)2.4</b>	Datenstandardisierung	Behebung Ursachen der Defizite zur Erfüllung der Messbarkeitsregeln

(6.3)	<b>Phase 3</b>	<b>Berechnung Standorteignung</b>	
(6.)3.1		Kriterien-Hierarchie	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Wirkungsbeziehungen Ziele &amp; Kriterien</li> <li>b. Zuordnung Kriterium zu Ziel</li> <li>c. Kriterienauswirkung auf Ziel analysieren</li> <li>d. Vollständigkeit des Systems prüfen</li> </ul>
(6.)3.2		Bewertungsart je Kriterium	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Analyse Messbarkeitsregeln und Kriterienausprägung</li> <li>b. Klassifizierung Kriterien in vier Bewertungsstufen</li> </ul>
(6.)3.3		Nutzenfunktion je Kriterium	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Analyse der Wertausprägungen, Qualität, Quelle, zeitl. Bezug, etc. je Kriterium</li> <li>b. Abbildung des Verhaltens und Nutzens innerhalb einer Funktion zur Definition der kriterienspezifischen Standorteignung</li> </ul>
(6.4)	<b>Phase 4</b>	<b>Szenarientwicklung</b>	
(6.)4.1		Szenarienbildung	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Identifikation Einflussbereiche</li> <li>b. Ermittlung Deskriptoren</li> <li>c. Definition Deskriptorausprägungen</li> <li>d. Annahembündelung</li> <li>e. Szenarienbildung</li> <li>f. Störfallanalyse &amp; Interpretation</li> </ul>
(6.)4.2		Szenariengewichtung	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Kriteriengewichtung</li> <li>b. Funktionsprüfung</li> </ul>
(6.5)	<b>Phase 5</b>	<b>Umsetzung im ERP-System</b>	
(6.)5.1		Konzipierung Ablauf Auftragszuordnung	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Konzipierung Ablauf Auftragszuordnung</li> <li>b. Prozessauslöser, Quellen und Informationen definieren</li> </ul>
(6.)5.2		Datenintegration	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Analyse Auswirkung durch Verlagerung von Prüfungen</li> <li>b. Erstellung Wissenstabellen</li> <li>c. Festlegung User-Exits</li> <li>d. Integrationsmodell</li> <li>e. Datenaustauschmodell (EAI-Schnittstellen)</li> </ul>
(6.)5.3		Modellentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Abgleich Planungsobjekte mit Basisfunktionen des APS-Systems</li> <li>b. Abbildung der Objektbeziehungen</li> <li>c. Modellentwicklung zur Berechnung der Standorteignung</li> </ul>

**TABELLE 19: VERFAHREN ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG – PHASEN, TEILSCHRITTE UND EINZELBESTANDTEILE**<sup>566</sup>

### Phase 1: Kriterien-Selektion

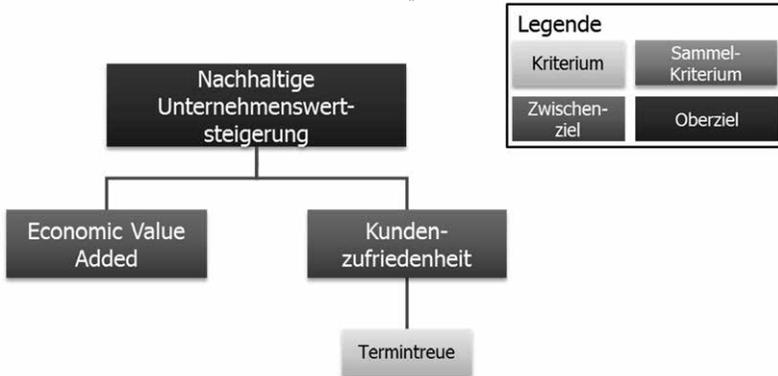
Das Ergebnis aus Phase 1 ist eine Auflistung aller für den Anwender relevanten Kriterien zur Auftragszuordnung. Durch mehrstufige, strukturierte Analysen innerhalb des anwendenden Unternehmens werden die anwenderspezifischen Kriterien identifiziert.

#### (6.)1.1 Identifikation

Die ersten Schritte der Phase 1 stehen unter dem Begriff „Identifikation“. Grundsätzlich erfolgt die Identifikation der Kriterien anhand von drei unterschiedlichen Betrachtungsweisen. Zunächst werden Kriterien „Top-Down“, ausgehend von einem festzulegenden Zielsystem zur Auftragszuordnung, abgeleitet. Durch die Anwendung ausgewählter Methoden und Hilfsmittel wie der „Delphi-Methode“, dem „Morphologischen Kasten“, „Bewertungsmatrizen“ sowie Grundregeln der Zieldefinition, wird beispielsweise das Oberziel „nachhaltige Unternehmenswertsteigerung“

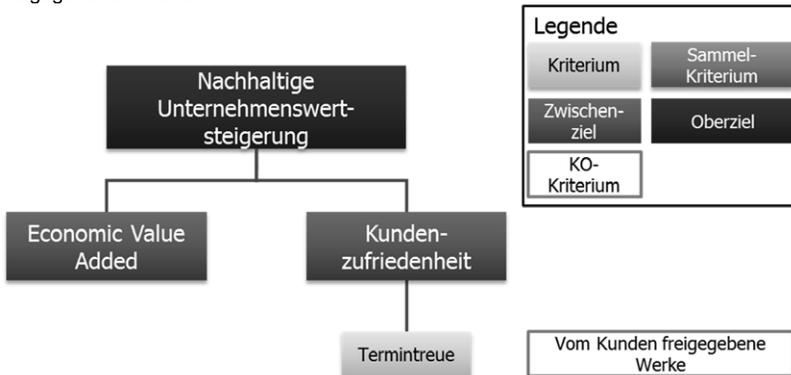
<sup>566</sup> Eigene Darstellung

festgelegt, das durch eine „gesteigerte Kundenzufriedenheit“ begünstigt wird. Abgeleitet aus der Kundenzufriedenheit kann z.B. das Kriterium „Termintreue“ identifiziert werden.



**ABBILDUNG 49: EXEMPLARISCHES BEISPIEL ZUR KRITERIEN-IDENTIFIKATION (6.1.1.1) TOP-DOWN<sup>567</sup>**

In der zweiten Betrachtungsweise werden Kriterien nicht aus Zielen sondern aus Informationen abgeleitet. Im Rahmen einer Prozessanalyse werden alle Informationen erfasst, die in den bestehenden Prozess der Auftragszuordnung eingehen. Dabei sollten z.B. Quellen der Information, Empfänger, Inhalt und weitere Punkte während teilnehmender Beobachtungen entlang des Prozesses hinterfragt bzw. durch Sichtung von Arbeits- und Prozessbeschreibungen ergänzt werden. Die Schritte unter dem Begriff „Informations-Input“ werden durch eine Anforderungsanalyse ergänzt, wodurch auch Kriterien identifiziert werden können, die bislang nicht Teil des bestehenden Prozesses sind. Das Ergebnis ist die Kenntnis über Prozessabläufe und Informationsflüsse z.B. ausgehend von einer Kundenanfrage bis hin zur Auftragsbuchung. Zusätzliche Ergebnisse sind erste, inhaltliche Anforderungen wie die Festlegung von zulässigen Toleranzbereichen sowie weitere Kriterien zur Auftragszuordnung, wie beispielweise die von Kunden freigegebenen Werke.



**ABBILDUNG 50: EXEMPLARISCHES BEISPIEL ZUR KRITERIEN-IDENTIFIKATION (6.1.1.2) INFO-INPUT<sup>568</sup>**

Als dritte und letzte Betrachtungsweise werden Informationen analysiert, die den bestehenden Prozess der Auftragszuordnung verlassen bzw. aus diesem hervorgehen. Wie beim vorangehenden Schritt werden die Kriterien wie die „Auslastung Kapazität“ aus der Belegung der Anlagen im Produktionsnetzwerk aufgrund der darauf gebuchten Aufträge aus Informationen abgeleitet.

<sup>567</sup> Eigene Darstellung

<sup>568</sup> Eigene Darstellung



**ABBILDUNG 51: EXEMPLARISCHES BEISPIEL ZUR KRITERIEN-IDENTIFIKATION (6.1.1.3) INFO-OUTPUT<sup>569</sup>**

#### (6.)1.2 Charakterisierung

Im zweiten Schritt der Phase 1 werden die Kriterien charakterisiert. Wie bei der „Identifikation“ sind auch zur „Charakterisierung“ drei Schritte notwendig. Zunächst werden die identifizierten Kriterien aus den vorangehenden Betrachtungsweisen aufgelistet. Dazu eignet sich ein morphologischer Aufbau mit dem Parameter „Kriterienbezeichnung“ wie z.B. „Durchlaufzeit“. Ebenfalls notwendig ist die Angabe der Ausprägung je Kriterium, wie beispielweise die Quelle des Kriteriums „Durchlaufzeit“ aus der „Arbeitsplangenerierung“. Doppelnennungen wie die „Herstellungsdauer“ können unter einem Kriterium wie der „Durchlaufzeit“ zusammengefasst bzw. gestrichen werden.

Nr.	Kriterien	Quelle	Arbeitsplangenerierung
19	Durchlaufzeit		✓
20	Herstellungsdauer		✓

**ABBILDUNG 52: EXEMPLARISCHES BEISPIEL ZUR KRITERIEN-CHARAKTERISIERUNG (6.1.2.1) KRITERIENAUFLISTUNG<sup>570</sup>**

Im zweiten Schritt wird die bereinigte Kriterienauflistung charakterisiert, d.h. alle Ausprägungen, die ein Kriterium beschreiben können, werden gesammelt. Beispiele hierfür sind dynamische, objektive Kriterien, die aus der Analyse von Dokumenten und ggf. aus nachgelagerten Befragungen hervorgehen können.

<sup>569</sup> Eigene Darstellung

<sup>570</sup> Eigene Darstellung

Nr.	Kriterien	Quelle	Arbeitsplangenerierung	Charakterisierung	statisch   dynamisch	objektiv   subjektiv
19	Durchlaufzeit		✓			

**ABBILDUNG 53: EXEMPLARISCHES BEISPIEL ZUR KRITERIEN-CHARAKTERISIERUNG (6.1.2.2) AUSPRÄGUNGEN<sup>571</sup>**

Im dritten Schritt der Charakterisierung werden die Kriterien anhand der Ausprägungen differenziert, in dem diese innerhalb des morphologischen Aufbaus den entsprechenden Kriterien zugeordnet werden. Das Kriterium „Logistikkosten“ ist beispielsweise in seiner Ausprägung „dynamisch“ („d“), da sich dessen Wert je Auftrag bzw. Kundenstandort ggü. dem Produktionsstandort ändern kann, es ist jedoch „objektiv“ („O“), da dies eine mathematisch/physikalisch messbare Größe ist.

Nr.	Kriterien	Quelle	Arbeitsplangenerierung	Charakterisierung	statisch   dynamisch	objektiv   subjektiv
14	Logistikkosten				d	O

**ABBILDUNG 54: EXEMPLARISCHES BEISPIEL ZUR KRITERIEN-CHARAKTERISIERUNG (6.1.2.3) DIFFERENZIERUNG<sup>572</sup>**

### (6.)1.3 Kriterien-Selektion

Bevor im dritten Schritt der Phase 1 die Kriterien selektiert werden können, müssen diese entsprechenden „Entscheidungsstufen“ zugeordnet werden. Ein Beispiel hierfür sind „KO-Kriterien“, die einen Standort zur Auftragszuordnung freigeben oder nicht. Exemplarisch kann hier das negative Ergebnis aus der „technischen Machbarkeitsprüfung“ eines Artikels aufgeführt werden. Kriterien einer weiteren Entscheidungsstufe sind „Schwellwerte“, die ab einem definierten Wert ebenfalls die Zuordnung verhindern bzw. einschränken, wie z.B. ein erschöpftes „Verkaufskontingent“. Die Entscheidungsstufe mit deren Hilfe die Eignung der Standorte zur Herstellung eines Auftrags bestimmt werden kann, enthält „Zuordnungskriterien“, wie z.B. die „Herstellkosten an einem Standort“.

<sup>571</sup> Eigene Darstellung

<sup>572</sup> Eigene Darstellung

Nr.	Kriterien	Entscheidungsstufe	KO-Kriterium	Schwellwert	Zuordnungskriterium
8	Verkaufskontingent			✓	
9	Machbarkeit	✓			
13	Herstellkosten				✓

**ABBILDUNG 55: EXEMPLARISCHES BEISPIEL ZUR KRITERIEN-SELEKTION (6.1.3.1) ENTSCHEIDUNGSSTUFEN**<sup>573</sup>

Die Kriterien werden separat je Entscheidungsstufe geprüft und gefiltert, so dass am Ende nur die anwenderspezifischen, entscheidungsrelevanten Kriterien verbleiben. Der Filter entspricht einem anwenderspezifischen Regelwerk, das aus den Anforderungen der vorangehenden Untersuchungen zusammengestellt und zusätzlich aus der Zieldefinition abgeleitet wird. Können Kriterien wie der „Luftdruck an einem Produktionsstandort“ keinem Bestandteil des anwenderspezifischen Zielsystems untergeordnet werden, sind diese Kriterien nicht entscheidungsrelevant und müssen zurückgestellt werden.

Nr.	Kriterien	Entscheidungsstufe	KO-Kriterium	Schwellwert	Zuordnungskriterium	Filter	Differenzierung der Standorte (Rechengröße) und/oder Szenario
8	Luftdruck an einem Produktionsstandort				✓		✗

**ABBILDUNG 56: EXEMPLARISCHES BEISPIEL ZUR KRITERIEN-SELEKTION (6.1.3.2) PRÜFUNG | FILTER**<sup>574</sup>

Abschließend werden in Phase 1 die Ergebnisse zusammengetragen, d.h. es wird ein tabellarischer Überblick der selektierten, für den Anwender entscheidungsrelevanten Kriterien erstellt. Die Kriterienauflistung sollte dabei die Kriteriendefinition, den Zielbeitrag, die Entscheidungsstufe sowie weitere Untersuchungsergebnisse beinhalten.

<sup>573</sup> Eigene Darstellung

<sup>574</sup> Eigene Darstellung

Nr.	Kriterien	Zielarten	Extremierung Steigerung	Extremierung Reduzierung	Satisfizierung	Entscheidungsstufe	KO-Kriterium	Schwellwert	Zuordnungskriterium	Prüfung	Deckung der Zielgrößen & Konsistenz	Differenzierung der Standorte	Entscheidungsrelevanz	Vergleichbarkeit der Kriterienausprägung/-werte	Kriterien Definition
-----	-----------	-----------	-------------------------	--------------------------	----------------	--------------------	--------------	-------------	---------------------	---------	-------------------------------------	-------------------------------	-----------------------	---	----------------------

ABBILDUNG 57: EXEMPLARISCHES BEISPIEL ZUR KRITERIEN-SELEKTION (6.1.3.3) KRITERIENAUFLISTUNG<sup>575</sup>

**Phase 2: Datenstandardisierung**

Das Ergebnis aus Phase 2 ist ein belastbarer und vergleichbarer Datenstandard der selektierten Kriterien aus Phase 1, auf dessen Basis die Entscheidungsfindung erfolgen kann. Mit Hilfe von Prozessanalysen und -definitionen werden Standards vereinbart, die dem Ist-Zustand gegenübergestellt werden, wodurch Defizite identifiziert und deren Ursachen analysiert werden können. Diese werden dann durch einen Problemlösungszyklus gezielt behoben.

**(6.)2.1 Ablauf Auftragszuordnung**

Im ersten Schritt der Phase 2 wird zunächst der Ablauf der Auftragszuordnung festgelegt. Der Ablauf orientiert sich dabei an den Entscheidungsstufen „KO-Kriterien“, „Schwellwert“ und „Zuordnungskriterien“ aus Phase 1: Kriterien-Selektion. Die Entwicklung des Ablaufs innerhalb der Entscheidungsstufen kann durch ein interdisziplinäres Expertenteam in Gruppendiskussionen und / oder Workshops entwickelt werden. Die Ergebnisse aus der Ablaufentwicklung sind in Flussdiagrammen zu dokumentieren und um den Dateninput bzw. -output je Ablaufbestandteil zu ergänzen, was für die Definition der Messbarkeitsregeln notwendig ist. Beispielsweise werden in der Entscheidungsstufe „KO-Kriterium“ aus dem Datenspeicher (Prüfungsergebnis der technischen Machbarkeit „MBK“ eines Materials je Werk) die „technisch machbaren Werke“ ausgelesen. Die „nicht freigegebenen Werke“ werden im weiteren Ablauf ausgeschlossen. Das Ergebnis wird ebenfalls in den Datenspeicher übergeben.

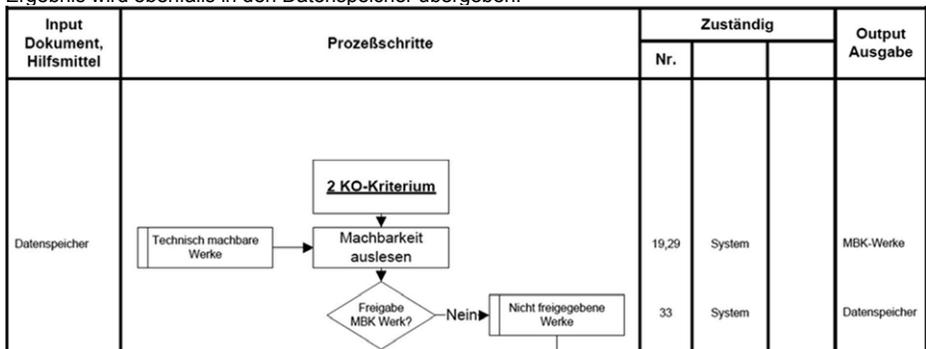


ABBILDUNG 58: EXEMPLARISCHES BEISPIEL ZUM ABLAUF DER ENTSCHEIDUNGSSTUFE "KO-KRITERIUM" (6.2.1) ABLAUF AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>576</sup>

<sup>575</sup> Eigene Darstellung

<sup>576</sup> Eigene Darstellung

### (6.)2.2 Messbarkeitsregeln

Im nächsten Schritt der Phase 2 werden Messbarkeitsregeln für alle Elemente des Ablaufs der Auftragszuordnung definiert. Dabei wird zunächst der Zweck des Kriteriums festgelegt, d.h. welche Informationen sind notwendig um den Zweck zu erfüllen. Diese Informationen sind der Output eines Kriteriums. Die Messbarkeitsregel des Kriteriums wird so definiert, dass der gewünschte Output generiert werden kann. Sind die Messbarkeitsregeln bekannt, wird identifiziert, welche Informationen notwendig sind, damit die Berechnung erfolgen kann. Anschließend werden die Quellen der Informationen bestimmt.



**ABBILDUNG 59: ZUSAMMENHANG INPUT - KRITERIUM - OUTPUT IN ANLEHNUNG AN (THIEME, ET AL., 2014)<sup>577</sup>**

Durch die Befragung von Experten, Gruppendiskussionen und / oder Workshops können diese Angaben konkretisiert werden. Am Beispiel der „Terminabweichung“ errechnet sich diese aus dem „Kundenwunschtermin“ und dem „zur Herstellung möglichen Termin am Standort“. Die „Terminabweichung“ ergibt sich aus der Subtraktion der genannten Input-Informationen „möglicher Termin am Standort“ und „Wunschtermin des Kunden“. Zur Darstellung und Kommunikation des definierten Standards eines Kriteriums können Kennzahlendatenblätter verwendet werden.

Parameter	Ausprägung
<b>Definition der Kennzahl</b>	Die Terminabweichung gibt an, wie groß die Abweichung des Wunschtermins zum terminierten (möglichen) Fertigstellungstermin (Eckende) eines Standorts ist.
<b>Bestandteile</b>	Standort, Terminabweichung in Tagen
<b>Berechnung</b>	Terminabweichung = möglicher Termin – Wunschtermin
<b>Zweck (Ziel bzw. Nutzen der Kennzahl)</b>	Mit Hilfe der Terminabweichung kann mitunter die Eignung eines Standorts zur Herstellung eines Auftrags sowie die Einhaltung/Abweichung gesetzter Toleranzen bestimmt werden.
<b>Datenquelle 1. Ebene</b>	System A – berechnete Terminabweichung auslesen
<b>Datenquelle 2. Ebene</b>	System B (Wunschtermin aus Kundenauftrag), terminierter Fertigstellungstermin aus System A
<b>Datenquelle 3. Ebene</b>	Terminierter Fertigstellungstermin auf Basis System B Kapazität und Vormaterialverfügbarkeit (bzw. Wiederbeschaffungszeit), System B Arbeitsplan (inkl. Alternativenanlagen)
<b>Anwender</b>	Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium
<b>Kennzahlentyp</b>	Datenspeicher, dynamisch
<b>Kennzahlenebene</b>	Standort, Auftrag
<b>Intervall</b>	Bei Auftragsbuchung
<b>Verantwortlichkeit</b>	Auftragskoordination

**ABBILDUNG 60: EXEMPLARISCHES BEISPIEL EINES KENNZAHLENDATENBLATTES ZUR DARSTELLUNG DER TERMINABWEICHUNG (6.2.2) MESSBARKEITSREGELN<sup>578</sup>**

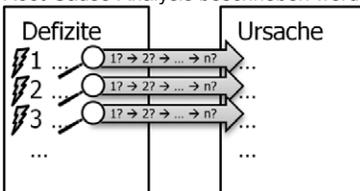
<sup>577</sup> Eigene Darstellung in Anlehnung an (Thieme, et al., 2014 S. 33)

<sup>578</sup> Eigene Darstellung

Im nächsten Schritt werden die Parameter des Kennzahlendatenblatts hinsichtlich der Ausprägung des Ist-Zustands analysiert. Die Ausprägungen je Standort der Parameter aus den Kennzahlendatenblättern pro Element des Ablaufs der Auftragszuordnung können dem Soll-Zustand in einer Vergleichsmatrix gegenübergestellt werden.

#### (6.)2.3 Identifikation Defizite

Mit Hilfe der Vergleichsmatrix zwischen Soll- und Ist-Zustand können im nächsten Schritt Defizite, d.h. unzulässige Abweichungen, identifiziert werden. W-Fragen können dabei helfen, die Kenntnis über die Wirkung auf und durch das Defizit in Erfahrung zu bringen. Die Ursachen je Defizit können anschließend einfach und schnell durch die 5-Why-Methode bzw. durch eine Root-Cause-Analysis beschrieben werden.



**ABBILDUNG 61: VEREINFACHTE DARSTELLUNG DER 5-WHY-METHODE BEI DER URSACHENANALYSE<sup>579</sup>**

Dabei kann z.B. die Ursache für das Defizit „unterschiedlicher Einheiten“ beim Kriterium „Terminabweichung“ in Tagen und Wochen darin liegen, dass die Terminierung des Fertigungsauftrags an den Werken in unterschiedlichen Einheiten erfolgt und in Folge unterschiedlich ausgewiesen wird. Die Ursache dafür wiederum liegt z.B. im hinterlegten Kalender, der an einem Werk in Wochentagen und in einem anderen Werk in Kalenderwochen gepflegt wird. Die identifizierten Ursachen je Defizit sollten abschließend in der Vergleichstabelle zur Dokumentation ergänzt werden.

#### (6.)2.4 Datenstandardisierung

Zur Datenstandardisierung müssen geeignete Maßnahmen zur Behebung der Ursachen der identifizierten Defizite entwickelt werden. Mit Hilfe eines „Morphologischen Kastens“ können Lösungskombinationen vielschichtiger Ursachen entwickelt werden. Hierzu sollten die Einzellösungen je Ursachenbestandteil durch verschiedene Gruppenkreativitätsmethoden wie Brainstorming, Kartenabfrage, 6-3-5-Methode und weiteren entwickelt werden. Nachdem Einzellösungen innerhalb des Morphologischen Kastens bekannt sind, können daraus Maßnahmenpakete definiert werden, die durch ein Projektteam umgesetzt werden. Beispielsweise kann die Ursache „unterschiedlicher Einheiten“ aufgrund unterschiedlicher Kalender durch einen standardisierten Kalender behoben werden, der je nach Terminanfrage ein Datum oder eine Kalenderwoche ausgibt. Hierzu muss ein entsprechender Kalender sowie die regelbasierte Ausgabe der angefragten Einheit im ERP-System hinterlegt werden. Die Programmierung, die Regeln zur Pflege und die Verantwortung für die Pflege des Kalenders können dabei innerhalb eines Projekts erfolgen.

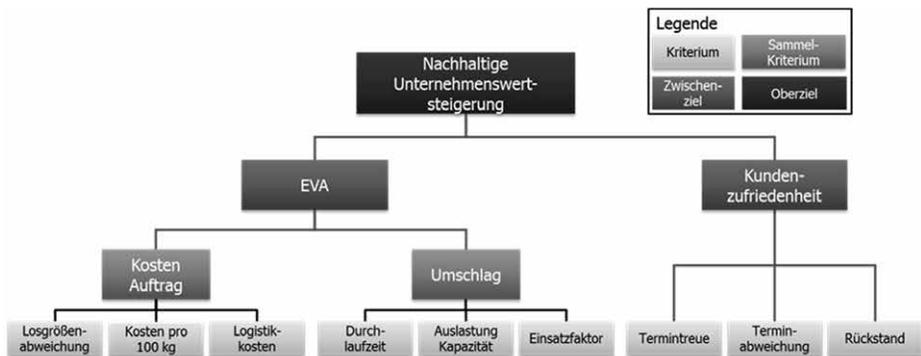
### Phase 3: Berechnung Standorteignung

Das Ergebnis aus Phase 3 ist ein Entscheidungsmodell durch das die Berechnung der Standorteignung erfolgen kann. Mit Hilfe des anwenderspezifisch adaptierbaren Entscheidungsmodells auf Basis des „Analytic Hierarchy Process“ kann der geeignetste Standort zur Herstellung eines Auftrags identifiziert werden.

#### (6.)3.1 Kriterien-Hierarchie

Der anwenderspezifische Einstieg in Phase 3 beginnt mit der Erstellung der Kriterien-Hierarchie, die das definierte Zielsystem aus Phase 1 um Kriterien ergänzt. Hierbei werden die Kriterien den entsprechenden Zielen unter anderem gemäß deren Zielbeitrag durchgängig zugeordnet. Die Zuordnung z.B. des Kriteriums „Termintreue“ zum Ziel der „Kosteneinsparung“ ist in sich nicht schlüssig. Wird die „Termintreue“ dem Ziel der „Kundenzufriedenheitssteigerung“ zugeordnet, wird die Anforderung nach Durchgängigkeit erfüllt. Auf Basis der Kriteriencharakterisierung aus Phase 1 und den Messbarkeitsregeln aus Phase 2 können die Kriterien den entsprechenden Zielen untergeordnet werden. Nachstehend ist eine exemplarische Kriterien-Hierarchie aufgeführt.

<sup>579</sup> Eigene Darstellung



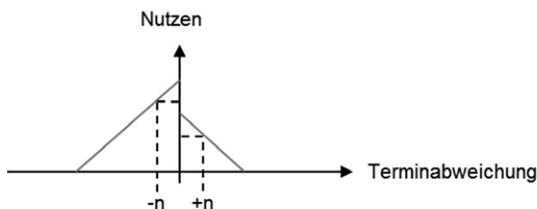
**ABBILDUNG 62: EXEMPLARISCHES BEISPIEL EINER KRITERIEN-HIERARCHIE ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG (6.3.1) KRITERIEN-HIERARCHIE<sup>580</sup>**

### (6.)3.2 Bewertungsart je Kriterium

Im nächsten Schritt werden die Bewertungsarten der Kriterien festgelegt. Dabei erfolgt eine Klassifizierung der Kriterien durch die Charakterisierung aus Phase 1 und der Definition der Messbarkeitsregeln aus Phase 2. Beispielsweise kann das Kriterium „Herstellkosten“ der direkten Bewertungsart zugeordnet werden, da die Kosten ohne weitere Abstufung oder Umrechnung herangezogen werden können.

### (6.)3.3 Nutzenfunktion je Kriterium

Im letzten Teilschritt der Phase 3 werden Nutzenfunktionen je Kriterium gemäß deren Bewertungsart bestimmt. Dazu müssen Dokumente wie Kennzahlendatenblätter, Messbarkeitsregeln und weitere gesichtet werden, die Aufschluss über deren Nutzenverhalten bei entsprechender Wertausprägung liefern können. Es ist hilfreich, hierzu die Veränderung des übergeordneten Ziels eines Kriteriums bei Veränderung der Kriterienwerte zu analysieren. Die Nutzenfunktionen sagen z.B. aus, dass eine Terminabweichung von  $n$ -Tagen nach dem Wunschtermin einen geringeren Nutzen als eine gleichgroße Terminabweichung von  $n$ -Tagen vor dem Kundenschichttermin hat.



**ABBILDUNG 63: EXEMPLARISCHES BEISPIEL DER NUTZENFUNKTION ZUR TERMINABWEICHUNG (6.3.3) NUTZENFUNKTION JE KRITERIUM<sup>581</sup>**

## Phase 4: Szenarienentwicklung

In der operativen Anwendung der Auftragszuordnung ergeben sich zahlreiche unterschiedliche Situationen. Je nach Situation ergeben sich unterschiedliche Präferenzen der einzelnen Ziele. So kann eine Situation eintreten, in der die Kundenzufriedenheit wichtiger ist als unternehmensinterne monetäre Ziele. Zur Vorbereitung möglicher Situationen sind situationsspezifische Relevanz der Ziele und Kriterien zu bestimmen. In Phase 4: Szenarienentwicklung werden Situationen identifiziert, für die eine Gewichtung vordefiniert wird, so dass diese bei Eintritt der Situation operativ berücksichtigt werden kann.

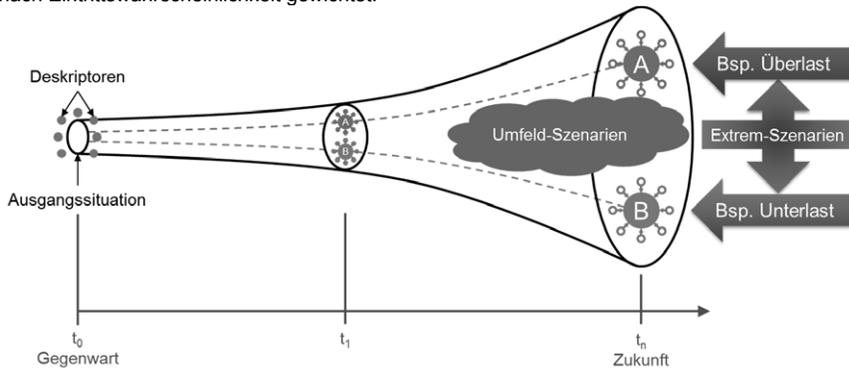
### (6.)4.1 Szenarienbildung

Bei der Szenarienbildung werden zunächst interne und externe Einflussbereiche identifiziert, die eine Situation beschreiben. Ein Beispiel für einen internen Einflussbereich ist die „Auslastung der Standorte“. Die Einflussbereiche werden dann in Form von Deskriptoren beschrieben.

<sup>580</sup> Eigene Darstellung

<sup>581</sup> Eigene Darstellung

Mögliche Deskriptoren am Beispiel der „Auslastung der Standorte“ sind die „Anlagenbelegung“ oder der „Rückstand“. Als nächstes müssen mögliche Ausprägungen mit Hilfe von Vergangenheitsdaten und Kreativitätsmethoden bestimmt werden. Als Ausprägung der „Anlagenbelegung“ kann die Auslastung des Kapazitätsangebots z.B. von 80% oder 90% genannt werden. Anschließend werden die Annahmen gebündelt, d.h. Einflussbereiche, Deskriptoren und deren Ausprägungen zu Szenarien zusammengefasst. Nachfolgende Darstellung zeigt in Form eines Trichters die zeitliche Veränderung möglicher Situationen, die jedoch von Extremszenarien, wie der „kapazitiven Überlast“ und „Unterlast“, eingegrenzt werden. Ausgehend von einer Störfallanalyse unter Abschätzung von Chancen und Risiken werden die identifizierten Szenarien je nach Eintrittswahrscheinlichkeit gewichtet.



**ABBILDUNG 64: EXEMPLARISCHE BEISPIEL EINES TRICHTERMODELLS MIT DEN EXTREMSZENARIOEN "ÜBERLAST" UND "UNTERLAST" (6.4.1) SZENARIOENBILDUNG<sup>582</sup>**

#### (6.)4.2 Szenariengewichtung

In diesem Schritt werden die Elemente der Kriterien-Hierarchie paarweisen Vergleichen unterzogen. Die Gewichtung sollte von unternehmensinternen Experten durchgeführt werden. Dabei können die Befragten je paarweisen Vergleich die Präferenz aus einer verbalen Skala entnehmen. Beispielsweise kann dadurch angegeben werden, dass die „Termintreue“ eines Standorts „viel wichtiger“ ist als der „aktuelle Rückstand“. Die Ergebnisse der Gewichtung werden mit den Befragten abgestimmt und die Gewichtung der Szenarien fixiert.

### Phase 5: Umsetzung im ERP-System

In Phase 5 findet ein Eingriff in bestehende Prozesse eines Anwenders des Verfahrens zur Auftragszuordnung im Bereich der Auftragsbuchung durch die Entwicklung eines Planungssystems statt, welches das modifizierte Entscheidungsmodell zur Berechnung der Standorteignung beinhaltet

#### (6.)5.1 Konzipierung Ablauf Auftragszuordnung

Der Einstieg erfolgt durch die Konzipierung des Ablaufs der abzubildenden Entscheidungsstufen. Hierbei wird unter anderem festgelegt, an welchen Schritten der Auftragsbuchung via User Exits aus dem ERP-System in ein Planungssystem abgesprungen werden kann. Zur Berechnung der Standorteignung sind die auftragsspezifischen Eingaben „Material“, „Kundenwunschmenge“ und „Kundenwunschtermin“ notwendig, d.h. im Anschluss an diese Eingaben kann die Berechnung der Standorteignung im Planungssystem erfolgen. Das Berechnungsergebnis wird dann zurück ans ERP-System übertragen, in dem dann der Auftrag auf dem geeignetsten Standort gebucht werden kann.

#### (6.)5.2 Datenintegration

Neben den Eingaben „Material“, „Kundenwunschmenge“ und „Kundenwunschtermin“ sind Stammdaten, Belegungsdaten, Materialverfügbarkeiten sowie Plausibilitätsprüfungen im Planungssystem zu hinterlegen. Diese Daten müssen innerhalb des ERP-Systems in Übergabetabellen geschrieben werden, die auch bei Datenänderung die Übergabe in das Planungssystem anstoßen. Die Übergabetabellen werden mit Hilfe von Schnittstellen an das Planungssystem übergeben. Die Struktur der Übergabetabellen muss im Planungssystem abgebildet werden, so dass dies die Daten korrekt auslesen kann.

<sup>582</sup> Eigene Darstellung

### (6.)5.3 Modellentwicklung

Der Kern der Phase 5: Umsetzung im ERP-System liegt in der Modellentwicklung zur Berechnung der Standorteignung innerhalb des Planungs-Systems, da dafür keine Basisfunktionalitäten verfügbar sind. Zunächst werden die Elemente der Kriterienhierarchie in Form von Attributen und Typen klassifiziert. Die Berechnung der Standorteignung ist mit Hilfe der Nutzenfunktionen je Typ, d.h. je Kriterium und mit Hilfe der mathematischen Bestimmung der globalen Gewichte, zu programmieren. Dadurch kann die Berechnung der Standorteignung eines Auftrags auf alle zulässigen Werke erfolgen.

Alle Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung wurden im Rahmen der Validierung (siehe Kapitel 8) in einem Fallbeispiel durchgeführt. Hierbei wurden nicht nur die Phasen 1 bis 4 sondern auch die Phase 5 erfolgreich umgesetzt. Bei der Anwendung im Fallbeispiel konnte ein Softwareprototyp in Zusammenarbeit mit Softwareentwicklern, -architekten und -consultants mit einem Umfang von gut 200 Stunden entwickelt werden. Der Softwareprototyp ist in der Lage, ausgehend von „Material“, „Kundenwunschemenge“ und „Kundenwunschtermin“ auf Basis aller notwendigen Daten, die Berechnung der Standorteignung einer beliebigen Anzahl an Standorten innerhalb weniger Sekunden zu bestimmen. Die Anwendung unterschiedlicher Fälle wird in Kapitel „8.1 Anwendung des entwickelten Verfahrens in einem Fallbeispiel“ beschrieben. Darin werden diverse Screen-Shots des Softwareprototyps vorgestellt. Nachfolgende Darstellung zeigt exemplarisch das Berechnungsergebnis der Standorteignung zweier alternativer Standorte.

Relevante Angaben des Screen Shots von links nach rechts:

- „W...“ = Werk auf dem der Flexiworkorder angetauscht wurde
- „Bew...“ = Ergebnis der Berechnung der Standorteignung
- „Nr“ = Flexiworkordernummer
- „Ter...“ = Terminabweichung in Tagen
- „Termi...“ = Termintreue in Prozent
- „Losgroe...“ = Losgrößenabweichung in kg
- „Logistik“ = Logistikkosten in €
- „€/100kg“ = Herstellkosten in €/100 kg
- „Einsatzf...“ = Einsatzfaktor in Prozent
- „DLZ“ = Durchlaufzeit
- „Kapa“ = Kapazität (nicht berücksichtigt)
- „Rückstand“ = Rückstand (nicht berücksichtigt)

FlexiWO / Hierarchie												
W...	Bew...	Nr	Ter...	Termi...	...	Losgroe...	Logistik	€/100kg	Einsatzf...	DLZ	Kapa	Rückstand
7600	0,86937	Flexi1...	0	69,20000	⬇️	182,50000	7,00	63,66	143,56	7Tage, 5h	0	0
3600	0,13063	Flexi1...	10	87,22500	⬆️	300,00000	7,02	41,99	134,00	10Tage, 14h	0	0

**ABBILDUNG 65: EXEMPLARISCHES BEISPIEL EINES BERECHNUNGSERGEBNIS DER STANDORTEIGNUNG ZWEIER ALTERNATIVER STANDORTE**<sup>583</sup>

<sup>583</sup> Screen Shot

## 8 Validierung des Verfahrens

Im Anschluss an die Entwicklung des Verfahrens zur Auftragszuordnung wird dieses, gemäß dem Forschungsprozess angewandter Wissenschaften nach (Ulrich, 2001) anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte validiert. Die Validierung bezieht sich auf die dritte Leitfrage, die durch das Forschungsprojekt beantwortet werden soll.

3. Wie soll der Erfolg einer verbesserten Auftragszuordnung gegenüber einer bestehenden Auftragszuordnung gemessen werden?

Das Ziel der Validierung liegt darin, Aussagen über den Erfolg und den Nutzen des entwickelten Verfahrens zur Auftragszuordnung für den Untersuchungs- und Einsatzbereich abzuleiten. Die Forschungsfrage und das Ziel der Validierung setzen die Anwendung des entwickelten Verfahrens in der Praxis unter realen Bedingungen voraus. Im ersten Abschnitt der Validierung wird der durch die Anwendung generierte Zustand beschrieben und im zweiten Abschnitt einem Vergleichszustand gegenüber gestellt, um dadurch die Bewertung des Erfolgs der Anwendung zu ermöglichen. Anschließend wird im dritten Abschnitt der Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung in Bezug auf die Ergebnisse aus der Anwendung des Fallbeispiels bestimmt. Die Bewertungen des Erfolgs und des Nutzens werden im vierten Abschnitt zusammengefasst und abschließend im letzten Abschnitt der Validierung kritisch betrachtet.

### 8.1 Anwendung des entwickelten Verfahrens in einem Fallbeispiel

Die Anwendung des entwickelten Verfahrens zur Auftragszuordnung in einem Fallbeispiel soll sicherstellen, dass das Verfahren „*die für die Zielstellung erforderlichen Funktionen beinhaltet (funktionale Korrektheit)*“<sup>584</sup> und „*die für die Zielstellung erforderlichen Randbedingungen, wie z.B. Rechenzeitverbrauch und verfügbare Schnittstellen erfüllt (technische Korrektheit)*“<sup>585</sup>. Nach (Rabe, et al., 2008) ist der Test (hier in Form der Anwendung des Verfahrens in einem Fallbeispiel) das Mittel zur Validierung.<sup>586</sup>

Die Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung wird unter realen Bedingungen anhand von Ist-Daten eines Fallbeispiels durchgeführt. Das dem Fallbeispiel zugrunde liegende, repräsentative Unternehmen liegt innerhalb des typologisch abgegrenzten Einsatzbereichs. Das betrachtete Unternehmen führt in der Geschäftsjahresplanung 2014/2015 annähernd 20.000 Artikel bei einem täglichen Auftragszugang von rund 300 Fertigungsaufträgen. Die technische Durchlaufzeit der Artikel liegt zwischen zwei bis acht Wochen. Innerhalb des Produktionsnetzwerks können diverse Artikel an drei teileredundanten Standorten hergestellt werden. Vor der Beschreibung der Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung wird die Ausgangssituation im Fallbeispiel vorgestellt, die im weiteren Verlauf der Erfolgsvalidierung als Vergleichszustand herangezogen wird.

Bei der Anwendung im Fallbeispiel werden die Phasen 1 bis 5 des Verfahrens zur Auftragszuordnung durchlaufen.

<sup>584</sup> Siehe (Rabe, et al., 2008 S. 16)

<sup>585</sup> Siehe (Rabe, et al., 2008 S. 16)

<sup>586</sup> Vgl. (Rabe, et al., 2008 S. 16)

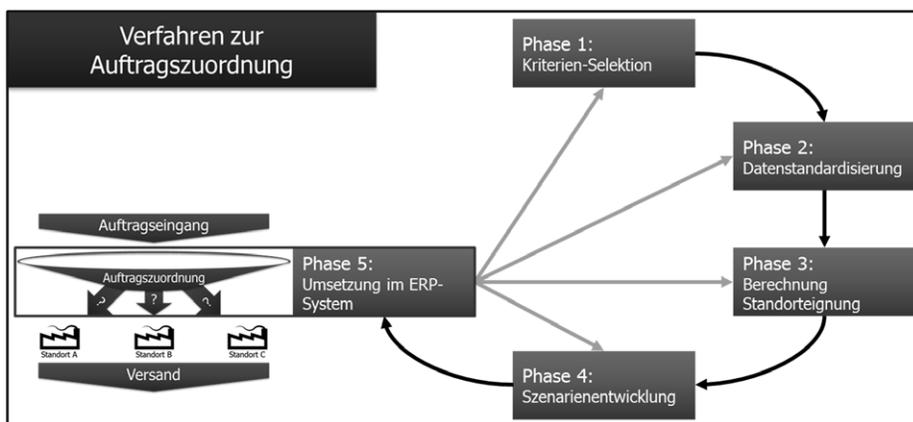


ABBILDUNG 66: VERFAHREN ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>587</sup>

Die Phasen des Verfahrens sind ausführlich im Rahmen der Verfahrensentwicklung beschrieben. Die fünf Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung bestehen jeweils aus Teilschritten und Einzelbestandteilen, die in untenstehender Tabelle aufgelistet sind. In der Anwendung des Verfahrens wird im Folgenden je Phase der erreichte Zustand unter Angabe von exemplarischen Teilergebnissen sowie der Weg bis hin zur Erreichung des Zustands beschrieben.

	Phasen und Teilschritte	Einzelbestandteile
<b>Phase 1</b>	<b>Kriterien-Selektion</b>	
<b>1.1</b>	Identifikation	
<b>1.1.1</b>	Top-Down Betrachtungsbereich	a. Entwicklung Zielsystem (1) Definition Zielgrößen (2) Relevanzprüfung für Auftragszuordnung (3) Konsistenzprüfung (4) Klassifizierung Zielarten (5) Analyse Zielbeziehungen (6) Differenzierung relative und absolute Ziele (7) Hierarchisierung der Zielgrößen b. Quantifizierung der Ziele
<b>1.1.2</b>	Info-Input Betrachtungsbereich	a. Prozessanalyse Auftragszuordnung b. Anforderungsanalyse
<b>1.1.3</b>	Info-Output Betrachtungsbereich	a. Prozessanalyse Auftragszuordnung b. Anforderungsanalyse
<b>1.2</b>	Charakterisierung	
<b>1.2.1</b>	Kriterienauflistung	a. Kriteriensammlung aus Identifikation b. Redundanzen eliminieren
<b>1.2.2</b>	Ausprägungen	Morphologie der Kriterienausprägungen
<b>1.2.3</b>	Differenzierung	Kriteriendifferenzierung über Ausprägungen

<sup>587</sup> Eigene Darstellung

<b>1.3</b>	Kriterien-Selektion	
<b>1.3.1</b>	Entscheidungsstufen	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Abgleich Charakterisierung mit Entscheidungsstufen</li> <li>b. Einordnung der Kriterien in Entscheidungsstufen</li> </ul>
<b>1.3.2</b>	Prüfung   Filter	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Prüfung und Filter anhand Regelwerk</li> <li>b. Selektion der Kriterien</li> <li>c. Kritische Prüfung Ergebnis</li> </ul>
<b>1.3.3</b>	Kriterienauflistung	Definition der selektierten Kriterien unter Angabe aller Untersuchungsergebnisse (Charakterisierung, Zielbeitrag, Entscheidungsstufen)
<b>Phase 2</b>	<b>Datenstandardisierung</b>	
<b>2.1</b>	Ablauf Auftragszuordnung	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Entscheidungsstufen Flussdiagramm</li> <li>b. Beschreibung Ablauf</li> </ul>
<b>2.2</b>	Messbarkeitsregeln	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Definition Messbarkeitsregeln</li> <li>b. Soll-Ist-Abgleich Kriterienausprägungen</li> </ul>
<b>2.3</b>	Identifikation Defizite	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Kriterienanalyse bzgl. Anforderungen &amp; Messbarkeitsregeln (→ Defizite)</li> <li>b. Kriterienbeschreibung bzgl. Defizite analysieren</li> <li>c. Beschreibung Defizit</li> <li>d. Ursachenanalyse je Defizit</li> </ul>
<b>2.4</b>	Datenstandardisierung	Behebung Ursachen der Defizite zur Erfüllung der Messbarkeitsregeln
<b>Phase 3</b>	<b>Berechnung Standorteignung</b>	
<b>3.1</b>	Kriterien-Hierarchie	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Wirkungsbeziehungen Ziele &amp; Kriterien</li> <li>b. Zuordnung Kriterium zu Ziel</li> <li>c. Kriterienauswirkung auf Ziel analysieren</li> <li>d. Vollständigkeit des Systems prüfen</li> </ul>
<b>3.2</b>	Bewertungsart je Kriterium	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Analyse Messbarkeitsregeln und Kriterienausprägung</li> <li>b. Klassifizierung Kriterien in vier Bewertungsstufen</li> </ul>
<b>3.3</b>	Nutzenfunktion je Kriterium	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Analyse der Wertausprägungen, Qualität, Quelle, zeitl. Bezug, etc. je Kriterium</li> <li>b. Abbildung des Verhaltens und Nutzens innerhalb einer Funktion zur Definition der kriterienspezifischen Standorteignung</li> </ul>
<b>Phase 4</b>	<b>Szenarientwicklung</b>	
<b>4.1</b>	Szenarienbildung	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Identifikation Einflussbereiche</li> <li>b. Ermittlung Deskriptoren</li> <li>c. Definition Deskriptorausprägungen</li> <li>d. Annahmebündelung</li> <li>e. Szenarienbildung</li> <li>f. Störfallanalyse &amp; Interpretation</li> </ul>
<b>4.2</b>	Szenariengewichtung	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Kriteriengewichtung</li> <li>b. Funktionsprüfung</li> </ul>

Phase 5	Umsetzung im ERP-System	
5.1	Konzipierung Ablauf Auftragszuordnung	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Konzipierung Ablauf Auftragszuordnung</li> <li>b. Prozessauslöser, Quellen und Informationen definieren</li> </ul>
5.2	Datenintegration	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Analyse Auswirkung durch Verlagerung von Prüfungen</li> <li>b. Erstellung Wissenstabellen</li> <li>c. Festlegung User-Exits</li> <li>d. Integrationsmodell</li> <li>e. Datenaustauschmodell (EAI-Schnittstellen)</li> </ul>
5.3	Modellentwicklung	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Abgleich Planungsobjekte mit Basisfunktionen des APS-Systems</li> <li>b. Abbildung der Objektbeziehungen</li> <li>c. Modellentwicklung zur Berechnung der Standorteignung</li> </ul>

**TABELLE 20: VERFAHREN ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG – PHASEN, TEILSCHRITTE UND EINZELBESTANDTEILE<sup>588</sup>**

### 8.1.0 Ausgangssituation im Fallbeispiel

Die Auftragszuordnung innerhalb des betrachteten Unternehmens des Fallbeispiels erfolgt im ursprünglichen Ist-Zustand manuell. Die Entscheidung, an welchem Standort ein eingehender Auftrag gefertigt werden soll, wird von den Mitarbeitern des Verkaufs zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung bestimmt. Die Auftragsbuchung an den gewählten Standort durchläuft dabei verschiedene Prüfungen. Diese Prüfungen stellen Grundvoraussetzungen dar und beziehen sich nicht auf die Eignung eines Standorts im Vergleich zu anderen potenziellen Standorten.

Zunächst wird überprüft, an welchem Standort der vom Kunden gewünschte Artikel technisch machbar ist. Zur Prüfung der technischen Machbarkeit sind die gewünschten Produkteigenschaften notwendig. Die technische Machbarkeit überprüft systemunterstützt, ob die Anlagen eines Standorts den Artikel mit den gewünschten Eigenschaften herstellen können. Die zu prüfenden Standorte werden durch Mitarbeiter des Verkaufs bestimmt. Die Prüfung erfolgt einmalig bei der Materialstammlage, d.h. nicht bei der Auftragsbuchung, sondern im Vorfeld. Das Ergebnis der Machbarkeitsprüfung kann selektiv in den Materialstamm aufgenommen werden. Um dies zu verdeutlichen, könnte zum Beispiel ein beliebiger Artikel XY bei den Standorten A und B, jedoch nicht bei Standort C auf Machbarkeit überprüft werden. Wenn Standort A und B ein positives Machbarkeitsergebnis erhalten, könnte z.B. ein Mitarbeiter des Verkaufs entscheiden, dass nur Standort B in den Materialstamm als zulässiges Werk eingetragen wird. Weitere Eingrenzung bezüglich der Standortwahl erfolgt neben der technischen Machbarkeit durch das Kontingent, über das die Verkaufsabteilung an den Standorten verfügt. Kontingente sind mengenbasiert und beziehen sich auf Ablieferwochen. Die Verkaufsabteilungen des betrachteten Unternehmens erhalten Kundenaufträge in unterschiedlichen zeitlichen Vorgriffen. Die aus der Geschäftsjahresplanung prognostizierte Absatzmenge je Verkaufsabteilung (ggf. weitere Unterteilung) soll diesen zugesichert werden, d.h. zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung diese erlauben. Das Verkaufskontingent gewährleistet, dass Reservierungsaufträge nicht notwendig sind. Die Verkaufsabteilungen prognostizieren im Rahmen der Geschäftsjahresplanung die Absatzmenge auf Artikel- bzw. Artikelgruppenebene (ohne Angabe des Absatzzeitpunkts). Die Fertigungsplanung gleicht die Absatzprognose über saisonale Kapazitätsplanung [Urlaubszeit, Feiertage, Nutzungsgrad und Effizienz der Anlagen; entsprechend der zu erwartenden Personalverfügbarkeit (orientiert sich maßgeblich an Feiertagen und Schulfreien)] mit Hilfe von Arbeitsplänen und Stücklisten ab. Sofern von ausreichender Kapazität für den Produktmix im Mittel ausgegangen werden kann, werden die Kontingente in metrischer Tonne anteilig von der Gesamtmenge je Bedarf den Verkaufsabteilungen pro Kalenderwoche gut geschrieben. Kann die

<sup>588</sup> Eigene Darstellung

prognostizierte Bedarfsmenge des Produktmixes nicht kapazitiv erfüllt werden, wird entweder nach Möglichkeit das Kapazitätsangebot oder die Absatzprognose korrigiert. Kontingente werden mit Wochen- und Werksbezug ausgewiesen. Unterschieden wird in Verkaufsgruppen- und Kundenkontingente sowie Technologiekontingente. Die Auftragsmenge wird von der zugehörigen Kontingentgruppe aus dem Materialstamm bei der Auftragsbuchung der entsprechenden Verkaufsgruppe abgezogen. Die Buchung der Kontingente bezieht sich auf die Kalenderwoche des Abliefertermins und auf das abliefernde Werk sowie auf die Kontingentgruppen (Verkaufsgruppen-, Kunden-, Technologiekontingente). Eine Überbuchung (d.h. Auftragsmenge > freies Kontingent) ist nicht möglich. Wenn nicht ausreichend Kontingent verfügbar ist, können folgende Maßnahmen ergriffen werden:

- Änderung des Abliefertermins
- Änderung der Auftragsmenge
- Änderung des Werks
- Kontingenttausch
- Manuelle Überbuchung des Kontingents mit Sonderfreigabe von berechtigten Planungsmitarbeitern

Verkaufsabteilungen (-gruppen) können Kontingente einer gleichen Kalenderwoche tauschen. Es können nur Kontingente derselben Kategorie getauscht werden. Die Mitarbeiter des Verkaufs können die Kontingente nicht überbuchen. Eine manuelle Überbuchung ist nur durch berechnete Personen der Planungsabteilungen nach unterschiedlichen Prüfungen und Sonderfreigabe möglich.

Ist bei der Buchung eines Auftrags ausreichend Kontingent der Verkaufsabteilung verfügbar, kann der Auftrag gespeichert werden. Systemseitig werden dann die Vormaterialverfügbarkeit und die Kapazität der Anlagen laut Arbeitsplan des gewählten Standorts anhand der Rückwärts-terminierung des Kundenwuschtermins überprüft. Sofern nicht ausreichend Vormaterial und/oder Kapazität verfügbar sind, erhält der Auftrag einen Sperrstatus und wird durch die Planungsabteilung des Standorts geklärt. Das Ziel der Planungsabteilung bei der Klärung liegt in der Erfüllung des Kundenwuschtermins. Sind die Möglichkeiten der werksbezogenen Planungsabteilung erschöpft und die Klärung noch nicht erfolgreich abgeschlossen, wird die Klärung an eine zentrale Koordinationsstelle übergeben. Der Klärungsprozess wird systemunterstützt durch einen Workflow abgebildet.

Weitere Eingrenzungen bei der Wahl eines Standorts liegen den Mitarbeitern des Verkaufs nicht vor.

### **8.1.1 Anwendung Phase 1: Kriterien-Selektion**

Die Anwendung der Phase 1: Kriterien-Selektion bringt im praktischen Fallbeispiel drei KO-Kriterien, fünf Schwellwerte und neun Zuordnungskriterien hervor. Die KO-Kriterien können zur Ausscheidung eines Standorts führen, bei den Schwellwerten wird die Überschreitung von Grenzwerten überprüft und Zuordnungskriterien ermöglichen die Bestimmung der Standorteignung. Die Standorteignung entspricht der anwenderspezifischen Definition der Ziele bzgl. der Auftragszuordnung. Die Definition der Ziele wurde ausgehend von schriftlichen Einzelabfragen mehrstufig festgelegt. Die Einzelabfragen wurden an Führungskräfte und Experten aus dem mittleren und oberen Führungskreis des betrachteten Unternehmens gerichtet.

Nr.	Entscheidungsstufe	Kriterium
	<b>KO-Kriterien</b>	
1		Technische Machbarkeit
2		Legierungsstrategie
3		Kundenseitige Werksfreigabe
	<b>Schwellwert</b>	
4		Losgrößenabweichung
5		Vormaterialverfügbarkeit
6		Kapazität
7		Terminabweichung
8		Quote
	<b>Zuordnungskriterium</b>	
9		Losgrößenabweichung
10		Herstellkosten
11		Logistikkosten
12		Durchlaufzeit
13		Auslastung Kapazität
14		Einsatzfaktor
15		Termintreue
16		Terminabweichung
17		Rückstand

**TABELLE 21: ANWENDUNGSERGEBNIS AUS PHASE 1: KRITERIEN-SELEKTION - KRITERIEN JE ENTSCHEIDUNGSSTUFE<sup>589</sup>**

Die identifizierten Kriterien wurden vollständig beschrieben und charakterisiert. Die Kriterien sind in Entscheidungsstufen kategorisiert. Die Selektion von Kriterien, die zur Bestimmung der Standorteignung notwendig sind (Zuordnungskriterien), reicht für die Auftragszuordnung nicht aus. Kriterien, die über die Zuordnungskriterien hinausgehen, sind für eine erfolgreiche Auftragszuordnung notwendig. Nachstehend werden die Kriterien der Entscheidungsstufen aus der Kriterien-Selektion des Anwendungsbeispiels aufgelistet.

Die Beschreibung der identifizierten Kriterien erfolgt im Rahmen der Erläuterungen zum entwickelten Ablauf der Auftragszuordnung in Phase 2: Datenstandardisierung.

Zur Identifikation der aufgelisteten Kriterien wurden die beschriebenen Teilschritte und Einzelbestandteile aus der Phase 1: Kriterien-Selektion durchlaufen. Die dabei angewandten Hilfsmittel in Form von z.B. Analysen, Interviews, Visualisierungs- und Bewertungsmethoden liefern Teilergebnisse, die zur Selektion notwendig sind.

### 8.1.2 Anwendung Phase 2: Datenstandardisierung

Der Ablauf der Auftragszuordnung wurde in Phase 2: Datenstandardisierung erstellt, um die Kriterien und deren Inhalte zu bestimmen. Die Inhalte der Kriterien hängen von der Position innerhalb des Ablaufs der Auftragszuordnung ab.

Der Ablauf der Auftragszuordnung besteht aus den nachstehenden Bestandteilen:

<sup>589</sup> Eigene Darstellung

1. Vorprüfung
2. KO-Kriterium
3. Schwellwert
4. Zuordnungskriterium
5. Klärung Kennzeichen

Im Rahmen der **Vorprüfung** werden Inhalte aufgenommen/geprüft/fixiert (statisch/dynamisch), die während der Entscheidungsstufen der Auftragszuordnung von Relevanz für die Werksentscheidung sind, wie beispielsweise die Prüfung der technischen Machbarkeit eines Artikels an den Standorten des Produktionsnetzwerks. Innerhalb der Vorprüfung wird keine Eingrenzung bzw. Entscheidung über verfügbare bzw. geeignete Werke durchgeführt. Die Vorprüfung ist daher für die Definition der Messbarkeitsregeln je Kriterium relevant. Sie ist nicht Teil der Entscheidungsstufen der Auftragszuordnung, aber Bestandteil des Ablaufs der Auftragszuordnung.

Erst wenn der Vertriebsmitarbeiter einen Kundenauftrag in das System bucht (d.h. die Buchung durchführt), startet die Entscheidungsstufe **KO-Kriterium** im System-Hintergrund.

Die Entscheidungsstufe endet nach Eingrenzung der möglichen/verfügbaren Werke durch Abgleich aller selektierten KO-Kriterien.

Im Rahmen der Entscheidungsstufe KO-Kriterium werden Informationen durch das System abgerufen. Das inhaltliche Ergebnis der Entscheidungsstufe KO-Kriterium stellt eine Vorselektion der möglichen/verfügbaren Werke dar, die in den folgenden Entscheidungsstufen als Eingangsinformation verwendet werden.

Folgende Kriterien sind Teil der Entscheidungsstufe KO-Kriterium:

Kriterium	Typ
Machbarkeit auslesen	KO-Kriterium
Legierungsstrategie auslesen	KO-Kriterium
Kundenfreigaben auslesen	KO-Kriterium

**TABELLE 22: KRITERIEN NACH TYP DER ENTSCHEIDUNGSSTUFE KO-KRITERIUM<sup>590</sup>**

Die Entscheidungsstufe **Schwellwert** findet im Anschluss an die Entscheidungsstufe KO-Kriterium statt.

Die Entscheidungsstufe endet nach Bestimmung der Schwellwerte der möglichen/verfügbaren Werke. Das Ende der Entscheidungsstufe Schwellwert führt entweder zur nächsten Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium, zur Klärung Kennzeichen oder zur Einbuchung des produzierenden Werkes.

Im Rahmen der Entscheidungsstufe Schwellwert werden Informationen durch das System abgerufen. Das inhaltliche Ergebnis der Entscheidungsstufe Schwellwert stellt eine Bestimmung von Abweichungen der Schwellwerte dar, die ggf. in folgenden Entscheidungsstufen als Eingangsinformation verwendet werden.

Folgende Kriterien sind Teil der Entscheidungsstufe Schwellwert:

Kriterium	Typ
Losgrößenabweichung	Schwellwert
Vormaterialverfügbarkeit	Schwellwert
Kapazität	Schwellwert
Terminabweichung	Schwellwert
Quote	Schwellwert

**TABELLE 23: KRITERIEN NACH TYP DER ENTSCHEIDUNGSSTUFE SCHWELLWERT<sup>591</sup>**

Die Entscheidungsstufe **Zuordnungskriterium** findet im Anschluss an die Entscheidungsstufe Schwellwert statt, sofern diese  $n > 1$  Werke ausgibt. Die Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium erfolgt im System-Hintergrund.

<sup>590</sup> Eigene Darstellung

<sup>591</sup> Eigene Darstellung

Die Entscheidungsstufe endet nach Bestimmung der Standorteignung und der Einbuchung auf das gewählte Werk, d.h. der Auftragszuordnung.

Im Rahmen der Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium werden Inhalte durch das System geprüft/abgerufen. Das inhaltliche Ergebnis der Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium stellt eine Rangliste der bewerteten Werke dar, auf deren Basis die Werkswahl getroffen werden kann.

Folgende Kriterien sind Teil der Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium:

Kriterium	Typ
Losgrößenabweichung	Zuordnungskriterium
Herstellkosten	Zuordnungskriterium
Logistikkosten	Zuordnungskriterium
Durchlaufzeit	Zuordnungskriterium
Auslastung Kapazität	Zuordnungskriterium
Einsatzfaktor	Zuordnungskriterium
Termintreue	Zuordnungskriterium
Terminabweichung	Zuordnungskriterium
Rückstand	Zuordnungskriterium

**TABELLE 24: KRITERIEN DER ENTSCHEIDUNGSSTUFE ZUORDNUNGSKRITERIUM<sup>592</sup>**

Der **Prozess Klärung Kennzeichen** erfolgt vor der Einbuchung des produzierenden Werks, sofern bei unzulässiger Schwellwertabweichung ein „nicht in Ordnung Kennzeichen“ im vorangehenden Ablauf für das mögliche/verfügbare Werk  $n=1$  gesetzt wurde. Die Klärung erfolgt entweder am Ende der Entscheidungsstufe Schwellwert oder vor Abschluss der Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium.

Der Prozess Klärung Kennzeichen endet nach Klärung des/der gesetzten Kennzeichen mit der Einbuchung des produzierenden Werks oder nach Wahl eines Alternativwerks durch Übertrag in die Entscheidungsstufe Schwellwert oder in weiterer Absprache.

Dieser Soll-Zustand des Ablaufs der Auftragszuordnung im Fallbeispiel beschreibt die Messbarkeitsregeln der Kriterien. Darin wurden die Kriterien bis auf deren Einzelbestandteile aufgegliedert. Diese Einzelbestandteile galt es dann, einem Soll-/Ist-Abgleich zu unterziehen. Die Messbarkeitsregeln werden nachstehend am Beispiel der Entscheidungsstufe Zuordnungskriterium dargestellt.

Die Messbarkeitsregeln (ohne Angabe der Einzelbestandteile) der Entscheidungsstufe **Zuordnungskriterium** sind in nachstehender Tabelle aufgeführt. Prozesse sind stets dimensionslos, d.h. ohne Einheiten. Die Angabe des Charakters sagt aus, wie beständig (bzgl. Anlass/Zeit) die Informationen sind und ob die vorgelagerten Prozesse erneut erfolgen müssen, um den Datenspeicher aktuell zu halten. Die Nummer der einzelnen Parameter bezieht sich auf die Nummern des Ablaufdiagramms – 4 Zuordnungskriterium.

Nr.	Parameter	Ausprägung	Dimension/Einheit	Charakter
28	Gewähltes Szenario	Datenspeicher	Bezeichnung (je nach Szenario Bezug zur hinterlegten Gewichtung)	Dynamisch
35	Prüfung je Werk	Start/Ende Schleife		
32	Freigegebene Werke	Datenspeicher	Bsp. Werk A, Werk B; Anzahl Werke $n$ (Bsp. $n=2$ )	Dynamisch
10	Legierung Auftrag	Datenspeicher	Abkürzung Legierung	Dynamisch
58	Anzahl Aufträge Legierung Werk bestimmen	Prozess		Dynamisch

<sup>592</sup> Eigene Darstellung

59	Anzahl Aufträge Legierung Werk	Datenspeicher	Dimensionslos (Bsp. 57)	Dynamisch
60	Gelaufene Aufträge Legierung	Datenspeicher	Liste aller Aufträge innerhalb definiertem Zeitfenster eines Werks(Bsp. Auftragsnummer je Auftrag)	Bedingt dynamisch
61	Gelaufene Aufträge Werk	Datenspeicher	Liste aller Aufträge innerhalb definiertem Zeitfenster eines Werks (Bsp. Auftragsnummer je Auftrag)	Bedingt dynamisch
62	Prüfung Zuordnungskriterien	Prozess		Dynamisch
63	Prüfung spez. Zuordnungskriterien	Prozess		Dynamisch
24	Technische Durchlaufzeit je Werk	Datenspeicher	d (Tage)	Bedingt dynamisch
64	Terminreue	Datenspeicher	Index	Dynamisch
65	Auslastung Kapazität	Datenspeicher	%	Dynamisch
66	Einsatzfaktor	Datenspeicher	%	Bedingt statisch
67	Herstellkosten	Datenspeicher	Bsp. €/100kg	Bedingt statisch
68	Logistikkosten	Datenspeicher	Bsp. €/100kg	Dynamisch
37	Losgrößenabweichung	Datenspeicher	kg (Kilogramm) Über-/Unterlieferung (Bsp. +500kg = Überlieferung; -500kg = Unterlieferung)	Dynamisch
69	Rückstand	Datenspeicher	t/AT (Tonnen pro Arbeitstag)	Dynamisch
50	Terminabweichung	Datenspeicher	d (Tage) zu früh/zu spät (Bsp. +10d = zu spät; -10d = zu früh)	Dynamisch
70	Berechnungsprotokoll	Datenspeicher	Ausprägung in Einheit/Dimension je Kriterium je Standort	Dynamisch
71	Berechnung Werkseignung	Prozess		Dynamisch
72	Werksrangliste	Datenspeicher	Rang, Werk, Wert (Bsp. 1. A 0,36; 2. B 0,34; 3. C 0,3)	Dynamisch
73	Werkswahl	Prozess		Dynamisch
74	Gewähltes Werk	Datenspeicher	Bsp. Werk A	Dynamisch

**TABELLE 25: MESSBARKEITSREGELN – 4 ZUORDNUNGSKRITERIUM<sup>593</sup>**

**Legende:**

Bedingt dynamisch: innerhalb definierter Zyklen/Änderungen auslesen/durchführen  
 unterliegt strategischer/dauerhafter Entscheidung/Beschluss, kann sich antizyklisch ändern (meist ausgelöst durch einen Vorfall)

Bedingt statisch: bei jedem Auftrag auslesen/durchführen  
 unterliegt strategischer/dauerhafter Entscheidung/Beschluss

Dynamisch: unterliegt strategischer/dauerhafter Entscheidung/Beschluss

Statisch: unterliegt strategischer/dauerhafter Entscheidung/Beschluss

<sup>593</sup> Eigene Darstellung

Durch diesen Abgleich konnten Defizite identifiziert werden, die im Anschluss einer Ursachenanalyse unterzogen wurden.

Nr.	Parameter
24	Durchlaufzeit
28	Gewähltes Szenario
65	Auslastung Kapazität
66	Einsatzfaktor
67	Herstellkosten
68	Logistikkosten
37	Losgrößenabweichung
69	Rückstand
50	Terminabweichung
70	Berechnungsprotokoll
72	Werksrangliste

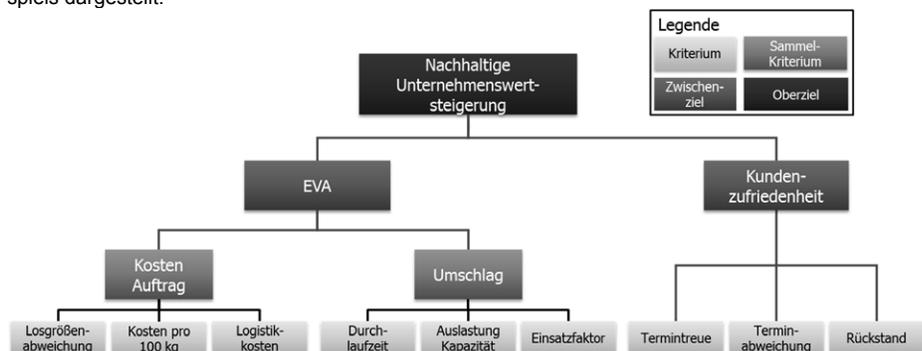
**TABELLE 26: BEWERTUNGSDEFEKT – ZUORDNUNGSKRITERIUM<sup>594</sup>**

Die Ursachenanalyse brachte Ansatzpunkte zur Behebung der Defizite hervor. Beispielsweise konnte identifiziert werden, dass die Durchlaufzeit zwischen den Standorten nicht vergleichbar und nicht belastbar ist. Der Grund dafür liegt unter anderem in der Abweichung der Einzelbestandteile des Kriteriums Durchlaufzeit. So unterscheidet sich die Bestimmung der Wartezeiten zwischen den Arbeitsgängen je Standort deutlich. Ein definierter Standard und die Rekalkulation der Wartezeiten können an dieser Stelle Abhilfe schaffen.

Zur Datenstandardisierung wurden die beschriebenen Teilschritte und Einzelbestandteile aus der Phase 2: Datenstandardisierung durchlaufen. Die dabei angewandten Hilfsmittel in Form von z.B. Analysen, Interviews, Visualisierungs- und Bewertungsmethoden, Workshops, Kreativitätstechniken, Entscheidungsverfahren liefern Teilergebnisse, die zur Datenstandardisierung notwendig sind.

### 8.1.3 Anwendung Phase 3: Berechnung der Standorteignung

In Phase 3 Berechnung Standorteignung wurden die selektierten Kriterien zur Bestimmung der Standorteignung hierarchisiert. Dadurch konnte unter anderem die Vollständigkeit der Kriterien gegenüber der Zieldefinition überprüft werden. Die Zielhierarchie wurde in Abstimmung mit dem Management freigegeben. Nachstehend ist die Hierarchie zur Auftragszuordnung des Fallbeispiels dargestellt.



**ABBILDUNG 67: KRITERIEN-HIERARCHIE ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG DES FALLBEISPIELS<sup>595</sup>**

<sup>594</sup> Eigene Darstellung

Darüber hinaus wurden die Bewertungsarten der Kriterien bestimmt und diese danach klassifiziert. Aus der Kriteriendefinition sowie aus den Messbarkeitsregeln und den zugehörigen Zielgrößen der Hierarchie wurden die Nutzenfunktionen der Kriterien bestimmt. Diese Nutzenfunktionen sagen z.B. aus, dass eine Terminabweichung von n-Tagen nach dem Wunschtermin einen geringeren Nutzen als eine gleichgroße Terminabweichung von n-Tagen vor dem Kundenwunschtermin hat. Dadurch konnte neben anderen Definitionen der Berechnung der Standorteignung die notwendige Adaption für die Anwendung des modifizierten Analytic Hierarchy Process durchgeführt werden.

Zur Berechnung der Standorteignung wurden die beschriebenen Teilschritte und Einzelbestandteile aus der Phase 3: Berechnung Standorteignung durchlaufen. Die dabei angewandten Hilfsmittel in Form von z.B. Analysen, Visualisierungs- und Bewertungsmethoden, Workshops, Kreativitätstechniken, Entscheidungsverfahren liefern Teilergebnisse, die zur Berechnung der Standorteignung notwendig sind.

#### 8.1.4 Anwendung Phase 4: Szenarientwicklung

In Phase 4 Szenarientwicklung wurden innerhalb des Fallbeispiels zwei Szenarien freigegeben und gewichtet. Die Analyse der Einflussbereiche, Einflussfaktoren sowie die Ermittlung der Ausprägungen der Einflussfaktoren ergaben unzählige Szenarien, die jedoch aufgrund der Eintrittswahrscheinlichkeit und der daraus erfolgten Entscheidung des Managements des Fallbeispiels zunächst zurück gestellt wurden. Die Branche sowie Position des Unternehmens aus dem Fallbeispiel am Anfang einer langen Wertschöpfungskette, führen zu starken Auslastungsschwankungen (Stichwort: Bullwhip-Effekt), weshalb die Betrachtung von Extremszenarien plausibel ist. Im weiteren Verlauf wurden die definierten Szenarien Überlast und Unterlast von Führungskräften und Experten aus dem mittleren und oberen Führungskreis des betrachteten Unternehmens gewichtet. Die Gewichtung erfolgte durch einen paarweisen Vergleich der Elemente der Hierarchie. Die Befragten konnten aus verbalen Ausprägungen zum Vergleich der Hierarchieelemente wählen, hinter denen die Skala von (Pöyhönen, et al., 1997)<sup>596</sup> stand. Aus einer Anwendungsuntersuchung der aus der Entwicklung des Entscheidungsmodells zur Verfügung stehenden Skalen ging hervor, dass die gewünschten Aussagen der Befragten am besten durch die Skala von (Pöyhönen, et al., 1997) repräsentiert werden.

Die nachstehende Abbildung zeigt einen Auszug aus der Gewichtungstabelle, die von den Befragten je Szenario zu bearbeiten war. Hier dargestellt ist mitunter das Sammelkriterium „Kosten Auftrag“ (oben dunkelbraun schattiert) das ggü. dem Sammelkriterium „Umschlag“ (hier nicht dargestellt) als „gleichwertig“ (oben rechts orange schattiert) in der Grundeinstellung gewichtet ist. Über das Dropdown Menu (je orange schattiert) werden die Vergleichspaare (je grau schattiert) gewichtet, indem aus den verbalen Abstufungen gewählt wird (im Dropdown Menu sind ebenfalls die Ausprägung „unwichtiger“ in selber Abstufung hinterlegt), was sich direkt auf den Gewichtungswert in Prozent (je unterhalb der braunen Zelle des betreffenden Hierarchieelements) auswirkt. Die zweite Zeile unterhalb der Kriterienzellen gibt den prozentualen Einfluss auf die Gesamtbewertung an. Die angegebenen Summen dienen der Kontrolle, ob die Gewichtung vollständig erfolgt ist. In der Grundeinstellung sind die Angaben konsistent, was die Zelle „Konsistenz“ durch die grüne Schattierung darstellt.

<sup>595</sup> Eigene Darstellung

<sup>596</sup> Vgl. (Pöyhönen, et al., 1997 S. 2)

<b>Kosten Auftrag</b>															
Σ 100%	50,00%	Kosten Auftrag	Umschlag	gleichwertig											
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Σ 100%</td> <td style="text-align: center;">33,33%</td> <td style="text-align: center;">33,33%</td> <td style="text-align: center;">33,33%</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Σ 100%</td> <td style="text-align: center;">6,67%</td> <td style="text-align: center;">6,67%</td> <td style="text-align: center;">6,67%</td> </tr> </table>				Σ 100%	33,33%	33,33%	33,33%	Σ 100%	6,67%	6,67%	6,67%				
Σ 100%	33,33%	33,33%	33,33%												
Σ 100%	6,67%	6,67%	6,67%												
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="text-align: center;">Losgrößenabweichung</td> <td style="text-align: center;">Logistikkosten</td> <td style="text-align: center;">Kosten pro 100kg</td> <td style="text-align: center;">gleichwertig</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Losgrößenabweichung</td> <td style="text-align: center;">Kosten pro 100kg</td> <td style="text-align: center;">gleichwertig</td> <td style="text-align: center;">gleichwertig</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Logistikkosten</td> <td style="text-align: center;">Kosten pro 100kg</td> <td style="text-align: center;">gleichwertig</td> <td style="text-align: center;">gleichwertig</td> </tr> </table>				Losgrößenabweichung	Logistikkosten	Kosten pro 100kg	gleichwertig	Losgrößenabweichung	Kosten pro 100kg	gleichwertig	gleichwertig	Logistikkosten	Kosten pro 100kg	gleichwertig	gleichwertig
Losgrößenabweichung	Logistikkosten	Kosten pro 100kg	gleichwertig												
Losgrößenabweichung	Kosten pro 100kg	gleichwertig	gleichwertig												
Logistikkosten	Kosten pro 100kg	gleichwertig	gleichwertig												

**ABBILDUNG 68: AUSZUG AUS DEM PAARWEISEN VERGLEICH DER HIERARCHIE IM FALLBEISPIEL**<sup>597</sup>

Im Hintergrund werden die Werte der Skala der verbalen Ausprägung in den Gewichtungswert umgerechnet und auf Konsistenz geprüft. Eine nicht konsistente Bewertung wird in der Zelle „Konsistenz“ rot visualisiert, was die nachstehende Abbildung darstellt.

<b>Konsistenz</b>		
Losgrößenabweichung	Logistikkosten	viel wichtiger
Losgrößenabweichung	Kosten pro 100kg	viel wichtiger
Logistikkosten	Kosten pro 100kg	viel wichtiger

**ABBILDUNG 69: AUSZUG AUS DEM PAARWEISEN VERGLEICH DER HIERARCHIE IM FALLBEISPIEL - KONSISTENZVERLETZUNG**<sup>598</sup>

Die Gewichtungsergebnisse aller Befragten wurden ausgewertet und in einer Gruppendiskussion mit den Teilnehmern der Gewichtung abgestimmt sowie freigegeben. Für die operative Anwendung der Szenarienauswahl, d.h. zur Identifikation der aktuellen Situation wurde eine Handlungsempfehlung erstellt, die den Entscheidern als Hilfestellung dient. Die Identifikation der Szenarien erfolgt durch einen Entscheidungskreis alle zwei Wochen in einem Jour fixe, in dem alle notwendigen Parameter der Szenarienauswahl analysiert werden, so dass die aktuelle Situation bestimmt werden kann. Ergibt die Bestimmung der Situation eine Abweichung zu den vorhandenen Szenarien Überlast und Unterlast, wird die Entwicklung eines zusätzlichen Szenarios angestoßen, das die aktuelle Situation abbildet. Dies wird durch Führungskräfte und Experten aus dem mittleren und oberen Führungskreis des betrachteten Unternehmens gewichtet sowie freigegeben und kann in Folge angewandt werden.

### 8.1.5 Anwendung Phase 5: Umsetzung im ERP-System

Die Phase 5: Umsetzung im ERP-System wurde innerhalb des Fallbeispiels durch einen Prototyp realisiert. Mehrere Workshops mit der unternehmensinternen IT-Abteilung sowie Vertretern einer Softwarefirma und eines IT-Consulting-Unternehmens ergaben drei mögliche Lösungsansätze um die Auftragszuordnung softwaretechnisch abzubilden.

- Weiterentwicklung von SAP R/3
- SAP APO
- Quintiq Company Planner

Nach Betrachtung der Lösungsansätze wurde auf Basis einer Gegenüberstellung der Company Planner der Firma Quintiq ausgewählt, da dieser unterschiedliche Basisfunktionalitäten beinhaltet und ausreichend Weiterentwicklungsmöglichkeiten bietet, um die Bestandteile des entwickelten Verfahrens zur Auftragszuordnung, bzw. die Berechnung der Standorteignung, wie z.B. durch das modifizierte Entscheidungsmodell in Verbindung mit Szenarien, zu programmieren, weil diese Bestandteile in keiner Softwarelösung zum Stand der Forschung verfügbar sind.

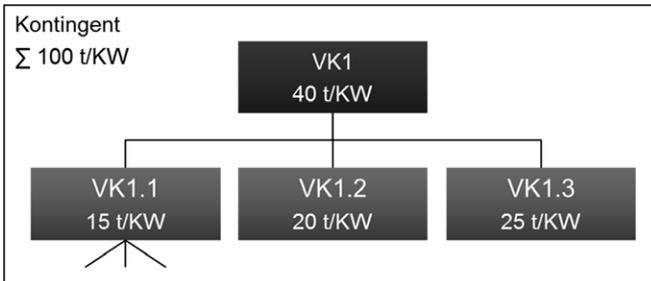
<sup>597</sup> Screen Shot

<sup>598</sup> Screen Shot

Der Quintiq Company Planner ist ein Softwareprodukt (APS-System) zur Unterstützung der Grobplanung und kann via Schnittstelle an ein bestehendes ERP-System angebunden werden. Die im Company Planner beinhalteten Basisfunktionalitäten zur Auftragsannahme gliedern sich grob in:

- Kontingentprüfung
- Kapazitätsprüfung
- Materialmanagement

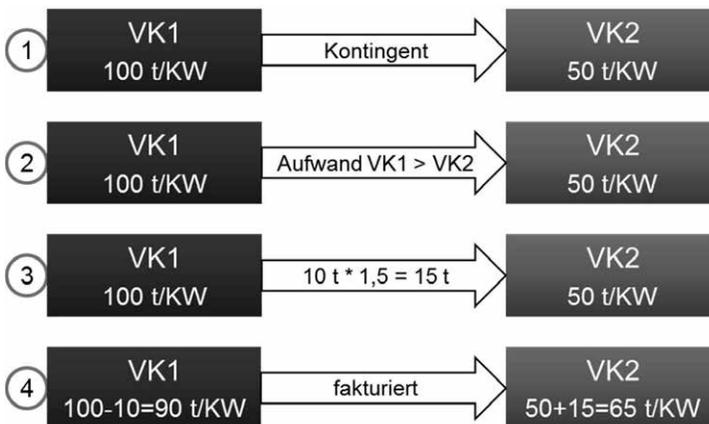
Durch die **Kontingentprüfung** (Synonyme: Quote, Sales Budget) ist es möglich, die Buchung eines Auftrags freizugeben oder abzulehnen. Die Kontingentprüfung ist darüber hinaus konfigurierbar, d.h. Restriktionen und Formeln können berücksichtigt werden. Dazu ein Anwendungsbeispiel:



**ABBILDUNG 70: BEISPIEL ZUR KONTINGENTPRÜFUNG ANHAND EINER VERKAUFSABTEILUNG VK1**<sup>599</sup>

Angenommen die Verkaufsabteilung VK1 würde ein Kontingent von 100 t/KW erhalten. Dieses Kontingent könnte über unterschiedliche Hierarchiestufen (Abteilung, Gruppen, Kunden, Personen, ...) verteilt sein, so dass je Gruppe ein Kontingent und für alle Gruppen der Verkaufsabteilung VK1 gemeinsam ein Kontingent zur Verfügung stehen würde. Je nach Zugehörigkeit (zu einer Gruppe oder allgemein) eines Auftrags wird das entsprechende Kontingent mit der Auftragsmenge beansprucht.

Weitere Konfigurationsmöglichkeiten liegen z.B. in der Verrechnung von Kontingentbedarfen und Auftragsmengen. Ein Anwendungsbeispiel dieser Konfigurationsmöglichkeit ist nachstehend dargestellt:



**ABBILDUNG 71: BEISPIEL ZUM KONTINGENTTAUSCH UNTER BERÜCKSICHTIGUNG EINES FAKTORS ZWISCHEN VK1 UND VK2**<sup>600</sup>

<sup>599</sup> Eigene Darstellung

Angenommen die Verkaufsabteilung VK1 würde der Verkaufsabteilung VK2 ein Kontingent zur Verfügung stellen (1). Da jedoch die Produkte von VK1 einen höheren Fertigungsaufwand als VK2 Produkte verursachen (2), wird dieser Mehraufwand bei der Übertragung des Kontingents berücksichtigt (3). In diesem fiktiven Beispiel würde eine Reduzierung von 10 t bei VK1 eine Kontingentsteigerung von 15 t bei VK2 verursachen, da der fiktive Faktor von 1,5 verrechnet wird. Das Ergebnis in diesem Rechenbeispiel (4) ergibt bei einer Kontingentübertragung von 10 t von VK1 an VK2, 100 t/KW → 90 t/KW für VK1 und 50 t/KW → 65 t/KW für VK2.

Ergänzend zu diesen Konfigurationsmöglichkeiten sind unterschiedliche Visualisierungen möglich, die der Transparenz dienen können.

Die Planwerte der Kontingente (Kontingentvolumen je Hierarchiestufe) müssen in den Company Planner integriert werden.

Die **Kapazitätsprüfung** ist die Grundlage zur Terminierung eines Auftrags an einem Standort. Die Konfigurationsmöglichkeiten der Kapazitätsprüfung des Quintiq Company Planners beziehen sich auf unterschiedliche Ebenen. Diese sind z.B. die Zeit- oder Anlagenebene.

Bei der Zeitebene werden Zeithorizonte definiert. Eine mögliche Konfigurationsvariante könnten „Kapazitätstöpfe“ auf Tage oder Kalenderwochen im Nahbereich und z.B. größer 12 Wochen in Monaten darstellen. In diesen Zeithorizonten kann das Kapazitätsangebot in Stunden hinterlegt werden.

Die Anlagenebene bezieht sich auf den Einzugsbereich der Kapazitätstöpfe. Das heißt, ein Kapazitätstopf kann sich auf eine Anlage oder auf eine Anlagengruppe derselben Technologie beziehen. Darüber hinaus kann eine Anlage z.B. für die Kampagnenplanung mehrere Kapazitätstöpfe beinhalten.

Gegen die Kapazitätstöpfe in den entsprechenden Zeithorizonten werden dann die Aufträge geprüft. Dazu wird der zeitliche Bedarf zur Herstellung des Auftrags aus dem Arbeitsplan zum Material herangezogen. Dabei können innerhalb eines Werkes Alternativarbeitspläne parallel geprüft werden. Alternativarbeitspläne können Alternativanlagen oder alternative Vormaterialstufen beinhalten. Bei der Kapazitätsprüfung werden die Zeitbedarfe je Anlage des Arbeitsplans auf die Kapazitätstöpfe verteilt. Der Planungsalgorithmus kann sich auf unterschiedliche Restriktionen beziehen, d.h. unterschiedliche Grenzen der Kapazität berücksichtigen. Bei „unbegrenzter Kapazität“ werden die Aufträge ausgehend vom Kundenwunschtermin rückwärts terminiert. Dies kann zu Überlast an den Anlagen führen. Die Transparenz ermöglicht dann gezielt Gegenmaßnahmen, wie z.B. Sonderschichten, im Vorfeld einzuleiten. Bei der Prüfung gegen „teilweise begrenzte Kapazität“ kann auf Anlagenebene eine Eingrenzung stattfinden, wie z.B. die Kapazitätslimitierung der Technologie Oberflächenveredelung und Prüfung aller anderen Anlagen auf unbegrenzte Kapazität. Dies hat zur Folge, dass eine Verschiebung der Oberflächenveredelungsarbeitsgänge erfolgt, sobald die Kapazitätsgrenze erreicht ist. Bei der Prüfung gegen „begrenzte Kapazität“ werden alle Kapazitätstöpfe limitiert, was ebenfalls zu einer Terminverschiebung führen kann. Das heißt, dass bei begrenzter bzw. teilweise begrenzter Kapazität Alternativtermine vorgeschlagen werden können.

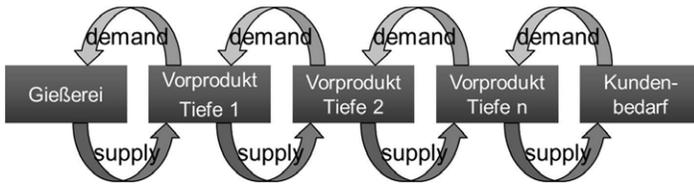
Zur Kapazitätsprüfung können Fertigungsaufträge aus dem ERP-System in den Quintiq Company Planner eingespielt werden.

Ergänzend zu diesen Konfigurationsmöglichkeiten sind unterschiedliche Visualisierungen möglich, die der Transparenz dienen können.

Die Planwerte der Kapazitätstöpfe (z.B. Anlagenkapazität je KW in Std.) müssen in den Company Planner integriert werden.

Zur Herstellung eines Auftrags bedarf es Material in Menge zum Termin. Das **Materialmanagement** des Quintiq Company Planners berechnet den Vormaterialbedarf aus der Auftragsmenge und dem Einsatzfaktor. Diese Bedarfsmenge wird auf Verfügbarkeit zum Produktionsstarttermin im Bestand geprüft. Sofern nicht ausreichend Material verfügbar ist, kann das Materialmanagement, je nach Konfiguration, unterschiedlich reagieren. Eine Möglichkeit besteht darin, die statische Wiederbeschaffungszeit (max. Dauer der Wiederbeschaffung) auf den Produktionsstarttermin aufzuschlagen und dadurch den Start- und in Folge den Endtermin (Fertigung) zu verschieben. Bei dynamischer Wiederbeschaffungszeit (z.B. Gießzyklen ausgehend vom Ist-Datum bis zum Eintritt des Zyklus) werden, wie bei statischer Wiederbeschaffungszeit, Termine an die Verfügbarkeit des Materials angeglichen. Darüber hinaus können auch dispositive Zugänge Berücksichtigung finden. Falls kein dispositiver Zugang eines

Vormaterials geplant ist, kann die Wiederbeschaffung direkt durch einen Fertigungsauftrag durch das System angestoßen werden.



**ABBILDUNG 72: BEISPIEL FÜR EINE DEMAND UND SUPPLY KETTE<sup>601</sup>**

Die oben stehende Abbildung zeigt eine fiktive Versorgungskette. In entsprechender Konfiguration kann ausgehend vom Kundenbedarf (demand) eine Versorgung des Bedarfs (supply) vom voranstehenden Versorgungsglied eingefordert werden. Verfügt dieses Lager über keinen Bestand (auch nicht dispositiv), wird ein weiterer Bedarf an dessen Vorgänger übermittelt. Diese Kette kann bis zum ersten Glied der Kette durchgeführt werden (hier am Beispiel Gießerei). Durch Konfiguration können weitere oder weniger Versorgungsglieder integriert werden.

Zur Vormaterialbeschaffung können zudem unterschiedliche Quellen neben der Generierung von Vormaterialfertigungsaufträgen konfiguriert werden, wie z.B. Verlagerung aus einem anderen Werk, Fremdbezug (externe Vorproduktzulieferer) bis hin zur Bestellung bei der Gießerei. Kombinationen aus diesen und weiteren Quellen sind inkl. Priorisierung integrierbar. Ergänzend zu diesen Konfigurationsmöglichkeiten sind unterschiedliche Visualisierungen möglich, die der Transparenz dienen können.

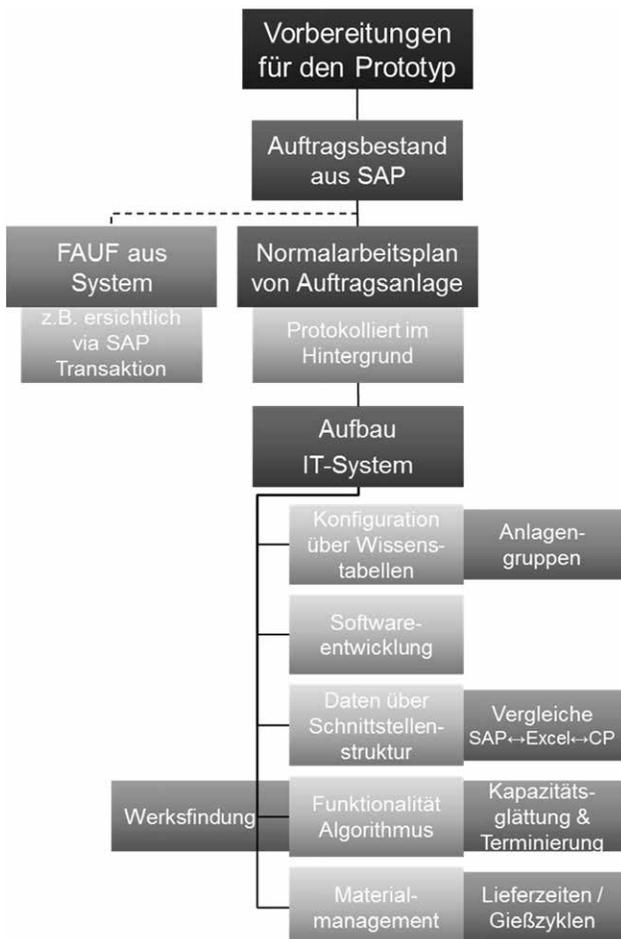
Zusammenfassend lässt sich der Quintiq Company Planner wie folgt beschreiben. Die Funktionalitäten des Quintiq Company Planners dienen grundsätzlich dazu, einen Terminvorschlag (Produktionsstart, Arbeitsgangtermine, Fertigstellung) für die Einplanung eines Auftrags zu bestimmen. Dieser Terminvorschlag kann bestätigt oder durch unterschiedliche Maßnahmen geändert werden. Die Änderung ist ggf. im Falle einer Terminabweichung (Terminvorschlag weicht vom Kundenwuschtermin ab) notwendig. Zur Behebung der Terminabweichung können z.B. einzelne Arbeitsgänge verschoben oder Zusatzkapazitäten geplant werden. Die notwendige Transparenz zur gezielten Platzierung der Maßnahmen kann durch die Visualisierungsmöglichkeiten gewährleistet werden. Darüber hinaus können KPI's (Key Performance Indicator = Leistungskennzahlen) konfiguriert werden, die Aufschluss über den Zielerreichungsgrad der Planungssituation geben. Zudem kann durch definierte Regeln (Constraints) ein Sperrstatus erfolgen, sofern unzulässige Abweichungen eintreten.

Die innerhalb des Company Planners zur Verfügung stehenden Algorithmen zur Terminierung und Optimierung des Auftragsbestands können unterschiedliche Planungsvarianten (z.B. Anlagenbelegungen, Termine, etc. des Auftragsbestands) vorschlagen. Diese Planungsvarianten können anhand unterschiedlicher Gesichtspunkte optimiert werden (Bsp. Kostenoptimal, Mengenausbringungsoptimal, Durchlaufzeitoptimal, Kundenwunschterminoptimal, ...). Ein Planer kann aus diesen Planungsvarianten (what if's) wählen. Die Optimierungsläufe können über Nacht ablaufen (nightly run). Das Ergebnis eines Optimierungslaufs kann mit Hilfe von konfigurierbaren Kennzahlen visualisiert werden (Analyse grid). Dadurch lassen sich z.B. dynamische Engpässe frühzeitig erkennen, so dass gezielt Gegenmaßnahmen eingeleitet werden können. Grundsätzlich wird dadurch ein Blick in die Zukunft ermöglicht.

Kapazitäten lassen sich je Definition der Kapazitätstöpfe (Anlage, Technologiegruppe, ...) innerhalb des Kalenders sperren oder freigeben. Durch Änderung der Kapazitätstöpfe werden die Auswirkungen direkt ersichtlich. Dadurch können Terminabweichungen bereits in der Grobplanung identifiziert und an den Verkauf kommuniziert werden.

Wie bereits erwähnt, wurde auf Basis des Quintiq Company Planners ein **Prototyp** für die Anwendung im Unternehmen des Fallbeispiels entwickelt. Neben Workshops und Gruppendiskussionen galt es, unterschiedliche Inhalte vorzubereiten. Nachstehende Abbildung gibt einen Überblick über die Bestandteile der Vorbereitungen für den Prototyp der Auftragszuordnung. Die Bestandteile werden im Nachgang erläutert.

<sup>601</sup> Eigene Darstellung



**ABBILDUNG 73: ÜBERBLICK DER VORBEREITUNGEN ZUM PROTOTYP DER AUFTRAGSZUORDNUNG IM FALLBEISPIEL**<sup>602</sup>

Ausgehend vom **Auftragsbestand im SAP** wurden die protokollierten Fertigungsaufträge (FAUF), die bei der **Auftragsanlage** mit dem **Normalarbeitsplan** angelegt und im Hintergrund gesichert wurden, ausgelesen. Beim Anlegen wird ein Fertigungsauftrag mit Normalarbeitsplan erstellt. Diese Daten werden zusätzlich protokolliert. Über die Einteilung wird aus FAUF mit Normalarbeitsplan (Normal-AP) ein oder mehrere FAUF mit Standardarbeitsplan (Standard-AP). Im SAP gibt es FAUF mit Standard-AP und Normal-AP, die von den Terminierungsläufen beeinflusst werden. Für den Prototyp wurden die protokollierten FAUF ausgelesen, da diese nicht mehr verändert werden. Dies ermöglichte einen Abgleich zwischen den Daten im SAP und den eingespielten Daten im Company Planner.

Der **Aufbau des IT-Systems** beinhaltet unterschiedliche Bausteine, die sich wiederum z.T. aus Teilbestandteilen zusammensetzen. Die Anlagen je Standort wurden in Wissenstabellen des Company Planners eingepflegt. Zusätzlich wurden parallel zum Aufbau des IT-Systems Artikel aus dem SAP selektiert, mit denen die Auftragszuordnung simuliert werden sollte. Für diese Artikel wurden alle relevanten Informationen in gesonderten Wissenstabellen eingepflegt. Grund dafür ist, dass keine Schnittstellenanbindung des Prototyps an das SAP eingerichtet wurde. Die

<sup>602</sup> Eigene Darstellung

Struktur der Schnittstellen im Company Planner konnte zur manuellen Datenintegration verwendet werden. Die Terminierung und die dafür notwendigen Parameter wurden konfiguriert und programmiert. Dazu zählten Anpassungen am Basisalgorithmus der Terminierung, da dieser auf das optimierte Einplanen von mehreren Aufträgen ausgelegt ist. Hier lag die Anforderung darin, einen Auftrag in mehrere Werke einzuplanen. Die Terminierung und die daraus gewonnenen Informationen, wie Terminabweichung und Durchlaufzeit je Standort, sind unter anderem Informationen, die zur Werksentscheidung notwendig sind. Die Werksentscheidung wurde durch das entwickelte Entscheidungsmodell und dessen Struktur sowie Gewichtungswerte integriert.

Die Berechnung der Standorteignung basiert auf dem Entscheidungsmodell des Analytic Hierarchy Process mit unterschiedlichen Anpassungen wie z.B. bzgl. Kompensation, Rangumkehrungen, Konsistenzprüfung, etc. Die Hierarchie des Entscheidungsmodells wurde in den Quintiq Company Planner programmiert und die zur Berechnung definierten Formeln hinterlegt. Zusätzlich wurden die Gewichtungswerte der Szenarien Überlast und Unterlast für alle Kriterien sowie Elemente der Hierarchie hinterlegt. Wie innerhalb des Ablaufs der Auftragszuordnung vorgesehen, soll die Gewichtung flexibel je nach Situation gewechselt werden können.

Der Ist-Zustand im Fallbeispiel der Vormaterialwiederbeschaffungszeit im SAP entspricht der Berücksichtigung einer statischen Wiederbeschaffungszeit. Sofern Vormaterial zum notwendigen Produktionsstarttermin nicht verfügbar ist, wird die hinterlegte Wiederbeschaffungszeit (je nach Legierung n Wochen) herangezogen. Gleichwohl ob die Wiederbeschaffungszeit in Realität kürzer ist, wird stets der „worst case“ in Form der hinterlegten Wiederbeschaffungszeit verwendet. Diese Funktionalität wurde auch im Prototyp konfiguriert.

Zusätzlich wurde eine dynamische und realitätsnahe Wiederbeschaffung konfiguriert. Dem zugrunde gelegt wurden Termine, zu denen das Vormaterial zur Verfügung stehen kann. Dazu muss die Bestellung des Vormaterials innerhalb eines Zyklus stattfinden. Ist dieser Bestellzyklus überschritten, kann das Vormaterial erst zum darauffolgenden Wiederbeschaffungszeitpunkt bereitgestellt werden.

Des Weiteren wurde konfiguriert, dass der notwendige Produktionsstarttermin, zu dem Vormaterial zur Verfügung stehen muss, um den Kundenwunschtermin einzuhalten, angezeigt wird. Durch Kenntnis über den notwendigen Starttermin ist es einem Planer möglich, nach alternativem Vormaterial zu suchen, d.h. z.B. Verlagerung von Vormaterial durchführen.

Die Terminierung auf Basis der Kapazität und des Vormaterials geht zunächst von einer geglätteten Kapazitätsfunktion aus. Auf dieser Grundlage werden dann die Arbeitsgänge eingeplant und die Verfügbarkeit des Vormaterials geprüft. Vormaterialverfügbarkeit und / oder Kapazität können zur Verschiebung des Auftrags und dadurch zur Terminabweichung führen. Die Auftragseinplanung findet im nachstehenden Ablauf statt:

- Schritt 1: Rückwärts-Terminierung (Wunschtermin)
- Schritt 2: Kapazitätssuche
- Schritt 3: frühesten Start ermitteln
- Schritt 4: Vorwärtsterminierung
- Schritt 5: Rückwärtsterminierung

Die folgenden Darstellungen repräsentieren den Ablauf der Auftragseinplanung an einem fiktivem Beispiel (hier: Terminfindung). Die Terminfindung wird je Werk, das aus der KO-Kriterienprüfung hervorgeht, durchgeführt.

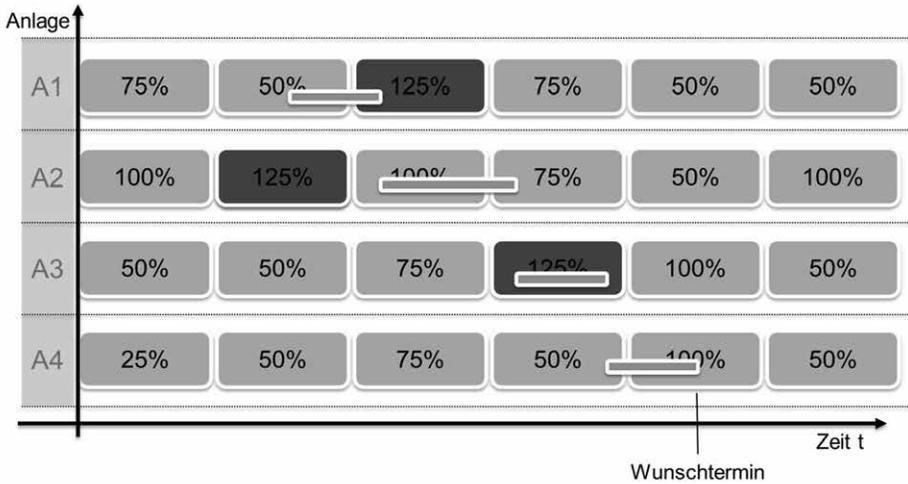


ABBILDUNG 74: SCHRITT 1: RÜCKWÄRTS-TERMINIERUNG (WUNSCHTERMIN)<sup>603</sup>

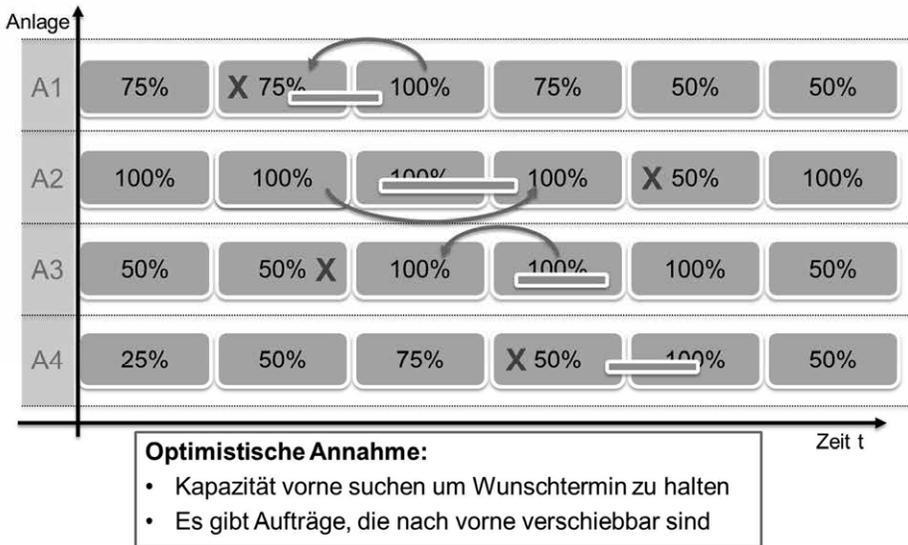


ABBILDUNG 75: SCHRITT 2: KAPAZITÄTSSUCHE<sup>604</sup>

<sup>603</sup> Quelle: IT-Abteilung des Unternehmens aus dem Fallbeispiel

<sup>604</sup> Quelle: IT-Abteilung des Unternehmens aus dem Fallbeispiel

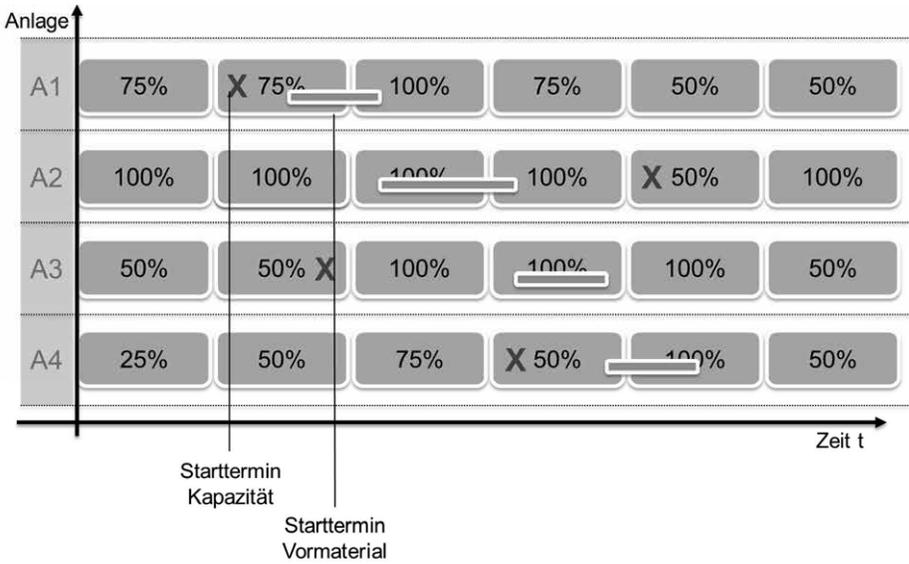


ABBILDUNG 76: SCHRITT 3: FRÜHESTEN START ERMITTELN<sup>605</sup>

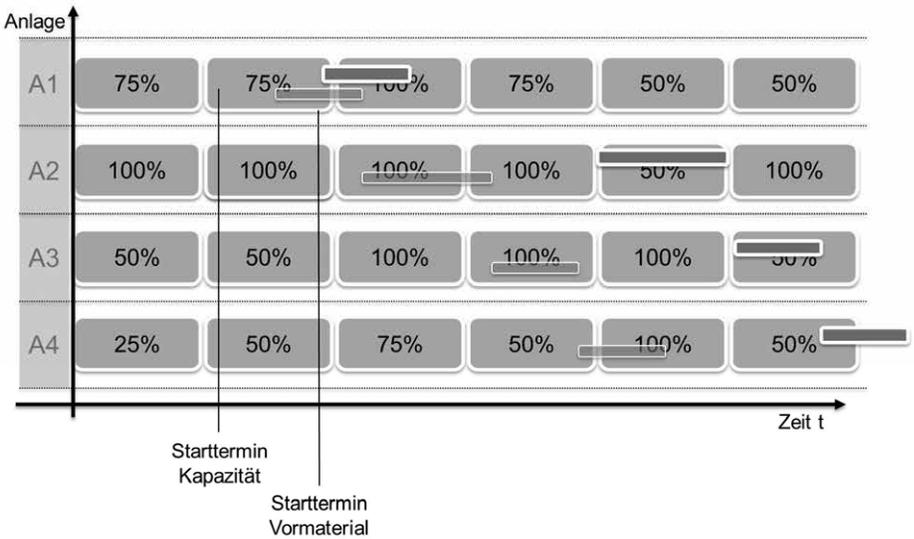
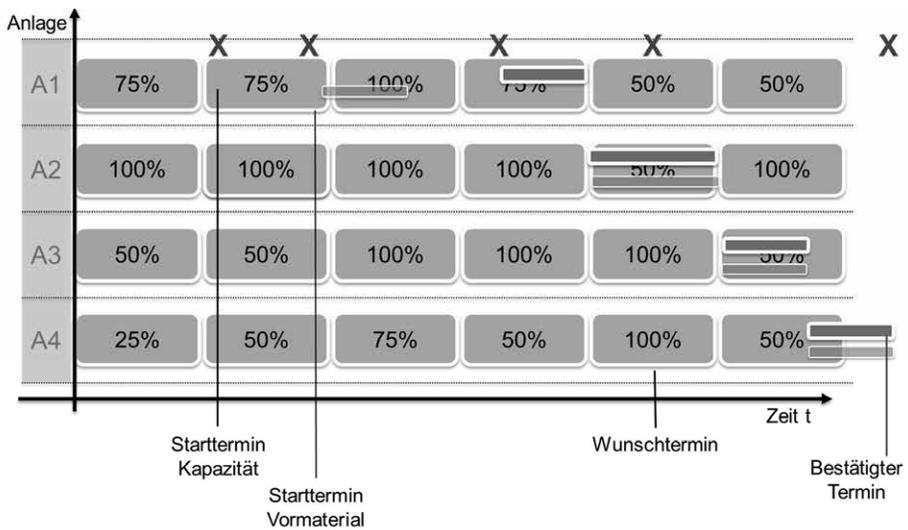


ABBILDUNG 77: SCHRITT 4: VORWÄRTSTERMINIERUNG<sup>606</sup>

<sup>605</sup> Quelle: IT-Abteilung des Unternehmens aus dem Fallbeispiel

<sup>606</sup> Quelle: IT-Abteilung des Unternehmens aus dem Fallbeispiel



**ABBILDUNG 78: SCHRITT 5: RÜCKWÄRTSTERMINIERUNG<sup>607</sup>**

Das Ziel der Prototypentwicklung lag darin, die funktionalen Anforderungen an die Auftragszuordnung mit Hilfe des Quintiq Company Planners (Prototyp) zu überprüfen.

Die funktionalen Anforderungen aus der Zieldefinition der Prototypentwicklung resultieren aus den definierten Anforderungen der vorliegenden Arbeit. Innerhalb der Prototypentwicklung wurden die Anforderungen mit einem Gremium, bestehend aus Führungskräften und Experten aus dem mittleren und oberen Führungskreis des betrachteten Unternehmens, abgestimmt und um einzelne Punkte ergänzt.

Die Anforderungen sind nachstehend aufgelistet.

- Terminierung innerhalb Schwellwertprüfung
  - Kapazität (vorhanden/keine Kapazität an 1-n Arbeitsgängen)
  - Vormaterialverfügbarkeit (ausreichend/kein/nicht ausreichend Vormaterial zum Produktionsstart)
    - Unbegrenzter Vormaterial-Bezug mögl.
    - Statische Vormaterialwiederbeschaffungszeit (Dauer = worst case)
    - Dynamische Vormaterialwiederbeschaffungszeit (Dauer = abhängig von Gießzyklen)
  - Kombination aus Kapazitäts- und Vormaterialproblem
- Schwellwertprüfung nach Werksfreigaben aus KO-Kriterien
  - 1 Werk
  - 2 Werke
  - 3 Werke
  - Kennzeichnung Schwellwerte (außerhalb Toleranz, Bsp. Losgrößenabweichung)
- Berechnung der Standorteignung nach Werksfreigaben aus KO-Kriterien
  - Szenarienabhängig
  - 2 Werke
  - 3 Werke
  - Bestimmung von Wertausprägungen innerhalb Company Planner
    - Durchlaufzeit
    - Terminabweichung
  - Extreme Wertausprägungen in einzelnen Kriterien simulieren (Bsp. enorme Terminabweichung)

<sup>607</sup> Quelle: IT-Abteilung des Unternehmens aus dem Fallbeispiel

- Kapazitätsglättung (Ausgleich der Kapazitätstöffe)
- Berechnungsprotokoll Standorteignung
- Definition KPI's
- Antwortzeit innerhalb von Sekunden (nicht Minuten)
- Alternatives Vormaterial zum Wunschtermin (notwendiger Starttermin anzeigen)
- Platzierung auf Wunschtermin (1 Werk, 2 Werke, 3 Werke)

Die Überprüfung der Anforderungen erfolgt im vorliegenden Zusammenhang der Validierung des Erfolgs anhand nachstehender Fälle, die in Kombination die gestellten Kernanforderungen bzgl. der Funktionalität abbilden.

Nr.	Anforderung	Fall 1	Fall 2	Fall 3
<b>1</b>	<b>Kapazität</b>			
1.1	Kapazität vorhanden	X		
1.2	Kapazität nicht vorhanden (n-Anlagen)		X	X
1.3	Kapazitätsglättung		X	X
<b>2</b>	<b>Vormaterial</b>			
2.1	Unbegrenzt Vormaterial verfügbar	X		
2.2	Statische Wiederbeschaffungszeit			X
2.3	Dynamische Wiederbeschaffungszeit		X	X
2.4	Alternatives Vormaterial zum Starttermin (ursprünglichen Starttermin anzeigen)		X	X
<b>3</b>	<b>Kombination aus Kapazität und Vormaterial</b>			X
<b>4</b>	<b>Schwellwertprüfung</b>			
4.1	KO-Kriterien = 1 Werk	X		
4.2	KO-Kriterien = 2 Werke		X	
4.3	KO-Kriterien = 3 Werke			X
<b>5</b>	<b>Kennzeichnung Schwellwerte (Bsp. Losgrößenabweichung außerhalb Toleranz)</b>		X	X
<b>6</b>	<b>Berechnung der Standorteignung</b>			
6.1	Durchlaufzeit im Company Planner bestimmen	X	X	X
6.2	Terminabweichung im Company Planner bestimmen	X	X	X
6.3	Szenarienberücksichtigung		X	X
6.4	Extreme Wertausprägungen			X
6.5	Berechnungsprotokoll		X	X

**TABELLE 27: FÄLLE ZUR ÜBERPRÜFUNG DER ANFORDERUNGEN<sup>608</sup>**

Die Fälle 1 bis 3 zur Überprüfung der Funktionalität der Auftragszuordnung beziehen sich auf einen realen Artikel des Unternehmens aus dem Fallbeispiel. Dieser Artikel lief im GJ 13/14 an drei unterschiedlichen Werken:

- Werk A → 32.777 kg
- Werk B → 44.378 kg
- Werk C → 59.439 kg

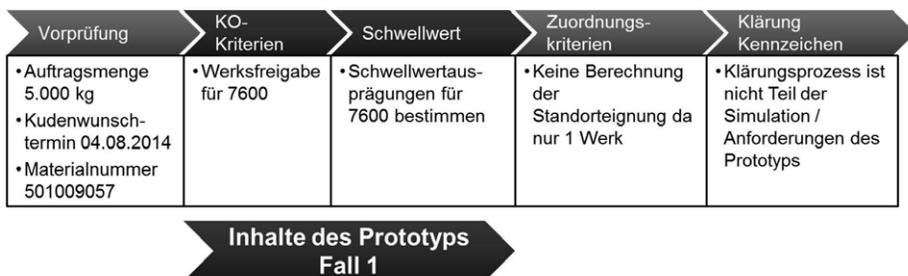
Innerhalb der Simulation der Fälle erfolgt eine fiktive Eingrenzung des Ergebnisses der KO-Kriterienprüfung, d.h. für diesen Artikel wird je nach Fall eine unterschiedliche Anzahl an Werken freigegeben.

<sup>608</sup> Eigene Darstellung

Die Basisdaten (Wissenstabellen, Auftragsbestand → Anlagenbelegung, Anlagenkapazität, etc.) des im Prototyp hinterlegten Zeitfensters entsprechen den Daten des ERP-Systems zum Zeitpunkt der Datenübermittlung.

Fall 1 simuliert den **Auftragszugang eines Artikels auf ein Werk**. Für diesen Fall erfolgt kein Werksvergleich, da nur ein Werk betrachtet wird. In Anlehnung an den Ablauf der Auftragszuordnung werden durch diesen Fall die Entscheidungsstufen KO-Kriterium mit dem Ergebnis ein freigegebenes Werk und die Schwellwertprüfung mit den Ergebnissen Terminabweichung und Losgrößenabweichung durchlaufen.

## Ablauf der Auftragszuordnung



**ABBILDUNG 79: ABLAUF DER AUFTRAGSZUORDNUNG - INHALTE DES PROTOTYPUS ZU FALL 1**<sup>609</sup>

Dieser Fall entspricht einer realen Auftragsbuchung, wie sie überwiegend für Kunden aus dem automotivem Bereich durchlaufen wird.<sup>610</sup>

Die Simulation startet mit einem Bedarf von 5.000 kg, der bis zum Kundenwunschtermin 04.08.2014 fertig gestellt werden soll (hier zu beachten: die im Prototyp hinterlegten Basisdaten beziehen sich auf das Zeitfenster KW 27 bis KW 42 2014 und das aktuelle Datum 30.06.2014). Dieser Fall steht unter der Annahme, dass der Artikel 501009057 nur für ein Werk freigegeben sei.

Zur Erfüllung der Kundenwunschmenge von 5.000 kg müssen laut Einsatzfaktor 7.178 kg im Werk 7600 eingesetzt werden. In Fall 1 wird davon ausgegangen, dass ausreichend Vormaterial zu einem Termin vor Produktionsstart und Kapazität vorhanden sind. Hierdurch wird der häufig zu erwartende „Gut-Fall“ (Antonym: „Problemfall“) simuliert.

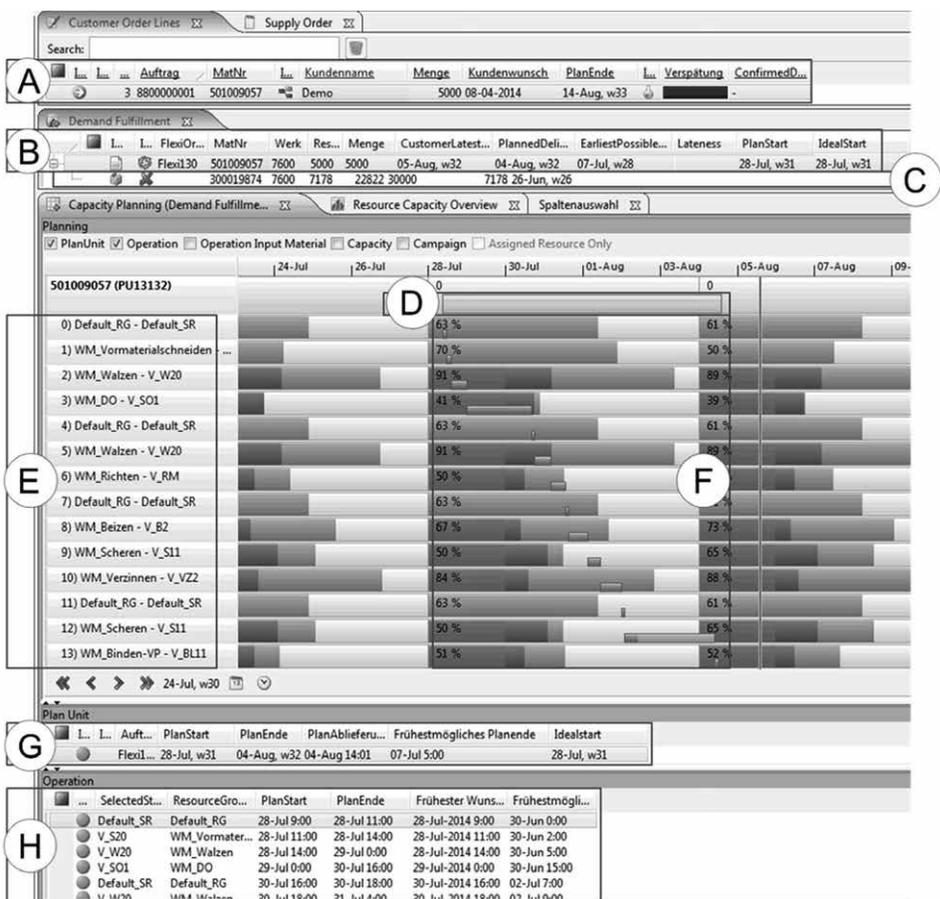
Auf dem nachstehend aufgeführten Screen Shot zum Fall 1 sind folgende Inhalte absteigend dargestellt:

- A. Kundenauftrag (relevante Angaben von links nach rechts)
- „Auftrag“ = Kundenauftragsnummer (beginnend mit „88...“)
  - „MatNr“ = Materialnummer (beginnend mit „50...“)
  - „Kundenname“
  - „Menge“ = Auftragsmenge in kg
  - „Kundenwunsch“ = gewünschter Fertigstellungstermin (MM-DD-YYYY)
  - „PlanEnde“ = terminierter/nächstmöglicher Fertigstellungstermin des Kundenauftrags (sofern Rückmeldung vom „Flexiworkorder“ erfolgt ist)
  - „Verspätung“ (roter Balken = Verspätung liegt vor, d.h. Kundenwunschtermin kann nicht erfüllt werden)
  - „Confirmed D...“ = bestätigter Termin (hier keine Angabe, da Auftrag nicht freigegeben)
- B. „Flexiworkorder“, d.h. simulierter Fertigungsauftrag (relevante Angaben von links nach rechts)

<sup>609</sup> Eigene Darstellung

<sup>610</sup> Angabe Verkäufer des Sektors Automotive aus dem Unternehmen des Fallbeispiels

- „FlexiOr...“ = Flexiworkordernummer
  - „Werk“ = Werk auf dem der Flexiworkorder angetauscht wurde
  - „Res...“ = Reservierte Menge des Fertigmateri als zum Fertigstellungstermin
  - „Menge“ = Lagermenge in kg zum „PlannedDeli...“
  - „CustomerLatest...“ = Kundenwunsch-Lieferungsdatum
  - „PlannedDeli...“ = terminierter/nächstmöglicher Fertigstellungstermin des Flexiworkorders (das hier angegebene „PlannedDeli...“ entspricht nicht dem des Kundenauftrags „PlanEnde“, da an dieser Stelle noch keine Rückmeldung erfolgt ist)
  - „EarliestPossible...“ = frühestmöglicher Fertigstellungstermin
  - „Lateness“ = Verspätung
  - „PlanStart“ = geplanter Produktionsstarttermin
  - „IdealStart“ = notwendiger Starttermin zum Kundenwunsch
- C. Vormaterialbedarf für den Flexiworkorder (relevante Angaben von links nach rechts)
- „MatNr“ = Vormaterialnummer (beginnend mit „30...“)
  - „Res...“ = Reservierte Menge des Vormaterials (höherer Bedarf aufgrund Einsatzfaktor)
  - „Menge“ = Vormaterialbedarfsmenge in kg
  - Daneben ohne Spaltenzuordnung: Lagermenge in kg des Vormaterials vor der Lagerentnahme, daneben Lagerentnahmemenge in kg
  - „PlannedDeli...“ = Zeitpunkt der Lagerentnahme (inkl. Produktionsvorlaufzeit vor Produktionsstarttermin)
- D. Durchlaufzeit (gelber Balken)
- E. Anlagen laut Arbeitsplan
- F. Belegungssituation der Anlagen aus E. sowie terminierte Arbeitsgänge (AG's) (inkl. Wartezeiten), hier mit schmalen Balken dargestellt
- G. „Plan Unit“, d.h. eingeplanter Fertigungsauftrag mit Kapazitätsbelegung (relevante Angaben von links nach rechts)
- „Auf...“ = Auftragsnummer des Flexiworkorders
  - „PlanEnde“ = terminierter/nächstmöglicher Fertigstellungstermin der Plan Unit
  - „PlanAblieferu...“ = geplante Versandbereitstellung
  - „Frühestmögliches Planende“ = frühestmöglicher Fertigstellungstermin
- H. „Operation“, d.h. terminierte Arbeitsgänge (relevante Angaben von links nach rechts)
- „SelectedSt...“ = gewählte Anlage gemäß E.
  - „ResourceGr...“ = Anlagengruppe der „SelectedSt...“
  - „PlanStart“ = geplanter AG-Starttermin
  - „PlanEnde“ = geplanter AG-Endtermin
  - „FrühesterWuns...“ = frühestmöglicher AG-Starttermin ausgehend vom Kundenwunsch
  - „Frühestmögli...“ = frühestmöglicher AG-Starttermin ausgehend vom frühestmöglichen Fertigstellungstermin



**ABBILDUNG 80: SCREEN SHOT FALL 1 AUS DEM QUINTIQ COMPANY PLANNER PROTOTYP - ANSICHT "COCKPIT"<sup>611</sup>**

Aus dem Screen Shot im Bereich „Demand Fulfillment“ des „Flexiworkorders“ ersichtlich, dass der Auftrag auf den Kundenwunschtermin terminiert wurde („PlannedDelivery“). Der Prototyp kann die Durchlaufzeit auf Basis der Terminierung der AG's ausweisen sowie die Terminabweichung bestimmen, die in diesem Fall den Wert „0“ einnimmt, da der Kundenwunschtermin bestätigt werden kann.

Die Simulation des Fall 1 erfüllt die gestellten Anforderungen.

**Fall 2** simuliert den **Auftragszugang eines Artikels auf zwei Werke**. Für diesen Fall erfolgt ein Werksvergleich, da bestimmt werden soll, welches dieser Werke für den vorliegenden Auftrag geeigneter ist.

In Anlehnung an den Ablauf der Auftragszuordnung werden durch diesen Fall die Entscheidungsstufen KO-Kriterium mit dem Ergebnis zwei freigegebene Werke, Schwellwertprüfung mit

<sup>611</sup> Screen Shot

den Ergebnissen Terminabweichung und Losgrößenabweichung sowie die Entscheidungsstufe Zuordnungskriterien zur Bestimmung der Standorteignung mit dem Ergebnis eines Bewertungsprotokolls (Werksrangliste inkl. Ausprägungen der Kriterien je Werk) durchlaufen.

## Ablauf der Auftragszuordnung



**ABBILDUNG 81: ABLAUF DER AUFTRAGSZUORDNUNG - INHALTE DES PROTOTYPs ZU FALL 2<sup>612</sup>**

Die Simulation startet wie im Fall 1 mit einem Bedarf von 5.000 kg, der bis zum Kundenwunschtermin 04.08.2014 fertig gestellt werden soll. Dieser Fall steht unter der Annahme, dass der Artikel 501009057 für zwei Werke freigegeben sei.

Zur Erfüllung der Kundenwunschmenge von 5.000 kg müssen laut Einsatzfaktor 7.178 kg im Werk 7600 und 6.700 kg im Werk 3600 eingesetzt werden. Aus Fall 1 geht hervor, dass für 7600 ausreichend Vormaterial zu einem Termin vor Produktionsstart und Kapazität vorhanden sind. Für 3600 ist zwar Vormaterial zu einem Termin vor Produktionsstart, aber nicht ausreichend Kapazität zum notwendigen AG-Starttermin an einer Anlage verfügbar. Hierdurch wird ein klassischer „Problemfall“ (Antonym: „Gut-Fall“) simuliert.

Auf dem nachstehend aufgeführten Screen Shot zum Fall 2 sind folgende Inhalte absteigend dargestellt (Legende zum Screen Shot siehe Abbildung 80):

- A. Kundenauftrag
- B. „Flexiworkorders“, d.h. simulierte Fertigungsaufträge
- C. Vormaterialbedarfe
- D. Durchlaufzeit (gelber Balken), hier für 3600
- E. Anlagen laut Arbeitsplan mit Belegungssituation, hier für 3600
- F. Terminierte Arbeitsgänge (inkl. Wartezeiten), hier mit schmalen Balken dargestellt für 3600
- G. „Plan Unit“, d.h. eingeplanter FAUF mit Kapazitätsbelegung
- H. „Operation“, d.h. terminierte Arbeitsgänge

<sup>612</sup> Eigene Darstellung

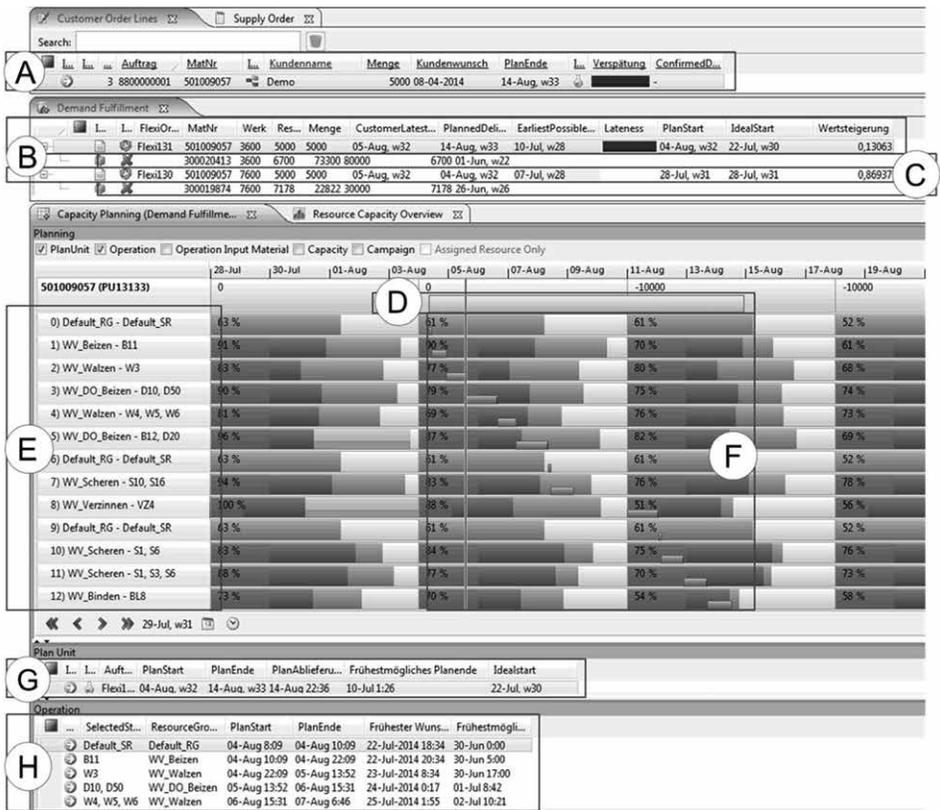


ABBILDUNG 82: SCREEN SHOT FALL 2 AUS DEM QUINTIQ COMPANY PLANNER PRO-TOTYP - ANSICHT "COCKPIT"<sup>613</sup>

Aus dem Screen Shot wird im Bereich „Demand Fulfillment“ des „Flexiworkorders“ (Flexi 130) ersichtlich, dass der Auftrag für 7600 wie in Fall 1 auf den Kundenwuschtermin terminiert wurde („PlannedDelivery“). Der Auftrag für 3600 wurde auf den 14.08. terminiert und weicht somit vom Kundenwunschtermin ab. Der Grund für die Terminabweichung für 3600 liegt in der Anlagenbelegung der VZ4. Der folgende Screen Shot zeigt links die betreffende Anlage VZ4 sowie die Alternativanlage VZ3. Nach rechts ist aufsteigend nach Kalenderwochen die Belegungssituation der Anlagen dargestellt. Die linke der beiden angegebenen Prozentzahlen zeigt die prozentuale Belegung der Kalenderwoche einer Anlage und die Prozentzahlen daneben zeigen die prozentuale, geglättete Belegung, die den Überhang (Überbelegung) der vorangehenden Kalenderwochen anteilig auf freie Kapazitäten in der Zukunft verteilt.

	27 2014	28 2014	29 2014	30 2014	31 2014	32 2014	33 2014	34 2014
VZ3		100 % / 100	114 % / 100	100 % / 100	112 % / 100	104 % / 100	97 % / 100	63 % / 90 %
VZ4		106 % / 100	119 % / 100	89 % / 100	102 % / 100	100 % / 100	88 % / 100	51 % / 55 %

ABBILDUNG 83: KAPAZITÄTSBELEGUNG DER VZ3 UND VZ4 IM WERK 3600<sup>614</sup>

<sup>613</sup> Screen Shot

<sup>614</sup> Screen Shot

Die Terminabweichung in diesem Fall bleibt für 7600 bei Wert „0“. Für 3600 liegt die kalkulierte Terminabweichung bei Wert „10“. Für 7600 kann der Kundenwunschtermin bestätigt werden, für 3600 jedoch nicht.

Diese Informationen werden neben anderen zur Berechnung der Standorteignung benötigt. Innerhalb des Prototyps wurden die Kriterien nach Definition der Datenstandardisierung des Fallbeispiels herangezogen. Davon ausgenommen sind die Kriterien Kapazität und der Rückstand. Die Werte zur Berechnung der Standorteignung sind in Wissenstabellen hinterlegt, da keine aktive Schnittstelle zum SAP eingerichtet wurde.

Das Ergebnis der Berechnung der Standorteignung ergibt 86,94 % für 7600 und 13,06 % für 3600. Die Werte je Werk und Kriterium sind in der untenstehenden Graphik nach deren Nutzen farblich markiert. Der bessere Wert wird in grün dargestellt, der schlechtere Wert in orange. Zudem zeigt das Ergebnis, in welchem Bereich die Losgrößenabweichung liegt. Die dazu dargestellten grünen Pfeile geben an, dass die Losgrößenabweichung innerhalb der hinterlegten Toleranzen liegt. Pfeil nach oben bedeutet innerhalb der oberen Toleranz und Pfeil nach unten bedeutet innerhalb der unteren Toleranz.

Relevante Angaben des Screen Shots von links nach rechts:

- „W...“ = Werk auf dem der Flexiworkorder angetauscht wurde
- „Bew...“ = Ergebnis der Berechnung der Standorteignung
- „Nr“ = Flexiworkordernummer
- „Ter...“ = Terminabweichung in Tagen
- „Termi...“ = Termintreue in Prozent
- „Losgroe...“ = Losgrößenabweichung in kg
- „Logistik“ = Logistikkosten in €
- „€/100kg“ = Herstellkosten in €/100 kg
- „Einsatzf...“ = Einsatzfaktor in Prozent
- „DLZ“ = Durchlaufzeit
- „Kapa“ = Kapazität (nicht berücksichtigt)
- „Rückstand“ = Rückstand (nicht berücksichtigt)

FlexiWO / Hierarchie												
W...	Bew...	Nr	Ter...	Termi...	...	Losgroe...	Logistik	€/100kg	Einsatzf...	DLZ	Kapa	Rückstand
7600	0,86937	Flexi1...	0	69,20000	↓	182,50000	7,00	63,66	143,56	7Tage, 5h	0	0
3600	0,13063	Flexi1...	10	87,22500	↑	300,00000	7,02	41,99	134,00	10Tage, 14h	0	0

**ABBILDUNG 84: ERGEBNIS DER BERECHNUNG DER STANDORTEIGNUNG FALL 2<sup>615</sup>**

Im Prototyp werden die Werte und Zwischenwerte der Berechnung (ab der 5. Spalte von links nach rechts) dargestellt wie der folgende Screen Shot für 7600 zeigt.

Bewertungsattribut									
1	2	ID	Gewicht...	Initial	Sum Init...	Calc	Su...	Normed	Final
1	2	A_WertSteigerung	1,0000	99,99...	200	0,59413	1	0,86937	0,86937
2	2	A_EVA	0,7000	99,99...	200	0,47077	1	0,47560	0,59439
2	3	A_Kundenzufrieden...	0,3000	99,99...	200	0,73951	1	0,99857	0,99957
3	0	A_Terminabweichung	0,3200	0,000...	10	10,00000	10	1,00000	1,00000
3	0	A_Terminreue	0,3700	69,20...	156	69,20000	156	0,44238	0,73951
3	0	A_Rueckstand	0,3100	0,000...	0	0,00000	0	1,00000	1,00000
3	3	A_KostenAuftrag	0,3000	99,99...	200	0,36284	1	0,36893	0,74145
3	3	A_Umschlag	0,7000	99,99...	200	0,52025	1	0,52261	0,63493
4	0	A_KostenJe100kg	0,3700	63,66...	106	41,99000	106	0,39744	0,71078
4	0	A_Logistikkosten	0,2300	7,000...	14	7,02000	14	0,50071	0,85291
4	0	A_Durchlaufzeit	0,2900	7,208...	18	10,60191	18	0,59526	0,86033
4	0	A_Kapazitaet	0,4000	99,99...	200	99,99000	200	0,50000	0,75786
4	0	A_Einsatzfaktor	0,3100	143,5...	278	133,99687	278	0,48277	0,79792
4	0	A_LosGroessenAbwei...	0,4000	182,5...	482	300,00000	1082	0,27714	0,59852

**ABBILDUNG 85: WERTE UND ZWISCHENWERTE DER BERECHNUNG DER STANDORTEIGNUNG FALL 2 FÜR 7600<sup>616</sup>**

Farblisch wird in der ersten Spalte (von links nach rechts) des oben aufgeführten Screen Shots die Ebene der Hierarchieelemente (Oberziel orange, Zwischenziel grün, Sammelkriterium hellblau wenn zweite Spalte Wert „3“, Kriterien blau bzw. hellblau wenn zweite Spalte Wert „0“) dargestellt, nicht jedoch die Zuordnung der Kriterien zu den Sammelkriterien bzw. Zwischenzielen. Darüber hinaus zeigt der Screenshot die Bezeichnung des Hierarchieelements in Spalte „ID“ sowie die Gewichtung in Spalte „Gewicht...“.

Bei der Berechnung der Standorteignung berücksichtigt Fall 2 die Gewichtung der Kriterien des Szenarios Überlast. Nachstehender Screen Shot weist in der ersten Spalte (von links nach rechts) die Materialnummer des vorliegenden Auftrags, daneben das Wunschlieferdatum sowie die Wunschmenge und in der letzten Spalte die Bezeichnung des aktiven Szenarios aus.

CustomerOrderline / Bewertung			
MatNr	TargetDat...	Menge	Szenario
501009057	04-Aug, w32	5000	Ueberlast

**ABBILDUNG 86: GEWÄHLTES SZENARIO ZUM VORLIEGENDEN AUFTRAG<sup>617</sup>**

Der folgende Screenshot zeigt in der zweiten Spalte (von links nach rechts) die Gewichtung des Hierarchieelements sowie dessen Bezeichnung und die hierarchische Unterordnung zum Hierarchieelement in der letzten Spalte.

<sup>616</sup> Screen Shot

<sup>617</sup> Screen Shot

Bewertungstyp			
...	Gewicht...	ID	ParentID
0	0,290	T_Durchlaufzeit	T_Umschlag
0	0,310	T_Einsatzfaktor	T_Umschlag
2	0,700	T_EVA	T_WertSteigerung
0	0,400	T_Kapazitaet	T_Umschlag
3	0,300	T_KostenAuftrag	T_EVA
0	0,370	T_KostenJe100kg	T_KostenAuftrag
3	0,300	T_Kundenzufrie...	T_WertSteigerung
0	0,230	T_Logistikkosten	T_KostenAuftrag
0	0,400	T_LosGroessenA...	T_KostenAuftrag
0	0,310	T_Rueckstand	T_Kundenzufrie...
0	0,320	T_Terminabweic...	T_Kundenzufrie...
0	0,370	T_Termintrueue	T_Kundenzufrie...
3	0,700	T_Umschlag	T_EVA
2	1,000	T_WertSteigerung	

**ABBILDUNG 87: GEWICHTUNGSWERTE DES SZENARIOS ÜBERLAST<sup>618</sup>**

Die Simulation von Fall 2 erfüllt die gestellten Anforderungen.

**Fall 3** simuliert den **Auftragszugang eines Artikels auf drei Werke**. Für diesen Fall erfolgt ein Werksvergleich, da drei Werke betrachtet werden und bestimmt werden soll, welches dieser Werke für den vorliegenden Auftrag geeigneter ist.

In Anlehnung an den Ablauf der Auftragszuordnung werden durch diesen Fall die Entscheidungsstufen KO-Kriterium mit dem Ergebnis drei freigegebene Werke, Schwellwertprüfung mit den Ergebnissen Terminabweichung und Losgrößenabweichung sowie die Entscheidungsstufe Zuordnungskriterien zur Bestimmung der Standorteignung mit dem Ergebnis eines Bewertungsprotokolls (Werksrangliste inkl. Ausprägungen der Kriterien je Werk) durchlaufen.

### Ablauf der Auftragszuordnung



**ABBILDUNG 88: ABLAUF DER AUFTRAGSZUORDNUNG - INHALTE DES PROTOTYPZU FALL 3<sup>619</sup>**

Die Simulation startet wie im Fall 1 und 2 mit einem Bedarf von 5.000 kg, der bis zum Kundenwunschtermin 04.08.2014 fertig gestellt werden soll. Dieser Fall steht unter der Annahme, dass der Artikel 501009057 für drei Werke freigegeben sei.

Zur Erfüllung der Kundenwunschmenge von 5.000 kg müssen laut Einsatzfaktor 7.178 kg im Werk 7600, 6.700 kg im Werk 3600 und 11.990 kg im Werk 7700 eingesetzt werden. Aus Fall 1 und 2 geht hervor, dass für 7600 ausreichend Vormaterial zu einem Termin vor Produktionsstart

<sup>618</sup> Screen Shot

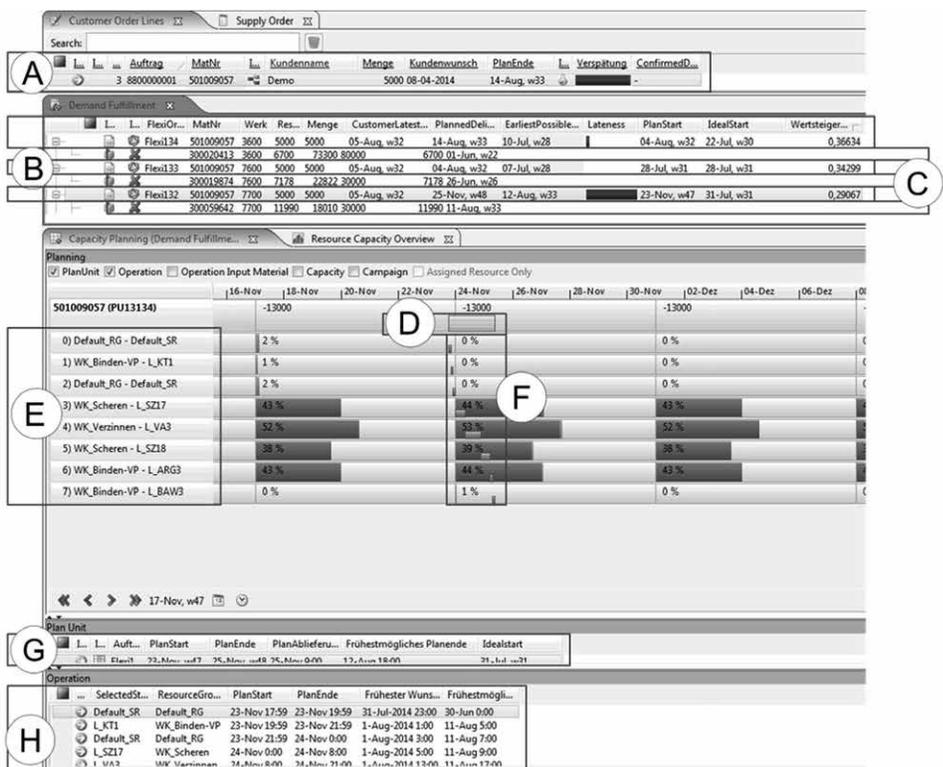
<sup>619</sup> Eigene Darstellung

und Kapazität vorhanden sind. Aus Fall 2 geht hervor, dass für 3600 zwar Vormaterial zu einem Termin vor Produktionsstart, aber nicht ausreichend Kapazität zum notwendigen AG-Starttermin an einer Anlage verfügbar ist. Für 7700 ist Vormaterial erst nach dem idealen Starttermin sowie nicht ausreichend Kapazität an einer Anlage vorhanden. Hierdurch wird ein klassischer „Problemfall“ (Antonym: „Gut-Fall“) simuliert.

In Fall 3 wird eine zusätzliche Variante der Fertigung simuliert. Für das Werk 7600 wird ein verkürzter Arbeitsplan in die Kalkulation einbezogen, da der Flexiworkorder auf Vormaterial mit höherem Wertschöpfungsanteil zurückgreifen kann.

Auf dem nachstehend aufgeführten Screen Shot zum Fall 3 sind folgende Inhalte absteigend dargestellt (Legende zum Screen Shot siehe Abbildung 80):

- A. Kundenauftrag
- B. „Flexiworkorders“, d.h. simulierte Fertigungsaufträge
- C. Vormaterialbedarfe
- D. Durchlaufzeit (gelber Balken), hier für 7700
- E. Anlagen laut Arbeitsplan mit Belegungssituation, hier für 7700
- F. Terminierte Arbeitsgänge (inkl. Wartezeiten), hier mit schmalen Balken dargestellt für 7700
- G. „Plan Unit“, d.h. eingeplanter FAUF mit Kapazitätsbelegung
- H. „Operation“, d.h. terminierte Arbeitsgänge



**ABBILDUNG 89: SCREEN SHOT FALL 3 AUS DEM QUINTIQ COMPANY PLANNER PRO-TOTYP - ANSICHT "COCKPIT"<sup>620</sup>**

<sup>620</sup> Screen Shot

Aus dem Screen Shot wird im Bereich „Demand Fulfillment“ des „Flexiworkorders“ (Flexi 133) ersichtlich, dass der Auftrag für 7600 wie in Fall 1 und 2 auf den Kundenwunschtermin terminiert wurde („PlannedDelivery“). Der Auftrag für 3600 wurde auf den 14.08. terminiert und weicht somit vom Kundenwunschtermin ab. Der Grund für die Terminabweichung für 3600 liegt, wie in Fall 2, in der Anlagenbelegung der VZ4. Der Auftrag für 7700 wurde auf den 25.11. terminiert und weicht somit massiv vom Kundenwunschtermin ab. Der Grund dafür liegt zum einen in der Vormaterialverfügbarkeit und darüber hinaus in der enormen Überbelegung der SZ17. Der folgende Screen Shot zeigt links die betreffende Anlage SZ17. Nach rechts ist aufsteigend nach Kalenderwochen die Belegungssituation der Anlage dargestellt. Die linke der beiden angegebenen Prozentzahlen zeigt die prozentuale Belegung der Kalenderwoche der Anlage und die Prozentzahlen daneben zeigen die prozentuale, geglättete Belegung, die den Überhang (Überbelegung) der vorangehenden Kalenderwochen anteilig auf freie Kapazitäten in der Zukunft verteilt.

	42 2014	43 2014	44 2014	45 2014	46 2014	47 2014	48 2014	49 2014
L_SZ17	79 % / 100 %	73 % / 100 %	72 % / 100 %	55 % / 100 %	44 % / 100 %	43 % / 100 %	43 % / 92 %	52 % / 52 %

**ABBILDUNG 90: KAPAZITÄTSBELEGUNG DER SZ17 IM WERK 7700<sup>621</sup>**

Die Terminabweichung in diesem Fall bleibt für 7600 bei Wert „0“. Für 3600 bleibt die kalkulierte Terminabweichung bei Wert „10“. Für 7700 ergibt sich der Wert „112“ für die Terminabweichung. Für 7600 kann der Kundenwunschtermin bestätigt werden, für 3600 und 7700 jedoch nicht.

Wie in Fall 2 werden diese Informationen neben anderen zur Berechnung der Standorteignung benötigt. Nachstehender Screen Shot stellt den selben Aufbau wie Abbildung 84 dar, hier jedoch ergänzt um rote Schattierung, die den schlechtesten Vergleichswert kennzeichnet.

FlexiWO / Hierarchie												
W...	Bew...	Nr	Ter...	Termi...	...	Losgroe...	Logistik	€/100kg	Einsatzf...	DLZ	Kapa	Rückstand
3600	0,36634	Flexi134	10	87,22500	↕	300,00000	7,02	41,99	134,00	10Tage, 14h	0	0
7600	0,34299	Flexi133	0	69,20000	↘	182,50000	7,00	63,66	143,56	7Tage, 5h	0	0
7700	0,29067	Flexi132	112	87,44000	↘	8,00000	2,02	92,02	239,80	1Tag, 15h	0	0

**ABBILDUNG 91: ERGEBNIS DER BERECHNUNG DER STANDORTEIGNUNG FALL 3<sup>622</sup>**

Das Ergebnis der Berechnung der Standorteignung ergibt 36,63 % für 3600, 34,30 % für 7600 und 29,07 % für 7700. Die Werte und Zwischenwerte der Berechnung sind im folgenden Screen Shot dargestellt. Der Aufbau dieses Screen Shots entspricht Abbildung 85 und ist in der ersten Spalte (von links nach rechts) um die Simulationsauftragsnummer ergänzt.

<sup>621</sup> Screen Shot

<sup>622</sup> Screen Shot

Bewertungsattribut										
Nr ...1	2	3	ID	Gewicht...	Initial	Sum Init...	Calc	Su...	Normed	Final
Flexi132	1	2	A_WertSteigerung	1,0000	99,99...	300	0,28706	1	0,29067	0,29067
Flexi132	2	2	A_EVA	0,7000	99,99...	300	0,33935	1	0,34101	0,47091
Flexi132	2	3	A_Kundenzufrieden...	0,3000	99,99...	300	0,24616	1	0,19207	0,60959
Flexi132	3	0	A_Rueckstand	0,3100	0,000...	0	0,00000	0	1,00000	1,00000
Flexi132	3	0	A_Terminabweichung	0,3200	112,0...	122	10,00000	244	0,04098	0,35978
Flexi132	3	0	A_Termintrueue	0,3700	87,44...	244	87,44000	244	0,35856	0,68421
Flexi132	3	3	A_Umschlag	0,7000	99,99...	300	0,34174	1	0,34659	0,47629
Flexi132	3	3	A_KostenAuftrag	0,3000	99,99...	300	0,31557	1	0,32305	0,71250
Flexi132	4	0	A_Kapazitaet	0,4000	99,99...	300	199,98000	600	0,33333	0,64439
Flexi132	4	0	A_KostenJe100kg	0,3700	92,02...	198	105,65000	395	0,26724	0,61369
Flexi132	4	0	A_LosGroessenAbwei...	0,4000	8,000...	490	482,50000	1581	0,30519	0,62205
Flexi132	4	0	A_Einsatzfaktor	0,3100	239,8...	517	277,55690	1035	0,26824	0,66503
Flexi132	4	0	A_Durchlaufzeit	0,2900	1,625...	19	17,81041	39	0,45819	0,79745
Flexi132	4	0	A_Logistikkosten	0,2300	2,020...	16	14,02000	32	0,43703	0,82664
Flexi133	1	2	A_WertSteigerung	1,0000	99,99...	300	0,33874	1	0,34299	0,34299
Flexi133	2	2	A_EVA	0,7000	99,99...	300	0,31657	1	0,31812	0,44855
Flexi133	2	3	A_Kundenzufrieden...	0,3000	99,99...	300	0,50265	1	0,39220	0,75518
Flexi133	3	0	A_Terminabweichung	0,3200	0,000...	122	122,00000	244	0,50000	0,80107
Flexi133	3	0	A_Rueckstand	0,3100	0,000...	0	0,00000	0	1,00000	1,00000
Flexi133	3	0	A_Termintrueue	0,3700	69,20...	244	69,20000	244	0,28376	0,62747
Flexi133	3	3	A_Umschlag	0,7000	99,99...	300	0,33605	1	0,34082	0,47072
Flexi133	3	3	A_KostenAuftrag	0,3000	99,99...	300	0,26031	1	0,26648	0,67251
Flexi133	4	0	A_Durchlaufzeit	0,2900	7,208...	19	12,22700	39	0,31455	0,71504
Flexi133	4	0	A_Einsatzfaktor	0,3100	143,5...	517	373,80051	1035	0,36126	0,72933
Flexi133	4	0	A_Kapazitaet	0,4000	99,99...	300	199,98000	600	0,33333	0,64439
Flexi133	4	0	A_LosGroessenAbwei...	0,4000	182,5...	490	308,00000	1581	0,19481	0,51981
Flexi133	4	0	A_KostenJe100kg	0,3700	63,66...	198	134,01000	395	0,33897	0,67013
Flexi133	4	0	A_Logistikkosten	0,2300	7,000...	16	9,04000	32	0,28180	0,74728
Flexi134	1	2	A_WertSteigerung	1,0000	99,99...	300	0,36179	1	0,36634	0,36634
Flexi134	2	2	A_EVA	0,7000	99,99...	300	0,33921	1	0,34087	0,47077
Flexi134	2	3	A_Kundenzufrieden...	0,3000	99,99...	300	0,53282	1	0,41573	0,76850
Flexi134	3	0	A_Termintrueue	0,3700	87,22...	244	87,22500	244	0,35768	0,68358
Flexi134	3	0	A_Rueckstand	0,3100	0,000...	0	0,00000	0	1,00000	1,00000
Flexi134	3	0	A_Terminabweichung	0,3200	10,00...	122	112,00000	244	0,45902	0,77944
Flexi134	3	3	A_KostenAuftrag	0,3000	99,99...	300	0,40096	1	0,41046	0,76557
Flexi134	3	3	A_Umschlag	0,7000	99,99...	300	0,30822	1	0,31259	0,44308
Flexi134	4	0	A_Einsatzfaktor	0,3100	133,9...	517	383,36368	1035	0,37050	0,73506
Flexi134	4	0	A_Durchlaufzeit	0,2900	10,60...	19	8,83360	39	0,22725	0,65071
Flexi134	4	0	A_KostenJe100kg	0,3700	41,99...	198	155,68000	395	0,39379	0,70835
Flexi134	4	0	A_Kapazitaet	0,4000	99,99...	300	199,98000	600	0,33333	0,64439
Flexi134	4	0	A_LosGroessenAbwei...	0,4000	300,0...	490	790,50000	1581	0,50000	0,75786
Flexi134	4	0	A_Logistikkosten	0,2300	7,020...	16	9,02000	32	0,28117	0,74690

**ABBILDUNG 92: WERTE UND ZWISCHENWERTE DER BERECHNUNG DER STANDORTEIGNUNG FALL 3<sup>623</sup>**

Bei der Berechnung der Standorteignung berücksichtigt Fall 3 wie Fall 2 die Gewichtung der Kriterien des Szenarios Überlast.

Die Simulation von Fall 3 erfüllt die gestellten Anforderungen.

Die Einplanung auf eine im Prototyp hinterlegte reale Belegungssituation verlief in unter 10 Sekunden. Innerhalb dieser Zeit wurden drei Flexiworkorders (FAUF an drei Standorten) angelegt. Zur Anlage eines Flexiworkorders wird anhand der Kapazität und Vormaterialverfügbarkeit terminiert. Zusätzlich wurde in dieser Zeit die Standorteignung festgestellt und die Berechnungswerte sowie das Ergebnis ausgewiesen. Die durch die Flexiworkorders geänderte Kapazitätssituation ist nach Ablauf der Einplanung direkt ersichtlich. Zusatzinformationen wie Starttermin, idealer Starttermin, geplante Fertigstellung und weitere werden direkt je Flexiworkorder mit angezeigt.

## 8.2 Erfolg

In der Literatur werden Definitionen geführt, die Erfolg als die Erfüllung von Zielen bezeichnen oder in Bezug auf ein Unternehmen z.B. dessen Ertrag und Aufwand sowie Gewinn und Verlust auf den Erfolg beziehen.<sup>624</sup> Diese meist monetären Betrachtungen lassen den Erfolg im Sinne von Ergonomie, Transparenz, Zufriedenheit, Flexibilität und weiteren außen vor. Aus diesem Grund wird hier im Folgenden Erfolg als die Erfüllung der Anforderungen durch die Realisierung eines Projekts bzw. einer Handlung verstanden. Die Erfüllung der Anforderungen kann subjektiv oder objektiv bewertet werden. Die Bewertung hängt dabei von der Ausprägung der Anforderung ab. Quantifizierbarer Erfolg durch die Erfüllung einer Anforderung wird objektiv bewertet, qualitativer Erfolg hingegen subjektiv.

Nachstehend werden zunächst Anforderungen gelistet, die bei der Erfolgsbewertung des Verfahrens zur Auftragszuordnung zu erfüllen sind. Im Anschluss daran werden die Situationsanalysen der Ausgangssituation und der Situation nach Anwendung des Verfahrens bezogen auf die definierten Anforderungen durchgeführt.

Zur Bestimmung des Erfolgs werden drei Zustände analysiert:

- Ist-Zustand  $t_0$  (zum Zeitpunkt  $t_0$ , d.h. Ausgangssituation)
- Ist-Zustand  $t_1$  (zum Zeitpunkt  $t_1$ , d.h. nach der Anwendung des Verfahrens)
- Soll-Zustand (der durch die Anforderungen beschriebene Zustand)

Die Analyse des Ist-Zustands der Ausgangssituation, d.h. der Zustand vor der Umsetzung erster Maßnahmen bezieht sich auf das Unternehmen des Fallbeispiels. Der Zustand, der sich aus der Anwendung des entwickelten Verfahrens im Fallbeispiel ergeben hat, wird ebenfalls analysiert. Diese Analysen beziehen sich auf die Ausprägungen der zu betrachtenden Anforderungen des gesamten Verfahrens zur Auftragszuordnung. Durch die Kenntnis über diese Zustände (Ausprägungen der Anforderungen) kann der Grad der Erfüllung der Anforderungen, d.h. gegenüber dem Soll-Zustand bestimmt werden. Die dabei zur Anwendung kommende Methode ist der Soll-/Ist-Abgleich<sup>625</sup>, der den Kern der Erfolgsmessung darstellt, da auf Basis dieses Ergebnisses eine Bewertung des Erfolgs durchgeführt werden kann. Daraus ergibt sich der validierte Erfolg des Verfahrens zur Auftragszuordnung.

Durch die Anwendung der Erfolgsvalidierung anhand des Fallbeispiels werden die Inhalte exemplarisch vorgestellt und der hier allgemein formulierte Ablauf anhand von Beispielen konkretisiert.

### 8.2.1 Anforderungen zur Bewertung des Erfolgs

Die Anforderungen, die an das Verfahren zur Auftragszuordnung gestellt wurden, orientieren sich an der Gliederung nach (Willmer, et al., 1984)<sup>626</sup>.

- Zielbestimmung
- Verfahrenseinsatz
- Funktionale Anforderungen
- Leistungsbezogene Anforderungen
- Qualitative Anforderungen

<sup>624</sup> Vgl. (Martens, et al., 2009 S. 35)

<sup>625</sup> Anwendungsbeispiel des Soll-/Ist-Vergleichs in Unternehmensanalysen: Vgl. (Kraut, 2002 S. 29 f. exemplarisch)

<sup>626</sup> Vgl. (Willmer, et al., 1984)

Die Auflistung der Anforderungen der aufgeführten Gliederungspunkte ist unter dem Abschnitt Zusammenfassung der Anforderungen: Anforderungskatalog dargestellt. Darin werden formale Anforderungen analytisch-deduktiv ausgehend von Grundaussagen anerkannter Theorien identifiziert und durch inhaltliche Anforderungen anhand empirisch-induktiver Analysen, wie beispielsweise qualitativen Experteninterviews, ergänzt. Daraus gehen generelle Anforderungen an das Verfahren zur Auftragszuordnung hervor. Weitere anwenderspezifische Anforderungen sind durchaus mit in eine Erfolgsbetrachtung einzubeziehen. Hier werden aus den generellen Anforderungen exemplarisch Anforderungen gelistet, die im weiteren Verlauf der Validierung des Erfolgs im Fokus stehen.

#### **Zielbestimmung**

- Berücksichtigung von Zielkonflikten
- Berücksichtigung situationsbedingter Zielgrößen

#### **Verfahrenseinsatz**

- Computergestützte Entscheidungsfindung
- Integration in bestehende Systemlandschaft unter Verwendung verfügbarer Daten

#### **Funktionale Anforderungen**

- Nachvollziehbarkeit
- Ausscheidung: Prüfung grundsätzlicher Eignung des Standorts

#### **Leistungsbezogene Anforderungen**

- Adaptabilität: Anpassung, Erweiterung
- Verbesserung zum Ist-Zustand
- Minimale Entscheidungsdauer

#### **Qualitative Anforderungen**

- Benutzerfreundlich
- Szenarienwahl nach definierten Regeln

### **8.2.2 Soll-/Ist-Abgleich**

Im Rahmen des Soll-/Ist-Abgleichs werden die Zustände vor und nach der Anwendung des entwickelten Verfahrens zur Auftragszuordnung analysiert. Zunächst wird die Ausgangssituation (d.h. der Ist-Zustand  $t_0$  zum Zeitpunkt  $t_0$ ) einem Soll-/Ist-Abgleich mit den gestellten Anforderungen unterzogen. Die zweite Analyse bezieht sich auf den Soll-/Ist-Abgleich des Ist-Zustand  $t_1$  (zum Zeitpunkt  $t_1$ , d.h. nach der Anwendung des Verfahrens), der innerhalb des Gliederungspunktes 8.1 Anwendung des entwickelten Verfahrens in einem Fallbeispiel beschrieben wurde. Darüber hinaus wird der Ist-Zustand  $t_1$  aus der Anwendung mit dem Ist-Zustand  $t_0$  (zum Zeitpunkt  $t_0$ , d.h. Ausgangssituation) vor der Anwendung verglichen, um den Erfolg der Anwendung zu bestimmen.

#### **Soll-/Ist-Abgleich - Ist-Zustand $t_0$ (zum Zeitpunkt $t_0$ , d.h. Ausgangssituation)**

Die Ausprägungen der Anforderungen des ursprünglichen Ist-Zustands weisen unterschiedliche Abweichungen gegenüber dem Soll-Zustand auf. Nachstehend werden die Ergebnisse aus dem Soll-/Ist-Abgleich kurz beschrieben.

Anforderungen (Soll-Zustand)	Ist-Zustand $t_0$ (Ausgangssituation)
<b>Zielbestimmung</b>	
Berücksichtigung von Zielkonflikten	✗
Berücksichtigung situationsbedingter Zielgrößen	✗
<b>Verfahrenseinsatz</b>	
Computergestützte Entscheidungsfindung	✗
Integration in bestehende Systemlandschaft unter Verwendung verfügbarer Daten	⊖
<b>Funktionale Anforderungen</b>	
Nachvollziehbarkeit	✗
Ausscheidung: Prüfung grundsätzlicher Eignung des Standorts	✗
<b>Leistungsbezogene Anforderungen</b>	
Adaptabilität: Anpassung, Erweiterung	✓
Verbesserung zum Ist-Zustand	⊖
Minimale Entscheidungsdauer	✗
<b>Qualitative Anforderungen</b>	
Benutzerfreundlich	✗
Szenarienwahl nach definierten Regeln	⊖

TABELLE 28: SOLL-/IST-ABGLEICH VIA ANFORDERUNGEN UND IST-ZUSTAND  $t_0$ <sup>627</sup>

### Zielbestimmung

Die Eignung der Standorte wird im Vorfeld in Bezug auf Grundvoraussetzungen überprüft. Während der Auftragszuordnung werden Zielkonflikte nicht ausreichend berücksichtigt. In der Konfliktsituation bzgl. Vormaterialverfügbarkeit und/oder Kapazität wird ein Klärungsprozess angestoßen. Weitere Punkte zur Differenzierung der Standorte sind nicht Teil des ursprünglichen Auftragszuordnungsprozesses.

Die Dynamik des Produktionsumfelds wird zum Teil über die Vormaterialverfügbarkeit und die verfügbare Kapazität berücksichtigt. Weitere Punkte haben keinen generellen Einfluss auf die Auftragszuordnung. In Einzelfällen werden durch die Mitarbeiter des Verkaufs weitere Punkte berücksichtigt, wie z.B. die Losgrößenabweichung, wobei hier keine Vorgabe über die Relevanz der zu prüfenden Punkte vorhanden ist.

### Verfahrenseinsatz

Die Entscheidungsfindung bzgl. der Standortwahl erfolgt manuell. Maßgeblich wird die Standortwahl über die Verfügbarkeit von ausreichend Kontingent für einen Standort in der Ablieferwoche beeinflusst. Im Anschluss an die Standortwahl werden Punkte wie Vormaterialverfügbarkeit und Kapazität des gewählten Standorts geprüft. Die Kontingentprüfung sowie Vormaterialverfügbarkeit und Kapazität erfolgen systemunterstützt. Der ggf. notwendige Klärungsprozess findet ebenfalls systemunterstützt in Form eines Workflows statt. Bei der Materialstammanlage wird die technische Machbarkeit, z.T. selektiv, durch ein System bestimmt. Weitere Überprüfung der technischen Machbarkeit, z.B. zyklisch, erfolgt nicht.

### Funktionale Anforderungen

Die Wahl eines Standorts durch die Mitarbeiter des Verkaufs ist in den meisten Fällen nicht nachvollziehbar, da die Standortwahl in der Regel nicht aufgrund von Zahlen, Daten und Fakten eines Vergleichs der Standorte erfolgt. Erst nach der Wahl eines Standorts werden Parameter geprüft, die Auskunft über die Eignung der Standorte geben könnten.

Die Kontingentprüfung, die ggf. das Speichern eines Auftrags verhindert, hat direkte Auswirkung auf die Wahl eines Standorts. Weitere Ausscheidung von Standorten erfolgt anhand des Ergebnisses der technischen Machbarkeitsprüfung, die jedoch nur bei Materialstammanlage erfolgt und dadurch keine Änderungen, Anpassungen und Optimierungen der Fertigungsmöglichkeiten berücksichtigt. Darüber hinaus gibt das Ergebnis nicht vollumfänglich die technische Machbarkeit wieder, da bereits bei der Systemprüfung eine Eingrenzung der Standorte stattfinden kann und/oder bei der Eintragung des Ergebnisses in den Materialstamm selektiv Standorte ausgegrenzt werden können.

<sup>627</sup> Eigene Darstellung

### Leistungsbezogene Anforderungen

Der Ablauf der ursprünglichen Auftragszuordnung kann um unterschiedliche Bestandteile ergänzt und angepasst werden. Die systemseitige Unterstützung ist dazu nur durch Weiterentwicklungsmaßnahmen im Stande. Manuelle Prüfungen können nur unter entsprechenden zeitlichen Aufwand durchgeführt werden. Für diese Art der Prüfung wären weitere Definitionen festzulegen, wie z.B. die ganzheitliche Prüfung von Inhalten und Dokumentation der Entscheidungsgrundlage durch alle Mitarbeiter des Verkaufs, die bei der Auftragsbuchung eine Standortentscheidung vornehmen.

Die Entscheidungsdauer der Standortwahl des ursprünglichen Ist-Zustands ist variabel und hängt direkt von den geprüften Inhalten ab, die je Mitarbeiter des Verkaufs bzw. bei jeder Entscheidung variieren. Das im Rahmen der Ist-Analyse identifizierte Zeitfenster der Entscheidungsfindung liegt im Bereich von wenigen Sekunden, wenn keine Prüfungen durchgeführt werden und kann bis zu mehreren Stunden dauern, falls Prüfungen und / oder Abstimmungen mit anderen Mitarbeitern erfolgen.

### Qualitative Anforderungen

Der ursprüngliche Zustand der Auftragszuordnung wird nach Aussagen der Mitarbeiter, die in den Prozess eingebunden sind, als nicht benutzerfreundlich beschrieben. Der Grund dafür liegt darin, dass die Entscheidungsfindung nur bedingt systemunterstützt wird und die notwendigen Informationen meist nicht direkt verfügbar sind, d.h. nur über manuelle Auswertungen bezogen werden können. Die Wahl eines Standorts verursacht Aufwand, der innerhalb des Tagesgeschäfts der Mitarbeiter im Verkauf zu einer zusätzlichen Belastung führt. Hinzu kommt, dass keine Definition der Standorteignung vorgegeben ist. Es gibt keine Vorgaben, wie in Zeiten von z.B. hoher Kapazitätsauslastung oder geringem Auftragszugang bzgl. der Standorteignung und der Auftragszuordnung entschieden werden soll.

### Soll-/Ist-Abgleich - Ist-Zustand $t_1$ (zum Zeitpunkt $t_1$ , d.h. nach der Anwendung des Verfahrens)

Die untenstehende Tabelle zeigt den Vergleich des Soll-Zustands, der durch die gestellten Anforderungen beschrieben ist, zum Ist-Zustand  $t_1$ , wie er sich aus der Anwendung eingestellt hat. Die Tabelle stellt dar, dass die Anforderungen durch die Anwendung erfüllt sind. Die Erfüllung der Anforderungen weist dennoch Defizite auf.

Anforderungen (Soll-Zustand)	Ist-Zustand $t_1$ (Pilotanwendung)
<b>Zielbestimmung</b>	
Berücksichtigung von Zielkonflikten	✓
Berücksichtigung situationsbedingter Zielgrößen	✓
<b>Verfahrenseinsatz</b>	
Computergestützte Entscheidungsfindung	✓
Integration in bestehende Systemlandschaft unter Verwendung verfügbarer Daten	✓
<b>Funktionale Anforderungen</b>	
Nachvollziehbarkeit	✓
Ausscheidung: Prüfung grundsätzlicher Eignung des Standorts	✓
<b>Leistungsbezogene Anforderungen</b>	
Adaptabilität: Anpassung, Erweiterung	✓
Verbesserung zum Ist-Zustand	⊖
Minimale Entscheidungsdauer	✓
<b>Qualitative Anforderungen</b>	
Benutzerfreundlich	✓
Szenarienwahl nach definierten Regeln	✓

TABELLE 29: SOLL-/IST-ABGLEICH VIA ANFORDERUNGEN UND IST-ZUSTAND  $t_1$ <sup>628</sup>

<sup>628</sup> Eigene Darstellung

### **Zielbestimmung – Soll-Zustand gegenüber Pilotanwendung**

Die Berücksichtigung von Zielkonflikten wird durch das Verfahren der Auftragszuordnung gewährleistet. Beginnend in Phase 1: Kriterien-Selektion werden Zielkonflikte berücksichtigt, die zum einen in Phase 2: Datenstandardisierung bei der Erstellung des Ablaufs der Auftragszuordnung durch die Definition der Messbarkeitsregeln je Kriterium berücksichtigt und zum anderen bei Phase 3: Berechnung der Standorteignung bei der Erstellung der Hierarchie beachtet werden. Die Kenntnis, die aus den bis dahin durchlaufenen Schritten des Verfahrens zur Auftragszuordnung gewonnen wurde, ist mitunter Grund für die Gewichtungsergebnisse der Kriterien, die bei Konflikten die Relevanz des entsprechenden Ziels und/oder Kriteriums, je nach Situation, durch dessen Entscheidungsrelevanz in Bezug auf die Standorteignung berücksichtigen. Die Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung bestätigt diese Funktionalität. Im Fallbeispiel wurden die anwenderspezifischen Extremszenarien Überlast und Unterlast erfolgreich validiert. Die Entwicklung weiterer Szenarien wird in der operativen Anwendung zusätzlichen Aufwand generieren.

Die Berücksichtigung situationsbedingter Zielgrößen wird durch das Verfahren zur Auftragszuordnung ermöglicht. In Phase 1: Kriterien-Selektion ist es möglich und darüber hinaus empfehlenswert, situationsbedingte Kriterien als relevant einzustufen. Es ist nicht zwingend notwendig, situationsbedingte Zielgrößen zu verwenden. Sofern die anwenderspezifische Definition der Ziele bzgl. der Auftragszuordnung keine entsprechenden Zielgrößen beinhaltet, sind diese für den Anwender nicht relevant und daher auszuschließen. Im Anwendungsfall wurden situationsbedingte Zielgrößen festgelegt, die im Prototyp der Phase 5: Umsetzung im ERP-System aufgrund mangelnder Datenverfügbarkeit (bezogen auf Vergleichbarkeit und Belastbarkeit) nicht in die Berechnung der Standorteignung integriert werden konnten.

### **Verfahrenseinsatz – Soll-Zustand gegenüber Pilotanwendung**

Die computergestützte Entscheidungsfindung ist möglich. In Phase 5: Umsetzung im ERP-System wurde in der Pilotanwendung ein Prototyp auf Basis des Quintiq Company Planners entwickelt. An diesen Prototyp wurden funktionale Anforderungen gestellt, die durch zahlreiche, unterschiedliche Tests bestätigt werden konnten. Die Beschreibung der Pilotanwendung stellt drei repräsentative Testfälle des Prototyps zur Auftragszuordnung vor. Neben der Entscheidungsfindung bzgl. der Auftragszuordnung beinhaltet das Verfahren zur Auftragszuordnung Abläufe, Analysen, Auswertungen und weitere zahlreiche Anwendungen, die durch Systemunterstützung vereinfacht bzw. beschleunigt werden könnten. Hier ist die Szenarienwahl zu nennen.

Die Integration in die bestehende Systemlandschaft unter Verwendung verfügbarer Daten ist möglich. Die Daten der selektierten Kriterien aus Phase 1 werden in Phase 2 standardisiert. Dabei werden die verfügbaren Daten mit dem Soll-Zustand abgeglichen, der für die Auftragszuordnung notwendig ist. Defizite des Ist-Zustands werden behoben, so dass verfügbare Daten stets den Ausgangspunkt darstellen. Die im Fallbeispiel verfügbaren Daten entsprechen aufgrund der laufenden Datenstandardisierung (Dauer mindestens weitere zwei Jahre) teilweise nicht den Anforderungen nach Vergleichbarkeit und Belastbarkeit. Deswegen wurden in Phase 5: Umsetzung im ERP-System die Tests mit dem entwickelten Prototyp teilweise basierend auf Annahmen durchgeführt. Hinzu kommt, dass der Prototyp keine Schnittstellenanbindung an das vorhandene ERP-System besitzt. Diese Anbindung ist grundsätzlich möglich und laut Unternehmensleitung des Fallbeispiels vorgesehen.

### **Funktionale Anforderungen – Soll-Zustand gegenüber Pilotanwendung**

Die Nachvollziehbarkeit des Verfahrens zur Auftragszuordnung ist gegeben. In allen Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung werden Informationen sowie darauf basierende Entscheidungen dokumentiert, da diese die Basis der Folgephasen darstellen. Aus der Pilotanwendung können die Gewichtungsergebnisse als Beispiel genannt werden, die in Excel Tabellen erstellt, gesichert und ausgewertet werden. Die Nachvollziehbarkeit bei der Auftragszuordnung in Phase 5 wird durch das Berechnungsprotokoll gewährleistet. Im Anwendungsfall ist die Darstellung der Werksrangliste des entwickelten Prototyps bezüglich der optischen Aufbereitung der Ergebnisse zu verbessern. Darüber hinaus ist die Szenarienwahl das gravierendste Defizit bzgl. der Nachvollziehbarkeit. Die Szenarienwahl erfolgt nicht systemunterstützt, sondern manuell in Zyklen. Die Dynamik des Umfelds findet dadurch ggf. nicht ausreichend Berücksichtigung.

Die Ausscheidung durch Prüfung der grundsätzlichen Eignung der Standorte ist Teil des Ablaufs der Auftragszuordnung. Bereits in Phase 1: Kriterien-Selektion werden die identifizierten Kriterien verschiedenen Entscheidungsstufen zugeordnet. Eine der Entscheidungsstufen sind die KO-Kriterien. Sofern ein Standort eines der KO-Kriterien nicht erfüllt, fällt dieser Standort

aus der weiteren Betrachtung. Der Ablauf der Auftragszuordnung wird in Phase 2: Datenstandardisierung erstellt. Im Anwendungsfall wurden die KO-Kriterien technische Machbarkeit, Lagerungsstrategie und kundenseitige Werksfreigabe definiert. Die Ausscheidung aufgrund der genannten KO-Kriterien wurde im Anwendungsfall durch ein Kennzeichen zur Werksfreigabe innerhalb des Materialstamms ausgelesen. Die vorgestellten Testfälle aus der Pilotanwendung des Prototyps basieren auf Annahmen der Werksfreigabe.

#### Leistungsbezogene Anforderungen – Soll-Zustand gegenüber Pilotanwendung

Die Adaptabilität: Anpassung und Erweiterung des Verfahrens zur Auftragszuordnung ist gegeben. Anpassungen und Erweiterungen sind in allen Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung möglich. Je nach dem in welcher Phase Anpassungen und Erweiterungen vorgenommen werden, müssen diese in den Folgephasen ebenfalls angepasst werden. Nachstehende Visualisierung der Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung verdeutlicht die Absprünge bei Anpassung und Erweiterung sowie den darauf folgenden Durchlauf der nachstehenden Phasen.

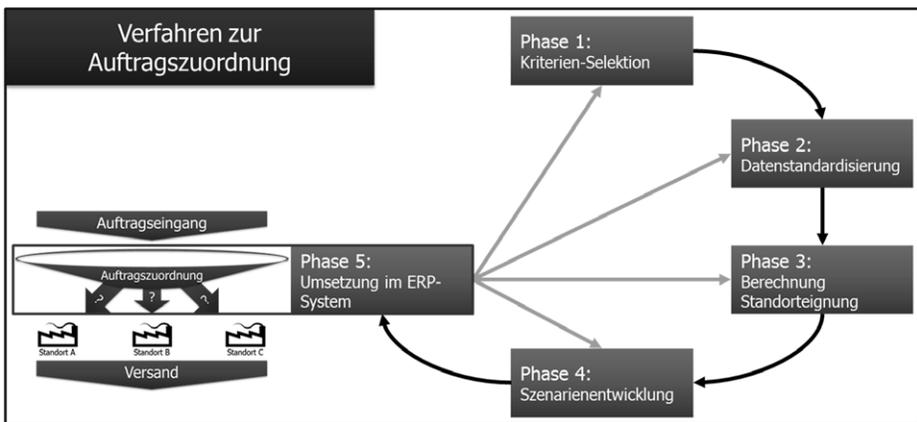


ABBILDUNG 93: VERFAHREN ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>629</sup>

Die Verbesserung zum Ist-Zustand wird innerhalb dieses Gliederungspunkts separat behandelt. Die (minimale) Entscheidungsduer der Auftragszuordnung liegt in der Pilotanwendung des entwickelten Prototyps in allen Testfällen unter 10 Sekunden. Die Entscheidungsduer kann daher als minimal bezeichnet werden. Die Entscheidungsduer kann sich bei Anbindung des Prototyps an das bestehende ERP-System des Fallbeispiels verlängern. Abhilfemaßnahmen können z.B. die Erweiterung der Rechenkapazität oder Optimierung durch gezielte Programmierung zur Laufzeitverkürzung darstellen.

#### Qualitative Anforderungen – Soll-Zustand gegenüber Pilotanwendung

Die Benutzerfreundlichkeit ist gegeben. Die Adaptabilität des Verfahrens zur Auftragszuordnung sowie die Nachvollziehbarkeit wirken trotz der aufgeführten Defizite positiv auf die Benutzerfreundlichkeit. Die Aussage der beteiligten Personen der Pilotanwendung bestätigt die Benutzerfreundlichkeit, jedoch stellt diese Aussage bereits einen Vergleich zum ursprünglichen Ist-Zustand vor der Pilotanwendung dar. Im Bereich der Auftragszuordnung, die durch den Prototyp des Fallbeispiels getestet wurde, können alle relevanten Informationen einfach und schnell ausgelesen werden. Darüber hinaus können KPI's definiert werden, die allen Anwendern eine ganzheitliche und abgestimmte Zielrichtung vorgeben. Der Quintiq Company Planner bietet zusätzlich die Möglichkeit Information graphisch aufzubereiten, was im Prototyp jedoch nur bedingt erfolgt ist. Dies ist wie auch an anderen Stellen, der Zielsetzung der Prototypentwicklung anzulasten. Das Ziel der Prototypentwicklung lag in der Überprüfung der Funktionalität der Auftragszuordnung, die, wie bereits beschrieben, bestätigt werden konnte.

Die Szenarienwahl nach definierten Regeln erfolgt in der operativen Auftragszuordnung. Die Szenarien dienen der Abbildung unterschiedlicher Situationen durch die Verteilung der Entscheidungsrelevanz auf die Elemente der Hierarchie. Die Szenarientwicklung und die Gewichtung selbst reichen für die operative Anwendung der Auftragszuordnung nicht aus.

<sup>629</sup> Eigene Darstellung

Situationen müssen erkannt und mit den vorhandenen Szenarien abgeglichen werden. Falls die vordefinierten und gewichteten Szenarien nicht einer aktuell identifizierten Situation entsprechen, muss diese Situation in Form eines Szenarios beschrieben, gewichtet und ins System übertragen werden. Dieser beschriebene Ablauf wurde im Fallbeispiel angewandt. Der Ablauf erfolgt dort manuell und wird anhand ausformulierter Regeln überprüft. Durch systemunterstützte Szenarienwahl könnte der manuelle Aufwand reduziert und die Zyklen der Situationsüberprüfung verkürzt werden.

### Soll-/Ist-Abgleich - Ist-Zustand $t_1$ und Ist-Zustand $t_0$

Die untenstehende Tabelle zeigt den Vergleich des Ist-Zustands  $t_1$ , der sich aus der Anwendung eingestellt hat, und dem Ist-Zustand  $t_0$ , der die ursprüngliche Ausgangssituation in Bezug auf die gestellten Anforderungen reflektiert. Die Tabelle bildet die Unterschiede der genannten Zustände ab.

Anforderungen (Soll-Zustand)	Ist-Zustand $t_1$ (Pilotanwendung)	Ist-Zustand $t_0$ (Ausgangssituation)
<b>Zielbestimmung</b>		
Berücksichtigung von Zielkonflikten	✓	✗
Berücksichtigung situationsbedingter Zielgrößen	✓	✗
<b>Verfahrenseinsatz</b>		
Computergestützte Entscheidungsfindung	✓	✗
Integration in bestehende Systemlandschaft unter Verwendung verfügbarer Daten	✓	⊖
<b>Funktionale Anforderungen</b>		
Nachvollziehbarkeit	✓	✗
Ausscheidung: Prüfung grundsätzlicher Eignung des Standorts	✓	✗
<b>Leistungsbezogene Anforderungen</b>		
Adaptabilität: Anpassung, Erweiterung	✓	✓
Verbesserung zum Ist-Zustand	✓	⊖
Minimale Entscheidungsdauer	✓	✗
<b>Qualitative Anforderungen</b>		
Benutzerfreundlich	✓	✗
Szenarienwahl nach definierten Regeln	✓	⊖

TABELLE 30: SOLL-/IST-ABGLEICH VIA IST-ZUSTAND  $t_1$  UND IST-ZUSTAND  $t_0$ <sup>630</sup>

#### Zielbestimmung – Pilotanwendung gegenüber Ausgangssituation

Die Berücksichtigung von Zielkonflikten wird durch das Verfahren zur Auftragszuordnung gegenüber der Ausgangssituation erst möglich. Während die Zieldefinition und die Relevanzverteilung durch die Gewichtung der Szenarien fester Bestandteil der verbesserten Auftragszuordnung sind, fehlen diese Bausteine in der Ausgangssituation gänzlich.

Die Berücksichtigung von situationsbedingten Zielgrößen findet in der Ausgangssituation nur bedingt Berücksichtigung. Auswirkung auf die Standorteignung haben diese Größen dabei nicht. Die Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung ist deshalb erfolgreich, da diese Anforderung in der Kriterien-Selektion Berücksichtigung findet, um die Dynamik des Produktionsumfelds darstellen zu können.

#### Verfahrenseinsatz – Pilotanwendung gegenüber Ausgangssituation

Die computergestützte Entscheidungsfindung bzgl. der Standortwahl findet nur in der Pilotanwendung statt. Zwar werden in beiden Zuständen Abläufe und Prüfungen systemunterstützt, jedoch ist die systemunterstützte Auftragszuordnung der wesentliche Erfolg der Pilotanwendung gegenüber der Ausgangssituation.

<sup>630</sup> Eigene Darstellung

Die Integration in die bestehende Systemlandschaft unter Verwendung verfügbarer Daten ist in der Ausgangssituation nicht möglich, da es keinen definierten Entscheidungsfindungsprozess, d.h. keinen Ablauf der Auftragszuordnung gibt. Diese Anforderung hingegen wird zum einen durch die Existenz eines Ablaufs zur Auftragszuordnung und zum anderen durch die erfolgreiche Validierung der Pilotanwendung erfüllt.

#### **Funktionale Anforderungen – Pilotanwendung gegenüber Ausgangssituation**

Die Nachvollziehbarkeit ist aufgrund der Subjektivität der Ausgangssituation sowie den variierenden Inhalten der Standortwahl nicht gegeben. Eine maßgebliche Verbesserung stellt die Pilotanwendung in allen Phasen dar. Besonders hervorzuheben ist das Protokoll der Berechnung der Standorteignung, das die Werksrangliste und die Wertausprägung aller geprüfter Kriterien beinhaltet.

Die Ausscheidung durch Prüfung der grundsätzlichen Eignung der Standorte erfolgt in beiden Zuständen. Der Erfolg der verbesserten Auftragszuordnung zeigt die Pilotanwendung, indem die KO-Kriterien separat geprüft werden. Die Ausgangssituation führt hingegen nur ein Platzierungskennzeichen, das keinen Aufschluss über den Grund für die Ausscheidung eines Standorts liefert. Hinzu kommt, dass in der Ausgangssituation bereits bei der Erstellung des Platzierungskennzeichens Defizite in Form von Subjektivität und Unvollständigkeit auftreten. Speziell in Bezug auf die technische Machbarkeitsprüfung werden in der Pilotanwendung stets alle Standorte geprüft ohne einen subjektiven Vorfilter zu verwenden.

#### **Leistungsbezogene Anforderungen – Pilotanwendung gegenüber Ausgangssituation**

Die Adaptabilität: Anpassung und Erweiterung ist in beiden Zuständen möglich. Die Ausgangssituation liefert eine unzureichende Basis für Anpassungen und Erweiterungen. Dies ist zum einen der nicht existenten systemunterstützten Entscheidungsfindung und zum anderen der Subjektivität der Auftragszuordnung zuzuschreiben. Die Anpassung hin zur Objektivität in der Entscheidungsfindung stellt die Pilotanwendung dar. Die Adaptabilität des Verfahrens zur Auftragszuordnung übersteigt die Anpassungs- und Erweiterungsstruktur der Ausgangssituation bei weitem, was durch die Beschreibung der Pilotanwendung belegt wird.

Die Verbesserung zum Ist-Zustand wird durch die Pilotanwendung gegenüber der Ausgangssituation erreicht. Die bisherigen und nachfolgenden Erläuterungen zur Gegenüberstellung verdeutlichen den Anwendungserfolg des Verfahrens zur Auftragszuordnung.

Die (minimale) Entscheidungsdauer der Auftragszuordnung liegt in der Pilotanwendung mit weniger als 10 Sekunden massiv unter der Entscheidungsdauer der Ausgangssituation von z.T. mehreren Stunden, sofern ein Standortvergleich durchgeführt wird. In der Ausgangssituation werden jedoch z.T. Aufträge an Standorte platziert, ohne im Vorfeld die Alternativen zu prüfen, wodurch die Entscheidungsdauer nicht messbar ist.

#### **Qualitative Anforderungen – Pilotanwendung gegenüber Ausgangssituation**

Die Benutzerfreundlichkeit ist laut Aussagen von beteiligten Personen der Pilotanwendung deutlich höher als die der Ausgangssituation. Begründet wird dies zunächst durch die Systemunterstützung, die den Anwendern der Auftragszuordnung die Arbeit im Tagesgeschäft erleichtert. Darüber hinaus liefert der Prototyp der Auftragszuordnung alle Informationen, die für den Anwender notwendig sind.

Die Szenarienwahl nach definierten Regeln findet nur in der verbesserten Auftragszuordnung statt. Situationsänderungen bzw. Szenarien werden in der Ausgangssituation nicht berücksichtigt.

### **8.2.3 Bewertung des Erfolgs**

Die Validierung des Erfolgs zeigt, dass jede Phase sowie jeder Schritt des Verfahrens zur Auftragszuordnung wichtig und richtig ist, da durch deren Anwendung die gestellten Anforderungen erfüllt werden. Weiteres Gewicht kommt dieser Aussage durch die Bestätigung der funktionalen Anforderungen zu, die im Rahmen der Prototypentwicklung zur Auftragszuordnung gestellt wurden.

Die Bewertung des Erfolgs fällt daher zusammenfassend positiv aus, da auch der Vergleich der Ausgangssituation zu den Anwendungsergebnissen der Pilotanwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung eine subjektive sowie objektive Verbesserung darstellt.

Die aufgeführten Defizite der Pilotanwendung stellen Ansätze für Weiterentwicklungen dar, die als Impulse für weitere Forschung verstanden werden können.

Nachstehende Tabelle fasst den Erfolg des Verfahrens zur Auftragszuordnung zusammen.

Anforderungen (Soll-Zustand)	Ist-Zustand $t_1$ (Pilotanwendung)	Bewertung des Erfolgs
<b>Zielbestimmung</b>		
Berücksichtigung von Zielkonflikten	✓	+ Situationsabhängige Relevanzverteilung durch Szenarien - Aktualität der berücksichtigten Zielkonflikte
Berücksichtigung situationsbedingter Zielgrößen	✓	+ Dynamik des Produktionsumfelds anhand dynamischer Kriterien - Hoher Aufwand zur Datenstandardisierung dynamischer Kriterien
<b>Verfahrenseinsatz</b>		
Computergestützte Entscheidungsfindung	✓	+ Objektivitätsgewinn + Informationstransparenz + Aufwandsreduzierung bei operativer Auftragszuordnung - Ausbau der Computerunterstützung für weitere Phasen neben der Entscheidungsfindung
Integration in bestehende Systemlandschaft unter Verwendung verfügbarer Daten	✓	+ Datenstandardisierung bezieht sich auf Ist-Daten + ERP-Systemanbindung - Qualität verfügbarer Daten
<b>Funktionale Anforderungen</b>		
Nachvollziehbarkeit	✓	+ Dokumentation der Phasenergebnisse + Berechnungsprotokoll und Werksrangliste - Szenarienwahl
Ausscheidung: Prüfung grundsätzlicher Eignung des Standorts	✓	+ Einzelprüfung der KO-Kriterien zeigt den Grund für Ausscheidung + Prüfung aller Werke
<b>Leistungsbezogene Anforderungen</b>		
Adaptabilität: Anpassung, Erweiterung	✓	+ Durchgängige Adaptabilität + Anpassung, Erweiterung in allen Phasen möglich - Hoher Aufwand
Verbesserung zum Ist-Zustand $t_0$	✓	+ Alle aufgeführten positiven Punkte
Minimale Entscheidungsdauer	✓	+ Unter 10 Sek.
<b>Qualitative Anforderungen</b>		
Benutzerfreundlich	✓	+ Minimaler Aufwand + Schnell, einfach, transparent + Nachvollziehbarkeit + Möglichkeit Informationen graphisch aufzubereiten
Szenarienwahl nach definierten Regeln	✓	+ Abbildung unterschiedlicher Situationen (=Szenarien) - Manuelle Szenarienwahl

**TABELLE 31: ZUSAMMENFASSUNG - ERFOLG DES VERFAHRENS ZUR AUFTRAGSZUORDNUNG**<sup>631</sup>

<sup>631</sup> Eigene Darstellung

### 8.3 Nutzen

Unternehmen bestimmen den Nutzen eines Projekts bzw. einer Handlung am Erreichungsgrad der Ziele. Der Begriff Nutzen wird als Grad der Bedürfnisbefriedigung und Zielerreichung bezeichnet.<sup>632</sup>

Innerhalb des Nutzens wird unterschieden in nachstehende Formen:<sup>633</sup>

- Direkter Nutzen
- Indirekter Nutzen
- Intangibler Nutzen

Der direkte Nutzen bezieht sich auf den Grad einer Ressourceneinsparung. Dieser Grad wird aus dem Vergleich von Alternativen bestimmt. Diese quantitative Nutzenbestimmung der Ressourceneinsparung wird häufig monetär gemessen. Bei der Bestimmung des indirekten Nutzens können Schwierigkeiten bei der Quantifizierung auftreten, da dieser Nutzen in Abhängigkeit der zu betrachtenden Ressource quantitativ oder qualitativ sein kann. Der indirekte Nutzen bezieht sich auf die Vermeidung oder Reduzierung des Ressourcenverlusts. Ähnlich verhält sich der intangible Nutzen, bei dem die Vermeidung oder die Reduzierung von Nachteilen meist qualitativ zu bestimmen ist. Zudem werden dabei positive Effekte des Projekts bzw. der Handlung aufgeführt.<sup>634</sup>

In vielen Fällen ist eine reine Wirtschaftlichkeitsberechnung (eindimensionales Bewertungsverfahren) zur direkten, wirtschaftlichen Nutzenbestimmung nicht ausreichend, da diese das Verhältnis zwischen quantitativen Leistungen und aufzuwendenden Kosten bestimmt.<sup>635</sup> Sofern ein Projekt oder eine Handlung quantitativ messbare Ressourceneinsparungen und / oder steigende Umsätze hervorbringen kann, sind statische und dynamische Investitionsrechenverfahren anzuwenden und ggf. durch weitere Bewertungsverfahren zu ergänzen.<sup>636</sup> In der Praxis betreffen den Nutzen z.T. weitere nicht monetäre, d.h. qualitative Faktoren, die einen Einfluss auf die Bedürfnisbefriedigung und die Zielerreichung haben, wie das Beispiel der Auftragszuordnung bestätigt. Auch in anderen Zusammenhängen kann eine rein monetäre Nutzenbestimmung zu einseitig sein. *„Zur Ermittlung ... der ... nicht-monetären Wirtschaftlichkeit von IV-Projekten<sup>637</sup>, sind im Gegensatz zu den ‚eindimensionalen‘ Verfahren der Investitionsrechnung hier ‚mehrdimensionale‘ Bewertungsverfahren heranzuziehen, denn eine Verdichtung der unterschiedlichen Nutzeffekte, die durch solche Projekte bewirkt werden können, auf eine einzige, monetäre Zielgröße ist nicht möglich.“*<sup>638</sup> Der Nutzen liegt in der Praxis meist nicht allein in einer der Formen zur Nutzenbestimmung, sondern überwiegend in einer Zusammensetzung von zwei oder mehr Formen, die zudem unterschiedlich stark auf den Nutzen Einfluss nehmen, je nachdem wie die Ziele definiert und in ihrer Relevanz bestimmt sind. Daher gilt es in solchen Fällen zwischen Wirtschaftlichkeitsberechnung und Nutzenbestimmung zu differenzieren, wobei klassische Methoden wie die Kosten-Nutzen-Analyse für die hier anzuwendende Validierung ungeeignet sind.<sup>639</sup>

Die Einteilung des Nutzens in direkt, indirekt und intangibel hat Einfluss auf die Messung des Nutzens. Bei der kardinalen Nutzenmessung wird ein Vergleich zweier Ausprägungen bzgl. ihrer Differenz durchgeführt. Der Differenz wird dann eine Bedeutung in Form des kardinalen Nutzens beigemessen. Dieser Nutzen lässt sich quantifizieren und in Werten ausdrücken. Die häufigste Form des kardinalen Nutzens ist die Bestimmung der Wertedifferenz in Geldmengen. Der direkte Nutzen wird bei den Kriterien der Auftragszuordnung durch ihre Anwendung bestimmt und in Werten, d.h. kardinal ausgewiesen. Die Werte entsprechen nicht zwangsläufig Geldwerten, sondern den aus der Anwendung des Verfahrens selektierten Kriterien zur Auftragszuordnung. Die Kriterien sind anwenderspezifisch und die Gewichtung der Kriterien darüber hinaus situationsabhängig.

<sup>632</sup> Vgl. (o.V., 1997 S. 487 f.)

<sup>633</sup> Vgl. (Szucs, 2010 S. 37)

<sup>634</sup> Vgl. (Osterkorn, 1998 S. 47 f.)

<sup>635</sup> Vgl. (Puhl, 2009 S. 84)

<sup>636</sup> Vgl. (Puhl, 2009 S. 84)

<sup>637</sup> IV-Projekt ≙ Informationsverarbeitungsprojekt

<sup>638</sup> Siehe (Kargl, 2000 S. 47)

<sup>639</sup> Vgl. (Brauchlin, 1995 S. 238-249)

**Der direkte Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung** wird durch eine Simulation mit Ist-Daten des Unternehmens aus dem Fallbeispiel bestimmt. Die Simulation bezieht sich auf die Einsparung der Herstellkosten durch Anwendung der entwickelten Auftragszuordnung gegenüber einem Auftragsbestand. Zudem wird die Einsparung der Materialeinsatzmenge gegenüber dem Auftragsbestand bestimmt.

Der indirekte Nutzen entspricht der ordinalen Nutzenmessung, bei der zwar ein Vergleich der Ausprägungen stattfindet, jedoch keine Differenz der Ausprägungen bestimmt wird, da dieser keine Bedeutung zukommt. Dies gilt nicht für die Ausprägung der Kriterien, sondern für die Vermeidung oder Reduzierung eines Ressourcenverlusts.

**Der indirekte Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung** wird durch den Vergleich der Ausgangssituation im Fallbeispiel mit der Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung beurteilt. Der Fokus liegt dabei auf Faktoren, die sich bei der Auftragszuordnung verändert haben und indirekt bei anderen Anwendungen Nutzen generieren.

Bei der Nutzenmessung des intangiblen Nutzens wird kein Vergleich der Ausprägungen durchgeführt. Hier liegt der Fokus auf der Vermeidung oder Reduzierung von Nachteilen bzw. der Identifikation positiver Effekte, die sich durch die Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung einstellen können.

**Der intangible Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung** wird im Anschluss an die Simulation durch Experteninterviews aufgenommen.

Der Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung wird anhand des Zielerreichungs- und Bedürfnisbefriedigungsgrads bestimmt. Den Analyseobjekten „Ziel“ und „Bedürfnisbefriedigung“ unterliegen die Bestandteile zur Bestimmung des Nutzens in Form von Ressourceneinsparungen und Ausprägungen der Nachteile, die durch die Auftragszuordnung eintreten können.

Durch die Anwendung der Nutzenvalidierung anhand des Fallbeispiels werden die Inhalte exemplarisch vorgestellt und der hier allgemein formulierte Ablauf anhand von Beispielen konkretisiert.

### 8.3.1 Direkter Nutzen

Der direkte Nutzen bezieht sich auf den Grad einer Ressourceneinsparung durch den kardinalen Vergleich von Alternativen. Im Anwendungsfall stellen die Testfälle 2 und 3 einen Alternativenvergleich dar. In Fall 2 liegt der Nutzen des erstplatzierten Standorts gegenüber der Alternative, die mit Rang 2 bewertet wurde z.B. in der Einsparung von Logistikkosten und in der Einsparung der Kapitalbindungsdauer durch eine geringere Durchlaufzeit.

Fall 2: Nutzen Logistikkosten

$$\left(7,02 \frac{\text{€}}{100 \text{ kg}} - 7,00 \frac{\text{€}}{100 \text{ kg}}\right) * \left(\frac{5.000 \text{ kg}}{100}\right) = 1 \text{ €}$$

Fall 2: Nutzen Durchlaufzeit

$$10d \ 14h - 7d \ 5h = 3d \ 9h$$

In Fall 3 liegt der Nutzen des erstplatzierten Standorts gegenüber der drittplatzierten Alternative z.B. in der Einsparung von Herstellkosten und im geringeren Einsatzfaktor, also der notwendigen Einsatzmenge, um die gewünschte Ausbringungsmenge zu erreichen.

Fall 3: Nutzen Herstellkosten

$$\left(92,02 \frac{\text{€}}{100 \text{ kg}} - 41,99 \frac{\text{€}}{100 \text{ kg}}\right) * \left(\frac{5.000 \text{ kg}}{100}\right) = 2.501,50 \text{ €}$$

Fall 3: Nutzen Einsatzfaktor

$$11.990 \text{ kg} - 6.700 \text{ kg} = 5.290 \text{ kg}$$

Fall 3 zeigt die z.T. großen Abweichungen von Standortalternativen zur Herstellung desselben Artikels.

Um das Potenzial und damit die ausschöpfbare Ressourceneinsparung zu verdeutlichen wird nachstehend eine Beispielrechnung aufgeführt, die auf Zahlen des Fallbeispiels basiert. Zum Alternativenvergleich werden hier die Kriterien Herstellkosten und Einsatzfaktor bzgl. des Potenzials der Ressourceneinsparung berechnet.

Der Auftragsbestand einer repräsentativen Woche aus dem Geschäftsjahr 2013/2014 des Fallbeispiels liefert die Datenbasis. Innerhalb dieser Woche mit einem durchschnittlichen Auftragsbestand wurden 534 Kundenaufträge betrachtet, d.h. Lagerergänzungen und weitere Auftragsarten wurden ausgeblendet. Die Aufträge ergeben in Summe eine zu produzierende Menge von

1.809,63 t. Von den 534 Aufträgen sind 194 Aufträge, d.h. 36,33 % an mehr als einem Standort herstellbar, was einer Menge von 596,84 t, bzw. 32,98 % des Auftragsbestands entspricht.

Die Differenz der Herstellkosten des verlagerbaren Auftragsbestands von der ausgewerteten Ist-Situation gegenüber der Wahl des Standorts mit den jeweils geringsten Herstellkosten beträgt 25.381,94 €. Das Potenzial zur Ressourceneinsparung Herstellkosten gegenüber dem Auftragsbestand beträgt 6,78 %.

Die Wahl der Standorte mit den jeweils geringsten Herstellkosten gegenüber der Standorte mit den jeweils höchsten Herstellkosten ergibt eine Differenz von 102.393,09 €.

Unter der Annahme, dass der repräsentative Auftragsbestand und die Wahl der Standorte im selben Verhältnis innerhalb eines Geschäftsjahrs stattfinden, würde das Potenzial zur Ressourceneinsparung Herstellkosten rund 1,3 Millionen € betragen.

Herstellkosten des Auftragsbestands	374.264,33 €	
Min. Herstellkosten	348.882,40 €	
<b>Einspar-Potenzial</b>	25.381,94 €	6,78 %
Max. Herstellkosten	451.275,49 €	
<b>Abweichung Min. Max.</b>	102.393,09 €	22,69 %

**TABELLE 32: BEISPIELRECHNUNG POTENZIAL ZUR EINSPARUNG DER HERSTELLKOSTEN DURCH DIE AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>640</sup>**

Die notwendige Einsatzmenge zur Herstellung der verlagerbaren Kundenaufträge beträgt beim Auftragsbestand 827,33 t. Die Herstellung dieser Aufträge an den Standorten mit den jeweils geringsten Einsatzfaktoren würde hingegen eine Einsatzmenge von 795,62 t erfordern, um die gewünschte Abliefermenge zu erreichen. Dies entspricht einem Potenzial zur Ressourceneinsparung von 3,83 %. Die Differenz zwischen geringster und höchster Einsatzmenge weist einen Unterschied von 90,08 t auf.

Unter der Annahme, dass der repräsentative Auftragsbestand und die Wahl der Standorte im selben Verhältnis innerhalb eines Geschäftsjahres stattfinden, würde das ein Potenzial zur Ressourceneinsparung Einsatzfaktor von rund 1.700 t betragen. Diese Mengeneinsparung entspricht beinahe der Abliefermenge des Auftragsbestands der Vergleichswoche.

Einsatzmenge des Auftragsbestands	827,33 t	
Min. Einsatzmenge	795,62 t	
<b>Einspar-Potenzial</b>	31,71 t	3,83 %
Max. Einsatzmenge	885,70 t	
<b>Abweichung Min. Max.</b>	90,08 t	10,17 %

**TABELLE 33: BEISPIELRECHNUNG POTENZIAL ZUR EINSPARUNG DES EINSATZFAKTORS DURCH DIE AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>641</sup>**

Die vorgestellte Beispielrechnung verdeutlicht den Nutzen der gezielten Auftragszuordnung. Die hier errechneten Abweichungen zeigen das Potenzial der Ressourceneinsparung aus dem Fallbeispiel. Dieses Potenzial wird nicht durch die kompensatorische Auslegung des Entscheidungsmodells vollständig zu erreichen sein, sofern weitere Kriterien zur Berechnung der Standorteignung herangezogen werden.

### 8.3.2 Indirekter Nutzen

Der indirekte Nutzen der Auftragszuordnung hängt wie der direkte Nutzen von vielen Faktoren ab. Aufgrund der anwenderspezifischen Inhalte der einzelnen Phasen ist auch der indirekte Nutzen anwenderspezifisch. Eine generelle Nutzenbestimmung ist deshalb kaum möglich.

Der indirekte Nutzen bezieht sich laut Definition auf die Vermeidung oder Reduzierung von Ressourcenverlusten durch den ordinalen Vergleich von Alternativen. Im Anwendungsfall stellen die Vergleiche zum einen die Gegenüberstellung der Anwendung des Verfahrens zur

<sup>640</sup> Eigene Darstellung

<sup>641</sup> Eigene Darstellung

Auftragszuordnung im Fallbeispiel zur Ausgangssituation und zum anderen den Vergleich von alternativen Standorten bei der Auftragszuordnung der Pilotanwendung durch den entwickelten Prototyp dar.

Durch die Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung wird gegenüber der Ausgangssituation im Fallbeispiel sichergestellt, dass die Definition von Zielen erfolgreich (wie in der Validierung des Erfolgs beschrieben) und durchgängig erfolgt. Der indirekte Nutzen des Verfahrens liegt demnach darin, dass Ziele von der Führungsebene festgelegt werden, die für alle beteiligten Personen der Auftragszuordnung Gültigkeit besitzen. Nur in dem die Auftragszuordnung operativ nach denselben Gesichtspunkten zur Generierung eines Beitrags zu den definierten Zielen erfolgt, kann der genannte Beitrag maximiert werden. Sobald beteiligte Personen entgegen den Vorgaben handeln leidet der Zielbeitrag.

Die Kriterien-Selektion beeinflusst den indirekten Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung maßgeblich. Die Vermeidung oder Reduzierung von Ressourcenverlusten in Geldwerten, Zeit, Aufwand oder Material wird durch die Wahl der Kriterien bestimmt. Sofern die Kriterien diesbezüglich als nicht relevant eingestuft werden, fallen diese aus der Betrachtung. Dadurch kann der Nutzen dieser Elemente verloren gehen. Falls genannte Elemente Berücksichtigung bei der Auftragszuordnung finden, entscheidet die Gewichtung der Szenarien über die Relevanz zur Generierung des Beitrags zum entsprechenden Ziel. Neben anderen unterscheidet dieser indirekte Nutzen der gezielten Generierung von Zielbeiträgen das Verfahren zur Auftragszuordnung von der Ausgangssituation des Fallbeispiels.

Ungeachtet der Erfolge der Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung liegt ein nicht unerheblicher indirekter Nutzen in der Datenstandardisierung. Wie im Fallbeispiel sind Produktionsnetzwerke häufig historisch gewachsen, wodurch sich die Datenqualität zwischen den Standorten als z.T. unvergleichbar und unbelastbar entwickelt haben kann. Neben der operativen Auftragszuordnung ist die Datenvergleichbarkeit für weitere Anwendungsbereiche relevant. Die Ermittlung der Kapazitätsgrenzen als Beispiel ist für die Planungsabteilungen und Fertigungssteuerungen der Standorte ebenso relevant wie für die Auftragszuordnung. Strategische, taktische und operative Anwendungen greifen demnach auf Daten zu, die innerhalb des Verfahrens zur Auftragszuordnung aufgrund der Kriterien-Selektion zur Berechnung der Standorteignung verwendet werden.

Weiterer Nutzen der Auftragszuordnung wird indirekt generiert, der wiederum direkt angewandt werden kann. Gemeint ist damit das Benchmarking zwischen den Standorten. Die Abweichungen zwischen den Kriterien, wie sie z.B. beim direkten Nutzen vorgestellt wurden, geben Anlass zu Optimierungsmaßnahmen. Prozessabläufe, Verfahrensoptimierungen, präventive Instandhaltung und weitere mehr können ggf. die Ursache für Abweichungen zwischen Standorten sein. Durch den Vergleich der Berechnung der Standorteignung könnten demnach in Anlehnung an das Pareto-Prinzip zunächst gravierende Abweichungen untersucht werden. Gezielte Analysen könnten dadurch Verbesserungspotenziale aufdecken, die ohne den Vergleich der Standorte durch die Berechnung der Standorteignung nicht identifiziert werden können.

### 8.3.3 Intangibler Nutzen

Der intangible Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung wird über Interviews mit beteiligten Personen aus der Pilotanwendung aufgenommen. Diese Angaben sind als subjektiv zu bezeichnen, die sich z.T. in Einzelfällen anhand von Zahlen und Fakten belegen lassen.

Der intangible Nutzen bezieht sich laut Definition auf die Vermeidung oder Reduzierung von Nachteilen sowie auf die Identifikation positiver Effekte, die sich durch die Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung einstellen können.

Im Anwendungsfall zeigt der Erfolg der Aufwandsreduzierung bei der Auftragszuordnung einen intangiblen Nutzen. Die Zeitersparnis im Tagesgeschäft der Mitarbeiter des Verkaufs kann für Tätigkeiten z.B. im Bereich des Kundenservice aufgewendet werden. Darüber hinaus sind manuelle Auswertungen, die mitunter im Bereich der Planung erstellt werden, durch die Visualisierungsmöglichkeiten des Prototyps abzulösen, um Zeitersparnis in der Planung zu generieren. Die Aufwandsreduzierung von nicht wertschöpfenden Tätigkeiten, ob als solche wahrgenommen oder als solche identifiziert, stellt einen der intangiblen Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung dar.

Ein weiterer intangibler Nutzen ist der Transparenzgewinn für Mitarbeiter und Führungskräfte. Der PDCA-Zyklus<sup>642</sup> folgt seinem Namen nach einem Ablauf, der verschiedene Informationen erfordert. Dabei werden eine Zielrichtung bzw. ein gewünschtes Ergebnis sowie zu verfolgende Maßnahmen festgelegt und anschließend umgesetzt. Daraufhin wird überprüft, ob die Umsetzung der Maßnahmen erfolgreich war und falls dies zutrifft, wird der Erfolg fixiert. Der PDCA-Zyklus dient hierbei als Beispiel für die Notwendigkeit von Transparenz, die sowohl für die Definition von Zielen als auch für die Umsetzung von Maßnahmen und deren Überprüfung wichtig ist. Das Verfahren zur Auftragszuordnung unterstützt die Transparenz in den Phasen als auch in der operativen Auftragszuordnung.

Die Steigerung der Flexibilität ist ein intangibler Nutzen, sowohl für das Unternehmen, welches das Verfahren zur Auftragszuordnung anwendet, als auch für dessen Kunden. Der weltweite Wettbewerbsdruck wächst zunehmend an, woraufhin Unternehmen, gleichwohl ob Lieferant oder Besteller, bestrebt sind Wettbewerbsvorteile zu generieren. Als Folge dessen werden die Bestellmengen sowie die Bestellzyklen der Kunden geringer wie das Fallbeispiel bestätigt. Ziel ist es, die Bestände und dadurch Kosten zu reduzieren. Langfristige Planung scheint dabei für Lieferanten beinahe unmöglich. Die Auftragszuordnung liefert die dafür geforderte Flexibilität. Kurzfristige Bedarfe können schnell platziert und bestätigt werden, da alle Alternativen geprüft werden. Das hilft dem Kunden und somit dauerhaft dem Unternehmen, das die Auftragszuordnung anwendet.

### 8.3.4 Bewertung des Nutzens

Die Validierung des Nutzens zeigt, dass das Verfahren zur Auftragszuordnung bei Anwendung Nutzen der Formen direkt, indirekt und intangibel generiert. Das Zahlenbeispiel aus der direkten Nutzenbestimmung im Fallbeispiel bestätigt das Potenzial, dass mit der Auftragszuordnung zur Ressourceneinsparung möglich ist. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Auftragszuordnung können indirekt angewandt werden und weiteren Nutzen generieren, wie z.B. für das Standort-Benchmarking. Neben dem indirekten Nutzen sind intangible Nutzenbestandteile des Verfahrens zur Auftragszuordnung zu nennen. Die Flexibilitätssteigerung nutzt dabei dem anwendenden Unternehmen als auch seinen Kunden.

Die Bewertung des Nutzens fällt daher zusammenfassend positiv aus, da auch der Vergleich der Ausgangssituation zu den Anwendungsergebnissen der Pilotanwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung eine subjektive sowie objektive Verbesserung darstellt.

Nachstehende Tabelle fasst den Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung zusammen.

Form des Nutzens	Bewertung des Nutzens
<b>Direkter Nutzen</b>	+ Potenzial zur Ressourceneinsparung Herstellkosten rund 1,3 Millionen € (im Fallbeispiel in einem Geschäftsjahr) + Potenzial zur Ressourceneinsparung Einsatzfaktor rund 1.700 t (im Fallbeispiel in einem Geschäftsjahr)
<b>Indirekter Nutzen</b>	+ Maximaler Beitrag zu definierten Zielen durch Gültigkeit für alle Beteiligte + Gezielte Generierung von Zielbeiträgen + Datenstandardisierung nutzt weiteren Anwendungen neben der Auftragszuordnung + Benchmarking zwischen den Standorten
<b>Intangibler Nutzen</b>	+ Aufwandsreduzierung von nicht wertschöpfenden Tätigkeiten + Transparenzgewinn + Steigerung der Flexibilität

**TABELLE 34: ZUSAMMENFASSUNG - NUTZEN DES VERFAHRENS ZUR AUFTRAGS-  
ORDNUNG**<sup>643</sup>

<sup>642</sup> Plan Do Check Act (PDCA) Vgl. (Syska, 2007 S. 100)

<sup>643</sup> Eigene Darstellung

## 8.4 Zusammenfassung der Bewertung

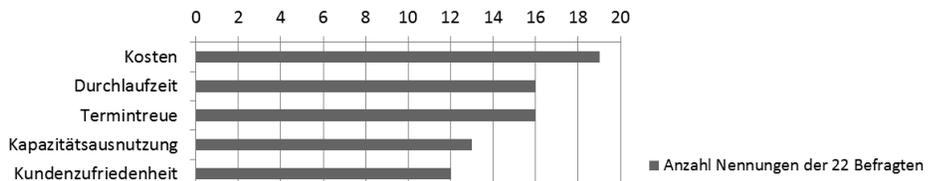
Aus der Validierung des Erfolgs und Nutzens des Verfahrens zur Auftragszuordnung geht unter anderem hervor, dass die gestellten Anforderungen erfüllt werden und sich durch die Anwendung des Verfahrens Vorteile in unterschiedlichen Formen ergeben. Darüber hinaus beantwortet die durchgeführte Validierung die dritte Leitfrage des Forschungsprojekts.

3. Wie soll der Erfolg einer verbesserten Auftragszuordnung gegenüber einer bestehenden Auftragszuordnung gemessen werden?

Der vorgestellte Ablauf der Validierung ermöglicht die anwenderspezifische Bestimmung des Erfolgs und Nutzens. Zur Detaillierung der anwenderspezifischen Aussagen sind Daten aus langfristiger Anwendung des Verfahrens notwendig.

Neben Erfolg und Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung ergeben sich weitere Validierungsergebnisse, die folgend erläutert werden.

Ein begleitendes Validierungsergebnis aus der Anwendung besteht darin, dass die Anzahl Nennungen von Kriterien oder Zielen aus einer Befragung nicht dessen Relevanz gleich kommt. Das Beispiel zeigt, dass die Kosten als Ziel der Auftragszuordnung zwar von den Befragten am häufigsten genannt wurde, jedoch dessen Relevanz nicht die größte Ausprägung aufweist. Die Gewichtung der Kriterien im Rahmen der Szenarienentwicklung zeigt, dass die Relevanz eines Ziels oder eines Kriteriums situationsabhängig ist. Es wäre daher falsch, die Relevanz der Ziele oder der Kriterien auf die Anzahl der Nennungen zu beziehen und dies darüber hinaus statisch zu fixieren, d.h. für alle Situationen, die sich ergeben können in selber Relevanzverteilung festzusetzen.



**ABBILDUNG 94: AUSZUG AUS DER BEFRAGUNG DER ZIELGRÖßEN ABSTIEGEND NACH ANZAHL NENNUNGEN**<sup>644</sup>

Die Bestimmung unterschiedlicher Kriterien, die unter unterschiedlichen z.T. konfliktären Zielen stehen, ermöglicht eine ganzheitliche Bewertung der Standorte. Die entwickelte, multikriterielle Entscheidungsfindung ist nicht darauf ausgelegt, ein einzelnes Kriterium oder Ziel zu maximieren. Die Maximierung beispielsweise der Termintreue oder die Minimierung der Kosten werden durch das Verfahren zur Auftragszuordnung nicht verfolgt. Vielmehr ist es das Ziel, der Auftragszuordnung den Beitrag zu den definierten Zielen zu maximieren. Ziele und Kriterien, die bei der Auftragszuordnung herangezogen werden, stehen meist im Einfluss von Faktoren, die außerhalb der Auftragszuordnung liegen. Eine Zielmaximierung kann deshalb trotz idealer Zuordnung ggf. nicht eintreten, da andere Faktoren die Beiträge aus der Auftragszuordnung nivellieren können. Zielkonflikte im Bereich der Auftragszuordnung sind durch das entwickelte Verfahren nicht lösbar. Das kompensatorische Entscheidungsmodell in Verbindung mit der Gewichtung der Szenarien dient dazu, Zielkonflikte zu kompensieren. Die Gewichtung ermöglicht z.B. beim Konflikt zweier Ziele zu bestimmen, welches der Ziele wichtiger ist. Dadurch werden Konfliktparteien grundsätzlich und in ihrer Entscheidungsrelevanz Teil der Berechnung der Standortteignung.

Im Anschluss an die Bestimmung der Standorteignung, sofern mehr als ein Standort aus der KO-Kriterienprüfung hervorgeht, wird der eingehende Auftrag an den geeignetsten Standort gebucht. Durch die Prüfungen des Ablaufs der Auftragszuordnung können nachgelagerte Planungsaufwände reduziert werden. Die Auftragsbestätigung kann im Anschluss an die Auftragszuordnung an den Kunden weitergeleitet werden, da alle möglichen Alternativen geprüft

<sup>644</sup> Eigene Darstellung

wurden. Weitere Planungsaufwände wie die Verlagerung (Änderung Standort und / oder Liefertermin) gebuchter Aufträge bei Kapazitätsüberbuchung, die bei ungeplanten Zusatzmengen aufgrund Nach- oder Ersatzlieferung entstehen, treten vermindert auf. Die aktuelle Kapazitätssituation wird durch die Auftragszuordnung stets der Belegungssituation entsprechen, wodurch Überbuchungen und nachgelagerte Planungsaufwände reduziert werden können. Die Kapazitätsglättung verhindert die Buchung von Aufträgen durch den Ausgleich der überbelegten Aufträge in Kapazitätstöpfe, in denen diese regulär gefertigt werden können. Die Glättung gewährleistet, dass Kapazität erst dann für die Buchung von Aufträgen zur Verfügung steht, wenn der Auftragsbestand abgearbeitet werden kann. Dadurch ergeben sich realistische Liefertermine, die zur Steigerung der Termintreue und folglich zur Steigerung der Kundenzufriedenheit dienen.

Erfolge und Nutzen wie die Reduzierung nachgelagerter Planungsaufwände führen zu einer Veränderung des Ist-Zustands in den Verfahren anwendenden Unternehmen. Die Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung stellt einen Change Prozess dar. Die Organisation und bestehende Abläufe werden aktiv verändert. Die Wahl der Standorte wird nicht länger durch befugte Personen oder in anderen Ausgangssituationen durch ein etabliertes System durchgeführt. Die Wartung, Erweiterung und die Kontrolle der Auftragszuordnung müssen dabei neu ausgelegt werden. Klärungsprozesse müssen definiert werden, sofern diese noch nicht existent sind. Diese und weitere Punkte wie die Entwicklung der Software zur Abbildung des Ablaufs der Auftragszuordnung inkl. Berechnung der Standorteignung sowie die vollständige Anwendung des Verfahrens, verursachen Aufwand und Kosten. Diese Veränderungen und Aufwendungen müssen das Management ebenso wie die beteiligten und betroffenen Personen bereit sein, mit zu gehen. Die Pilotanwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung zeigt, dass die Veränderungen nicht als trivial einzustufen sind.

Das Verfahren zur Auftragszuordnung ermöglicht die Generierung anwenderspezifischer Inhalte. Die Anwendung des Verfahrens im Fallbeispiel brachte alle Kriterien, Messbarkeitsregeln oder Gewichtungsergebnisse der Szenarien ohne inhaltliche Vorgabe hervor. Die Beschreibung der Phasen und der darin beinhalteten Schritte ermöglicht demnach die strukturierte Entwicklung einer anwenderspezifischen Auftragszuordnung.

## 8.5 Kritische Betrachtung

Die Kriterien-Selektion in Phase 1 identifiziert Kriterien aus unterschiedlichen Gesichtspunkten (Top-Down, Info-Input, Info-Output). Die kritische Relevanzbeurteilung liegt dabei in der Hand von zu definierenden Prüfungs- und Filterbestandteilen. Die Relevanz wird demnach im vorliegenden Entwicklungsstand des Verfahrens zur Auftragszuordnung nicht über quantitative Auswirkungen einer Zielgröße beurteilt. Fehler, die bei der Kriterien-Selektion auftreten, haben Auswirkung auf die Auftragszuordnung. Die Wahl einer nicht relevanten Zielgröße, die zwar subjektiv als relevant eingeschätzt wird, jedoch einen verschwindend geringen Effekt auf das unternehmensspezifische Oberziel hat, verursacht Aufwand und Kosten durch dessen Integration in das Verfahren. Das Verhältnis zwischen z.B. aufzuwendenden Kosten für die Datenstandardisierung und die Beitragshöhe zum Oberziel durch Verwendung einer derartigen Zielgröße, werden im Entwicklungsstand nicht diskutiert. Darüber hinaus können Fehlentscheidungen bei der Auftragszuordnung getroffen werden, wenn eine vermeintlich wichtige Zielgröße eine hohe Gewichtung erhält und dadurch wirklich relevante Zielgrößen in ihrer Ausprägung kompensiert.

Fehlentscheidungen sind darüber hinaus unter dem Faktor Zeit zu beleuchten. Das Produktionsumfeld wurde mehrmals als dynamisch bezeichnet. Kapazitäten ändern sich durch Veränderung von Anlageneffizienz und Nutzungsgrad sowie durch Buchung weiterer Aufträge. Qualitätsmängel treten während der Produktion auf, Kunden ändern Bedarfsmengen und Liefertermine um nur einige Auszüge aus der Dynamik des Produktionsumfelds zu nennen. Bei der Auftragszuordnung wird eine Momentaufnahme durch die Verwendung aktueller Daten zum Zeitpunkt der Buchung durchgeführt. Auf Basis dieser Daten wird die Standorteignung bestimmt und der Auftrag platziert. Der geeignetste Standort kann bis zum Produktionsstart aufgrund geänderter Parameter ein anderer sein als der zum Zeitpunkt des Auftragseingangs

berechnete. Grundsätzlich kommt die Berechnung der Standorteignung einer Annahme von Ereignissen in der Zukunft gleich. Nachgelagerte Planungsaufwände können durch die Auftragszuordnung reduziert, aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Aufgrund ungeplanter oder nicht bewertbarer Ereignisse, die sich entgegen der berechneten Standorteignung entwickeln, kann eine Verlagerung von Aufträgen aus dem Auftragsbestand eines Standorts notwendig werden, um die gewünschten Beiträge zu den definierten Zielen zu genießen.

Die Zuständigkeit zur Durchführung der zunächst zu identifizierenden Notwendigkeit der Verlagerung gilt es zu bestimmen. Dies entspricht einer Teilaufgabe im Bereich von Wartung, Erweiterung und Kontrolle der Auftragszuordnung. Darin sind Aufgaben enthalten, die in den Unternehmen nicht vollständig vorzufinden sind, wie beispielsweise die fortlaufende Szenarientwicklung oder die Integration und Standardisierung weiterer Kriterien. Diese Aufgaben müssen definiert werden. Die Frage, wer diese definierten Aufgaben übernehmen soll, bleibt jedoch unbeantwortet. Ersichtlich ist aus den Aufgaben, dass eine zentrale Anordnung der Aufgaben zweckmäßig erscheint. Welche Qualifikation oder organisatorische Einordnung hierfür geeignet sind, wird in der Validierung nicht diskutiert.

Der Ablauf der Validierung ist an den Verfahrensablauf der Auftragszuordnung angelehnt. Allein durch die Anzahl an Phasen, Teilschritten und Einzelbestandteilen des Verfahrens zur Auftragszuordnung sowie der zu erfüllenden Anforderungen ergibt sich eine große Vielfalt der Validierungsbestandteile. Diese werden durch die Anwendungsdauer und durch die Dynamik des Umfelds sowie durch die Anzahl an Datenerhebungszeitpunkten unterschiedlicher Datenquellen in meist unzureichender Qualität im Hinblick auf Vergleichbarkeit und Belastbarkeit erweitert. Der Ablauf der Validierung bzgl. Erfolg und Nutzen bezieht sich in einem Fallbeispiel auf einzelne Faktoren des Verfahrens zur Auftragszuordnung. Generelle Aussagen zum Erfolg und Nutzen des Verfahrens zur Auftragszuordnung sind daher nur begrenzt möglich. Die Validierung ist daher anwenderspezifisch zur Bestimmung des Erfolgs und Nutzens anzuwenden.

Die aus der Anwendung generierten Inhalte wie Kriterien und Ziele des Fallbeispiels wurden in Auszügen angeführt. Da speziell der Kern des Verfahrens zur Auftragszuordnung, d.h. Phase 5: Umsetzung im ERP-System, in der die Auftragszuordnung mit Hilfe der Standorteignungsrechnung erfolgt, aus mehreren Zielgrößen besteht, wurde zur Überprüfung der Validität des Verfahrens eine Eingrenzung vorgenommen. Der Nutzen der Auftragszuordnung wurde anhand der konträren Ziele Umschlag und Kosten kardinal bestimmt. Die Validierung kommt demnach einem Auszug der anwenderspezifischen Bestimmung von Erfolg und Nutzen innerhalb des Fallbeispiels gleich. Der Grund dafür liegt zum einen in der Sensibilität der Daten des untersuchten Unternehmens und zum anderen in der Fülle an Informationen, die bei der Validierung des Verfahrens zur Auftragszuordnung generiert werden.

Die Bewertung der Anwendung eines entwickelten Verfahrens ist in den meisten Fällen mit diversen Schwierigkeiten verbunden.<sup>645</sup> In diesem Fall beziehen sich die Schwierigkeiten auf den durch die Anwendung zu generierenden Zustand und den Vergleichszustand. In Bezug auf die Validierung von heuristischen Optimierungsverfahren wird empfohlen, die Anwendung alternativer Verfahren durchzuführen, um einen Vergleichszustand zu erhalten. Auf diese Weise wird eine Gegenüberstellung ermöglicht, bei der eine Bewertung durchgeführt werden kann.<sup>646</sup> Die Bewertung des Erfolgs der Auftragszuordnung ist in diesem Sinne nicht möglich. Der Grund dafür liegt darin, dass das Verfahren zur Auftragszuordnung im Rahmen dieser Arbeit entwickelt wurde und deshalb keine alternativen Verfahren zur Verfügung stehen, um eine Gegenüberstellung durchführen zu können. Bei der Bewertung der Auftragszuordnung bezieht sich die Problematik im Wesentlichen darauf, dass der Erfolg und der Nutzen nicht generell bzw. allgemeingültig bestimmt werden können. In der praktischen Anwendung bestimmen zahlreiche dynamische Faktoren das Verhalten der Auftragszuordnung. Die vollumfängliche Beschreibung des realen Systems ist daher nicht mit vertretbarem Aufwand möglich. Zudem können generelle und allgemeingültige Anwendungsergebnisse nicht gemessen werden, da die Verfahrensbestandteile anwenderspezifisch sind. Die Reduzierung von Kosten durch den Einsatz des Verfahrens hängt dabei von der Zielsetzung des anwendenden Unternehmens ab. Wenn z.B. ein Unternehmen die Kostenreduzierung nicht als Zielgröße bzw. Kriterium definiert, kann dies nicht direkt bewertet werden. Darüber hinaus sind die Gewichtungswerte je Kriterium und die Qualität

<sup>645</sup> Vgl. (Reeves, et al., 1993 S. 14)

<sup>646</sup> Vgl. (Zitzler, et al., 1999 S. 259 ff.)

der bisherigen (meist manuellen) Auftragszuordnung anwenderspezifisch zu berücksichtigen. Die Gegenüberstellung kann deshalb nur anwenderspezifisch das Delta zwischen einer verbesserten Auftragszuordnung gegenüber einer bestehenden Auftragszuordnung bestimmen. Eine weitere Schwierigkeit liegt darin, dass die Kriterien zur Bestimmung der Standorteignung das geeignetste Werk identifizieren können, jedoch die Wertänderung der Kriterien nicht allein durch die Zuordnung der Aufträge erfolgt. So wird z.B. die Termintreue nicht zwangsläufig verbessert, wenn die Zuordnung priorisiert danach erfolgt, da die Kompensation des Verfahrens möglicherweise einen Standort als geeignet bestimmt, der eine vergleichsweise schlechte Termintreue aufweist. Die noch schwerwiegendere Problemstellung der Validierung besteht darin, dass die Auftragszuordnung zu den definierten Zielen und den darunter stehenden Kriterien lediglich einen Beitrag leisten kann, da wie am Beispiel Termintreue zu sehen ist, diese nicht allein von der Auftragszuordnung abhängen. So kann sich die Termintreue verschlechtern, obwohl die Zuordnung bezogen auf dieses Kriterium optimal verlief, jedoch andere Umweltfaktoren den Beitrag durch die Auftragszuordnung kompensieren oder sogar übersteigen. Mögliche Umweltfaktoren wie Anlagendefekte, Personalverfügbarkeit, Qualitätsdefizite des Vormaterials und weitere können sich negativ und losgelöst von der Auftragszuordnung auf die Termintreue auswirken. Die Ausprägungen der Kriterien zur Bestimmung der Standorteignung sind entweder Vergangenheitswerte oder Prognose- bzw. Kalkulationswerte, die nach der Auftragszuordnung aufgrund der beschriebenen Problemstellung z.T. nicht den erwarteten Wert einnehmen. Der Erfolg und der Nutzen der Auftragszuordnung sind daher nicht durch die Anwendung in einem praktischen und realen Umfeld allgemeingültig festzustellen, da die dynamischen Umweltfaktoren nicht isoliert werden können. Es kann folglich nicht von einer erfolgreichen Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung auf dasselbe Erfolgsmaß einer geplanten Anwendung geschlossen werden.

## 9 Zusammenfassung

Global agierende Unternehmen begegnen unentwegt neuen Herausforderungen. Der Wettbewerbsdruck steigt durch die fortlaufende Globalisierung. Die Dynamik des Produktionsumfelds verlangt von Unternehmen ein hohes Maß an Flexibilität in zahlreichen Disziplinen. Ein nicht zu vernachlässigendes Potenzial liegt in der operativen Auftragszuordnung bei redundanten Standorten eines intra-organisationalen Produktionsnetzwerks. Die Anzahl einzuplanender Aufträge an eine gegebene Anzahl an alternativen Standorten eines redundanten Produktionsnetzwerks zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung beschreibt nur annähernd die Komplexität der Auftragszuordnung. Die notwendige Transparenz zur Auftragszuordnung innerhalb eines historisch gewachsenen Produktionsnetzwerks leidet unter unvergleichbaren Daten einzelner Standorte, der mangelnden Kommunikation innerhalb des Netzwerks und unter verschiedenen Arbeitssystemen. Die Ziele von Unternehmen stehen dabei z.T. in einem konfliktären Verhältnis zu den Anforderungen der Kunden. Die Ansätze aus dem Forschungsstand in Bezug auf die Problemstellung der Auftragszuordnung richten sich überwiegend an Unternehmen aus dem Bereich der Serienfertigung, bei denen die Auftragszuordnung auf taktische und strategische Gesichtspunkte ausgelegt ist. Die Anforderungen bei operativer Auftragszuordnung von Unternehmen aus dem Bereich der Auftragsfertigung können dadurch nur bedingt erfüllt werden. Die Unternehmen des typologisch abgegrenzten Einsatzbereichs sind durch eine hohe Dynamik geprägt.

Das entwickelte Verfahren zur Auftragszuordnung stellt eine Lösung für die Problemstellung der operativen Auftragszuordnung innerhalb des Untersuchungs- und Einsatzbereichs dar. Das Ergebnis der vorliegenden Arbeit wird nachstehend in Bezug auf die Zielsetzung und Forschungsfragen beschrieben. Die Konsequenzen für die Praxis und für die Forschung, die sich durch das entwickelte Verfahren zur Auftragszuordnung ergeben, schließen die vorliegende Arbeit ab.

### 9.1 Erfüllung der Zielsetzung und Beantwortung der Forschungsfragen

Die Zielsetzung der vorliegenden Arbeit lag darin das Potenzial redundanter Standorte eines Produktionsnetzwerks mit Hilfe der gezielten Auftragszuordnung auszuschöpfen. Durch das entwickelte Verfahren zur Auftragszuordnung kann zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung der zur Herstellung eines Auftrags geeignetste Standort aus einer gegebenen Anzahl an alternativen Standorten identifiziert werden. Das erzielte Ergebnis dieser Forschungsarbeit hat ein adaptierbares Verfahren hervorgebracht, durch dessen Anwendung praktischer Nutzen entstehen kann. Das Ziel bei der Entwicklung des Verfahrens zur Auftragszuordnung fokussierte die Adaption auf einen anwenderspezifischen Problemfall. Die vorliegende Arbeit beschreibt innerhalb der Verfahrensentwicklung eine Vorgehensweise, die die Frage: „**Was** gilt es als Anwender **wie** zu tun?“ beantwortet. Die Entwicklung des Verfahrens stand dabei unter folgender Restriktion: *„Es ist nicht die Absicht der Untersuchung, den menschlichen Planer durch die Entwicklung eines ‚Expertensystems‘ zu ersetzen. Vielmehr wird das Hauptaugenmerk auf eine Entscheidungsunterstützung gelegt, die dem Planer bei seinen Aufgaben sinnvolle Hilfestellung leisten soll.“*<sup>647</sup>

Die Zielsetzung des Verfahrens zur Auftragszuordnung wird durch die gestellten Forschungsfragen des vorliegenden Forschungsprojekts deutlich. Die Beantwortung der Forschungsfragen bestätigt die Erfüllung der Zielsetzung zur Auftragszuordnung.

1. Wie könnte ein Auftragszuordnungsverfahren auf Basis der multikriteriellen Entscheidungsfindung für den Betrachtungsbereich aussehen?

**Ziel:**

Das Ziel liegt dabei in der Entwicklung eines adaptierbaren Verfahrens für Unternehmen des typologisch abgegrenzten Forschungsbereichs. „Adaptierbar“ steht dabei für ein den äußeren Umständen und Anforderungen anpassbares und änderbares Verfahren.

**Ergebnis:**

Das Ergebnis aus der Entwicklung des Verfahrens brachte ein adaptierbares Verfahren hervor. Mit Hilfe der Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung werden zunächst anwenderspezifische Kriterien selektiert, die Daten der Kriterien innerhalb des Produktionsnetzwerks standardisiert, das Entscheidungsmodell in Bezug auf die anwenderspezifischen Gegebenheiten adaptiert, mögliche Situationen identifiziert und in Form von Szenarien gewichtet sowie die anwenderspezifischen Inhalte aus den genannten Schritten in einer Softwareentwicklung umgesetzt, so dass die operative Auftragszuordnung systemunterstützt erfolgen kann. Den Kern des Verfahrens bildet das modifizierte, adaptierbare, multikriterielle Entscheidungsmodell auf Basis des Analytic Hierarchy Process.

Funktionalität, Erfolg und Nutzen des Verfahrens konnten durch die praktische Anwendung unter realen Bedingungen bestätigt werden.

2. Welche auftrags- und standortspezifischen Zuordnungskriterien sind sinnvoll?

**Ziel:**

Das Ziel liegt in der Entwicklung eines Verfahrens zur Selektion von Kriterien, um die anwenderspezifische Definition der Standorteignung zu quantifizieren, d.h. unterschiedliche Ziele und Anforderungen des Anwenders erfordern unterschiedliche Kriterien.

**Ergebnis:**

Die Schritte aus Phase 1: Kriterien-Selektion beantworten die zweite Forschungsfrage des Forschungsprojekts. Das Ergebnis beschreibt eine Verfahrensweise zur anwenderspezifischen Kriterien-Selektion, indem zunächst Kriterien aus den unterschiedlichen Betrachtungsweisen, Top-Down, Info-Input und Info-Output identifiziert werden. Die identifizierten Kriterien werden zur Charakterisierung aufgelistet und deren Ausprägungen bestimmt, wodurch sich diese differenzieren lassen. Zur abschließenden Kriterien-Selektion werden die Kriterien Entscheidungsstufen zugeordnet und einer Prüfung unterzogen bzw. gefiltert. Das Ergebnis stellt die Auflistung der anwenderspezifischen, entscheidungsrelevanten Kriterien dar.

Die Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung in einem Fallbeispiel bestätigt das Ergebnis, indem alle entscheidungsrelevanten Kriterien aus der Anwendung der Phase 1 im Fallbeispiel hervorgegangen sind.

### 3. Wie soll der Erfolg der neuen Auftragszuordnung gegenüber der bestehenden Auftragszuordnung gemessen werden?

#### Ziel:

Ziel ist es, durch die Anwendung des Verfahrens in der Praxis dessen Erfolg und Nutzen zu bestimmen sowie Impulse für weitere Forschung zu identifizieren.

#### Ergebnis:

Der Erfolg und der Nutzen der Auftragszuordnung können gemessen werden, indem die Anwendungsergebnisse des Verfahrens der Ausgangssituation des Anwenders gegenübergestellt werden. Dabei werden die Ausprägungen der Anforderungen aus der Anwendung mit der Ausgangssituation und dem Soll-Zustand verglichen. Ergänzt wird die Erfolgsbewertung durch die Nutzenbewertung. Bei der Anwendung in einem Fallbeispiel konnte in einem Geschäftsjahr ein

Potenzial zur Ressourceneinsparung Herstellkosten von rund 1,3 Millionen € und ein

Potenzial zur Ressourceneinsparung Einsatzfaktor von rund 1.700 t

berechnet werden. Darüber hinaus zeigt die Anwendung im Fallbeispiel durch die Datenstandardisierung und die gewonnene Transparenz im Produktionsnetzwerk Ansätze für Benchmarking zwischen den Standorten. Das Ergebnis liegt zusätzlich in der Steigerung der Flexibilität, die aufgrund der Dynamik des Produktionsumfelds ein wichtiger Wettbewerbsfaktor darstellt, wie in der Problemstellung beschrieben wurde.

Die kritische Reflektion der Verfahrensentwicklung und der Validierung des Verfahrens liefert abschließend Impulse für weitere Forschung. Dieses Vorgehen und der abgeleitete Aufbau der Arbeit entsprechen dem Vorgehen der angewandten Wissenschaften nach (Ulrich, 2001).

## 9.2 Konsequenzen für die Praxis

Der Forschungsbeitrag für die Praxis besteht darin, aufzuzeigen, wie die operative Auftragszuordnung für den Einsatzbereich erfolgen kann. Dabei konnte gezeigt werden, wie entscheidungsrelevante Kriterien identifiziert, die Daten dazu standardisiert und je nach Situation gewichtet werden können. Die Entscheidung der Standortwahl erfolgt dabei auf Basis einer Weiterentwicklung des Entscheidungsmodells Analytic Hierarchy Process, wie es so in der Literatur noch nicht zu finden ist. Diese theoretische Entwicklung zur operativen Auftragszuordnung wurde mit Hilfe einer Softwareentwicklung prototypisch realisiert. Die für unterschiedliche Anwender des Untersuchungs- und Einsatzbereichs adaptierbaren Anwendungsergebnisse sind wie die Validierung zeigt vielversprechend.

Die Anwendungsvoraussetzung betrifft neben der Einordnung in den Einsatzbereich die vorhandenen und angewandten Systeme innerhalb des Unternehmens. Für die Umsetzung der Auftragszuordnung ist ein ERP-System die Grundvoraussetzung und die Basis für die Erweiterung mit Hilfe eines APS-Systems. Die notwendigen Schnittstellenanbindungen und Programmierungsaufwände sind ebenfalls bereitzustellen.

Die Umsetzung des Verfahrens generiert Erfolge und Nutzen wie z.B. Zeitersparnis in der operativen Auftragszuordnung. Eine stufenweise Einführung, beginnend mit KO-Kriterien und akzeptierten Zuordnungskriterien, für die Daten verfügbar (vergleichbar und belastbar) sind, kann Aufwand und Kosten kurzfristig reduzieren und gleichzeitig die Akzeptanz innerhalb des Unternehmens steigern.

Zusammenfassend liegt der praktische Forschungsbeitrag in folgenden Punkten:

#### Oberziel

- Entwicklung eines adaptierbaren Verfahrens zur Auftragszuordnung des abgegrenzten Forschungsbereichs (intra-organisational, redundante Standorte, Einzelauftragsfertigung, operative Auftragszuordnung)
- Kern des Verfahrens ist die Bereitstellung eines Entscheidungsverfahrens aus adaptierbaren Bausteinen

#### Teilziele

- Zielspezifische Auftragszuordnung und multidisziplinäre Bewertung
- Verfahren zur Selektion von Kriterien
- Vergleichbarkeit innerhalb des Produktionsnetzwerks
- Szenarienentwicklung und -einsatz
- Mehrfachentscheidung bei operativer Auftragszuordnung

### 9.3 Konsequenzen für die Forschung

Aus der Validierung des Verfahrens zur Auftragszuordnung gehen unterschiedliche Forschungsimpulse hervor. Diese Forschungsimpulse resultieren aus praktischen Problemstellungen, die durch die Anwendung im Fallbeispiel entstanden sind. Aufgrund des praktischen Ursprungs der Problemstellungen sind diese als Forschungsimpulse für die angewandten Wissenschaften zu verstehen. Die identifizierten Defizite aus der Validierung stellen demnach Ansatzpunkte für Weiterentwicklungen dar.

- Aktualität der berücksichtigten Zielkonflikte
- Datenstandardisierung
  - Hoher Aufwand (dynamischer Kriterien)
  - Qualität verfügbarer Daten
- Ausbau der Computerunterstützung für weitere Phasen neben der Entscheidungsfindung
- Szenarienwahl
  - Manuell
  - Nachvollziehbarkeit
- Hoher Aufwand

Die Aktualität der Zielkonflikte in Form von vordefinierten, gewichteten Szenarien kann nicht gewährleistet werden. Es können Situationen auftreten, für die noch keine Gewichtung erfolgt ist wie beispielsweise Situationen, die sich auf unerwartete Notfälle beziehen, bei denen die Vormaterialversorgung an einen Standort ausfällt oder eine Krankheitswelle drastische Personalausfälle verursacht. Bis die Gewichtungsergebnisse vorliegen, kann die Situation bereits erneut verändert sein. Werden Szenarien verwendet, die nicht der aktuellen Situation entsprechen, ist die Auftragszuordnung ggf. nicht zielkonform. Daher bedarf es an dieser Stelle weiterer Forschung hinsichtlich möglicher Situationen und Vorbereitungsmaßnahmen als Grundlage für gezielte und schnelle Entscheidungen, damit die aktuellen Situationen und Zielkonflikte entsprechend berücksichtigt werden können.

Zur Berücksichtigung von Zielkonflikten ist die Datenqualität elementar. Die Datenqualität liegt jedoch meist nicht in ausreichender Form vor. Der damit verbundene Aufwand ist sehr hoch. Zwar zeigt das Verfahren zur Auftragszuordnung, wie die Daten zu standardisieren sind, jedoch sollte die Durchführung im Hinblick auf Reduzierung von Aufwand und Kosten weiterentwickelt werden.

Die Unterstützung bei der Datenstandardisierung sowie bei weiteren Phasen des Verfahrens zur Auftragszuordnung sollte durch entsprechende IT-Lösungen ermöglicht werden. Daraus geht hervor, dass eine Software zu entwickeln ist, die den gesamten Ablauf der Auftragszuordnung beinhaltet. Dazu sollte neben dem Stand der Forschung zur Integration der Abläufe in IT-Lösungen der Stand der Technik auf verwendbare Programmbausteine untersucht werden.

Ebenfalls computerunterstützt sollte die Wahl der Szenarien erfolgen. Im Entwicklungsstand wird die Szenarienwahl anhand definierter Regeln manuell durchgeführt. Durch weitere Forschung sollten diese Regeln auf Vollständigkeit überprüft und via Software abgebildet werden. Dadurch sollte das Ziel verfolgt werden, dass ein Programm die Szenarienwahl bei jeder Auftragsbuchung überprüft und entsprechend der Situation das Szenario bei der Berechnung der Standorteignung heranzieht. Sofern dies nachvollziehbar durch beispielsweise transparente Visualisierung erfolgt, könnte die Akzeptanz bei allen Beteiligten gesteigert werden.

Der Aufwand für die Szenarienwahl würde dadurch in der operativen Anwendung deutlich reduziert. Dennoch weist die Anwendung des Verfahrens einen hohen Aufwand und hohe Kosten auf. Sobald die Auftragszuordnung entwickelt und operativ anwendbar ist (operative Anwendung der Ergebnisse aus Phase 5), sind die laufenden Kosten und Aufwände gering sowie als Erfolg und Nutzen des Verfahrens zu nennen. Das Ziel weiterer Forschung sollte darin liegen die Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung (Anwendung der Phasen 1 bis 5) in Aufwand und Kosten weiter zu reduzieren.

Ein Ansatz liefert die Selektion der Kriterien. Darin werden zahlreiche Kriterien identifiziert und analysiert. Wäre es möglich, bereits bei der Identifikation lediglich die relevanten Kriterien zu analysieren, könnte der Aufwand deutlich reduziert werden.

Die Denkweise in Kriterien und Szenarien sowie weitere Änderungen werden für die Mitarbeiter Neuerungen darstellen, auf welche die Organisation und die Mitarbeiter hinzuzuführen sind. Wie der Change Prozess durch die Organisationsänderung bei Einführung der Auftragszuordnung erfolgen kann, stellt weiteren Forschungsbedarf dar.

Neben den genannten Forschungsimpulsen können sich in Bezug auf das Verfahren zur Auftragszuordnung zusätzliche Forschungsbedarfe ergeben. Zur Identifikation weiterer Impulse sind Anwendungserkenntnisse notwendig. Dazu können Langzeiterfahrungen von unterschiedlichen Anwendern beitragen.

Zusätzlich sollte untersucht werden (inkl. praktische Anwendung), ob und in wie weit die Anwendung des Verfahrens zur Auftragszuordnung außerhalb des typologisch abgegrenzten Einsatzbereichs möglich ist.

Der Entwicklungsstand soll durch weitere Forschung nicht nur optimiert, sondern auch erweitert werden. Die Lösung zur Auftragszuordnung, die durch das vorliegende Forschungsprojekt erreicht wurde (siehe nachstehende Abbildung links), ist die Basis für weitere Lösungen.

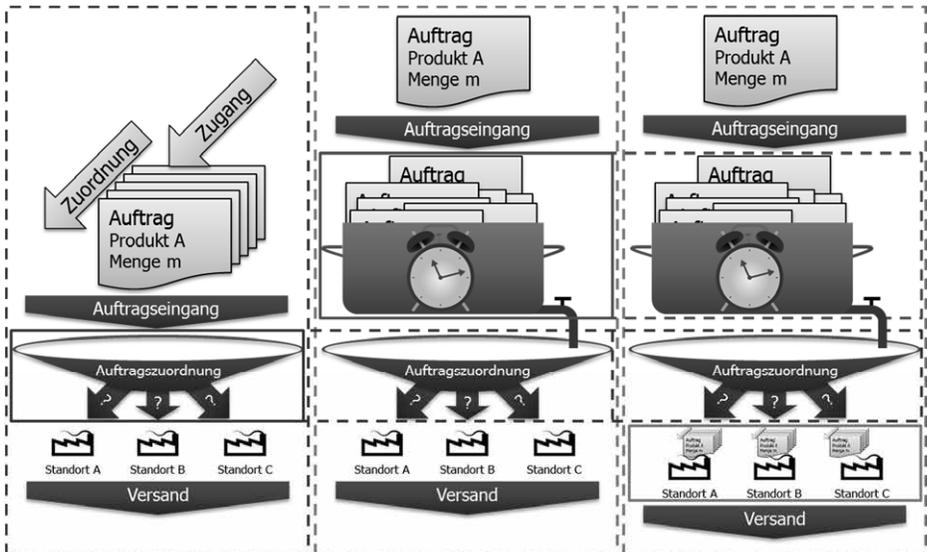


ABBILDUNG 95: FORSCHUNGS-AUSBLICK DER AUFTRAGSZUORDNUNG<sup>648</sup>

Der vorliegende Entwicklungsstand (siehe obenstehende Abbildung links) beinhaltet:

- Auftragszuordnung zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung (für jeden einzelnen Auftrag)
- Multi-Attributive Entscheidungsfindung, bei der die geeignetste Alternative aus einer gegebenen Anzahl an Alternativen zu identifizieren ist

<sup>648</sup> Eigene Darstellung

---

Die angestrebte Folgeentwicklung im Anschluss an dieses Forschungsprojekt sieht folgende Erweiterung vor (siehe obenstehende Abbildung Mitte):

- Auftragsbestand zum letztmöglichen Zeitpunkt an die Standorte zuordnen
- Optimierung des Auftragsbestands anhand des definierten Zielsystems bzgl. der Zuordnung an den jeweils geeignetsten Standort

Der maximale Ausbauzustand für die Auftragszuordnung (siehe obenstehende Abbildung rechts), der nach Definition der Fachliteratur bei der Einzelauftragsfertigung nicht möglich ist, beinhaltet:

- Auftragsbestand zum letztmöglichen Zeitpunkt an die Standorte zuordnen
- Ablaufplan zur Produktion an den Standorten → Produktionsprogrammplanung
- Optimierung des Auftragsbestands anhand des definierten Zielsystems und der Bearbeitungsreihenfolge

## 10 Quellenverzeichnis

*Globalisierung Fakten.* [Online] [Zitat vom: 15. Juli 2015.] <http://www.globalisierung-fakten.de/globalisierung-informationen/risiken-der-globalisierung/>.

**Abele, E. 2006.** *Handbuch globale Produktion.* München : Hanser Verlag, 2006.

**Adam, D. 1998.** *Produktionsmanagement.* Wiesbaden : Gabler Verlag, 1998.

**Adam, D. 1997.** *Planung und Entscheidung.* 4. Wiesbaden : Gabler Verlag, 1997.

— **2013.** *Planung und Entscheidung.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.

**Aguarón, J. und Moreno-Jiménez, J. 2003.** The Geometric Consistency Index: Approximated Thresholds. *European Journal of Operational Research.* 125, 2003, S. 113-145.

**Albers, O. und Broux, A. 1999.** *Zukunftswerkstatt und Szeanriotechnik.* Weinheim : Belz, 1999.

**Albrecht, F. und Hueske, B. 2010.** Systemdenken in der globalen Produktionsnetzwerkplanung. *wt Werkstattstechnik online.* 2010, Bd. 100, S. 264-270.

**Al-Magsoosi, M.Z. 2014.** Smoothing short duration capacity problems in enterprise resource planning (ERP) systems: An algorithmic approach. *Advanced Materials Research.* 2014, v933, S. 860-868.

**Alonso, J. und Jamata, T. 2006.** Consistency in the Analytic Hierarchy Process: A new Approach. *International Journal of Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-Based Systems.* 14, 2006, S. 445-459.

**Ambos, B. 2013.** *Internationales Forschungs- und Entwicklungsmanagement.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.

**Andelfinger, U. 1997.** *Diskursive Anforderungsanalyse : ein Beitrag zum Reduktionsproblem bei Systementwicklungen in der Informatik.* s.l. : Lang, 1997.

**Anzenbacher, A. 2002.** *Einführung in die Philosophie.* Freiburg im Breisgau : Herder Verlag, 2002.

**Baier, D. und Brusch, M. 2009.** *Conjointanalyse.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2009.

**Baier, P. 2013.** *Praxishandbuch Controlling.* s.l. : MI Wirtschaftsbuch, 2013.

**Balve, P. und Wiendahl, H.-H. 1998.** Organisation und PPS ohne Widersprüche – Treffsichere Auswahl von Planungsmethoden. *PPS-Management.* 1998, Bd. 3, S. 10-13.

**Balzert, H. 1982.** *Die Entwicklung von Software-Systemen – Prinzipien, Methoden, Sprachen, Werkzeuge.* Mannheim : Wissenschaftsverlag, 1982.

— **2010.** *Lehrbuch der Softwaretechnik.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2010.

— **2000.** *Lehrbuch der Softwaretechnik.* Heidelberg : Spektrum Akademischer Verlag, 2000.

**Bamberg, G., Coenenberg, A. G. und Krapp, M. 2008.** *Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre.* München : Vahlen Verlag, 2008.

**Bankhofer, U. 2001.** *Industrielles Standortmanagement : Aufgabenbereiche, Entwicklungstendenzen und problemorientierte Lösungsansätze.* Universität Augsburg : Dissertation, 2001.

- Baum, H. 2013.** *Workflow - Geschäftsprozessmodellierung*. Chemnitz : s.n., 2013.
- Baumgarth, Carsten. 2003.** *Wirkungen des Co-Brandings : Erkenntnisse durch Mastertechnikpluralismus*. Universität Siegen : Dissertation, 2003.
- Becker, H.P. 2010.** *Investition und Finanzierung*. 4. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2010.
- Becker, W. 1990.** Funktionsprinzipien des Controlling. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*. 1990, 60, S. 295-318.
- Behrenbeck, K.R. 2013.** *DV-Einsatz in der Instandhaltung*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Berekoven, L., Eckert, W. und Ellenrieder, P. 1999.** *Marktforschung: methodische Grundlagen und praktische Anwendung*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 1999.
- Berthold, N., et al. 2011.** Szenariotechnik im IT-Outsourcing. *WiSt - Wirtschaftswissenschaftliches Studium*. 2011, 5, S. 272-280.
- Biesenbach, A. 2007.** *Multi-Site-Scheduling in der chemischen Industrie Anlagenbelegungsplanung bei international verteilten Produktionsstandorten*. Universität Duisburg Essen : Dissertation, 2007.
- Biesenbach, A. und Betge, D. 2007.** Multi-Site-Scheduling in der Kunststoffindustrie. *PPS Management*. 2007, 1, S. 50-54.
- Bittner, K. und Spence, I. 2003.** *Use Case Modeling*. s.l. : Addison-Wesley Professional, 2003.
- Böge, A. 2008.** *Vieweg Handbuch Maschinenbau: Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2008.
- Böhm, U. 2013.** *Modellierungskompetenzen langfristig und kumulativ fördern*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Böhmer, D. 1994.** *Einrichtung von Auftragsleitstellen auf der Grundlage eines Referenzmodells*. RWTH Aachen : Dissertation, 1994.
- Bourier, G. 2013.** *Beschreibende Statistik*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Bradtke, T. 2003.** *Grundlagen in Operations Research für Ökonomen*. München : Oldenbourg Verlag, 2003.
- Brauchlin, Prof. Dr. E. 1995.** *Problemlösungs- und Entscheidungsmethodik*. Bern, Stuttgart, Wien : Haupt Verlag, 1995.
- Brettschneider, V. 1999.** Szenario. [Buchverf.] F.-J. Kaiser und H. Kaminski. *Methodik des Ökonomieunterrichts*. Bad Heilbrunn : Klinkhard, 1999, S. 207-230.
- Brinkmeyer, D. und Müller, R. 1994.** Entscheidungsunterstützung mit dem AHP. *Zeitschrift für Agrarinformatik*. 2, 1994, 5, S. 82-92.
- Brosze, T. 2010.** Produktionsmanagement im Unternehmen der Zukunft - Effiziente Auftragsabwicklung in Produktions- und Logistiknetzwerken. *UDZ Unternehmen der Zukunft - FIR-Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung*. 2010, Bd. 11, 1, S. 6-9.

- Brühl, R. 2012.** *Controlling: Grundlagen des Erfolgscontrollings*. München : Oldenbourg Verlag, 2012.
- Bullinger, H.-J., Ohlhausen, P. und Hoffmann, M. 1997.** *Kooperation von mittelständischen Unternehmen*. Stuttgart : Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, 1997.
- Bundesministerium des Innern, Bundesverwaltungsamt. 2015.** *Handbuch für Organisationsuntersuchungen und Personalbedarfsermittlung*. 2015.
- Bürkeler, A. 1997.** *Kennzahlensystem als Führungsinstrument*. Zürich : Juris Verlag, 1997.
- Busch, A. und Dangelmaier, W. 2013.** *Integriertes Supply Chain Management*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Chambers, J.M. 2014.** Object-Oriented Programming, Functional Programming and R. *Statistical Science*. 2014, no. 2, S. 167-180.
- Clemen, R.T. 2008.** Comment on Cooke's classical method. *Reliability Engineering and System Safety*. 2008, S. 760-765.
- Corsten, H. 2004.** *Produktionswirtschaft : Einführung in das industrielle Produktionsmanagement*. 10. Auflage. München : Oldenbourg Verlag, 2004.
- Courant, J. 2013.** *Erweiterung von ERP-Systemen mit durch Webservices angebotenen Optimierungsverfahren*. Berlin : epubli, 2013.
- Crawford, G. und Williams, C. 1985.** A note on the analysis of subjective judgment matrices. *Journal of Mathematical Psychology*. 29, 1985, 4, S. 387-405.
- Cuhls, K. 2003.** From forecasting to foresight processes - new participative foresight activities in Germany. *Journal of Forecasting*. 2003, 22, S. 93-111.
- Czichos, R. 1982.** *Konflikte, Konfliktdefinitionen und Konflikt-handhabungsformen bei Führungskräften in einem industriellen Großbetrieb*. Universität München : Dissertation, 1982.
- Deigendesch, T. 2009.** *Kreativität in der Produktentwicklung und Muster als methodisches Hilfsmittel*. Universität Karlsruhe : Dissertation, 2009.
- DGQ, Deutsche Gesellschaft für Qualität. 2014.** *KVP - Der Kontinuierliche Verbesserungsprozess*. München : Hanser Verlag, 2014.
- Dietrich, A.M. 2009.** *Gestaltung intra-organisationaler Produktionsnetzwerke mit standortübergreifender Kooperation zwischen Entwicklung und Produktion*. Technische Universität Chemnitz : Dissertation, 2009.
- Dietrich, A.M., et al. 2009.** Kompetenzverteilung in globalen Produktionsnetzen. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb : ZWF*. 2009, Bd. 104, 6, S. 468-472.
- Dietrich, E. 2007.** *Kennzahlensystem für die Qualitätsbeurteilung in der industriellen Produktion*. München : Hanser Verlag, 2007.
- DIN 69901. 2009.** *DIN 69901*. 2009.
- Dobhan, A. 2012.** *Internal Supply Chain Management - Entwicklung und experimentelle Analyse hybrider Losgrößenplanungsverfahren*. Universität Bamberg : Dissertation, 2012.

- Doch, S.A. 2009.** *Logistische Leistungsdifferenzierung im Supply Chain Management.* Technische Universität Berlin : Dissertation, 2009.
- Dombrowski, U. 1988.** *Qualitätssicherung im Terminwesen der Werkstattfertigung.* Universität Hannover : Dissertation, 1988.
- Dombrowski, U., Schmidt, S. und Quack, S. 2004.** Kapazitätsgrobplanung im Produktionsnetzwerk - Ein Konzept zur Planung und Abstimmung der Kapazitäten bei verteilten Fertigungsstandorten eines mittelständischen Unternehmens. *PPS Management.* 2004, Bd. 9, 2, S. 17-20.
- Donegan, H.A., Dodd, F.J. und McMaster, T.B.M. 1992.** An new approach to AHP decision-making. *Journal of the Royal Statistical Society.* 41, 1992, 3, S. 295-302.
- Dong, Y., et al. 2008.** A comparative study of the numerical scales and the prioritization methods in AHP. *European Journal of Operational Research.* 186, 2008, 1, S. 229-242.
- Dowie, U. und Herzwurm, G. 2007.** Systematische Auswahl einer Methode zur Aufwandschätzung in der Softwareentwicklung. *Wirtschaftsinformatik Proceedings.* 2007, Paper 73, S. 289-306.
- Dudenhausen, H. M. 1999.** *Auftragskoordination in Produktionsnetzen der Halbleiterindustrie.* Universität Stuttgart : Dissertation, 1999. S. 139.
- Ebhart, D. 2009.** Ein Projektmanagement Cockpit. *Softwaretechnik-Trends.* 29, 2009, 1.
- Ehmke, E., et al. 2009.** *Internationale Arbeitsstandards in einer globalisierten Welt.* Wiesbaden : VS Verlag für Sozialwissenschaften / GWV Fachverlage GmbH, 2009.
- Ehrlenspiel, K. 1995.** *Integrierte Produktentwicklung: Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion.* München : Hanser Verlag, 1995.
- Eiselt, H.A. und Sandblom, C.-L. 2004.** *Decision analysis, location models and scheduling problems.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2004.
- Ellinger, T., Beuermann, G. und Leisten, R. 2003.** *Operations Research.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2003.
- Elvikis, D., Hamacher, H. und Kalsch, M. 2009.** Simultaneous scheduling and location (ScheLoc): the planar ScheLoc makespan problem. *Journal of Scheduling.* 2009, Bd. 12, S. 361-374.
- Ertel, S. 2014.** *SCM und seine Systeme: Advanced Planning.* s.l. : Igel Verlag, 2014.
- Eversheim, W., Dohms, R. und Schellberg, O. 2000.** Produktion in globalen Netzwerken. *wt Werkstattstechnik online.* 2000, Bd. 90, 5, S. 183-187.
- Eversheim, W., Schellberg, O., Terhaag, O. 2000.** Gestaltung und Betrieb von Produktionsnetzwerken. [Buchverf.] B., Blecker, T. Kaluza. *Produktions- und Logistikmanagement in virtuellen Unternehmen und Unternehmensnetzwerken.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2000, S. 35-59.

- Fink, A., Schlake, O. und Siebe, A. 1998.** Szenario-Management - Grundlage einer zukunftsorientierten Unternehmensgestaltung. [Buchverf.] J. Gausemeier, A. Fink und O. Schlake. *Grenzen überwinden - Zukünfte gestalten (Overcome boundaries - create futures)*. 2. Paderborner Konferenz für Szenario-Management : 24. November 1998, Heinz Nixdorf Museums-Forum, Paderborn, 1998, S. 31-50.
- Fischer, M. 1995.** *Typologie von Unternehmensverbindungen und Theorie der strategischen Führung*. Ludwig-Maximilians-Universität München : Dissertation, 1995.
- Fleßa, S. 2010.** *Planen und Entscheiden in Beruf und Alltag*. München : Oldenbourg Wissenschaftsverlag, 2010.
- Forman, E.H. und Gass, S.I. 2001.** The analytic hierarchy process - an exposition. *Operations research*. 49, 2001, 4, S. 469-486.
- Franke, N. 2002.** *Realtheorie des Marketing*. Tübingen : Mohr Siebeck, 2002.
- Fraunhofer, Gesellschaft. 2014.** benchmarking.fraunhofer.de. [Online] 2014. [Zitat vom: 01. 07 2014.] <http://www.benchmarking.fraunhofer.de/service-und-leistungen/prozess-benchmarking/>.
- Fredriksson, A., Wänström, C. und Medbo, L. 2014.** Assuring materials availability during the production transfer process: Critical characteristics of the materials planning environment. *Journal of Manufacturing Technology Management*. v25, 2014, n3, S. 310-333.
- Friemuth, U. und Wrede, P. 1997.** *Produktionsplanung bei verteilten Standorten: Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben: Optimierung der Produktionsplanung bei verteilten Standorten in der Bekleidungsindustrie*. Köln : Forschungsgemeinschaft Bekleidungsindustrie, 1997.
- Fülöp, J. 2006.** *Introduction to Decision Making Methods*. Verfügbar unter: <http://citeseerx.ist.edu> [15.07.2013] : Laboratory of Operations Research an Decision Systems, Hungarian Academic of Sciences, 2006.
- Gastes, D. 2011.** *Erhebungsprozesse und Konsistenzanforderungen im Analytic Hierarchy Process (AHP)*. Frankfurt : Internationaler Verlag der Wissenschaft, 2011.
- Gasumann, O. 2009.** *Kundenindividuelle Wertschöpfungsnetze*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2009.
- Gausemeier, J., Fink, A. und Schlake, O. 1996.** *Szenario-Management - Planen und Führen mit Szenarien*. München : Hanser Verlag, 1996.
- Geier, S. 2014.** *Demand Fulfillment bei Assemble-to-Order-Fertigung : Analyse, Optimierung und Anwendung in der Computerindustrie*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2014.
- Geitner, U.W. 1995.** *Betriebsinformatik für Produktionsbetriebe*. München : REFA Fachbuchreihe Betriebsorganisation, Hanser Verlag, 1995.
- Geschka, H. 1999.** Die Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. [Buchverf.] D. Hahn und B. Taylor. *Strategische Unternehmensplanung - strategische Unternehmensführung*. Heidelberg : Physika Verlag, 1999, S. 518-545.

- Geschka, H. und Hammer, R. 1997.** Die Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung. [Buchverf.] D. Hahn und B. Taylor. *Strategische Unternehmensplanung*. Heidelberg : Physika Verlag, 1997, S. 464-489.
- Geschka, H. und Schwarz-Geschka, M. 2012.** *Einführung in die Szenariotechnik*. Darmstadt : Geschka & Partner Unternehmensberatung, 2012.
- Giardini, A. und Kabst, R. 2008.** Recruitment Process Outsourcing: Eine Szenariostudie zur Akzeptanz von Outsourcing-Maßnahmen in der Personalauswahl. *Zeitschrift für Personalforschung / German Journal of Research in Human Resource Management*. 2008, 22, S. 370-387.
- Gienke, H. und Kämpf, R. 2007.** *Handbuch Produktion : Innovatives Produktionsmanagement: Organisation, Konzepte, Controlling*. München : Hanser Verlag, 2007.
- Gladen, W. 2001.** *Kennzahlen und Berichtssysteme*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 2001.
- Glockner, H. 2012.** Das Ungewisse planen - Szenario-Technik vereinfacht Entscheidungsprozesse. *Research Results*. 2012, 5, S. 32-34.
- Godet, M. 2000.** The Art of Scenarios and Strategic Planning: Tools and Pitfalls. *Technological Forecasting and Social Change*. 65, 2000, 1, S. 3-22.
- Goebel, E. 2010.** *Vergleichskennzahlen und Benchmark zur Wirtschaftlichkeit im Friedhofswesen*. Helsa : Institut für Kommunale Haushaltswirtschaft, 2010.
- Göpel-Gruner, D. 2014.** *BWL für Informatiker und Ingenieure*. Düsseldorf : Symposion Publishing GmbH, 2014.
- Götze, U. 1993.** *Szenario-Technik in der strategischen Unternehmensplanung*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 1993.
- Grant, J. L. 2003.** *Foundations of economic value added*. Hoboken, New Jersey : John Wiley & Sons, 2003.
- Grauer, M., Scharf, P. und Schüll, A. 1996.** *Auswertung einer Umfrage in Südwestfalen zur Ausstattung mittelständischer Fertigungsunternehmen mit Informations- und Kommunikationssystemen*. Universität Siegen : Arbeitsbericht 19 des Lehrstuhls für Wirtschaftsinformatik, 1996.
- Grienitz, V., Hausicke, M. und Schmidt, A.-M. 2014.** Scenario development without probabilities - focusing on the most important scenario. *European Journal of Futures Research*. 2014, 2, S. 15-27.
- Gronau, N. 2010.** *Enterprise resource planning : Architektur, Funktionen und Management von ERP-Systemen*. München : Oldenbourg Verlag, 2010.
- Gruat-La-Forme, F. A., Botta-Genoulaz, V. und Campagne, J.-P. 2009.** The role of APS systems in Supply Chain Management: a theoretical and industrial analysis. *International Journal of Logistics Systems and Management*. 2009, 5, S. 356-374.
- Grundemann, L. und Scholl, S. 2010.** Mehrproduktfertigung in Mikro-Konti-Anlagen: Erhöhte Wirtschaftlichkeit durch optimierte Kampagnenplanung. *Chemie Ingenieur Technik*. 82, 2010, 9, S. 1404-1405.

- Grünert, T. 2007.** *Mergers & Acquisitions in Unternehmungskrisen*. Universität Gießen : Dissertation, 2007.
- Grünig, R. und Kühn, R. 2009.** *Entscheidungsverfahren für komplexe Probleme ein heuristischer Ansatz*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2009.
- Gudehus, T. 2010.** *Logistik Grundlagen, Strategien, Anwendungen*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2010.
- Guh, Y.Y., Lou, K.-R. und Po, R.-W. 2009.** An additive scale model for the analytic hierarchy process. *International Journal of Information and Management Science*. 20, 2009, Bd. 1, S. 71-88.
- Günther, H.-O. und Tempelmeier, H. 2005.** *Produktion und Logistik*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2005.
- Günther, H.-O., Mattfeld, D.C. und Suhl, L. 2005.** *Supply Chain Management und Logistik: Optimierung, Simulation, Decision Support*. Heidelberg : Physika Verlag, 2005.
- Gupta, A., Lodding, H. und Tseng, M.M. 2006.** An approach of capability representation for improving capacity planning. *International Journal of Production Research*. 44, 2006, 17, S. 3419-3431.
- Hab, G. und Wagner, R. 2012.** *Projektmanagement in der Automobilindustrie*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2012.
- Hachtel, G. und Holzbaur, U. 2010.** *Management für Ingenieure: Technisches Management für Ingenieure in Produktion und Logistik*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2010.
- Häder, M. 2002.** *Delphi-Befragungen*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2002.
- Hämäläinen, R. und Salo, A. 1997.** On the measurement of preference in the Analytic Hierarchy Process. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*. 6, 1997, S. 309-319.
- Hansmann, K.-W. 2006.** *Industrielles Management*. München : Oldenbourg Verlag, 2006.
- Hartweg, E. 2003.** *Instrumentarium zur Gestaltung innerbetrieblicher Produktionsnetzwerke*. RWTH Aachen : Dissertation, 2003.
- Hecht, S. 2014.** *Reifegradmodell für die Bewertung und Verbesserung von Fähigkeiten im ERP-Anwendungsmanagement*. Wiesbaden : Springer Fachmedien, 2014.
- Heinecke, A. und Schwager, M. 1995.** *Die Szenario-Technik als Instrument der strategischen Planung*. Technische Universität Braunschweig : Berichte des Instituts für Wirtschaftswissenschaften , 1995.
- Heinen, E. 2013.** *Das Zielsystem der Unternehmung*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Heptner, K., Lindemann, F. und Lischka, J. 2004.** *Operative Logistikkennzahlen von Wareneingang bis Versand*. s.l. : VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik, 2004.
- Hesse, W., Merbeth, G. und Fröhlich, R. 1992.** *Software-Entwicklung - Vorgehensmodelle, Projektführung, Produktverwaltung*. München : Oldenbourg Verlag, 1992.
- Hesseler, M. und Görtz, M. 2007.** *Basiswissen ERP-Systeme*. s.l. : W3I Verlag, 2007.

- Hill, W. et al. 1992.** *Organisationslehre 2 : theoretische Ansätze und praktische Methoden der Organisation sozialer Systeme*. Bern, Stuttgart, Wien : Haupt Verlag, 1992.
- Höchst, B. 1997.** *Entwicklung eines Simultanplanungsverfahrens zur Apparatebelegung bei der Farben- und Lackproduktion*. RWTH Aachen : Dissertation, 1997.
- Holten, R., Bergfurth, J. und Becker, J. 2003.** Fachkonzeptionelle Modellierung für das integrierte Produktionscontrolling. *Wirtschaftsinformatik*. 75, 2003, S. 435-454.
- Horev, M. 2010.** *Root Cause Analysis in Process-Based Industries*. s.l. : Authorhouse, 2010.
- Houssem, J. 2011.** *Business Process Offshoring : Ein Vorgehensmodell zum Management des globalen Outsourcing IT-basierter Geschäftsprozesse*. Technische Universität Dresden : Dissertation, 2011.
- Hufgard, A., et al. 2006.** *Business Integration mit SAP-Lösungen*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2006.
- Hügens, T. 2009.** *Balanced Scorecard und Ursache-Wirkungsbeziehungen*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2009.
- Ickerott, I. 2007.** *Agentenbasierte Simulation für das Supply Chain Management*. s.l. : Josef Eul Verlag, 2007.
- Ishizaka, A. und Labib, A. 2009.** Analytic Hierarchy Process and Expert Choice: Benefits and Limitations. *OR Insight*. 22, 2009, 4, S. 201-220.
- **2011.** Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*. 38, 2011, 11, S. 14336-14345.
- Ishizaka, A. und Lusti, M. 2006.** How to derive priorities in AHP: a comparative study. *Central European Journal of Operations Research*. 14, 2006, no. 4, S. 387-400.
- Ishizaka, A., Balkenborg, D. und Kaplan, T. 2009.** Influence of aggregation and measurement scale on ranking a compromise alternative in AHP. *The Journal of the Operational Research Society*. 62, 2009, 4, S. 700-710.
- Jähne, M. und Riedel, R. 2007.** Globale Produktionsnetzwerke - praktische Ansätze zur Analyse und Gestaltung. *Tagungsband: Vernetzt planen und produzieren VPP*. 2007, Bd. 13, S. 113-122.
- Janning, R. 2012.** *Kunden machen was sie wollen: Lead Management im Spannungsfeld zwischen Marketing und Vertrieb*. s.l. : BoD-Books on Demand, 2012.
- Jeske, T. 2006.** *SAP für Java-Entwickler*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2006.
- Ji, P. und Jiang, R. 2003.** Scale transitivity in the AHP. *Journal of the Operational Research Society*. 54, 2003, 8, S. 896-905.
- Jochem, R. 2010.** *Prozessmanagement: Strategien, Methoden, Umsetzung*. Düsseldorf : Symposium, 2010.
- Jost, P.-J. 2013.** *Organisation und Motivation*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Jung, H. 2003.** *Controlling*. München : Oldenbourg Verlag, 2003.
- Jung, H. 2006.** *Allgemeine Betriebswirtschaftslehre*. München : Oldenbourg Verlag, 2006.

- Junginger, M. 2005.** *Wertorientierte Steuerung von Risiken im Informationsmanagement.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2005.
- Kaluza, B. und Ostendorf, R. 1995.** Szenario-Technik als Instrument der strategischen Unternehmensplanung - Theoretische Betrachtung und empirische Überprüfung in der Autoindustrie. *Diskussionsbeiträge des Fachbereichs Wirtschaftswissenschaften der Gerhard-Mercator-Universität Gesamthochschule Duisburg.* 1995, Nr. 219.
- Kampker, A. und Kupke, D. 2010.** Production Network Design. *wt Werkstatttechnik online.* 2010, Bd. 100, 4, S. 259-263.
- Kargl, H. 2000.** *Management und Controlling von IV-Projekten.* München; Wien : Oldenbourg Verlag, 2000.
- Karlstedt, F. 2014.** *Qualitätskennzahlen im Projektmanagement.* s.l. : Igel Verlag RWS, 2014.
- Käselau, J. 2002.** *Modellbildung für die prozessorientierte, rechnerunterstützte technische Auftragsabwicklung in Unternehmen mit dezentralen Produktionsstrukturen.* Technische Universität Hamburg-Harburg : Dissertation, 2002.
- Kinkel, S. 2013.** *Erfolgsfaktor Standortplanung.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Kistner, K.-P. und Steven, M. 2001.** *Produktionsplanung.* Heidelberg : Physika Verlag, 2001.
- Klein, R. und Scholl, A. 2012.** *Planung und Entscheidung: Konzepte, Modelle und Methoden einer modernen betriebswirtschaftlichen Entscheidungsanalyse.* München : Vahlen Verlag, 2012.
- Kleindienst, E. 2004.** *Aggregation und Allokation in der hierarchischen Produktionsplanung.* Universität Mannheim : Dissertation, 2004.
- Kletti, J. 2007.** *Konzeption und Einführung von MES-Systemen.* Berlin, Heidelberg : Springer Science & Business Media, 2007.
- Knipper, H.-J., Hofmann, S. 2010.** Zeit Online. [Online] 14. Mai 2010. [Zitat vom: 22. Juli 2015.] <http://www.zeit.de/wirtschaft/unternehmen/2010-05/asien-china-wachstum>.
- Koplin, J. 2005.** *Nachhaltigkeit im Beschaffungsmanagement.* Universität Oldenburg : Dissertation, 2005.
- Kosow, H. und Gaßner, R. 2008.** Methoden der Zukunfts- und Szenarioanalyse. *IZT Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung.* 103, 2008.
- Kraut, N. 2002.** *Unternehmensanalyse in mittelständischen Industrieunternehmen.* Wiesbaden : Deutscher Universitäts-Verlag, 2002.
- Krcmar, H. 2010.** *Informationsmanagement.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2010.
- Krystek, M. 2012.** *Berechnung der Messunsicherheit.* Berlin : Beuth Verlag, 2012.
- Kurbel, K. 2011.** *Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management in Produktionsunternehmen.* München : Oldenbourg Verlag, 2011.
- . 2005. *Produktionsplanung und -steuerung im Enterprise Resource Planning und Supply Chain Management.* München : Oldenbourg Verlag, 2005.
- Kurose, J.F. und Ross, K.W. 2008.** *Computernetzwerke: Der Top-Down-Ansatz.* Hallbergmoos : Pearson, 2008.

- Lamers, G. und Lamprecht, A. 2015.** Flexible Auftragszuordnung bei intra-organisationalen Produktionsnetzwerken. *Productivity Management*. v20, 2015, n3, S. 62-64.
- Laux, H. 1998.** *Entscheidungstheorie*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 1998.
- . **2005.** *Entscheidungstheorie*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2005.
- Laux, H., Gillenkirch, R. M. und Schenk-Mathes, H. Y. 2012.** *Entscheidungstheorie*. Berlin : Springer Gabler, 2012.
- Lehner, F., et al. 2009.** Controlling im Wissensmanagement - Konzeption eines allgemeinen Ansatzes zur Erfolgsbewertung im Wissensmanagement. *Wirtschaftsinformatik*. 2009, 1, S. 515-524.
- Liebethuth, T. 2005.** *Die Informationsbasis des Supply Chain Controllings*. Universität Erlangen-Nürnberg : Dissertation, 2005.
- Liggesmeyer, P. 2009.** *Software-Qualität: Testen, Analysieren und Verifizieren von Software*. s.l. : Spektrum Akademischer Verlag, 2009.
- London Metal Exchange.** [Online] [Zitat vom: 20. Juli 2015.] <http://www.lme.com/>.
- Lootsma, F. 1993.** Scale sensitivity in the multiplicative AHP and SMART. *Journal of Multi Criteria Decision Analysis*. 2, 1993, S. 87-110.
- Loukmidis, G., Wrede, P. und Bruckner, A. 2002.** Vernetzte Produktionsplanung bei international verteilten Standorten - Multikriterielle Entscheidungsunterstützung mit Fuzzy-Technologie und Evolutionären Algorithmen. *ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*. 2002, 12, S. 615-619.
- Lübke, K. und Vogt, M. 2014.** *Angewandte Wirtschaftsstatistik*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2014.
- Lücke, T. 2005.** *Koordination von intra-organisationalen Produktionsnetzwerken*. RWTH Aachen : Dissertation, 2005.
- Luhmann, N. 1990.** *Die Wissenschaft der Gesellschaft*. Frankfurt am Main : Suhrkamp, 1990.
- Maditinos, D., Chatzoudes, D. und Tsairidis, C. 2012.** Factors affecting ERP system implementation effectiveness. *Journal of Enterprise Information Management*. Vol. 25, 2012, 1, S. 60 - 78.
- Madni, A.M. und Sievers, M. 2014.** Systems Integration: Key Perspectives, Experiences and Challenges. *Systems Engineering*. v17, 2014, n1, S. 37-51.
- Maier-Scheubeck, N., Obermaier, R. und Weiß, M. 2009.** *Produktions-Management: Grundlagen der Produktionsplanung und -steuerung*. 9. München : Oldenbourg Verlag, 2009.
- Marek, J. 2010.** *Ziele ziehen*. s.l. : BoD – Books on Demand, 2010.
- Mareschal, B., Brans, J.P. und Vincke, P. 1986.** How to select and how to rank projects: the Promethee method. *European Journal of Operational Research*. 24, 1986, S. 228-238.
- Martens, J.-U. und Kuhl, J. 2009.** *Die Kunst der Selbstmotivierung*. Stuttgart : Kohlhammer Verlag, 2009.
- Mayer, H.O. 2006.** *Interview und schriftliche Befragung*. München : Oldenbourg Verlag, 2006.

- McKay, K.N. und Wiers, V.C.S. 2004.** *Practical Production Control*. s.l. : J. Ross Publishing, 2004.
- Meixner, O. und Haas, R. 2002.** *Computergestützte Entscheidungsfindung : Expert Choice und AHP - innovative Werkzeuge zur Lösung komplexer Probleme*. s.l. : Redline Wirtschaft bei Ueberreuter, 2002.
- Mertins, K. 2012.** *Benchmarking: Praxis in deutschen Unternehmen*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2012.
- Mescheder, B. und Sallach, C. 2012.** *Wettbewerbsvorteile durch Wissen: Knowledge Management, CRM und Change Management verbinden*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2012.
- Meuser, M. und Nagel, U. 1989.** Experteninterviews - vielfach erprobt, wenig bedacht. *SSOAR-Social Science Open Access Repository*. 1989.
- Meyer, J.W. 2003.** *Produktinnovationserfolg und Target Costing*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2003.
- Meyer, T. 2006.** *Globale Produktionsnetzwerke : ein Modell zur kostenoptimierten Standortwahl*. Technische Universität Darmstadt : Dissertation, 2006.
- Meyer, U.B., Creux, S.E. und Weber, A.K. 2005.** *Grafische Methoden der Prozessanalyse: Design und Optimierung von Produktionssystemen*. München : Hanser Verlag, 2005.
- Möbmer, H.E. 1999.** *Methode zur simulationsbasierten Regelung zeitvarianter Produktionssysteme*. München : Herbert Utz Verlag, 1999.
- Müller-Stewens, G. und Lechner, C. 2011.** *Strategisches Management : Wie strategische Initiativen zum Wandel führen*. Stuttgart : Schäfer-Pöschel Verlag, 2011.
- Nedeß, C. und Käselau, J. 1999.** PPS in dezentralen Produktionsstrukturen. [Buchverf.] H. Luczak. *Produktionsplanung und -steuerung*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 1999, 3, S. 458-491.
- Neuhaus, U. und Günther, H.O. 2006.** Entwicklung eines reaktiven Scheduling-Systems für die Prozessindustrie. [Hrsg.] Hans-Dietrich Haasis, Herbert Kopfer und Jörn Schönberger. *Operations Research Proceedings 2005*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2006, Bd. 2005, S. 191-196.
- Neuhäuser, W. 1993.** *Entwicklung eines Softwaresystems zur Produkt- und Produktionsdatenaufbereitung*. Düsseldorf : VDI-Verlag, 1993.
- Neumann, K. und Morlock, M. 2002.** *Operations-Research*. München : Hanser Verlag, 2002. Bd. 2.
- Neuner, C. 2009.** *Konfiguration internationaler Produktionsnetzwerke unter Berücksichtigung von Unsicherheit*. Universität Bayreuth : Dissertation, 2009.
- Nyhuis, F. 1998.** Werksübergreifende Auftragssteuerung in Produktionsnetzen. [Buchverf.] IWB Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften. *Seminarberichte*. 1998, Bd. 40, S. 1-17.

- Nyhuis, P.** Enzyklopaedie der Wirtschaftsinformatik. [Online] [Zitat vom: 20. Juli 2015.] <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/informationssysteme/Sektorspezifische-Anwendungssysteme/Produktionsplanungs--und--steuerungssystem/PPS-Controlling>.
- o.V. 1997.** Nutzen. [Buchverf.] Hans-Dieter Groffmann, Karl-Heinz Rau und Eberhard Stickel. *Gabler-Wirtschaftsinformatik-Lexikon*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 1997, S. 487-488.
- Oedekoven, D. und Schmidt, C. 2009.** Net Check: Wie gut ist Ihr Produktionsnetzwerk? - Der Bereich Produktionsmanagement des FIR unterstützt Industriekunden bei der Bewertung ihres Netzwerks. *UDZ Unternehmen der Zukunft - FIR-Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung*. 2009, Bd. 9, 3, S. 74-76.
- Oedekoven, D. und Schoth, A. 2010.** Erst die Arbeit, dann das Vergügen: Mit konsistenten Daten schlanke Prozesse ermöglichen - Die Bedeutung harmonisierter Datenlandschaften für ein präzises Produktionsmanagement. *UDZ Unternehmen der Zukunft - FIR-Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung*. 2010, Bd. 11, 1, S. 64-67.
- Oedekoven, D., et al. 2009.** Ein Unternehmen - eine Sprache: Konsistente Daten als Wegbereiter für straffe Prozesse - Die Bedeutung harmonisierter Datenlandschaften für ein präzises Produktionsmanagement. *UDZ Unternehmen der Zukunft - FIR-Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung*. 2009, Bd. 9, 3, S. 77-80.
- Osterkorn, D. 1998.** *Methode zur Optimierung des Einsatzes von Wirtschaftlichkeitsanalysen im Gesundheitswesen an Beispielen aus der Hämostaseologie*. München : Herbert Utz Verlag, 1998.
- Ostheimer, B. 2007.** *Verteilende eBusiness-Systeme*. Universität Gießen : Dissertation, 2007.
- Öztürk, C. und Ornek, A.M. 2014.** Operational extended model formulations for Advanced Planning and Scheduling systems. *Applied Mathematical Modelling*. v38, 2014, n1, S. 181-195.
- Pepels, W. 2013.** *Produktmanagement: Produktinnovation, Markenpolitik, Programmplanung, Prozessorganisation*. München : Oldenbourg Verlag, 2013.
- Peters, M. und Zelewski, S. 2004.** Möglichkeiten und Grenzen des Analytic Hierarchy Process (AHP) als Verfahren der Wirtschaftlichkeitsanalyse. *Zeitschrift für Planung und Unternehmenssteuerung*. 15, 2004, S. 295-324.
- Peters, M., Schütte, R. und Zelewski, S. 2006.** *Erweiterte Wirtschaftlichkeitsanalyse mithilfe des Analytic Hierarchy Process (AHP) unter Berücksichtigung des Wissensmanagements zur Beurteilung von Filialen eines Handelsunternehmens*. Essen : Universität Duisburg-Essen, Campus Essen, 2006.
- Peters, S. und Stelling, J.N. 2005.** *Betriebswirtschaftslehre*. München : Oldenbourg Verlag, 2005.
- Piontek, J. 2012.** *Beschaffungscontrolling*. München : Oldenbourg Verlag, 2012.
- Portmann, C. 2011.** *Verkaufsplanung*. s.l. : Compendio Bildungsmedien, 2011.

- Pöyhönen, M., Hämäläinen, R. und Salo, A. 1997.** An Experiment on the Numerical Modelling of Verbal Ratio Statements. *Journal of Multi Criteria Decision Analysis*. 6, 1997, 1, S. 1-10.
- Prel, J.-B., et al. 2009.** Konfidenzintervall oder P-Werte. *Deutsches Ärzteblatt*. 8. Mai 2009, S. 335-339.
- Prinz, A. und Ost, S. 2010.** Wertschöpfungsverteilung in Produktionsnetzwerken optimieren zur Senkung der Gesamtkosten. *wt Werkstattstechnik online*. 2010, Bd. 100, 4, S. 282-284.
- Probst, H.J. und Hauerding, M. 2007.** *Projektmanagement leicht gemacht*. Heidelberg : Redline Wirtschaft, 2007.
- Puhl, S. 2009.** Betriebswirtschaftliche Nutzenbewertung der Barrierefreiheit von Web-Präsenzen. *Information - Wissenschaft & Praxis*. Heft 2 2009, S. 83-90.
- Quick, J. und Brunner, A. 2010.** Transparente Planungsprozesse im Fertigungsnetzwerk - Analyse der Projektplanungs- und -steuerungsprozesse bei der Uhde GmbH. *UDZ Unternehmen der Zukunft - FIR-Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung*. 2010, Bd. 11, 1, S. 78-79.
- Rabe, M., Spieckermann, S. und Wenzel, S. 2008.** *Verifikation und Validierung für die Simulation in Produktion und Logistik*. Berlin, Heidelberg : Springer Science & Business Media, 2008.
- Rasche, A. 2004.** *Ein Beitrag zur Reflexion über die Erkenntnisinteressen der Betriebswirtschaftslehre*. No. 6. Oestrich-Winkel : Department of International Management and Consulting an der European Business School, 2004.
- Rau, T. 2004.** *Planung, Statistik und Entscheidung*. München : Oldenbourg Verlag, 2004.
- Reeves, C. R. und Beseley, J. E. 1993.** Introduction. [Buchverf.] C. R. Reeves. *Modern Heuristic Techniques for Combinational Problems*. London u. a. : Blackwell Scientific Publications, 1993, S. 1-19.
- Reibnitz, U. 1992.** *Szenario-Technik - Instrument für die unternehmerische und persönliche Erfolgsplanung*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 1992.
- Reichert, F. 2010.** *Die struktur- und kompetenzbasierte Methodik zur globalen taktischen Produktionsplanung*. ETH Zürich : Dissertation, 2010.
- Ricci, A., et al. 2015.** Special issue on programming based on actors, agents and decentralized control. *Science of Computer Programming*. v98, 2015, S. 117-119.
- Rieg, R. 2015.** *Planung und Budgetierung*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2015.
- Rosenstiel, L. 2009.** *Angewandte Psychologie für Projektmanager*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2009.
- Rücksteiner, F. 2013.** *Entscheidungsfindung in der Forschung und Entwicklung*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Rüttgers, M. 1999.** *Ein adaptives Verfahren zur Unterstützung der verbrauchsgesteuerten Disposition*. RWTH Aachen : Dissertation, 1999.

- Ryzko, D., et al. 2011.** *Emerging Intelligent Technologies in Industry*. Berlin, Heidelberg : Springer Science & Business Media, 2011.
- Saaty, T.L. 1986.** Axiomatic Foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*. 1986, Bd. 32, 7, S. 841-855.
- **2008.** *Decision making for leaders : the analytic hierarchy process for decisions in a complex world*. s.l. : RWS Publications, 2008.
- **1996.** *Multicriteria decision making : the analytic hierarchy process ; planning, priority setting, resource allocation*. s.l. : RWS Publications, 1996.
- **1980.** *The analytic hierarchy process : planning, priority setting, resource allocation*. s.l. : McGraw-Hill International Book Co., 1980.
- Saaty, T.L. und Vargas, L.G. 2012.** *Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process*. New York : Springer Media, 2012.
- Sahakian, C.E. 1997.** *The Delphi method*. s.l. : The Corporate Partnering Institute, 1997.
- Sauer, J. 2002.** *Multi-Site Scheduling – Hierarchisch koordinierte Ablaufplanung*. Universität Oldenburg : Habilitationsschrift, 2002.
- Scharnbacher, K. 2013.** *Statistik im Betrieb*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Schatzmann, J., Schäfer, R. und Eichelbaum, F. 2013.** Foresight 2.0 - Definition, overview & evaluation. *European Journal of Futures Research*. 2013, 1, S. 1-15.
- Schellberg, O. 2002.** *Effiziente Gestaltung von globalen Produktionsnetzwerken*. RWTH Aachen : Dissertation, 2002.
- Schenk, M., Wirth, S. und Müller, E. 2006.** *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2006.
- Schiemenz, B. und Schönert, O. 2005.** *Entscheidung und Produktion*. München : Oldenbourg Verlag, 2005.
- Schläpfer, F. und Zweifel, P. 2008.** Nutzenmessung bei öffentlichen Gütern. *Wirtschaftsdienst*. 2008, 3, S. 210-216.
- Schlegel, A. 2001.** *Konzeption und Einsatzvorbereitung eines Werkzeuges für die Bestimmung der Prozessqualität mittels Kennzahlenüberwachung und wissensbasierter Simulation*. Technische Universität Chemnitz : Dissertation, 2001.
- Schmidt, C. 2006.** Produktionsmanagement im Unternehmen der Zukunft - von der innerbetrieblichen PPS zum Management von Produktionsnetzwerken. *UDZ Unternehmen der Zukunft - FIR-Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung*. 2006, Bd. 7, 1, S. 4-5.
- Schmidt, C. und Roesgen, R. 2007.** Gestaltung eines zentralen Supply Chain Managements - Entscheidungsunterstützung für die Koordination interner Produktionsnetzwerke. *UDZ Unternehmen der Zukunft - FIR-Zeitschrift für Betriebsorganisation und Unternehmensentwicklung*. 2007, Bd. 8, 1, S. 22-25.
- Schneider, D. 1981.** *Geschichte betriebswirtschaftlicher Theorie: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre für das Hauptstudium*. München, Wien : Oldenbourg, 1981.

- Schneider, H., Buzacott, J.A. und Rücker, T. 2005.** *Operative Produktionsplanung und -steuerung: Konzepte und Modelle des Informations- und Materialflusses in komplexen Fertigungssystemen.* München : Oldenbourg Verlag, 2005.
- Schniederjans, D. und Yadav, S. 2013.** Successful ERP implementation: an integrative model. *Business Process Management Journal.* v19, 2013, n2, S. 364-398.
- Schuh, G. 2006.** *Produktionsplanung und -steuerung Grundlagen, Gestaltung und Konzepte.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2006.
- Schuh, G. und Schmidt, C. 2014a.** *Produktionsmanagement.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2014a.
- Schuh, G., et al. 2014.** Scenario-based determination of product feature uncertainties for robust product architectures. *Production Engineering.* 2014, 8, S. 383-395.
- Schulz-Montag, B. und Müller-Stoffels, M. 2006.** Szenarien - Instrumente für Innovations- und Strategieprozesse. [Buchverf.] F.E.P. Wilms. *Szenario-Technik.* Bern, Stuttgart, Wien : Haupt Verlag, 2006, S. 381-397.
- Schwarz, G. 2014.** *Konfliktmanagement: Konflikte erkennen, analysieren, lösen.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2014.
- Seitz, B. 2005.** *Optimierung der technischen Unternehmensführung mittels gewichteter Kennzahlen für KMU der Lackindustrie.* Technische Universität Chemnitz : Dissertation, 2005.
- Sieglwart, H. 1998.** *Kennzahlen für die Unternehmensführung.* Bern, Stuttgart, Wien : Haupt Verlag, 1998.
- Sikora, E. 2011.** *Ein modellbasierter Ansatz zur verzahnten Entwicklung von Anforderungen und Architektur über mehrere Abstraktionsstufen hinweg.* Universität Duisburg-Essen : Dissertation, 2011.
- Sokianos, et al. 1998.** *Lexikon: Produktionsmanagement.* Augsburg : Verlag moderne Industrie, 1998.
- Sommerville, I. 2001.** *Software-Engineering.* s.l. : Pearson Studium, 2001.
- Stam, A. und Duarte, S.A.P. 2002.** On multiplicative priority rating methods for the AHP. *European Journal of Operational Research.* 145, 2002, 1, S. 92-108.
- Statistisches Bundesamt Wiesbaden. 2008.** DeStatis. [Online] 2008. [Zitat vom: 20. Mai 2014.]  
<https://www.destatis.de/DE/Methoden/Klassifikationen/GueterWirtschaftsklassifikationen/Content75/KlassifikationWZ08.html;jsessionid=7A3A3D756A3191FF2D3033FBBE3EE53C.cae1>.
- Stein, T. 2013.** *PPS-Systeme und organisatorische Veränderungen.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Steinbeis Competence Tag 2013.** Steinbeis-Hochschule Berlin. [Online] [Zitat vom: 24. 09. 2013.] <http://www.steinbeis.de/index.php?id=500704>.
- Steiner, D. 2014.** *Prozessorientierte Auswahl eines ERP-Systems.* s.l. : Igel Verlag, 2014.

- Steiner, M. 2007.** *Nachfragerorientierte Präferenzmessung - Bestimmung zielgruppenspezifischer Eigenschaftssets auf Basis von Kundenbedürfnissen.* Universität Jena : Dissertation, 2007.
- Stiller, Dr. G.** wirtschaftslexikon24. [Online] [Zitat vom: 04. November 2014.] <http://www.wirtschaftslexikon24.com/d/soll-ist-vergleich/soll-ist-vergleich.htm>.
- Stupak, N., et al. 2010.** SOCIALSENSE: Graphical user interface design considerations for social network experiment software. *Computers in Human Behavior.* v26, 2010, n3, S. 365-370.
- Sucky, E. 2013.** *Koordination in Supply Chains: Spieltheoretische Ansätze zur Ermittlung integrierter Bestell- und Produktionspolitiken.* Universität Frankfurt am Main : Dissertation, 2013.
- Suhl, L. und Mellouli, T. 2013.** *Optimierungssysteme - Modelle, Verfahren, Software, Anwendungen.* 3. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Syska, A. 2007.** *Produktionsmanagement.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2007.
- Szucs, T. 2010.** Das 1x1 der Nutzenbewertung. *CareManagement.* Nr. 5 2010, S. 37-42.
- Teich, T., Heuke, A. und Grossmann, D. 2002.** Planung von Produktionsnetzwerken - Architektur des Extended Value Chain Management Systems. *ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb.* 2002, 4, S. 180-183.
- Tentrop, F. 2011.** *Entwicklung eines integrierten Gestaltungsansatzes der Produktionslogistik.* Technische Universität Berlin : Dissertation, 2011.
- Thede, A. 2007.** *Ein Workshopzuteilungsverfahren als zweistufige Auktion zur Enthüllung privater Präferenzen.* Universität Karlsruhe : Dissertation, 2007.
- Thieme, P. und Adolf, T. 2014.** *Effiziente Kennzahlensysteme für die Produktion.* Stuttgart : Fraunhofer IRB, 2014.
- Thommen, J.-P. 2004.** *Betriebswirtschaftslehre.* Zürich : Gabler Verlag, 2004.
- **2014.** Wirtschaftslexikon Gabler. [Online] 27. März 2014. [Zitat vom: 27. März 2014.] <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/betriebswirtschaftslehre-bwl.html>.
- Tinhofer, G. 1971.** Mehrdimensionale Zuordnungsprobleme und Netzwerkflüsse mit vorgegebenen Wertemengen. *Computing.* 1971, Bd. 8, 1, S. 113-120.
- Töpfer, A. 2007.** *Betriebswirtschaftslehre.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2007.
- Totzauer, F. 2014.** *Top-down- und Bottom-up-Ansätze im Innovationsmanagement.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2014.
- Triantaphyllou, E., et al. 1998.** Multi-Criteria Decision Making: An Operations Research Approach. *Encyclopedia of Electrical Engineering.* 1998, S. 175-186.
- Ulrich, H. 1981.** Die Betriebswirtschaftslehre als anwendungsorientierte Sozialwissenschaft. [Buchverf.] M. Geist. *Die Führung des Betriebes.* 1981, S. 1-25.
- **2001.** *Systemorientiertes Management.* Bern, Stuttgart, Wien : Haupt Verlag, 2001.
- Verkuil, A.H., Dey, P. 2010.** Forschungsverständnis im Kontext anwendungsorientierter Wissenschaften. s.l. : Institut für Unternehmensführung (IfU) Hochschule Nordwestschweiz, 2010.

- Vojdani, N., Lootz, F. und Kirwitzke, D. 2010.** Lean Logistics-Innovative Bewertungsmethodik zur Auswahl schlanker Materialbereitstellungsstrategien. *Logistics Journal*. 2010, S. 1-10.
- Volling, T. 2009.** *Auftragsbezogene Planung bei variantenreicher Serienproduktion*. Universität Braunschweig : Dissertation, 2009.
- Vollmar, H.C., Leve, V. und Ostermann, T. 2014.** Eine systematische Übersicht über die Einsatzmöglichkeiten der Szenariotechnik im Gesundheitsbereich. *Zeitschrift für Palliativmedizin*. 2014, 15, S. 303-304.
- Waldforst, S. 2008.** *Die Wirkung von Zielen auf die Arbeitsleistung von Akteuren*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2008.
- Walther, G., Schmid, E. und Spengler, T.S. 2009.** Dezentrale Koordination von Stoffströmen in Recyclingnetzwerken. *Zeitschrift für Betriebswirtschaft*. 2009, Bd. 79, S. 717-749.
- Wang, C. und Liu, X.-B. 2013.** Integrated production planning and control: a multi-objective optimization model. *Journal of Industrial Engineering and Management*. vol. 6, 2013, 4, S. 815-830.
- Wannenwetsch, H.H. und Nicolai, S. 2013.** *E-Supply-Chain-Management*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2013.
- Weber, H.K. 2008.** *Industriebetriebslehre*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2008. Bd. 3.
- Wehrli, U. 2014.** *Visionsmanagement Gestaltung und Umsetzung der Unternehmensvision - über Strategien und gemeinsame Ziele zur Steuerung und Sicherung der künftigen Unternehmensentwicklung*. Göttingen : Niedersachs Optimus Mostafa Verlag, 2014.
- Wei, J. und Ma, Y.S. 2014.** Design of a feature-based order acceptance and scheduling module in an ERP system. *Computers in Industry*. v65, 2014, n1, S. 64-78.
- Wenger, W., Geiger, M. J. und Kleine, A. 2011.** *Business Excellence in Produktion und Logistik*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 2011.
- Westkämper, E., Balve, P. und Wiendahl, H.-H. 1998.** Auftragsmanagement in wandlungsfähigen Unternehmensstrukturen - Anforderungen und Ansätze. *PPS-Management*. 1998, Bd. 3, S. 22-26.
- Wiegand, J. 2005.** *Handbuch Planungserfolg: Methoden, Zusammenarbeit und Management als integraler Prozess*. s.l. : vdf Hochschulverlag, 2005.
- Wiendahl, H.-P. 2002.** *Erfolgsfaktor Logistikqualität. Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung*. Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2002.
- Willmer, H. und Balzert, H. 1984.** *Fallstudie einer industriellen Software-Entwicklung - Definition, Entwurf, Implementierung, Abnahme, Qualitätssicherung*. Mannheim : Wissenschaftsverlag, 1984.
- Winkelmann, R. 1996.** *Softwareentwicklung - Leitfaden für die qualitätsorientierte Entwicklung und Einführung von DV-Verfahren und Informations-/Kommunikationssystemen*. Erlangen, München : Publicis MCD Verlag, 1996.

- Wöhe, 2008.** *Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre.* München : Verlag Franz Vahlen, 2008.
- Wolters, M. und Kaschny, M. 2010.** *Geschäftsprozessmanagement in KMU: Dargestellt anhand der Auftragsabwicklung.* Köln : Lohmar, 2010.
- Wrede, P. 2002.** Jeder Auftrag an den richtigen Standort - Eine globale Produktion erfordert innovative Produktionsverfahren. 2002, Bd. 3, 4, S. 14-15.
- . **2000.** *Simultane Produktionsprogrammplanung bei international verteilten Produktionsstandorten für Serienfertigung.* RWTH Aachen : Dissertation, 2000.
- Wübbenhorst, Prof. Dr. K. 2014.** Wirtschaftslexikon Gabler. [Online] 17. April 2014. [Zitat vom: 17. April 2014.]
- Wünsch, D. 2010.** *Änderungsflexibilität in der kundenindividuellen Fertigung.* Universität Dresden : Dissertation, 2010.
- Yang, G. 2005.** *Produktionsplanung in komplexen Wertschöpfungsnetzwerken : ein integrierter hierarchischer Ansatz in der chemischen Industrie.* Technische Universität Berlin : Dissertation, 2005.
- Zangemeister, C. 1976.** *Nutzwertanalyse in der Systemtechnik : eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen.* s.l. : Wittermannsche Buchhandlung, 1976.
- Zäpfel, G. 2000.** *Taktisches Produktions-Management.* 2. München : Oldenbourg Verlag, 2000.
- Zhao, S., Wang, L. und Zheng, Y. 2014.** Integrating production planning and maintenance: an iterative method. *Industrial Management & Data Systems.* v114, 2014, n2, S. 162-182.
- Ziesing, H.-J. 2007.** *Entwicklung eines nationalen Allokationsplans im Rahmen des EU-Emissionshandels Forschungsbericht 202 41 186/03.* s.l. : Umweltbundesamt, 2007.
- Zimmermann, H.-J. und Gutsche, L. 1991.** *Multi-Criteria Analyse.* Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 1991.
- Zitzler, E. und Thiele, L. 1999.** Multiobjective Evolutionary Algorithms: A Comparative Case Study and the Strength Pareto Approach. *IEEE Transactions on Evolutionary Computation.* 1999, S. 257-271.

## 11 Lebenslauf des Autors

Name, Vorname Lamers, Georg

Geburtsdatum 30.09.1985

Geburtsort Memmingen

### Bildung

09/2006 – 08/2009 Hochschule Heilbronn, Baden-Württemberg

Studiengang Produktion und Logistik

Abschluss Bachelor of Engineering

09/2009 – 02/2011 Hochschule Heilbronn, Baden-Württemberg

Studiengang Technical Management

Abschluss Master of Engineering

07/2012 – 2016 Steinbeis Hochschule Berlin, Stuttgart

Promotion Projekt-Kompetenz-Promotion

Abschluss Doktor der Wirtschaftswissenschaften (Dr. rer. oec.)

### Auszeichnungen

2009 Prämierung durch die Heinrich Blanc Stiftung

2009 1. Sieger beim Ideenwettbewerb der Hochschulen Heilbronn/Franken

2010 Landesfinale Baden-Württemberg beim NewBizCup 2.0

### Sonstiges

2009 Inhaber eines Wort- & Bildmarkenrechts beim Deutschen Patent- und Markenamt

2010 Mentor beim „Einstieg ING“ der Südwestmetall technik-bw & der BBQ Berufliche Bildung gGmbH (Tochterunternehmen des Bildungswerks der Baden-Württembergischen Wirtschaft e. V.)

2011 Inhaber eines Gebrauchsmusters beim Deutschen Patent- und Markenamt



Produzierende Unternehmen mit mehreren Standorten (intra-organisatorische Produktionsnetzwerke), deren Fertigungsauslegung Überschneidungen aufweist (redundante Standorte), besitzen das Potenzial der flexiblen Standortwahl, um für jeden Kundenauftrag zum Zeitpunkt der Auftragsbuchung den geeignetsten Standort zu wählen. Die Identifikation des geeignetsten Standorts wird durch eine z. T. konfliktäre Interessenslage zwischen Kundenanforderungen und unternehmensinternen Anforderungen erschwert.

Im Rahmen dieses Forschungsprojektes wurde ein Verfahren zur Auftragszuordnung bei mehreren alternativen Standorten entwickelt, das die Anforderungen des multikriteriellen, dynamischen Entscheidungsproblems der operativen Auftragszuordnung erfüllt. Mit Hilfe des Verfahrens können relevante Kriterien zur Entscheidungsfindung selektiert werden, die eine objektive Bewertung des Entscheidungsproblems gewährleisten. Weitere Entwicklungsschwerpunkte betreffen die Integration von Schwellwerten und die Abbildung von unterschiedlichen Situationen des Produktionsumfelds (Szenarien). Ziel des Forschungsprojektes lag in der Auswahl des geeignetsten Standorts für jeden eingehenden Auftrag, damit gezielt Beiträge zu Unternehmenszielen, wie bspw. dem Economic Value Added, erzielt werden können. Darüber hinaus erlaubt das Verfahren zur Auftragszuordnung anwenderspezifische Anpassungen und Erweiterungen (Adaptabilität) in der Definition und in der Quantifizierung der Standortzuordnung sowie in weiteren Bestandteilen.

Georg Lamers studierte Produktion und Logistik im Bachelor-Studium sowie Technical Management im Master-Studium in Heilbronn. Er erhielt unter anderem von der Heinrich Blanc Stiftung sowie durch den Ideenwettbewerb der Hochschulen Heilbronn Auszeichnungen. Die Promotion erfolgte im Jahr 2017 an der Steinbeis-Hochschule Berlin.

ISBN 978-3-95663-141-2



[www.steinbeis-edition.de](http://www.steinbeis-edition.de)



**Steinbeis-Edition**