

**Ein Verfahren zur Analyse  
prozessualer Logistikleistung  
auf Basis der Data Envelopment Analysis**

Von der Fakultät Maschinenbau  
der Universität Stuttgart  
zur Erlangung der Würde eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)  
genehmigte Abhandlung

von  
Dipl.-Wi.-Ing. Michael Kühner  
aus Karlsruhe

Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. habil. Prof. e. h. Dr. h. c. Hans-Jörg Bullinger

Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking

Tag der Einreichung: 24. November 2004

Tag der mündlichen Prüfung: 4. April 2005

Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT), 2005

# **IPA-IAO Forschung und Praxis**

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

Herausgeber:

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

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

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



**I·A·T** Institut  
Arbeitswissenschaft und  
Technologiemanagement  
Universität Stuttgart



**Fraunhofer** Institut  
Arbeitswirtschaft und  
Organisation

Michael Kühner

Ein Verfahren zur Analyse  
prozessualer Logistikleistung  
auf Basis der Data Envelopment  
Analysis

Nr. 416

Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Michael Kühner

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

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

ord. Professor an der Universität Stuttgart

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

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

ord. Professor an der Universität Stuttgart

Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, München

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

ord. Professor an der Universität Stuttgart

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

D 93

ISBN 3-936947-55-4 Jost Jetter Verlag, Heimsheim

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

© Jost Jetter Verlag, Heimsheim 2005.

Printed in Germany.

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

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

Druck: printsystem GmbH, Heimsheim

## Geleitwort der Herausgeber

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

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

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

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

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

Die von den Herausgebern langjährig geleiteten Institute, das

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

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

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

Engelbert Westkämper    Hans-Jörg Bullinger    Dieter Spath

## **Vorwort**

Die vorliegende Arbeit entstand während meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart und am Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) in Stuttgart in den Jahren 2002 bis 2005.

Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Hans-Jörg Bullinger, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft und ehemals geschäftsführender Direktor des IAT und Leiter des Fraunhofer IAO, danke ich im besonderen Maße für die großzügige Unterstützung und wohlwollende Förderung der Arbeit. Herrn Prof. Dr.-Ing. Karl-Heinz Wehking, Leiter des Instituts für Fördertechnik und Logistik (IFL) der Universität Stuttgart, danke ich für die Übernahme des Mitberichtes. Des Weiteren danke ich Herrn Prof. Dr. Phil. Antonius van Hoof für die mehrfache Durchsicht meiner Arbeit, die sich daraus ergebenden wertvollen Hinweise und seine kontinuierliche Ermunterung und Unterstützung.

Darüber hinaus danke ich den Kollegen und studentischen Hilfskräften, die durch ihre Mitarbeit und konstruktive Kritik direkt oder indirekt zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben. Hervorheben möchte ich Frau Daniela Doll und Herr Lutz Weiler, denen ich für ihre tatkräftige Unterstützung bei den Literaturrecherchen und der Aufarbeitung des Themas danke. Herrn Christian Hacker danke ich für die Zusammenarbeit bei der Programmierung des SBM-Solvers.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir meine Ausbildung ermöglichten und durch ihre selbstlose Unterstützung und aufbauenden Ratschläge die Fundamente für diese Arbeit gelegt haben. Mein größter Dank gilt meiner Frau Cordula sowie meinen Kindern Anna und Johannes, die mit Verständnis und Geduld auf gemeinsame Wochenenden und Urlaubstage verzichtet haben und durch ihre Heiterkeit und Zuversichtlichkeit den wohl größten Beitrag zu der Arbeit geleistet haben.

Stuttgart, im April 2005

Michael Kühner





# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	13
Tabellenverzeichnis.....	14
Abkürzungsverzeichnis .....	15
1 Einleitung .....	17
2 Zielsetzung und Vorgehensweise .....	18
3 Stand des Wissens und Ableitung der Aufgabenstellung .....	20
3.1 Begriffsbestimmung .....	20
3.1.1 Logistik .....	20
3.1.2 Prozess .....	21
3.1.2.1 Prozess .....	21
3.1.2.2 Geschäftsprozess.....	21
3.1.2.3 Logistikprozess.....	22
3.1.3 Leistung.....	22
3.1.3.1 Grundbegriffe der Theorie betrieblicher Wertschöpfung .....	23
3.1.3.2 Der produktionswirtschaftliche Effizienzbegriff .....	24
3.1.3.3 Logistikleistung .....	26
3.1.3.4 Logistikprozessleistung .....	27
3.2 Eingrenzung des Untersuchungsbereiches .....	28
3.2.1 Logistikmanagement .....	28
3.2.2 Prozessleistungsanalyse.....	29
3.3 Beiträge zur Erfassung von Logistikprozessleistung .....	31
3.3.1 Ziele und Zielsysteme .....	31
3.3.1.1 Kriterien zur Logistiksystemevaluation nach Klöpper .....	32
3.3.1.2 Logistikzielsystem nach Syska.....	32
3.3.2 Kennzahlen und Kennzahlensysteme .....	33
3.3.2.1 Kennzahlensystem nach Pfohl .....	33
3.3.2.2 Methode der selektiven Kennzahlen nach Weber .....	34
3.3.3 Unternehmensmodellierung .....	34
3.3.3.1 Architektur Integrierter Informationssysteme.....	35
3.3.3.2 Prozesskettenmodell .....	35
3.3.4 Referenzprozessmodellierung.....	36
3.3.4.1 LogiBEST .....	37
3.3.4.2 Supply Chain Operations Reference-Modell .....	38
3.3.5 Performance Measurement.....	40
3.3.5.1 Balanced Scorecard .....	41
3.4 Beiträge zur Bewertung von Logistikprozessleistung .....	41
3.4.1 Prozessorientierte Ansätze .....	41
3.4.1.1 Wertkettenanalyse.....	41
3.4.1.2 Prozesskostenrechnung.....	42
3.4.1.3 Statistische Prozesslenkung .....	43
3.4.1.4 Prozessbenchmarking.....	43

3.4.2	Allgemeine Bewertungsansätze .....	44
3.4.2.1	Nutzwertanalyse .....	44
3.4.2.2	Analytic Hierarchy Process .....	44
3.4.2.3	Data Envelopment Analysis .....	45
3.4.3	Gegenüberstellung der Bewertungsansätze .....	45
3.5	Zusammenfassung und Ableitung der Aufgabenstellung .....	47
4	Konzeption des Verfahrens .....	50
4.1	Zielsetzung .....	50
4.2	Methodischer Rahmen zur Problemlösung .....	50
4.3	Anforderungen .....	51
4.3.1	Inhaltliche Anforderungen an die Analyse .....	51
4.3.2	Formale Anforderungen an das Verfahren .....	55
4.4	Entwicklungsbedarf .....	55
4.4.1	Modell zur Prozessleistungsbeschreibung .....	56
4.4.2	Modell zur Prozessleistungsbewertung .....	56
4.4.3	Vorgehen zur Prozessleistungsanalyse .....	56
4.4.4	Systemtechnische Umsetzung .....	56
5	Modell zur Prozessleistungsbeschreibung .....	57
5.1	Metamodell .....	57
5.1.1	Modellelemente .....	58
5.1.2	Merkmale zur Prozessleistungsbeschreibung .....	60
5.1.2.1	Identifizierende Merkmale .....	60
5.1.2.2	Leistungswert indizierende Merkmale .....	61
5.1.2.3	Leistungsmengen indizierende Merkmale .....	62
5.1.3	Datenstruktur zur Prozessleistungsbeschreibung .....	63
5.2	Beschreibungsmodell .....	66
5.2.1	Prozessleistungsbeschreibung mit Hilfe des SCOR-Modells .....	66
5.2.2	Defizite des SCOR-Modells in der Prozessleistungsbeschreibung .....	67
6	Modell zur Prozessleistungsbewertung .....	69
6.1	Bewertung von Prozessleistung .....	69
6.1.1	Grundlagen .....	69
6.1.2	Formalisierung des Bewertungsproblems .....	69
6.2	DEA-Bewertungsmodell .....	70
6.2.1	Beschreibung existierender Modelle .....	71
6.2.1.1	Basismodell .....	71
6.2.1.2	Weitere Modelle .....	73
6.2.1.3	Grundannahmen .....	74
6.2.2	Vergleich und Auswahl eines geeigneten Modells .....	75
6.2.2.1	Gegenüberstellung der Basismodelle .....	75
6.2.2.2	Auswahl eines geeigneten Modells .....	76
6.2.2.3	Charakterisierung des ausgewählten Modells .....	77
6.2.3	Anpassung des Modells .....	79
6.2.3.1	Berücksichtigung variabler Skalenerträge .....	79
6.2.3.2	Normierung der Ausgangsdaten .....	79
6.2.4	Ökonomische Interpretation des angepassten Modells .....	80

7	Entwicklung des Verfahrens.....	82
7.1	Vorgehen zur Prozessleistungsanalyse.....	82
7.1.1	Zieldefinition der Leistungsanalyse .....	84
7.1.1.1	Festlegung des Analyseziels.....	84
7.1.1.2	Identifikation des zu analysierenden Prozesses .....	84
7.1.1.3	Bestimmung der Analyseart .....	84
7.1.2	Modellierung der Leistungsstruktur .....	84
7.1.2.1	Beschreibung der Rahmenbedingungen.....	85
7.1.2.2	Identifikation des SCOR-Referenzprozesses.....	85
7.1.3	Modellierung des Leistungsmessinstrumentariums .....	85
7.1.3.1	Ermittlung der Prozessziele.....	85
7.1.3.2	Ableitung von Anforderungen.....	86
7.1.3.3	Identifikation der Leistungsobjekte .....	86
7.1.3.4	Bestimmung der Steuerungsfaktoren.....	86
7.1.3.5	Definition der Leistungsmessgrößen.....	86
7.1.3.6	Identifikation der Leistungsmessgrößen als Input-/Output-Größen.....	88
7.1.4	Identifikation und Validierung der Vergleichsbasis.....	89
7.1.4.1	Identifikation geeigneter Vergleichseinheiten.....	89
7.1.4.2	Überprüfung der Vergleichbarkeit .....	89
7.1.5	Logische und physische Datenerfassung.....	90
7.1.5.1	Logische Datenerfassung.....	90
7.1.5.2	Physische Datenerfassung.....	90
7.1.6	Prüfung und Aufbereitung der Ausgangsdaten .....	91
7.1.6.1	Plausibilitätsprüfung der Messergebnisse.....	91
7.1.6.2	Bereinigung der Ausgangsdaten um Nullwerte.....	91
7.1.6.3	Transformation der Optimierungsrichtung.....	92
7.1.6.4	Normierung der Ausgangsdaten .....	93
7.1.7	Bewertung der Leistungsausprägungen.....	93
7.1.8	Analyse des Bewertungsergebnisses .....	94
7.1.8.1	Identifikation des Effizienzniveaus .....	94
7.1.8.2	Analyse der Input-Verschwendung und Output-Defizite.....	94
7.1.8.3	Bestimmung der effizienten Vergleichseinheit .....	95
7.1.9	Plausibilitätsprüfung der Bewertungsgrundlage.....	96
7.1.9.1	Plausibilität des Messinstrumentariums .....	96
7.1.9.2	Plausibilität der Leistungsstrukturbeschreibung .....	96
7.2	Anwendungsbereiche des Verfahrens.....	96
7.2.1	Anwendung in der Prozessplanung.....	96
7.2.2	Anwendung zur Prozesslenkung.....	97
7.2.3	Anwendung im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung .....	98
7.3	Einschränkungen des Verfahrens.....	99
7.3.1	Einschränkungen durch Modellvoraussetzungen.....	99
7.3.2	Vorgehensbedingte Einschränkungen .....	101
8	Implementierung des Verfahrens.....	102
8.1	Spezifikation der Systemunterstützung.....	102
8.1.1	Aufbereitung der Ausgangsdaten.....	102
8.1.2	Bewertung und Ergebnisdarstellung .....	103

8.1.3	Algorithmische Beschreibung der Datenaufbereitung und -bewertung .....	103
8.2	Umsetzung im Rahmen des Analysewerkzeuges SBM-Manager .....	104
8.2.1	SBM-Datenbank .....	104
8.2.2	SBM-Solver-Software .....	104
9	Praktische Anwendung und Bewertung des Verfahrens .....	107
9.1	Beschreibung ausgewählter Anwendungsfälle in der industriellen Praxis .....	107
9.1.1	Querschnittanalyse .....	107
9.1.1.1	Problemstellung und Zielsetzung .....	107
9.1.1.2	Leistungsanalyse der „Druckerzubehör-Bevorratung“ .....	107
9.1.1.3	Ergebnisse und Bewertung .....	109
9.1.2	Längsschnittanalyse .....	110
9.1.2.1	Problemstellung und Zielsetzung .....	110
9.1.2.2	Leistungsanalyse der „Materialdisposition“ .....	111
9.1.2.3	Ergebnisse und Bewertung .....	113
9.2	Zusammenfassende Bewertung .....	113
9.2.1	Zielführung der Prozessleistungsbeschreibung und -bewertung .....	113
9.2.2	Praktikabilität des Verfahrens .....	114
9.2.3	Aufwand und Nutzen des Verfahrens .....	115
10	Zusammenfassung und Ausblick .....	117
10.1	Zusammenfassung der erarbeiteten Ergebnisse .....	117
10.2	Kritische Würdigung und Ausblick .....	118
	Summary .....	120
	Anhang A: Übersicht über gängige Business Intelligence-Anwendungen und deren Funktionsumfang .....	122
	Anhang B: Interpretation des SBM-Modells als Produkt von Input- und Output- Ineffizienz .....	123
	Anhang C: Algorithmische Beschreibung der Datenaufbereitung und -bewertung in Xpress Mosel .....	124
	Literaturverzeichnis .....	126

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Übersicht zur Vorgehensweise .....	19
Abbildung 2: Beispiel-Produktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen .....	25
Abbildung 3: Beispiel-Produktionsfunktion mit variablen Skalenerträgen .....	25
Abbildung 4: Dimensionen von Logistikprozessleistung (in Anlehnung an Wildemann /145/ S. 174) .....	28
Abbildung 5: Prozesskettenelement (aus Kuhn /75/ S. 24) .....	36
Abbildung 6: LogiBEST Referenzprozesse (aus Luczak et al. /83/ S. 45) .....	37
Abbildung 7: LogiBEST Logistikziele (aus Luczak et al. /83/ S. 29) .....	38
Abbildung 8: Aufbau SCOR-Modell (aus Supply Chain Council /125/ S. 4) .....	39
Abbildung 9: SCOR-Prozesselementbeschreibung (aus Supply Chain Council /125/ S. 134) .....	40
Abbildung 10: Lösungsmethoden in Abhängigkeit von der Problemart (modifiziert nach Dreher /30/ S. 65) .....	49
Abbildung 11: Schema zur Prozessleistungsanalyse in der Logistik (modifiziert nach Pfohl /96/ S. 27) .....	51
Abbildung 12: Modellierungsebenen zur Prozessleistungsbeschreibung .....	57
Abbildung 13: Metamodell zur Prozessleistungsbeschreibung .....	59
Abbildung 14: Attribute zur Klassifikation von Prozessleistungsbeschreibungen .....	64
Abbildung 15: Datenmodell zur Prozessleistungsbeschreibung .....	65
Abbildung 16: Beschreibungsmodell zur Abbildung logistischer Prozessleistung .....	67
Abbildung 17: Vorgehen zur Prozessleistungsanalyse .....	83
Abbildung 18: Regelkreis der Prozesslenkung .....	97
Abbildung 19: Kreislauf der Prozessverbesserung .....	98
Abbildung 20: Systemarchitektur des „SBM-Managers“ .....	104
Abbildung 21: Benutzerinterface des „SBM-Solvers“ .....	105
Abbildung 22: Grafische Ergebnisausgabe des „SBM-Solvers“ .....	106
Abbildung 23: Direktbelieferung industrieller Großkunden durch Bürobedarf-Großhändler .....	107
Abbildung 24: Warendistribution eines Chemikalien-Herstellers .....	110

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Realisationen der Beispieltechnik.....	24
Tabelle 2: Gegenüberstellung der Bewertungsansätze.....	46
Tabelle 3: Identifizierende Merkmale zur Prozessleistungsbeschreibung.....	61
Tabelle 4: Leistungswert indizierende Merkmale zur Prozessleistungsbeschreibung.....	62
Tabelle 5: Leistungsmengen indizierende Merkmale zur Prozessleistungsbeschreibung....	63
Tabelle 6: Eigenschaften der DEA-Grundmodelle (in Anlehnung an Cooper et al. /21/ S. 102) .....	76
Tabelle 7: Beziehungen zwischen Prozesszielen und übergeordneten Prozessstrategien .	86
Tabelle 8: Beziehung zwischen Kennzahlausprägungen und Leistungszielen (in Anlehnung an Supply Chain Council /125/ S. 6).....	87
Tabelle 9: Zuordnung von Merkmalstypen zu Prozesselementen .....	88
Tabelle 10: Transformationsvorschrift zur Eliminierung von Nullwerten .....	92
Tabelle 11: Inversion der Höhenpräferenzrelation von Übel-Inputs und -Outputs .....	93
Tabelle 12: Normierung auf den niedrigsten Input- und höchsten Outputfaktorwert.....	93
Tabelle 13: Auswertung der Querschnittanalyse der Warengruppe „Tintenpatronen“ .....	109
Tabelle 14: Auswertung der Längsschnittanalyse des Produkts „2845 – CORIPOL DX-902“ .....	112
Tabelle 15: Aufwandsvergleich zwischen der Nutzwertanalyse und dem entwickelten Verfahren .....	116
Tabelle 16: Übersicht über gängige IT-Werkzeuge zur betrieblichen Datenintegration und -aufbereitung.....	122

## Abkürzungsverzeichnis

<i>a</i> .....	Alternative
A.....	Annahme
ADD.....	Additives DEA-Modell
AHP.....	Analytic Hierarchy Process
ARIS.....	Architektur Integrierter Informationssysteme
BCC.....	Banker/Charnes/Cooper DEA-Modell
BDE.....	Betriebsdatenerfassung
BI.....	Business Intelligence
BSC.....	Balanced Scorecard
CCR.....	Charnes/Cooper/Rhodes DEA-Modell
CLM.....	Council of Logistics Management
DEA.....	Data Envelopment Analysis
DIN.....	Deutsches Institut für Normung e.V.
DMU.....	Decision Making Unit
ebd.....	ebenda
ePK.....	ereignisgesteuerte Prozesskette
ER.....	Entity-Relationship
ERP.....	Enterprise Resource Planning
F&E.....	Forschung und Entwicklung
FMEA.....	Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse
GP.....	Geschäftsprozess
i.e.S.....	im engeren Sinn
ISO.....	International Standard Organisation
IT.....	Informationstechnologie
kg.....	Kilogramm
$L^1$ .....	City-Block-Metrik
$\lambda$ .....	Gewichtungsvariable
LV.....	Lagerverwaltung
MS.....	Microsoft Corporation
<i>n</i> .....	Anzahl Vergleichseinheiten
NWA.....	Nutzwertanalyse
ODBC.....	Open DataBase Connectivity
OLAP.....	Online Analytical Processing

P .....	Produktionseinheit
PBM.....	Prozessbenchmarking
PKR.....	Prozesskostenrechnung
QFD.....	Quality Function Depolyment
QM.....	Qualitätsmanagement
<i>R</i> .....	Reference-set
$\rho$ .....	Effizienzmessgröße
SADT .....	Structured Analysis and Design Technique
SBM.....	Slacks-based Measure of Efficiency DEA-Modell
SCC.....	Supply Chain Council
SCM .....	Supply Chain Management
SCOR.....	Supply Chain Operations Reference
$s_i^-$ .....	Schlupf des Inputfaktors i
SPC .....	Statistische Prozesslenkung
SQL .....	Structured Query Language
$s_r^+$ .....	Schlupf des Outputfaktors r
<i>t</i> .....	Skalarvariable
<i>T</i> .....	Technik
$\tau$ .....	Effizienzmessgröße
$\theta$ .....	Effizienzmessgröße
<i>u.d.N.</i> .....	unter der Nebenbedingung
UML.....	Unified Modeling Language
$u_r$ .....	Gewichtung des Outputfaktors r
VBA .....	Microsoft Visual Basic for Applications
VDI .....	Verein Deutscher Ingenieure e.V.
$v_i$ .....	Gewichtung des Inputfaktors i
WKA .....	Wertkettenanalyse
$x_{ij}$ .....	Inputfaktor i der Vergleichseinheit j
$y_{rj}$ .....	Outputfaktor r der Vergleichseinheit j



# 1 Einleitung

Das Verständnis der Logistik hat sich in den vergangenen vier Jahrzehnten stark verändert. Ausgehend von der Sichtweise des physischen Materialflusses wurde der Begriff in der wissenschaftlichen Diskussion und der praktischen Umsetzung sukzessive von der reinen Funktionslehre hin zum Management-Ansatz erweitert (vgl. Göpfert /51/ S. 55). Mit der Ausweitung der Aufgaben und Ziele der Logistik sowie der Veränderung der Wettbewerbssituation vor allem in klassischen Märkten steigt die Bedeutung der Logistik als betrieblicher Wertschöpfungsfaktor und damit die Forderung nach mehr Transparenz über die Leistungsfähigkeit und Potenziale logistischer Wertschöpfungsaktivitäten in Unternehmen und Liefernetzwerken (vgl. TCW /128/, Weber et al. /142/).

Die Messung und Bewertung betrieblicher Leistungen ist ein in der Betriebswirtschaftslehre viel diskutiertes und bis heute nur teilweise gelöstes Problem. Traditionelle Methoden und Instrumente fokussieren auf die Erfassung finanzieller Messgrößen, was den Blick auf die tatsächliche Leistung im Sinne des Beitrages zur Unternehmenswertschöpfung häufig nur teilweise widerspiegelt. Zudem basieren diese Ansätze in der Regel auf einer funktional gegliederten Wertschöpfungsstruktur, was einem zeitgemäßen Verständnis prozessorientierter Wertschöpfung widerspricht (vgl. Horváth /60/ S. 534).

Die strategieorientierte Gestaltung, Bewertung, Steuerung und Kontrolle von Wertschöpfungsprozessen in und zwischen Unternehmungen ist Aufgabe des Prozessmanagements (vgl. Delfmann et al. /25/). Aufgrund der engen Wechselwirkung zwischen dem ökonomischen Erfolg eines Unternehmens und seiner logistischen Leistungsfähigkeit kommt dem Logistikprozessmanagement eine besondere Bedeutung zu. Es gilt, die komplexen Führungs- und Ausführungsaktivitäten in der Logistik transparent zu machen, zu optimieren und aufeinander abzustimmen sowie die besondere Dynamik dieser Zusammenhänge einzuschätzen und zu kontrollieren (vgl. Steinaecker et al. /121/).

Bezüglich der Messung und Bewertung prozessualer Logistikleistung werden Unternehmen vor besondere Herausforderungen gestellt. Im Sinne eines zeitgemäßen Logistikmanagements müssen neben Kostenaspekten nicht-finanzielle Leistungsbeiträge und neben Einzelaktivitäten schnittstellenübergreifende Prozesse der Logistik identifiziert und analysiert werden. Die Analyse logistischer Prozessleistung führt dabei zu Problemen wie der ganzheitlichen Beschreibung und Bewertung der Leistung sowie der unterschiedlichen Wahrnehmung der Zielsetzungen und Ergebnisse der Analyse durch die beteiligten Interessengruppen. Zur Unterstützung des Prozessmanagements sind praktikable Hilfsmittel notwendig, die einerseits den hohen Ansprüchen zur Erfassung der komplexen Wertschöpfungsstrukturen in der Logistik genügen und andererseits eine objektive Beurteilung der komplexen Sachverhalte mit adäquatem Aufwand erlauben (vgl. Bullinger et al. /14/).

## 2 Zielsetzung und Vorgehensweise

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ein Verfahren zur Analyse prozessualer Logistikleistung zu entwickeln, zu implementieren und zu verifizieren, mit dessen Hilfe mehrdimensional definierte Prozessleistung quantitativ bewertet werden kann. Wie nachfolgend gezeigt wird, kann dieses Ziel in besonderem Maße durch eine vergleichende Gegenüberstellung von Prozessleistungsfaktoren mit Hilfe der Data Envelopment Analysis (DEA) erreicht werden. Im Rahmen der Arbeit müssen die Voraussetzungen für den Einsatz der DEA im Logistikprozessmanagement geprüft und Regeln für eine geeignete Leistungsbeschreibung festgelegt werden. Ein auf die Bewertung logistischer Prozessleistung ausgerichtetes DEA-Modell ist zu entwickeln und in einem integrierten Verfahren zur Anwendung zu bringen.

Folgende Teilaufgaben sind zur Zielerreichung zu lösen (vgl. Abbildung 1):

- Beschreibung des Wissensstandes und der Problemstellung (Kapitel 3): Es ist das derzeitige Verständnis des Logistikprozessmanagements zu beschreiben und den Begriff der Prozessleistungsanalyse vor diesem Hintergrund zu problematisieren. Existierende Ansätze zur Prozessleistungsanalyse sind bezüglich ihres Lösungsbeitrages zu untersuchen und das existierende Defizit herauszuarbeiten.
- Konzeption des Verfahrens (Kapitel 4): Ausgehend von einer Zieldefinition des Ansatzes ist darzustellen, auf welcher Methode die Problemlösung aufbaut, welche Anforderungen an das Ergebnis gestellt werden und welcher Entwicklungsbedarf besteht.
- Entwicklung eines Modells zur Leistungsbeschreibung (Kapitel 5): Zur Umsetzung des Verfahrens sind zunächst generelle Strukturen zur Beschreibung logistischer Prozessleistung zu erarbeiten und deren Ausgestaltung in Form spezifischer Beschreibungsmodelle zu erläutern.
- Entwicklung eines Modells zur Leistungsbewertung (Kapitel 6): Zur Umsetzung des Verfahrens muss weiterhin ein für die Bewertung mehrdimensionaler Prozessleistungsausprägungen taugliches Bewertungsmodell entwickelt werden. Hierzu werden existierende DEA-Ansätze untersucht, ein geeignetes Modell ausgewählt und für die Prozessleistungsanalyse in der Logistik angepasst.
- Entwicklung des Verfahrens und Beschreibung möglicher Anwendungsgebiete (Kapitel 7): Aufbauend auf dem Grundschemata der Prozessleistungsanalyse werden die entwickelten Modelle in einem Vorgehen zu Prozessleistungsanalyse integriert. Zusätzlich sind mögliche Formen der Anwendung sowie die charakterisierenden Randbedingungen und Einschränkungen des Verfahrens herauszuarbeiten.
- Implementierung des entwickelten Verfahrens (Kapitel 8): Das Verfahren ist in Form einer verfahrensunterstützenden IT-Applikation umzusetzen.
- Anwendung und Bewertung des Verfahrens (Kapitel 9): Das Vorgehen ist unter Zuhilfenahme der entwickelten IT-Applikation anhand von Praxisbeispielen zu erproben und zu bewerten.

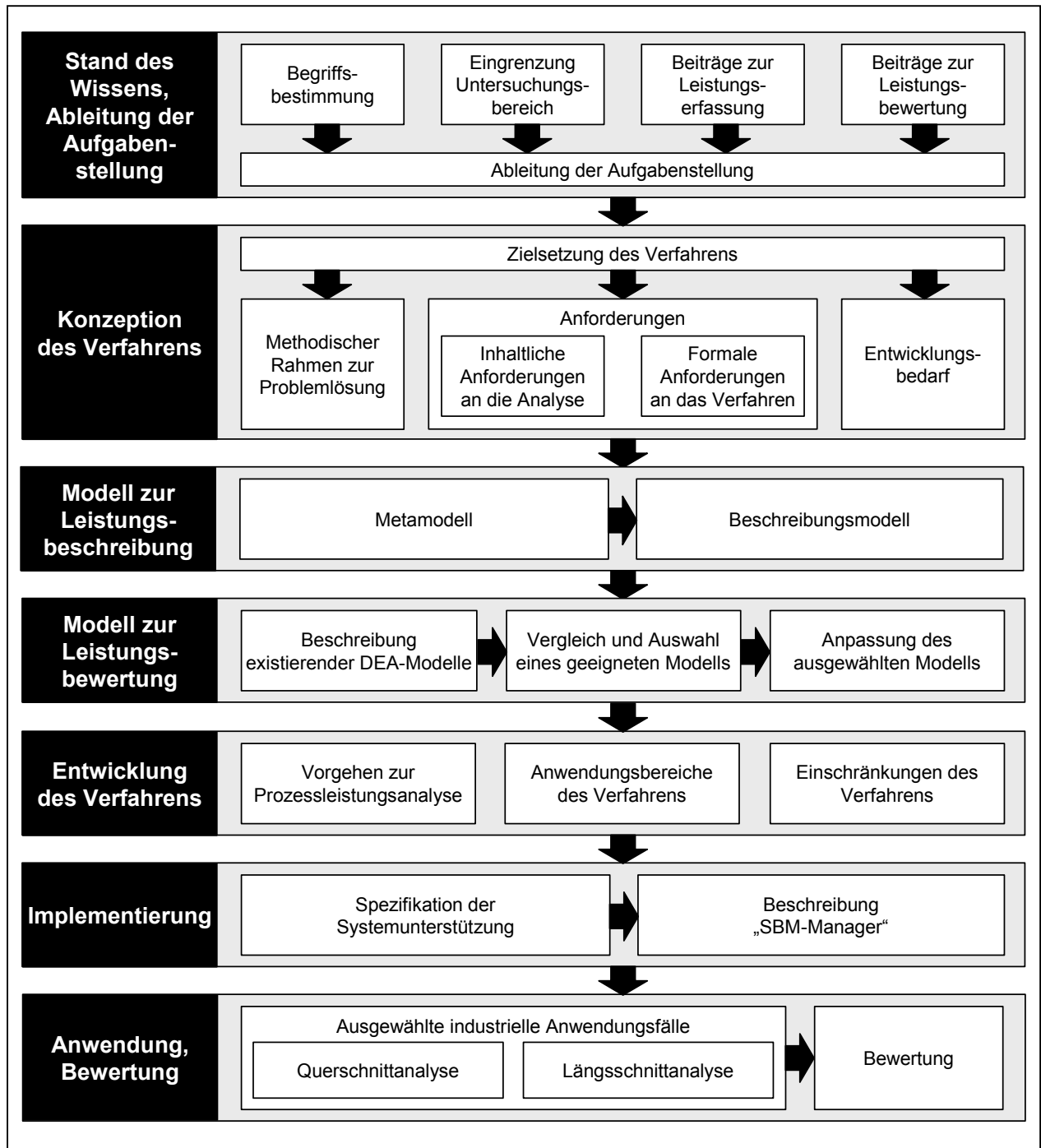


Abbildung 1: Übersicht zur Vorgehensweise

## 3 Stand des Wissens und Ableitung der Aufgabenstellung

### 3.1 Begriffsbestimmung

Die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Erkenntnisse sollen einen Beitrag zum effektiveren Management von Logistikprozessen in der Praxis leisten. Daher ist es erforderlich, die relevanten Grundlagen und Begriffe der Logistiktheorie und des Prozessmanagements zu erläutern.

#### 3.1.1 Logistik

Für den Begriff der Logistik existieren eine Vielzahl von Definitionen, die sich meist nicht widersprechen, sondern lediglich in ihrer Betrachtungsweise ergänzen und in abweichenden Auffassungen über Zielsetzung und Aufgaben der Logistik begründet liegen. Die Bandbreite der Aufgaben wird mit der Unterscheidung zwischen einerseits der Überbrückung von Raum- und Zeitdisparitäten von Gütern und Informationen sowie andererseits dem Management von Wertschöpfungssystemen aus Material-, Waren- und Informationsflüssen ausgedrückt (vgl. Göpfert /52/ S. 6, Wildemann /146/).

Beispielhaft für das heute verbreitete Begriffsverständnis von Logistik ist die Definition des Council of Logistics Management (CLM). Logistik umfasst demnach die **„Planung, Realisierung und Kontrolle des effizienten, kosteneffektiven Fließens und Lagerns von Rohstoffen, Halbfabrikaten und Fertigfabrikaten und der damit zusammenhängenden Informationen vom Liefer- zum Empfangspunkt entsprechend der Anforderungen des Kunden“** (CLM bei Pfohl /94/ S. 4). Dabei wird Logistik als Logistikkonzeption ganzheitlich und funktionsübergreifend gemäß dreier miteinander in Beziehung stehender Arten des Logistikdenkens verstanden: Das Systemdenken umfasst die Vorstellung, dass alle Aktivitäten eines Elementes innerhalb eines Logistiksystems Auswirkungen auf andere Elemente haben und durch ihren Verbund Synergieeffekte erzielt werden können. Das Flussdenken beinhaltet die durchgängige Gestaltung der Güter- und Informationsflüsse vom Liefer- bis zum Empfangspunkt, einschließlich der informatorischen Integration der einzelnen Flüsse und Flussabschnitte. Im Rahmen des Prozessdenkens werden organisationsübergreifende Logistikkentscheidungen über konkurrierende Bereichsziele hinweg angestrebt (vgl. Schulte /114/ S. 3ff).

Mit dem Wandel der Bedeutung der Logistik von der Unternehmensfunktion hin zum Managementkonzept wird synonym zu dem oben beschriebenen Logistikverständnis mehr und mehr der Begriff des Supply Chain Managements gebraucht. Er wird seit dem Beginn der 80er Jahre in der angelsächsischen Literatur im Sinne einer „um die strategische Komponente angereicherten Logistikkonzeption“ verwendet (vgl. Kotzab /73/). Ein Kreis von Autoren sieht das Supply Chain Management als Erweiterung der Logistik hinsichtlich der technischen Integration der Material- und Informationsflüsse, andere Autoren beziehen in einem weiter gefassten Bild auch die Beziehungen zu und insbesondere die Kooperation mit Kunden und Lieferanten entlang der Wertschöpfungskette mit ein. Weitere Informationen zum Stand und den Entwicklungen des Logistik- und Supply Chain Management-Begriffs finden sich bei Ganeshan et al. /44/ und Bullinger et al. /13/.

### 3.1.2 Prozess

#### 3.1.2.1 Prozess

Der Wortstamm des Begriffes führt zu den Ausdrücken Fortgang, Verlauf, Ablauf bzw. Hergang (vgl. Kunesch /80/). Im Mittelpunkt des Begriffes stehen damit Abläufe verschiedener Aktivitäten. Nach DIN ist ein Prozess „eine Gesamtheit von aufeinander einwirkenden Vorgängen in einem System, durch die Materie, Energie oder auch Information umgeformt, transportiert oder auch gespeichert wird“ (DIN 19222 /28/). Im Kontext der industriellen Anwendung kann der Begriff als „eine Menge von zeitorientierten und funktional verknüpften Tätigkeiten, die einen gemeinsamen Zweck erfüllen“ beschrieben werden (vgl. Hansmann /55/ S. 263).

#### 3.1.2.2 Geschäftsprozess

Der obige, allgemeine Prozessbegriff sagt noch nichts über die Zielsetzung, die notwendigen Einsatzfaktoren, das Ergebnis und die Empfänger des Ergebnisses aus. Zielsetzung unternehmerischen Handelns ist es, Einzelaktivitäten so miteinander zu verbinden, dass das Ergebnis der Aktivitätenkette die Bedürfnisse interner oder externer Kunden erfüllt. Im Kern eines Geschäftsprozesses steht daher ein Prozess mit potenziell handelbarem Ergebnis, d.h. mit einer Wertschöpfung, die ein Kunde empfindet und wofür er zu bezahlen bereit ist (vgl. Schönsleben /111/ S. 24).

Nach DIN ISO 9001 kann jede Verknüpfung betrieblicher Aktivitäten, an deren Ende ein definiertes Arbeitsergebnis steht, als Prozess angesehen werden (vgl. DIN ISO 9001 /29/). Im Allgemeinen werden jedoch aus der Vielzahl der ein Unternehmen konstituierenden Prozesse übergreifende „Schlüsselprozesse“ als Geschäftsprozesse identifiziert (vgl. Gaitanides et al. /42/ S. 6). Diese sollen die wesentlichen Aktivitäten der Unternehmung umfassen und strategischen Charakter für die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmung besitzen (vgl. Gaitanides et al. ebd.).

Für diese Arbeit soll eine an Horváth (mit Bezug zu Davenport) angelehnte Definition eines Geschäftsprozesses (GP) gelten: Ein GP ist demnach eine strukturierte Abfolge von Aktivitäten, um von Kunden erwartete spezifische Leistungen zu erzeugen, deren Ergebnisse strategische Bedeutung für das Unternehmen haben (vgl. Horváth /60/ S. 103, Davenport /23/). Dabei sollen folgende Eigenschaften für den GP gelten:

- Der GP hat einen definierten Start und ein definiertes Ende.
- Er verfolgt ein oder mehrere definierte Ziele.
- Es existiert eine messbare Eingabe (Input) und eine messbare Ausgabe (Output), die sowohl materieller (z.B. Stoffe oder Energie) als auch immaterieller (z.B. Informationen oder Rechte) Art sein können.
- Zur Erzeugung des Ergebnisses werden Ressourcen gebraucht, deren Qualität sowohl variat (z.B. Betriebsmittel oder menschliche Arbeit) als auch invariabel (z.B. Transportmittel oder Maschinen) sein kann.
- GPe können durch Dekomposition in Teilprozesse bzw. Aktivitäten zerlegt werden.

### 3.1.2.3 Logistikprozess

Aufgrund der zunehmenden Umsetzung der Prozessorientierung in der Logistik und des wachsenden Beitrages der Logistik zur Unternehmenswertschöpfung soll unter einem Logistikprozess ein Geschäftsprozess im Sinne einer strukturierten Abfolge direkter und indirekter Aktivitäten zur Erzeugung einer von unternehmensinternen oder unternehmensexternen Kunden erwarteten Logistikleistung verstanden werden.

Beim Zugrundelegen eines verrichtungsorientierten Logistikverständnisses werden zur Einteilung der Logistikaktivitäten produzierender Unternehmen häufig verschiedene Phasen des Güterflusses und des ihm vorauseilenden, begleitenden bzw. nachfolgenden Informationsflusses verwendet. Beschaffungsprozesse sollen dabei die Verfügbarkeit der zur Durchführung der betrieblichen Leistungserstellung erforderlichen Güter und Dienstleistungen sicherstellen. Produktionslogistikprozesse sollen die art- und mengenmäßige, räumlich und zeitlich abgestimmte Versorgung der Produktion mit den benötigten Einsatzgütern gewährleisten. Distributionsprozesse sorgen dafür, dass produzierte Güter in Art und Menge, räumlich und zeitlich abgestimmt dem Absatzmarkt zur Verfügung gestellt werden. Entsorgungsprozesse dienen der Rückführung von Produkten, Leergut und Verpackungen zum Entsorgungs- oder Beschaffungsmarkt (vgl. Bowersox /11/ S. 24ff, Pfohl /95/, Schulte /114/, Thaler /130/ S. 17).

Aus Sicht des managementorientierten Verständnisses lassen sich Logistikprozesse in strategische, taktische und operative Führungsaktivitäten unterscheiden, die letztendlich auf die lang-, mittel- und kurzfristige Planung bzw. Steuerung der verrichtungsorientierten Logistikaufgaben und die Einbettung der Logistik in die Gesamtunternehmung abzielen. Auf die Aufgaben des Logistikmanagements wird in Abschnitt 3.2.1 vertiefend eingegangen.

### 3.1.3 Leistung

Der Leistungsbegriff stellt – im Vergleich zu dem der Logistik – einen über die verschiedenen Wissenschaftsdisziplinen hinweg noch breiter angewandten und heterogeneren Begriff dar. Er ist „mit so vielen Äquivokationen behaftet, dass sich seine wissenschaftliche Verwendung fast verbietet“ (Dreizel bei Becker /8/ S. 11). Selbst die Einschränkung der Betrachtung auf die betriebswirtschaftlichen Leistungsverständnisse führt zu einer Fülle unterschiedlicher Auffassungen von Leistung. Allgemein formuliert wird Leistung in der Betriebswirtschaft „im Sinne von Tätigkeit und Tätigkeitsergebnis verstanden; man bezeichnet damit sowohl das Erfüllen der Betriebsaufgabe als auch das hierdurch erzielte Ergebnis“ als Leistung (vgl. Mellerowicz /88/ S. 188). Becker systematisiert darauf aufbauend technologisch-orientierte, tätigkeitsorientierte und ergebnisorientierte Leistungsbegriffe und ein Begriffsverständnis, das Tätigkeit und Ergebnis gleichzeitig umfasst (vgl. Becker /8/ S. 77).

Aus pragmatischen Gründen soll im Rahmen der Arbeit ein an die Produktionstheorie als Teilgebiet der Betriebswirtschaftslehre angelehntes Verständnis von Leistung verwendet werden. Im Zentrum steht dabei der unter Wirtschaftlichkeitsaspekten vollzogene Wertschöpfungsprozess als eigentlicher Transformationsprozess der Produktion. So werden zunächst die Grundlagen der Theorie betrieblicher Wertschöpfung als Basis für die Beschreibung des erfolgstheoretischen Leistungsbegriffes und des produktionstheoretischen Effizienzbegriffes erläutert. Anschließend wird ein Überblick über wichtige Aspekte der Verwendung des Leistungsbegriffes im Kontext der Logistik gegeben. Schließlich wird der für die Arbeit relevante Logistikprozessleistungs-Begriff aus den vorgenannten Ausführungen abgeleitet.

### 3.1.3.1 Grundbegriffe der Theorie betrieblicher Wertschöpfung

„Gegenstand der betriebswirtschaftlichen Produktionstheorie [auch transformationsorientierte Theorie betrieblicher Wertschöpfung genannt] ist die Analyse der Produktion als Prozess der betrieblichen Leistungserstellung“ (Steven /122/ S. 1). Produktion wird dabei als zielgerichtet gelenkte und sich systematisch vollziehende Transformation von Objekten in Gestalt von Sachen, Diensten, Rechten und Informationen in andere, d.h. qualitativ, räumlich oder zeitlich veränderte Objekte sehr weit im Sinne eines Wertschöpfungsprozesses verstanden. Der Aufbau der Produktionstheorie kann dabei in drei Stufen dargestellt werden (vgl. zu den folgenden Ausführungen Dyckhoff /32/ S. 9ff): Auf der untersten Ebene wird der Produktionsprozess lediglich in seinen Input-/Outputbeziehungen erfasst. Grundbegriffe dieser Ebene sind Objekte, Techniken und Restriktionen. Auf der Ergebnisebene wird der reale Aufwand und Ertrag in Gestalt mehrdimensionaler Messgrößensysteme (meist physikalische Mengengrößen) unter anderem mit Hilfe von Ergiebigkeitsmaßen analysiert. Die auf dieser Ebene entwickelte Theorie wird als Produktionstheorie i.e.S. bezeichnet. Auf der Erfolgsebene wird die Wertschöpfung durch die Produktion im Sinne einer eindimensionalen Messgröße behandelt und der Erfolg als Schaden-/Nutzenbilanz dem Saldo monetärer Kosten bzw. Leistungen gegenübergestellt.

In der Produktionstheorie wird die Menge aller denkbaren Realisierungen eines Produktionssystems (im Sinne eines Wirkungsgefüges zur wertschöpfenden Umwandlung der Objekte) als Technik bezeichnet. Die Charakterisierung des Produktionssystems kann aus mathematischer Sicht anhand der Eigenschaften der Technik wie beispielsweise der Größenprogression, -degression bzw. -proportionalität oder der Additivität, Linearität oder Konvexität erfolgen. Eine Produktionsfunktion beschreibt den maximal erzielbaren Faktorsertrag bzw. den Output, der sich aus einem gegebenen Faktoreinsatz bzw. Input erzielen lässt, wenn dieser so effizient wie möglich eingesetzt wird.

Einer der Eckpfeiler der Produktionstheorie ist die Beschreibung und quantitative Messbarkeit von Input- und Output-Objekten des Transformationsprozesses. Ein Objekt (im Sinne einer Sache oder einer vergleichbaren immateriellen Bestandsgröße) lässt sich hierzu durch seine Qualität sowie durch Ort und Zeit seiner Verfügbarkeit charakterisieren. Die charakteristischen Eigenschaften von Objekten müssen so beschrieben werden, dass eine quantitative Messung des Umfanges einer Menge von Objekten gleicher Art, z.B. durch ihre diskrete Anzahl oder in Form stetiger Mengen, möglich ist. Die Erfassung von Input- und Outputmengen stellt dabei eine Strukturierung in der Prozessbeschreibung dar, die eine weiterführende Analyse des Prozesses beispielsweise hinsichtlich Produktivität oder Kausalität der Prozessfaktoren ermöglicht.

Wie bereits erläutert wird eine „Produktion“ als eine sich systematisch vollziehende Transformation von Objekten verstanden. Dabei legen die Ziele eines Produktionssystems fest, was aus der subjektiven Sicht des „Produzenten“ und weiterer Interessengruppen, insbesondere der Leistungsempfänger bzw. „Kunden“, zu einer Wertschöpfung bzw. Schadschöpfung führt. Die Erfolgstheorie legt hierzu die Existenz einer Erfolgswertfunktion zugrunde, die jeder Aktivität in eindeutiger (eindimensionaler) Weise die insgesamt bewirkte Wertveränderung als Saldo des Nutzens und der Schäden zuweist und damit die Vorteilhaftigkeit der Aktivität im Hinblick auf die zugrunde gelegten Ziele misst. Im Rahmen der ökonomischen Interpretation der Zielwerte, etwa in Form von Preisen, wird dann bei positiven Erfolgsbeiträgen von Nutzen bzw. **Leistung** und bei negativen Erfolgsbeiträgen von Schaden bzw. **Kosten** gesprochen (vgl. Dyckhoff /32/ S. 195).

### 3.1.3.2 Der produktionswirtschaftliche Effizienzbegriff

Kosten und Leistungen als monetäre Größen stellen nicht immer geeignete Größen zur Bewertung dar: Für manche Ergebnisse existieren keine handelbaren Marktpreise oder diese lassen sich nur sehr schwer herleiten. Zur Bewertung der Produktion können jedoch auch die Erwünschtheit der Eingangs- und Ergebnisobjekte und die Ergiebigkeit des Transformationsprozesses herangezogen werden. Je nachdem ob die nützlichen oder schädlichen Eigenschaften relevanter Input- und Outputobjekte überwiegen, können diese als Gut, über das man verfügen möchte, als Übel, das man nicht haben bzw. vermeiden möchte, oder als Neutrum angesehen werden. Zur Messung der Ergiebigkeit einer Produktion werden Relationen zwischen Input- und Outputquantitäten des Wertschöpfungsprozesses gebildet. Im Falle des Faktorertrag-Faktoreinsatz-Koeffizienten wird dabei auch von der Produktivität bzw. der **Effizienz** einer Produktion gesprochen.

Eine Produktion heißt „effizient in Bezug auf die vorausgesetzte Präferenzrelation sowie die zu Grunde liegende Technik oder das betrachtete Produktionsfeld, wenn sie von keiner anderen Produktion dieser Technik bzw. dieses Produktionsraumes dominiert [im Sinne geringerer Aufwendungen oder höherer Erträge wenigstens einer Objektart bei gleichen Aufwendungen und Erträgen aller anderen Objektarten höher eingeschätzt] wird“ (Dyckhoff /32/ S. 139).

#### Fall A: 1 Input und 1 Output

Im Fall eines Input- und eines Outputfaktors lässt sich dieser Zusammenhang einfach darstellen. Die Effizienz einer Produktion wird durch folgenden Koeffizienten beschrieben:

$$Effizienz = \frac{Output}{Input} \quad \text{Formel 1}$$

Tabelle 1 zeigt beispielhaft die Realisationen einer (einzigen) Technik durch die Beschreibung der Outputquantitäten in Abhängigkeit verschiedener Inputquantitäten. Offensichtlich weist *P2* die höchste Durchschnittsproduktivität bzw. Effizienz auf. Unter Annahme konstanter Skalenerträge ist *P2* auch die einzige effiziente Produktion, alle anderen Realisationen „verschwenden“ entweder Input oder erreichen nicht den vergleichbaren Output.

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Input	2	3	6	9	5	4	10	9
Output	2	5	7	8	3	1	7	5
Effizienz	1	1,67	1,17	0,89	0,6	0,25	0,7	0,56

Tabelle 1: Realisationen der Beispieltechnik

In dem Beispiel produziert die Einheit *P2* den gleichen Output wie die Einheit *P8* mit sechs Einheiten weniger Input. Die Sichtweise auf den relativen Vergleich zweier Produktionen wird, je nachdem welche Richtung der Ineffizienz betrachtet wird, als input- bzw. outputorientierte Sichtweise bezeichnet. Bei inputorientierter Sichtweise verschwendet *P8* gegenüber *P2* sechs Inputeinheiten, bei outputorientierte Sichtweise bleibt *P8* zehn Outputeneinheiten hinter der Durchschnittsproduktivität von *P2* zurück. Abbildung 2 stellt diesen Zusammenhang grafisch dar. Unter Annahme konstanter Skalenerträge bildet der Strahl vom Ursprung durch die Produktion *P2* die „effiziente Linie“ und gleichzeitig die Produktionsfunktion (in der Abbildung  $f_1$ ) der vorliegenden Technik.



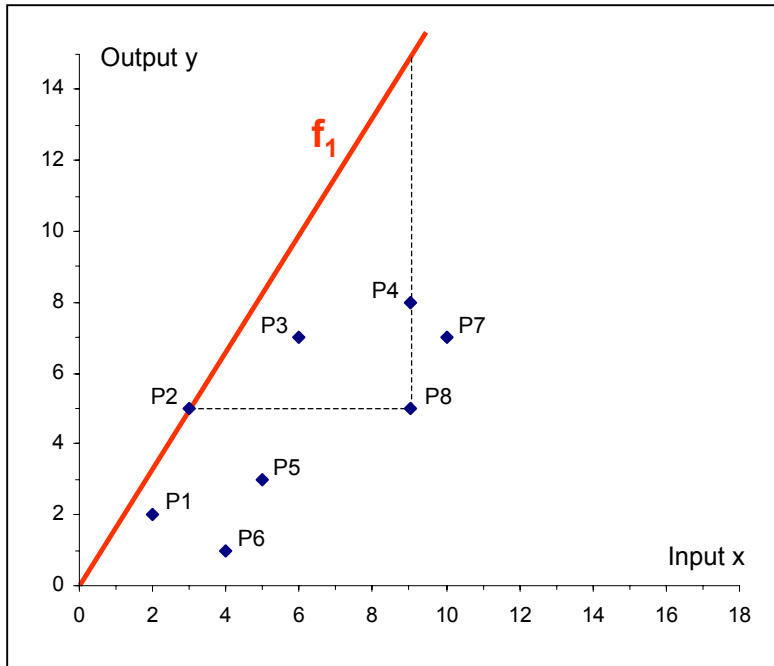


Abbildung 2: Beispiel-Produktionsfunktion mit konstanten Skalenerträgen

Das Zugrundelegen variabler Skalenerträge führt in der Regel zu einer größeren Anzahl effizienter Einheiten. Die effiziente Linie wird durch die äußeren nord-westlichen Realisationen der Technik gebildet (vgl.  $f_2$  in Abbildung 3).

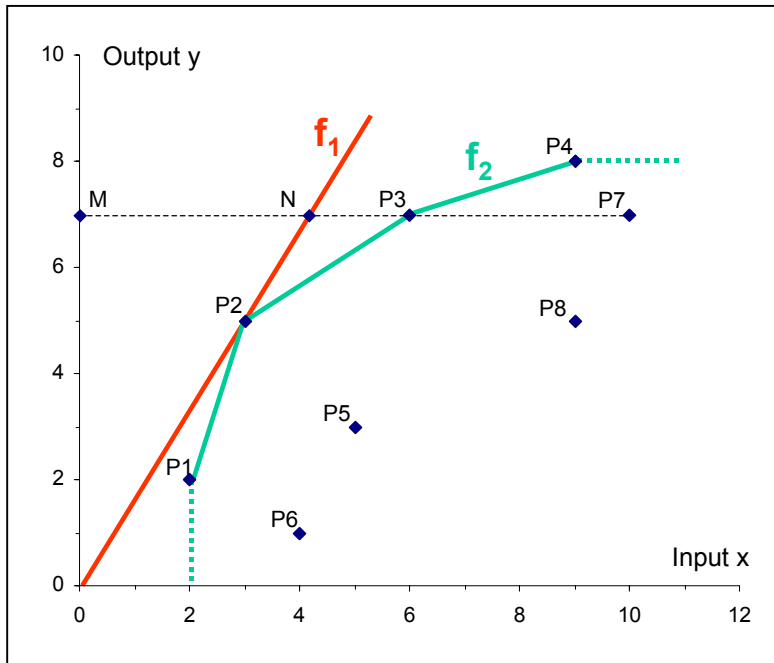


Abbildung 3: Beispiel-Produktionsfunktion mit variablen Skalenerträgen

### Fall B: m Inputs und s Outputs

Die Bestimmung der Effizienz und der Vergleich von Produktionseinheiten mit mehreren, möglicherweise untereinander im Zielkonflikt stehenden Input- und Outputfaktoren gestalten sich schwieriger. Ohne weitere Annahmen ist es beispielsweise nicht möglich, die Effizienz zweier Produktionen mit gleichem Input und zwei gegenläufig ausgeprägten Outputfaktoren (*Output1* der *Produktion1* ist größer als *Output1* der *Produktion2* und *Output2* der *Produktion1* ist kleiner als *Output2* der *Produktion2*) zu „bewerten“. Eine Standardlösung dieses Problems

stellt die Einführung von Präferenzrelationen der Input- und Outputfaktoren in Form von Gewichtungen dar. Ein aus den gewichteten Summen der Input- und Outputfaktoren gebildeter aggregierter Effizienzwert (vgl. Formel 2) stellt sodann eine additive Nutzwertbetrachtung einer Produktionseinheit dar, der die Präferenzen des Entscheiders hinsichtlich der Bedeutung der Einzelfaktoren widerspiegelt und damit den Übergang von der produktionstheoretischen Effizienzbetrachtung zu der erfolgstheoretischen Wertbetrachtung des Transformationsprozesses herstellt. Gelten für die Vergleichseinheiten (Realisationen derselben Technik) die gleichen Gewichte, so können zusätzlich die Einheiten untereinander in Beziehung gebracht und ihr relativer „Wert“ bestimmt werden.

$$\text{Effizienz} = \frac{\text{Summe der gewichteten Outputfaktoren}}{\text{Summe der gewichteten Inputfaktoren}} \quad \text{Formel 2}$$

Der Einsatz von Zielgewichten bringt verschiedene Nachteile mit sich. Als problematisch erweist sich in erster Linie die Subjektivität des Entscheiders, der die Gewichte auf der Basis eigener Erfahrungen oder anderer Informationen festlegen muss. Das Ergebnis der Effizienzmessung einer Produktionseinheit, wie auch der Vergleich von Produktionseinheiten, hängt damit entscheidend von seinen persönlichen Zielen ab und ist entsprechend subjektiv. Insbesondere beim Vergleich vieler Produktionen entsteht damit die Schwierigkeit, diese Gewichtungen erstens im Vorfeld der Untersuchung und zweitens für alle Vergleichseinheiten einheitlich festzulegen.

Das Vorgehen zur Bestimmung der Effizienz einer Produktionseinheit durch den Vergleich des tatsächlich erzielten Faktorertrages mit dem aus der Produktionsfunktion ermittelten maximalen Faktorertrages basiert auf der Vorstellung von Farrell (vgl. Farrell /39/), nach der man die bestpraktizierenden Einheiten einer Vergleichsgruppe als Maßstab für die Beurteilung der übrigen Einheiten heranziehen kann (vgl. Schefczyk /107/). Dabei werden nicht nur tatsächlich beobachtete Realisationen zum Vergleich herangezogen, sondern auch alle durch die Nutzung nichtnegativer Gewichte entstehenden Linearkombinationen (sog. „virtuelle“ Vergleichseinheiten) (vgl. Klopp /71/ S. 7ff).

### 3.1.3.3 Logistikleistung

Nach Göpfert hängt die Definition von Logistikleistung maßgeblich von dem zugrundeliegenden Verständnis der Ziele und Aufgaben der Logistik ab und sollte „unter unmittelbarem Bezug auf den Leistungserstellungsprozess vorgenommen werden“ (Göpfert /52/ S. 290f). In einer frühen Entwicklungsphase der Logistik fokussiert der Leistungsbegriff daher Logistikleistungen im Sinne der Überbrückung von Raum, Zeit und Mengen-Disparitäten. Als Basis der Logistikleistungstheorie ist in Standardwerken daher oft die „richtige“ Erfüllung verrichtungsorientierter Logistikaufgaben, also die richtige Ware zur richtigen Zeit am richtigen Ort in der richtigen Menge und Qualität bereitzustellen, angeführt.

Im Rahmen der Erweiterung des Aufgabenspektrums der Logistik muss nach Meinung der Autorin der klassische Leistungsbegriff auf wertschöpfende Führungsleistungen und auf Leistungsbeiträge von Aktivitäten, die zwar einen Zielbeitrag für die Logistik leisten, deren Zweck jedoch außerhalb der Logistik liegt, ausgedehnt werden. Unter Führungsleistungen sind dabei sowohl klassische logistische Führungsaufgaben, wie z.B. Tourenplanung oder Bestandsdisposition, als auch neue Managementaufgaben, wie z.B. die Logistiknetzwerkplanung, zu sehen. Mittelbar logistikleistungserzeugende Aktivitäten sind beispielsweise Produktions- oder F&E-Prozesse (vgl. Göpfert ebd.).

Wildemann hält außerdem eine erweiterte Betrachtung der logistischen Wertschöpfung als Dienstleistungsprozess aufgrund der Nähe der logistischen Leistung zum Leistungserstellungsprozess für sinnvoll (vgl. Wildemann /145/). In Anlehnung an die Phaseneinteilung der Dienstleistungsqualität können dabei „Potenzial-, Abwicklungs- und Ergebnisphase“ (Donabedian bei Wildemann ebd.) unterschieden werden. Im Sinne von Bowersox/Closs/Helferich muss das klassische Logistikleistungsverständnis, das auch als interne Logistikleistung bezeichnet werden kann (vgl. Klaus /68/ S. 331), außerdem um die externe Logistikleistung erweitert werden, um die Wirkung der Logistik aus Sicht des Kunden zu berücksichtigen (vgl. Bowersox /111/ S. 57ff). Verschiedene Autoren schlagen hierzu Merkmale wie z.B. Lieferzeit, -treue, -fähigkeit, -qualität und -flexibilität vor (vgl. auch Pfohl /94/ S. 116ff, Weber et al. /143/ S. 6ff).

Als weiterer Kritikpunkt an dem traditionellen Logistikleistungsbegriff ist die starke Verbindung zum betriebswirtschaftlichen Leistungsbegriff (vgl. Weber /138/ S. 87) unter Vernachlässigung der nicht-finanziellen Sichtweisen von Logistikleistung anzuführen. Der betriebswirtschaftliche Leistungsbegriff schlägt sich in der Logistikleistungstheorie nachhaltig in der Logistikkostenrechnung nieder (vgl. Hartmann /56/, VDI 3330 /132/, Weber /140/) und muss im Sinne einer ganzheitlichen Leistungsbetrachtung um nicht-finanzielle Leistungsaspekte erweitert werden (vgl. Gleich /48/ S. 7ff).

#### 3.1.3.4 Logistikprozessleistung

Das aktuelle Begriffsverständnis der Logistik legt in Folge des System-, Fluss- und Prozessdenkens eine prozessorientierte Gliederung der Wertschöpfung in Leistungsstellen nahe. Zur Herleitung des Leistungsverständnisses soll der Logistikprozess aus produktionstheoretischer und logistikpraxisorientierter Sicht betrachtet werden. Die Zusammenfassung der in den vorherigen Abschnitten genannten Aspekte führt zu den in Abbildung 4 dargestellten Dimensionen von Logistikprozessleistung.

Das verrichtungsorientierte Logistikleistungsverständnis stellt die Dimension der Ressourcenverfügbarkeit dar, das sich aus Sicht des Leistungsempfängers in der Art, der Menge, dem Ort, der Qualität und der Zeitdauer bis zur Befriedigung seines Leistungsbedürfnisses niederschlägt. Dabei können physische Stoffe oder Informationen das Objekt, an dem die Leistung erbracht wird, bilden. Unter dem Gesichtspunkt der Phasen der Sachzielerreichung können die Potenzial-, Abwicklungs- und Ergebnisphase der Leistungserstellung unterschieden werden. Dabei erfolgt die Leistungserstellung unter wirtschaftlichkeits- und liquiditätsorientierten Formalzielen. Schließlich kann die Leistungserstellung noch unter Aspekten der Prozessqualität, wie der Flexibilität im Sinne von Anpassungsfähigkeit auf geänderte Rahmenbedingung sowie der Zuverlässigkeit und Geschwindigkeit in Standard- bzw. Ausnahmesituationen, betrachtet werden.

Die Leistungserzeugung durch eine zielgerichtete, von Kundenbedürfnissen ausgehende Transformation von Prozessinputs zu Prozessoutputs stellt die Hauptfunktion von Geschäftsprozessen und damit auch von Logistikprozessen dar. Aus diesem Grund fokussiert der im Laufe der Arbeit verwandte Prozessleistungsbegriff auf die Produktivität bzw. Effizienz der Leistungserstellung im Hinblick auf die Prozessziele. Folgende Definition von Logistikprozessleistung soll fortan gelten: **Logistikprozessleistung bildet das mengen- und qualitätsbezogene Ergebnis einer zielorientierten Folge von Logistikaktivitäten im Verhältnis zu den dafür eingesetzten Ressourcen.** Der Leistungsbegriff richtet sich damit (analog zum Effizienzbegriff) sowohl auf die Ergiebigkeit

als auch auf das Ergebnis des Transformationsprozesses (zum Effizienzbegriff vgl. Mai /84/ S. 49ff). Im produktionswirtschaftlichen Sinne ist der so definierte Leistungsbegriff also mindestens durch eine Input- und eine Outputgröße, die mindestens ein Sachziel des Transformationsprozesses operationalisieren, gekennzeichnet.

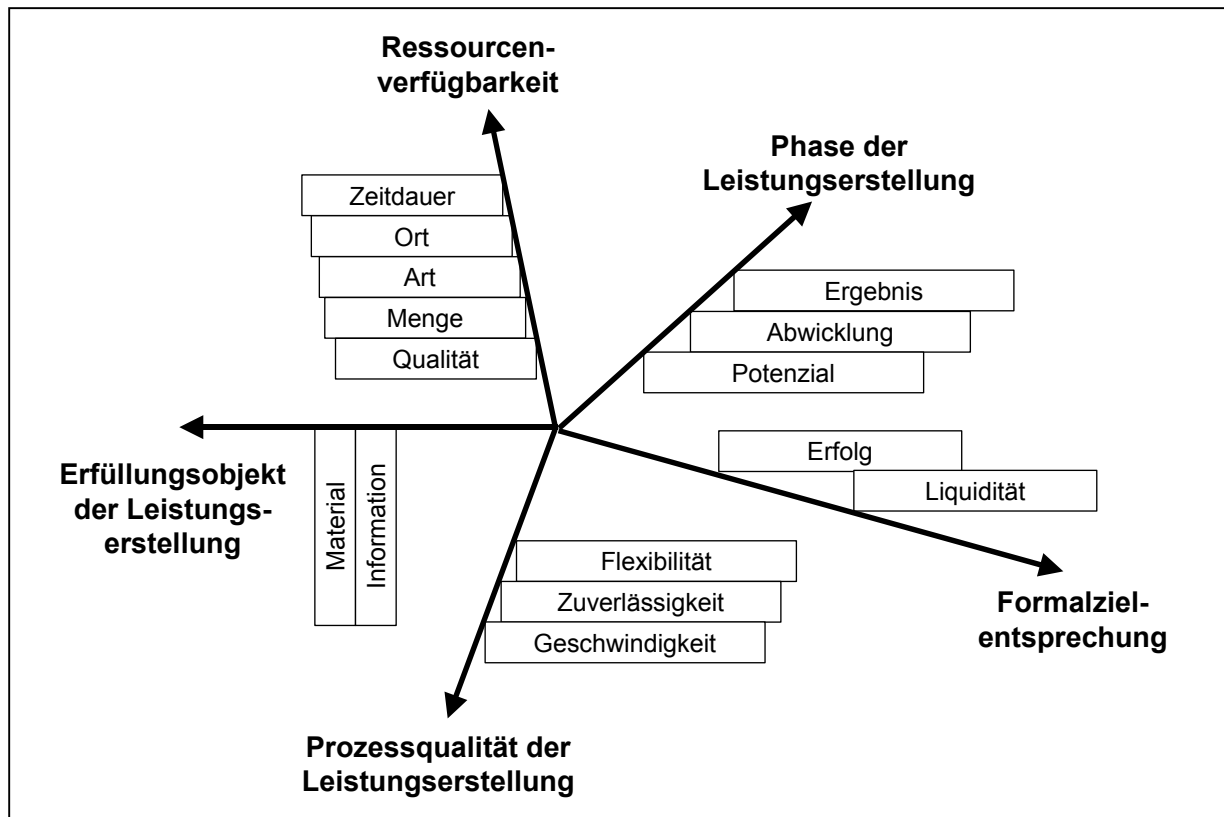


Abbildung 4: Dimensionen von Logistikprozessleistung (in Anlehnung an Wildemann /145/ S. 174)

Die obige Definition von Logistikprozessleistung schließt das Begriffsverständnis von Logistikeffizienz nach Strigl ein, der Logistikeffizienz als „Maß für eine entsprechend den Unternehmenszielen optimale Kombination der realisierten Logistikkosten und Logistikleistungen“ definiert (Strigl /124/ S. 13). Der Autor verwendet den Effizienzbegriff allerdings sehr allgemein (als „Verhältnis von Output und Input“) und setzt sich mit der Frage nach dem wertschöpfenden Inhalt des Transformationsprozesses nur insofern auseinander, dass er mit Bezug auf Pfohl Logistikleistung als den Output eines Logistiksystems im Sinne von Ressourcenverfügbarkeit versteht (vgl. Strigl /124/ S. 12).

## 3.2 Eingrenzung des Untersuchungsbereiches

### 3.2.1 Logistikmanagement

Den Begriff des Logistikmanagements sieht Pfohl in Analogie zum Logistikkbegriff einer anhaltenden Dynamik ausgesetzt (vgl. Pfohl /94/ S. 13). Auf der Basis empirischer Untersuchungen unterscheidet der Autor Entwicklungsphasen des Logistikmanagements unter anderem danach, ob der Logistikkonzeption lediglich auf operativer Planungsebene, auf taktischer oder auch auf strategischer Planungsebene Bedeutung beigemessen wird. Pfohl sieht dabei eine direkte Korrespondenz der Managementausprägung zu der Logistikkompetenz, also „der Fähigkeit des Unternehmens zu Umsetzung der Logistikkonzeption“ und unterscheidet hierzu in ein krisenorientiertes, kostenorientiertes,

effizienzorientiertes und planungssystemorientiertes Logistikmanagement mit unterschiedlichen Ansätzen zur Produktivitätssteigerung.

Unter diesen Gesichtspunkten lassen sich die Aufgaben des Logistikmanagements in strategische und dispositive Entscheidungen, in die strategische, taktische und operative Logistikplanung und in die Logistiksteuerung unterteilen. Gegenstand der strategischen, langfristigen Planung ist die Abschätzung der Gesamtnachfrage an Produkten bzw. Prozessen, die an das Unternehmen oder Netzwerk durch die Konsumenten der Produkte bzw. Dienstleistungen herangetragen wird. Die notwendigen Personal-, Material-, Informations- und Betriebsmittelressourcen sind zu bestimmen und sicherzustellen. Im Rahmen der taktischen, mittelfristigen Planung sind präzisierte Bedarfe an Ressourcen mit den wahrscheinlich verfügbaren Ressourcen abzustimmen und die langfristigen Prognosen zu korrigieren. Die operative Logistikplanung umfasst die kurzfristige Planung der einzelnen Schritte zur Realisierung des Logistiksystems, zum Einsatz der Produktionsfaktoren und die Organisation der Zusammenarbeit mit den ausgewählten Partnern. Im Rahmen der Logistiksteuerung wird in den Realisierungsprozess der Logistikaktivitäten eingegriffen und den nicht bzw. falsch berücksichtigten Realbedingungen Rechnung getragen. Die Realisierung selbst kann dann durch administrative und operative Tätigkeiten, also die eigentliche Abwicklung physischer Transport-, Lager-, Umschlags- und sonstiger Aufgaben sowie deren informationstechnische Unterstützung, ausgedrückt werden (vgl. Pfohl /94/ S. 21ff, Schönsleben /111/ S. 128ff).

Zusammenfassend bezeichnet Göpfert die Funktion des Logistikmanagements als die **„Entwicklung, Gestaltung und Lenkung effektiver und effizienter Material-, Informations- und Geldflüsse in Wertschöpfungssystemen“** (Ausführungssysteme und Führungssysteme) und unterstützt damit die in dem Abschnitt 3.1.1 beschriebene Zielsetzung der Logistik aus managementorientierter bzw. führungstechnischer Sicht (vgl. Göpfert /52/ S. 105). Aus diesem Verständnis wird die Nähe des Logistikmanagementbegriffs zum Begriff des Geschäftsprozessmanagements klar, dessen Hauptziele „Führung, Organisation und Controlling von Geschäftsprozessen“ darstellen (vgl. Schmelzer /109/ S. 5). Durch die Synthese des Logistikmanagement-Verständnisses und der Aufgaben des Geschäftsprozessmanagements können folgende Punkte als wesentliche Merkmale eines Logistikprozessmanagements abgeleitet werden:

- die strategie- und kundenorientierte Definition der Logistikprozesse,
- die Integration von Logistikprozessführung, -organisation und -controlling,
- die mehrdimensionale Steuerung der Logistikprozesse über Effektivitäts- und Effizienzparameter,
- die Prozessoptimierung durch Prozesserneuerung und -verbesserung und
- die Einführung des Logistikprozessmanagements als Vorgang des organisatorischen Wandel.

### **3.2.2 Prozessleistungsanalyse**

Unter dem Begriff der Analyse wird im Allgemeinen die Untersuchung eines physischen Objektes oder eines Objektes der Vorstellungswelt mit dem Ziel der Zerlegung des Objektes in seine Bestandteile sowie der Bestimmung der Beziehungen dieser Bestandteile untereinander und zur Umwelt verstanden (vgl. Stickel et al. /123/ S. 16). Im

Geschäftsprozessmanagement wird der Begriff der Prozessanalyse häufig synonym zum Begriff der Prozessmodellierung verwandt. Dabei hat die Prozessmodellierung in erster Linie „das integrative Zusammenwirken von Funktionen, Daten und Organisationseinheiten abzubilden“ (vgl. DIN /26/) und reicht damit zur Analyse der Prozessleistung nicht aus.

Fahrwinkel definiert in einem erweiterten Verständnis der Geschäftsprozessmodellierung als Modellierungsphasen die Ist-Modell-Entwicklung, die Modell-Analyse und die Soll-Modell-Entwicklung als Basis für die Prozessoptimierung und sieht in diesem Zusammenhang als Aufgabe der Analyse die Schaffung eines „vertieften Verständnisses der bestehenden Geschäftsprozesse und der sie beschreibenden Größen“ (Fahrwinkel /38/ S. 8). Als wesentliche Beschreibungsmerkmale eines Geschäftsprozesses nennt die Autorin „das von ihm [dem Geschäftsprozess] erzeugte Ergebnis, die für die Erzeugung des Prozessergebnisses benötigten Eingangsgrößen sowie die für seine Ausführung eingesetzten Ressourcen“ (Fahrwinkel /38/ S. 6). Dreher definiert mit Bezug auf Horváth im Zusammenhang des Logistik-Benchmarkings die Prozessanalyse als „detaillierte Erfassung der Ist-Situation“, in der die prozessbestimmenden Parameter Kunde, Lieferant, Prozessverantwortlicher, Aktivität, Input und Output ermittelt werden“ (vgl. Dreher /30/ S. 87). Als methodischen Bezugsrahmen für den Prozessvergleich wählt der Autor in seinen weiteren Ausführungen das Vorgehen zur Prozessmodellierung nach Gaitanides (s.u.).

Nach Delfmann/Reihlen ist die Prozessanalyse betrieblicher Kosten und Leistungen eine der drei tragenden Säulen des Prozessmanagements. Dabei verstehen die Autoren unter dem Begriff des Prozessmanagements „die strategieorientierte Analyse, Bewertung, Gestaltung (Verbesserung), Steuerung und Kontrolle von Wertschöpfungsprozessen in und zwischen Unternehmungen“ (Delfmann et al. /25/ S. 5ff). Im Rahmen einer wegweisenden Prozessmanagement-Konzeption beschreiben Gaitanides/Scholz/Vrohling/Raster den Schlüssel zur Beherrschung der komplexen Wirkungszusammenhänge im Unternehmen durch die „Schaffung von Transparenz in der betrieblichen Leistungserstellung. Transparenz ist für die Prozessstruktur auf der einen Seite und für die Prozessleistung auf der anderen Seite notwendig. Die Prozessstrukturtransparenz erstreckt sich auf die Zusammenhänge bei prozessualer Leistungserstellung, indem die einzelnen Prozessschritte und deren Verknüpfung aufgezeigt werden. (...) Prozessleistungstransparenz bezieht sich auf die aktuelle Performance hinsichtlich Kundenzufriedenheit, Qualität, Zeit und Kosten des Prozesses“ (Gaitanides et al. /42/ S. 25). Da Gaitanides et al. durch viele Autoren als Referenz für die grundlegenden Prinzipien des Prozessmanagement herangezogen werden, sollen als Basis für diese Arbeit folgende Ziele der Prozessleistungsanalyse in Anlehnung an Gaitanides et al. gelten (vgl. Gaitanides et al. ebd.):

- **Beherrschung der Prozesse** (Erfassung von Leistungsparametern und zielorientierte Steuerung der Leistung hinsichtlich des erforderlichen Niveaus)
- **Bewertung des Prozesses** (Permanenter Soll-/Ist-Vergleich durch Festlegung von Zielvorgaben auf der Basis interner und externer Ergebnisse sowie der Kundenanforderungen)
- **Definition von Verbesserungspotenzialen** (Definition vorhandener Schwachstellen und möglicher Leistungsdefizite anhand der Messergebnisse)
- **Bewertung von Prozessänderungen** (Verifikation der Wirksamkeit von Prozessänderungen mit Hilfe von Prozessleistungsparametern)

- **Positionierung des Prozesses hinsichtlich externer und interner Wettbewerbsfähigkeit** (Erweiterung der Wettbewerbsfähigkeit von der strategischen auf die operative Ebene durch den Vergleich operativer Stärke beispielsweise mit Hilfe von Benchmarking-Ansätzen)

Aus den Zielen und Anforderungen der Prozessleistungsanalyse kann gefolgert werden, dass ein entsprechender Ansatz in erster Linie zur Klärung folgender Fragestellungen beitragen muss (vgl. Bullinger et al. /14/):

- Welche **Ziele** werden mit dem Prozess angestrebt?
- Welche **Art(en)** von Leistung wird (werden) erbracht? Wie kann (können) diese attributiv beschrieben werden?
- In welchem **Maß (Quantität bzw. Qualität)** wird Leistung erbracht?
- Wie ist der **Wert** der erbrachten Leistung vor dem Hintergrund der Zielsetzungen der Leistungserstellung bzw. im Vergleich zu Referenzprozessen mit denselben Zielsetzungen einzuschätzen?

Da die Beeinflussung/Optimierung der Leistung von Prozessen einen fallspezifischen und im hohen Maße durch Kreativität geprägten Vorgang darstellt, wird der Untersuchungsbereich der Arbeit auf die Erfassung und den Vergleich von Prozessleistung zur Identifikation von Schwachstellen eingegrenzt. Aus der Analyse wird damit explizit die Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen aus den identifizierten Schwachstellen ausgeschlossen. Diese Eingrenzung stellt hinsichtlich der generellen Zielsetzung der Arbeit, der Unterstützung des (Logistik-)Prozessmanagements, eine Fokussierung, aber keine essentielle Einschränkung dar, da die Zielabweichungsanalyse als wesentliche Voraussetzung für die Einleitung korrektiver bzw. verbessernder Maßnahmen im Prozessmanagement gilt (vgl. Schmelzer /109/ S. 216f).

Aufgrund der Vielzahl der mit dem Thema in Verbindung stehenden wissenschaftlichen Ansätze soll eine Charakterisierung existierender Beiträge zur Prozessleistungsanalyse vorgenommen werden. Dabei wird in Beiträge zur Erfassung und Beurteilung logistischer Prozessleistung unterschieden. Weder die ausgewählten Wissenschaftsbereiche noch die beschriebenen Ansätze erheben dabei den Anspruch auf Vollständigkeit. Sie wurden vielmehr aufgrund ihrer Praxisrelevanz, ihrer Logistikspezifität oder ihres hohen Eignungsgrades für die Prozessleistungsanalyse ausgewählt.

### **3.3 Beiträge zur Erfassung von Logistikprozessleistung**

Im Folgenden werden die wichtigsten Beiträge der Wissenschaft im Zusammenhang mit der Erfassung logistischer Prozessleistung vorgestellt. Dabei werden neben Logistikkennzahlen und -kennzahlensystemen vor allem Ansätze zur Prozessmodellierung und der Logistikzielbeschreibung in den Themenkomplex miteinbezogen.

#### **3.3.1 Ziele und Zielsysteme**

Die Beschreibung logistischer Leistungen wird dadurch zu einem Managementinstrument, dass mit ihrer Hilfe Ziele für die Logistik formuliert werden (vgl. Jacoby /64/ S. 33). Logistikziele sind dabei Unterziele in der Zielhierarchie des Unternehmens und können als Mittel zur Erfüllung der Unternehmensziele aufgefasst werden (vgl. Pfohl /94/ S. 209).

Als Grundlage des Logistikmanagements haben sich verschiedene Autoren mit Logistikzielen und ihrer Systematisierung in Form von Zielsystemen auseinandergesetzt (vgl. beispielsweise Klöpper /72/ S. 100ff, Luczak et al. /83/ S. 29, Syska /127/ S. 82ff, Zäpfel et al. /151/ S. 64ff). Gebräuchliche Logistikziele bzw. Zieldimensionen sind Zeit, Qualität, Flexibilität und Kosten, die in der Literatur in unterschiedlicher Weise und Ausprägung (z.B. nach Logistikkosten und -leistung oder Logistikeffizienz und -effektivität) strukturiert und systematisiert werden. Eine allgemeine Kategorisierung von Unternehmenszielvorstellungen nimmt eine Einteilung in ökonomisch-zwingende und „disponible“ Zielinhalte vor, wobei letztere nur dann angestrebt werden, „sofern die ökonomischen darunter keinen existenzbedrohenden Schaden erleiden“ (Hamel bei Gladen /47/ S. 29). Zu ökonomisch-zwingenden Zielinhalten gehören Sachziele und Formalziele, die in Sachziele bzgl. des Ergebnisses, der Durchführung und des Potenzials des Leistungserstellungsprozesses sowie in formale Erfolgs- und Liquiditätsziele unterteilt werden (vgl. Gladen /47/ S. 30).

#### 3.3.1.1 Kriterien zur Logistiksystemevaluation nach Klöpper

Wie bereits beschrieben hat sich Klöpper im Rahmen seiner Überlegungen zum logistikorientierten strategischen Management mit der Gestaltung logistischer Wertschöpfungssysteme und in diesem Zusammenhang mit der „anforderungsgemäßen, dynamischen und prozessorientierten Evaluation“ derselben auseinandergesetzt (zu den folgenden Ausführungen vgl. Klöpper /72/ S. 152ff). Aufbauend auf drei Grundelementen strategischer Erfolgsdeterminanten (Abnehmerwerte, effektive und effiziente Wertschöpfung sowie Wettbewerbsvorteile), die der Autor unter der Bezeichnung „strategisches Erfolgstripel“ als integrales Zielsystem für eine logistikorientierte Unternehmensstrategie u.a. aus den Überlegungen von Porter ableitet, beschreibt Klöpper zwei Sichtweisen zur Untersuchung logistischer Wertschöpfungssysteme: die ökonomische Evaluation und die logistische Evaluation. Die ökonomische Evaluation basiert auf der Zuordnung von Kriterien zu den Leistungsobjekten eines Wertschöpfungssystems und ordnet jedem Leistungsobjekt in jedem Zustand des Transformationsprozesses sowohl einen (monetären) Wert als auch Kosten zu. Die logistische Evaluation liefert mittels ihres Basiskriteriums der logistischen Leistung ein Maß für den an physischen Attributen orientierten Transformationsprozess.

#### 3.3.1.2 Logistikzielsystem nach Syska

Den Kern der Arbeit von Syska bildet eine Vorgehensweise zur Bildung betriebsspezifischer Logistik-Kennzahlensysteme auf der Basis eines allgemeinen Logistik-Zielsystems, das der Autor logisch-deduktiv aus den aus seiner Sicht primären Logistikzielen der Erhöhung der Lieferbereitschaft und der Reduzierung der Logistikkosten ableitet (zu den folgenden Ausführungen vgl. Syska /127/ S. 82ff). Zur Definition des Zielsystems strukturiert Syska die Logistikziele ausgehend von den primären Zielgrößen in Logistik-Leistungsziele bzw. Logistik-Kostenziele und beschreibt die Zielbeziehungen (Zielneutralität, -konkurrenz und -komplementarität) zwischen den einzelnen Zielgrößen. Bei der Ableitung des Zielsystems wird dabei jeweils ein einzelnes Logistikziel mit denjenigen Unterzielen dargestellt, zu denen es in direkter sachlogischer Beziehung steht. Neben den Logistikzielen und der Vorgehensweise zu Bildung von spezifischen Logistik-Kennzahlensystemen beschreibt Syska zusätzlich eine Reihe von Kennzahlen zur „Messung“ der Logistikziele.



### 3.3.2 Kennzahlen und Kennzahlensysteme

Eine Möglichkeit zur Unterstützung der Operationalisierung von Logistikzielen bieten Kennzahlensystematiken, in denen einzelne Kennzahlen zweckdienlich miteinander verknüpft sind. **Kennzahlen** haben dabei die Aufgabe, komplizierte betriebliche Sachverhalte auf relativ einfache Weise abzubilden bzw. einen möglichst umfassenden und schnellen Überblick zu gewährleisten und Führungsinstanzen bei Analysen zu unterstützen (zu den allgemeinen Grundlagen der Kennzahlentheorie vgl. Aichele /2/ S. 72ff, Gladen /47/ S. 12ff, Vollmuth /135/, im Hinblick auf die Logistik speziell Pfohl /97/, Reichmann /100/ S. 19ff, Schulte /114/ S. 526ff, Syska /127/ S. 40ff, Weber /137/ S. 9ff). Ihr Einsatzbereich reicht damit von der vergangenheits- und zukunftsbezogenen Analyse bis zur entscheidungs- und organisationsbezogenen Steuerung (vgl. Gladen /47/ S. 18ff). Unter einem **Kennzahlensystem** „wird im allgemeinen eine Zusammenstellung von quantitativen Variablen verstanden, wobei die Kennzahlen in einer sachlich sinnvollen Beziehung stehen“ und so betriebswirtschaftlich sinnvolle Aussagen über die Unternehmungen und ihre Teile ermöglichen (vgl. Reichmann /100/ S. 23) dar und können für Analyse- und Steuerungszwecke hergeleitet werden. Analyse-Kennzahlensysteme haben Analyse- und Informationsaufgaben und müssen sich eignen, Sachverhalte in ihre Komponenten zu zerlegen und Zusammenhänge zwischen den Kennzahlen zu zeigen. Steuerungs-Kennzahlensysteme haben Steuerungsaufgaben für verschiedene Organisations- bzw. Problemebenen und müssen Oberziele in Unterziele herunterbrechen bzw. ein Gesamtproblem in Teilprobleme aufbrechen können (vgl. Gladen /47/ S. 22). Aus diesem Grund sind Kennzahlen in Analyse-Kennzahlensystemen i.d.R. definitionslogisch (rechnerisch) als sog. Rechensystem oder sachlogisch (nach Art bzw. Wirkungsrichtung) als sog. Ordnungssystem und Steuerungs-Kennzahlensysteme nach empirisch hergeleiteten Zweck-Mittel-Beziehungen strukturiert. Dabei eignen sich nach Meinung Gladens Steuerungs-Kennzahlensysteme prinzipiell auch zu Analysezielen: „Gegenüber reinen Analyse-Kennzahlensystemen auf Basis von definitionslogischen Beziehungen können sie zusätzlich den Vorteil bieten, Ausprägungen von Kennzahlen mit Hilfe empirischer Ursache-Wirkungs-Zusammenhänge erklären zu können“ (Gladen /47/ S. 129).

#### 3.3.2.1 Kennzahlensystem nach Pfohl

Pfohl und Zöllner schlagen ein Kennzahlensystem zur Messung der Effizienz logistischer Systeme vor, in dessen Zentrum die ausgewogene Betrachtung der Produktionsfaktoren (Logistikkosten) und des Lieferservices (Logistikleistungen) logistischer Transformationsprozesse steht (zu den folgenden Ausführungen vgl. Pfohl et al. /97/). Die in diesem Sinne verstandene Effizienzmessung ist in Form einer zweidimensionalen Kennzahlenmatrix nach den Phasen des Güterflusses Beschaffung, Produktion und Distribution bzw. den logistischen Subsystemen Transport, Bestandsmanagement, Lagerhaus und Auftragsabwicklung sowie entsprechend aggregierten Betrachtungsweisen des logistischen Gesamtsystems strukturiert. Managementfunktionen wie Führung, Organisation und Planung finden in dem Kennzahlensystem durch die Effizienzmessung sog. dispositiver Faktoren Berücksichtigung. Die Einzelkennzahlen sind sowohl durch sachlogische als auch rechentechnische Verknüpfungen verbunden, so dass das Kennzahlensystem nicht eindeutig als Ordnungs- oder Rechensystem beschrieben werden kann. Es orientiert sich damit zwar an den aktuellen Denkweisen der Logistik hinsichtlich des System- und Servicedenkens, baut aber maßgeblich auf der funktionalen Sichtweise logistischer Subsysteme und einer retrospektiven Betrachtung der Logistik auf.

### 3.3.2.2 Methode der selektiven Kennzahlen nach Weber

Auch Weber nennt als Ziel des von ihm vorgestellten „ganzheitlichen Kennzahlensystems für die Logistik“ die Messung der Effizienz der Logistik und weist in diesem Zusammenhang auf die vergleichsweise einfache Erfassung des Inputs der Effizienzbetrachtung in Form der durch die Logistik verursachten Kosten und der schwierigeren Abbildung des Outputs durch die Existenz paralleler Outputsegmente hin (zu den folgenden Ausführungen vgl. Weber /139/ S. 185ff und /137/ S. 195ff). Im Gegensatz zu Pfohl beschreibt Weber jedoch den konzeptionellen Rahmen einer Kennzahlensystematik, die eine definitionslogische Aggregation leistungsvolumenbezogener, servicebezogener und durchlaufzeitbezogener Leistungs(teil)werte sowie eines Logistikkostenwertes zu einem aggregierten Logistikeffizienzwert erlaubt. Zur Aggregation der Leistungsteilwerte schlägt Weber den Einsatz der Nutzwertanalyse (vgl. Abschnitt 3.4.2.1) und für die Erreichung einer möglichst hohen Objektivität bei der Zielgewichtung Transparenz des Vorgehens sowie die Verteilung der Verantwortung „auf mehrere Schultern“ vor. Zur Reduzierung der Komplexität der Kennzahlenerfassung beschreibt Weber zusätzlich eine Methode zur Ableitung von Logistikkennzahlen, die „Methode der selektiven Kennzahlen“.

### 3.3.3 Unternehmensmodellierung

Die betriebswirtschaftliche Forschung versucht mit Hilfe von Modellen die „komplexen Zusammenhänge der wirtschaftlichen Wirklichkeit zu vereinfachen, um sie überschaubar zu machen und am Modell zur Erkenntnis von Grundzusammenhängen und Prozessen zu gelangen, die in den konkreten Betrieben und die Vielzahl der Einflüsse verdeckt sind“ (Wöhe /148/ S. 36f). Unter einem Modell versteht man dabei die auf einen Zweck vereinfachte Abbildung eines oder mehrerer ähnlicher Realsysteme (auch Urbild oder Original) auf ein anderes System (auch Abbildung, Bild) (vgl. Fink et al. /40/ S. 91, Gierhake /46/ S. 12). Um Modelle zu bilden, sind geeignete Modellierungsmethoden erforderlich, die Konstrukte und eine Vorgehensweise anbieten (vgl. Spur et al. /119/ S. 9).

Die Komplexität betrieblicher Wertschöpfungsstrukturen legt den Einsatz von Modellierungsmethoden zur vereinfachten Abbildung der Realität nahe. Entsprechend des Modellierungszwecks kommen hierfür unterschiedliche Ansätze in Frage. Generische Modellierungsmethoden wie z.B. Petri-Netze, die Structured Analysis and Design Technique (SADT) oder die Unified Modeling Language (UML) können dazu dienen, einen komplexen Sachverhalt nahe an der Realität durch syntaktische und semantische Vorschriften standardisiert und formalisiert wiederzugeben. Petri-Netze werden oft zur Beschreibung dynamischer, paralleler Prozesse eingesetzt (vgl. Fahrwinkel /38/ S. 32, Spur et al. /119/ S. 34 ff, Steinaecker /120/), während UML und SADT (in Form der Methode der integrierten Unternehmensmodellierung nach Süssenguth) einen Vorteil in der objektorientierten Beschreibungsweise von Sachverhalten (insbesondere Informationsflussbeziehungen) aufweisen (vgl. Achtert /1/, Marca /86/; zur objektorientierten Modellierung vgl. Süssenguth /126/ S. 69ff). Durch die Beschreibung von Input- und Outputfaktoren der Untersuchungsobjekte bietet insbesondere SADT gute Voraussetzungen für die Prozessleistungsanalyse, jedoch steht der grafik-orientierte Charakter der Methode einer weiterführenden quantitativen Analyse im Wege.

Ziel der Unternehmensmodellierung ist die Schaffung von Transparenz bezüglich der Daten, Funktionen und Abläufe in Unternehmen vor dem Hintergrund der Problembeschreibung und Problemlösung. Die Modellierung von Unternehmen und betrieblichen Prozessen wird dabei

einerseits betrieben, um Potenziale für die IT-Unterstützung zu erkennen und Anwendungssysteme (Administrations-, Dispositions-, Planungs- und Kontrollsysteme) entsprechend der betrieblichen Vorgänge zu entwickeln (vgl. Fink et al. /40/ S. 91). Einen weiteren Zweck stellt die (Re-)Organisation dar, die dadurch unterstützt werden kann, dass anhand unterschiedlichster Modelle Daten, Funktionen und Informationsströme in der Organisation aufgezeigt werden (vgl. Schmidt /110/ S. 3). Bekannte und im Kontext der Logistik angewandte Instrumente der Unternehmensmodellierung sind die Architektur Integrierter Informationssysteme (ARIS) und das Prozesskettenmodell, die unter anderem bei Kuhn ausführlich und im Vergleich dargestellt werden (vgl. Kuhn et al. /76/ S. 102ff).

### 3.3.3.1 Architektur Integrierter Informationssysteme

Die Architektur Integrierter Informationssysteme (ARIS) strebt an, ein Informationssystem zur Unterstützung von Geschäftsprozessen und darüber hinaus auch der gesamten Informationsverarbeitung eines Unternehmens ganzheitlich (aus verschiedenen Sichten wie etwa der Daten-, Funktions- sowie der Aufbau- und Ablauforganisationssicht) zu beschreiben (vgl. Scheer /106/ und /105/). Sie basiert in ihrer Grundform auf dem Gedanken der Petri-Netz-Modellierung und erhebt den Anspruch, dass für die unterschiedlichen Sichten verschiedene Modellierungstechniken wie z.B. die Entity-Relationship (ER)-Modellierung für die Datensicht und die ereignisgesteuerten Prozessketten (ePK) für die Steuerungssicht verwendet werden können (vgl. Fink et al. /40/ S. 97ff). Durch die von Scheer beschriebenen Referenzmodelle für ein breites Spektrum betrieblicher Geschäftsprozesse weist ARIS Ähnlichkeiten zu den unten beschriebenen Referenzprozessmodellen auf. Aufgrund der geringen Spezifität ist der Einsatz der ARIS zur Prozessleistungsmessung in der Logistik insbesondere dann sinnvoll, wenn die Methodik über die Logistik hinaus in weiteren betrieblichen Bereichen eingesetzt bzw. eine dynamische Betrachtung auf der operativen Ebene des Wertschöpfungssystems durchgeführt werden soll.

### 3.3.3.2 Prozesskettenmodell

Das Prozesskettenmodell nach Kuhn ist eine Weiterentwicklung der logistischen Wertkette nach Klöpffer (vgl. Klöpffer /72/), die wiederum auf dem Wertkettenmodell nach Porter aufbaut (vgl. Porter /99/). Das Prozesskettenmodell beschreibt einen Logistikprozess durch die logische und chronologische Anordnung einzelner Prozesskettenelemente (vgl. Kuhn /75/ S. 54ff). Jedes Prozesskettenelement beschreibt dabei die Transformation eines Prozesses, das unter der Verwendung von Ressourcen eine Änderung der als Leistungsobjekte bezeichneten Eingänge des Prozesskettenelements (an seiner Quelle) in transformierte Leistungsobjekte (an seiner Senke) hervorruft (vgl. Kuhn ebd.). Als bestimmende Parameter der generischen Beschreibung von Prozesskettenelementen nennt Kuhn über Quellen, Senken, Prozessstypen und Ressourcen hinaus noch Struktur- und Leistungsebenenparameter (vgl. Abbildung 5).

Durch das Zusammenfügen von Prozesskettenelementen in sequenzieller, paralleler und hierarchischer Form lassen sich Prozesse in unterschiedlichen Detaillierungsgraden beschreiben. Die Prozessleistungsbeschreibung wird einerseits durch die Definition sog. Leistungsgrößen (Durchlaufzeit, Prozesskosten und Prozessqualität) und andererseits durch die Erfassung von Prozesszielen und Zielleistungen unterstützt. Ein weiteres wichtiges Merkmal hinsichtlich der Prozessleistungsanalyse ist die Definition von Prozessinputs und Prozessoutputs, um die Systemlast des Prozesskettenelementes beschreiben zu können. Darunter ist zu verstehen, „dass Typen, Mengen und Zeitpunkte für transformierte

Leistungsobjekte am Ausgang (Senkenverhalten, Abnehmernutzen) und für Leistungsobjekte am Eingang der Prozesskettenelemente (Quellenverhalten) bekannt sein müssen“ (Pielok /98/ S. 45). Die Operationalisierung der Ziele und Aufgaben erfolgt anhand der im Modell beschriebenen Potenzial- und Strategieklassen, welche den eigentlichen Baukasten der Logistikplanung im Prozesskettenmodell darstellen. Damit ist das Modell vorwiegend auf die Unterstützung der Prozessbeschreibung mit Hilfe generischer Struktur- und Leistungsmerkmale ausgerichtet und kann daher insbesondere zur konzeptionellen Gestaltung eingesetzt werden.

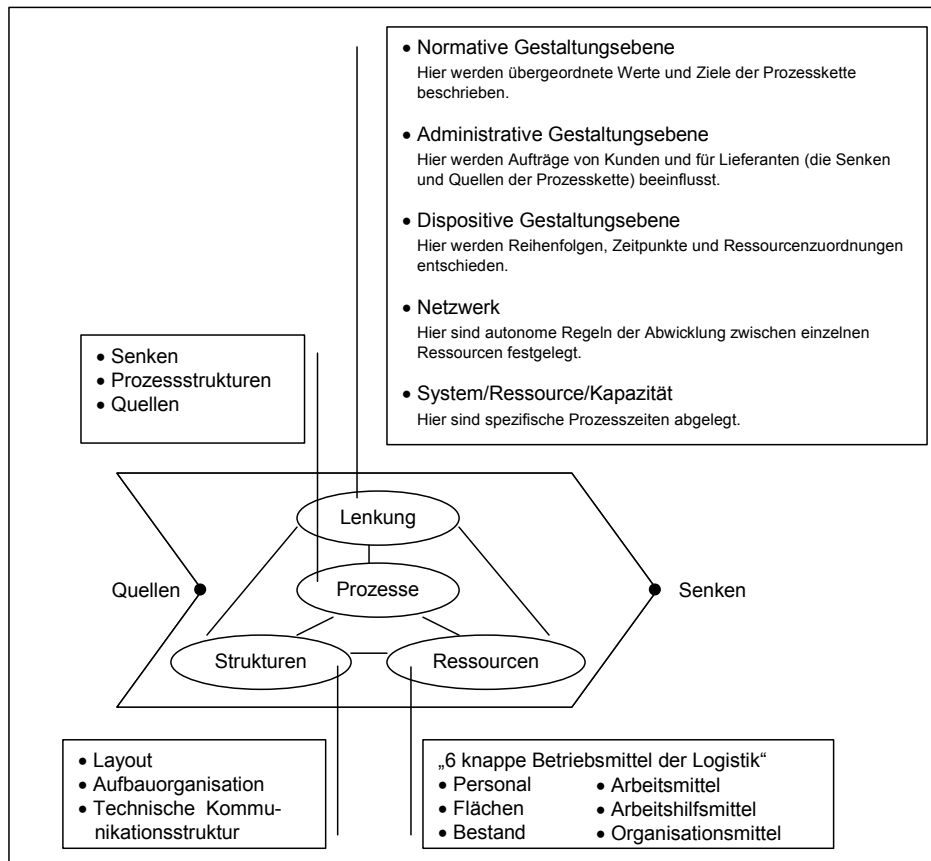


Abbildung 5: Prozesskettenelement (aus Kuhn /75/ S. 24)

### 3.3.4 Referenzprozessmodellierung

Referenzprozessmodelle dienen als methodischer Rahmen zur Ableitung spezifischer Modelle. Es sind „konkrete, aber vom Unternehmenseinzelfall abstrahierende Modelle zur Darstellung eines standardisierten Wirklichkeitsausschnittes“ (Fink et al. /40/ S. 96). Referenzprozessmodelle „stellen eine problemübergreifende Modellierung dar und sind folglich allgemeiner und umfassender als spezielle Modelle (...) Referenzmodelle erheben damit den Anspruch der Allgemeingültigkeit und dienen als Ausgangspunkt für den Entwurf spezieller anwendungsbezogener Modelle“ (Corsten /22/ S. 124f). An Referenzmodelle werden im Allgemeinen folgende Anforderungen gestellt: Sie müssen einen adäquaten Abstraktionsgrad aufweisen, d.h. sie sollten auf vielfältige kongruente Problemstellungen anwendbar aber nicht zu allgemein sein, sie müssen robust gegenüber der abzubildenden sich verändernden Realität sein, sie müssen flexibel sein, um an spezifische Anforderungen angepasst werden zu können und sie müssen Strukturen und Abläufe konsistent, d.h. widerspruchsfrei, abbilden (vgl. Corsten ebd.).

Referenzprozessmodelle können durch ihre Transparenz schaffende und standardisierende Wirkung einen wertvollen Beitrag in der organisationsübergreifenden Kommunikation leisten. Darüber hinaus können sie den internen und externen Vergleich von Prozessen unterstützen. Durch die vereinheitlichte Darstellungsweise können Struktur- und Leistungsunterschiede herausgearbeitet und die Suche nach Verbesserungsansatzpunkten vereinfacht werden (vgl. Colman /20/). Ein weiterer Vorteil ist die Vereinfachung und Beschleunigung des Modellerstellungsprozesses, indem die Identifikation von Strukturen und Prozessen erleichtert wird (vgl. Corsten /22/ S. 125). Hierzu bieten das LogiBEST Modell und das Supply Chain Operations Reference (SCOR) Modell neben Logistikreferenzprozessen auch Referenzkennzahlen zur Prozessleistungsmessung an.

### 3.3.4.1 LogiBEST

LogiBEST ist eine Methode zum Logistik-Benchmarking für Produktionsunternehmen, die im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes entwickelt wurde (vgl. Luczak et al. /83/). Das Prozessreferenzmodell enthält die Hauptprozesse Unternehmenslogistik, Beschaffung, Produktion und Distribution und ihre Teilprozesse (vgl. Abbildung 6). Neben der aggregierten Darstellung gibt es Modelle für alle Teilprozesse. Diese enthalten jeweils die typische Verkettung sowie mögliche Messpunkte als Grundlage für eine einheitliche Definition von Kennzahlen.

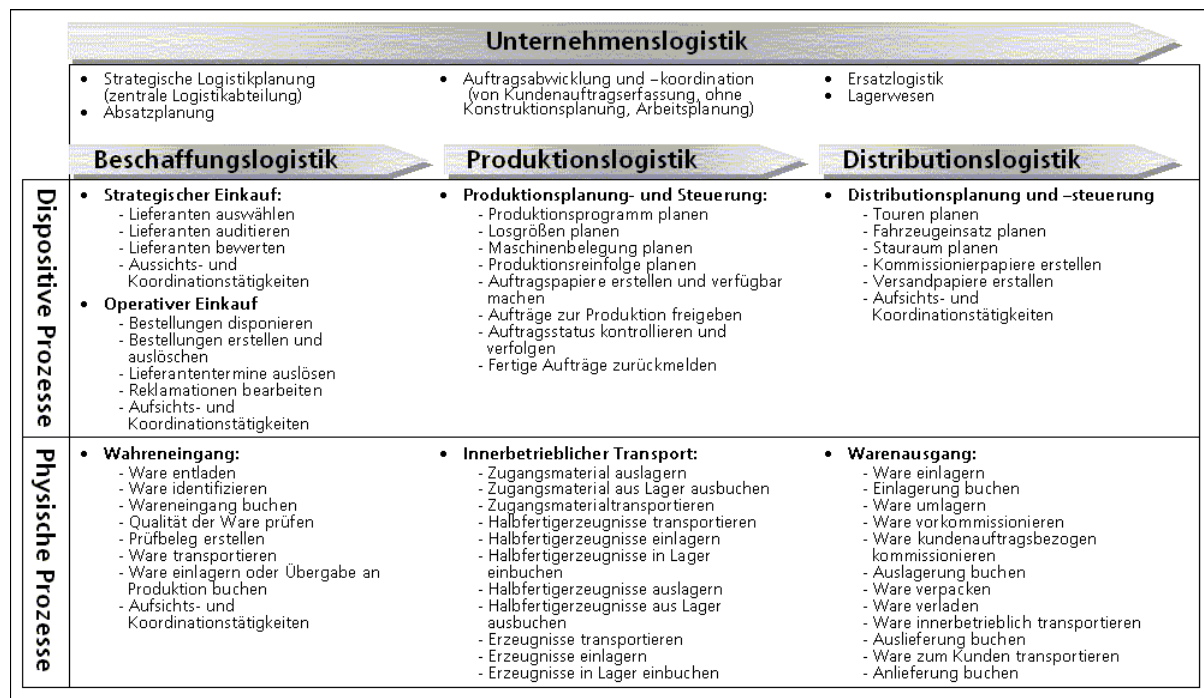


Abbildung 6: LogiBEST Referenzprozesse (aus Luczak et al. /83/ S. 45)

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurde ein umfangreicher Katalog von Kennzahlen erarbeitet und in der VDI-Richtlinie 4400 (Blatt 1 bis 3: Logistikkennzahlen für die Beschaffung, Produktion bzw. Distribution) veröffentlicht. Nicht zuletzt deshalb ist LogiBEST ein im deutschsprachigen Raum häufig eingesetztes Referenzmodell. Eine Besonderheit des Instrumentes ist die konsequente Orientierung an allgemeinen Logistikzielen (Verfügbarkeit, Durchlaufzeit und Produktivität sowie Bestands- und Prozesskosten), die für jeden Hauptprozess definiert und in Form von Kennzahlen operationalisiert sind (vgl. Abbildung 7).

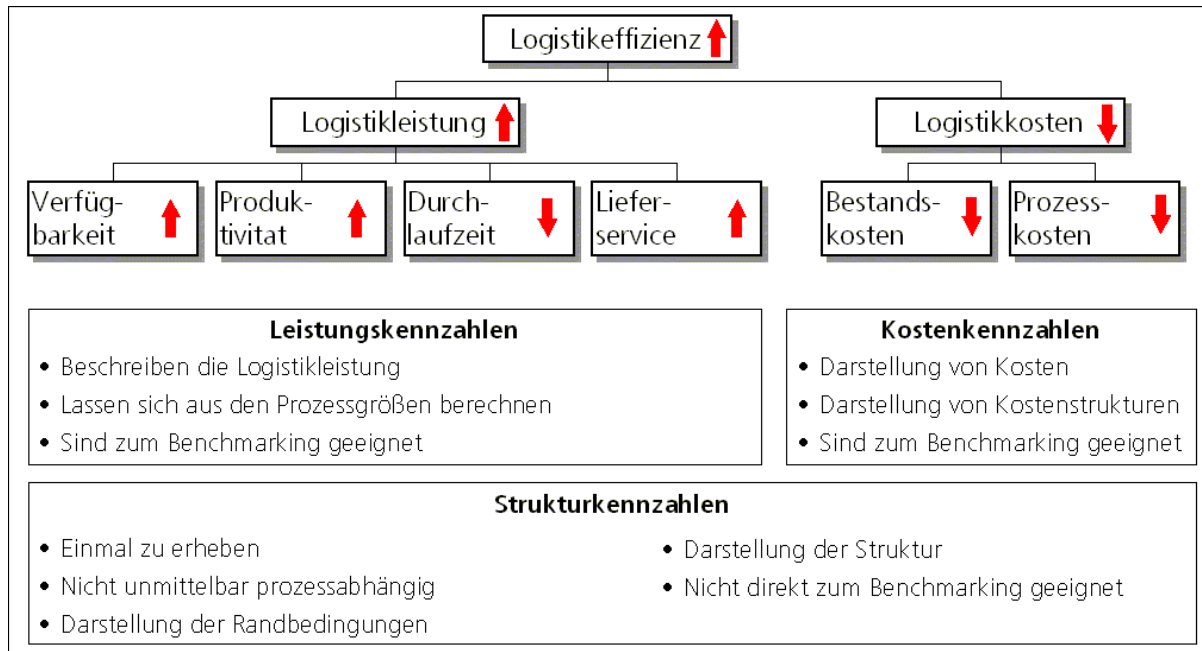


Abbildung 7: LogiBEST Logistikziele (aus Luczak et al. /83/ S. 29)

### 3.3.4.2 Supply Chain Operations Reference-Modell

Das SCOR-Modell wurde von dem Supply Chain Council (SCC), einer unabhängigen, gemeinnützigen Vereinigung von den Beratungsunternehmen Advanced Manufacturing Research und Pittiglio Rabin Todd & McGrath mit einer großen Anzahl industrieller Mitgliedsunternehmen, als branchenunabhängiges Prozessreferenzmodell zum Informationsaustausch zwischen Unternehmungen einer Lieferkette entwickelt (vgl. Corsten /22/ S. 140ff). Das SCOR-Modell ist ein einheitliches, vergleichbares und bewertbares Prozessmodell, das aus einem Rahmenwerk, einer Standardterminologie zur Prozessbeschreibung und einer Sammlung von Kennzahlen für das Benchmarking besteht. Das Modell hat einen hierarchischen Aufbau über drei Ebenen und wurde entwickelt, um die gesamte Kette hinsichtlich Material- und Informationsflüssen von der Bestellung durch den Endkunden über die Beschaffung, Produktion und Distribution des Produktes abzubilden (vgl. Abbildung 8).

Auf der Ebene 1 sind fünf Hauptprozesse definiert (vgl. Supply Chain Council /125/ S. 4). Die Planungsprozesse (Plan) umfassen die vorbereitenden Aktivitäten über die gesamte Lieferkette und ihre Ausführungs- und Infrastrukturprozesse. Die Ausführungsprozesse Beschaffen, Herstellen, Liefern und Zurücknehmen (Source, Make, Deliver, Return) sind die verrichtungsbezogenen Logistikprozesse, die den Zustand des Materials oder der Waren verändern. Die Infrastrukturprozesse (Enable) sind eine Sammlung von Elementen, die zur Vorbereitung von Abläufen und für Sondersituationen in der Lieferkette erforderlich sind. Sie haben die Aufgabe für einen reibungslosen und effizienten Ablauf zu sorgen und werden unabhängig vom Ausführungs- oder Planungsprozess ausgeführt. Die fünf Kernprozesse werden auf Ebene 2 in ca. zwei Dutzend Prozesskategorien auf der Grundlage der Prozessart (z.B. kundenauftragsorientiert bzw. kundenauftragsanonym) differenziert. Diese Prozesskategorien spiegeln die Strategie des Unternehmens in Bezug auf seine Abläufe wieder. Auf Ebene 3 werden sog. Prozesselemente konfiguriert. Dabei werden die wesentlichen Teilprozesse der auf Ebene 2 definierten Prozesskategorien mit ihren Informations- bzw. Zustandseingängen und -ausgängen beschrieben.

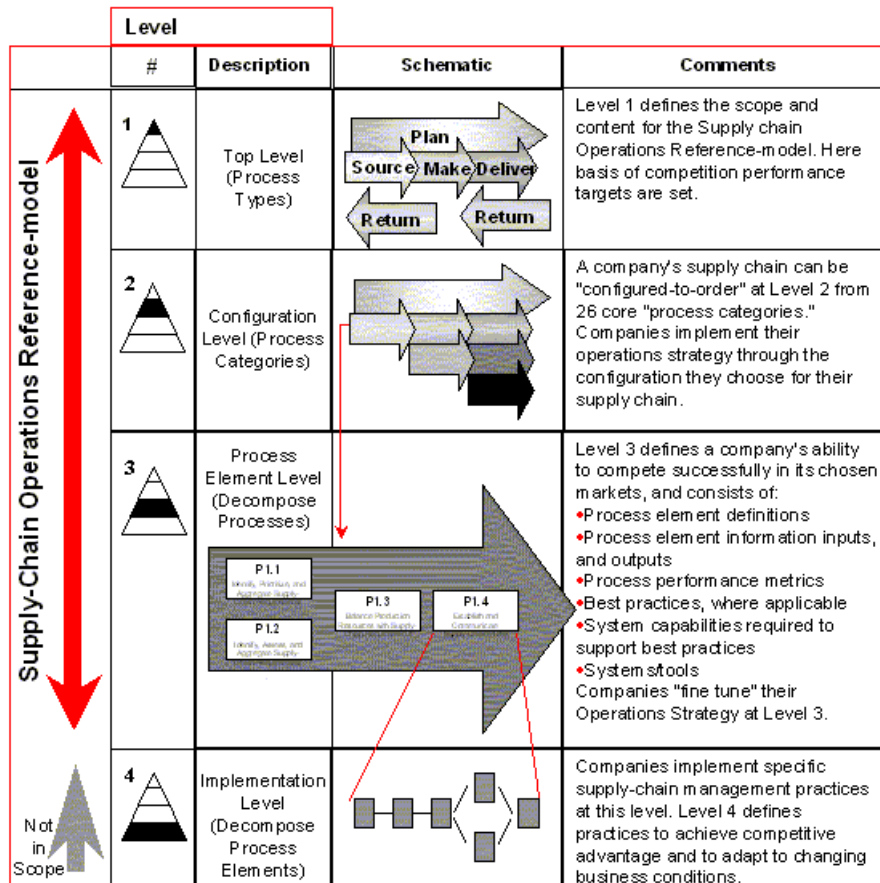


Abbildung 8: Aufbau SCOR-Modell (aus Supply Chain Council /125/ S. 4)

Die Beschreibung der Prozesselemente auf der Ebene 3 folgt einer Standardterminologie, die folgende Informationen umfasst (vgl. Beispiel Abbildung 9): den Elementnamen und die Elementnummer, eine Standarddefinition der Aktivität, eine Sammlung von Best-Practices bzw. Ansatzpunkte für eine IT-Unterstützung sowie eine fallweise unterschiedliche Anzahl von Leistungsmessgrößen, die festgelegten Leistungskategorien zugeordnet sind. Die fünf Leistungskategorien – Zuverlässigkeit (Delivery reliability), Flexibilität (Flexibility), Geschwindigkeit (Responsiveness), Kosten (Costs), Aktiva (Assets) – bilden ein durch das gesamte Modell durchgängiges Schema zur Kategorisierung der Messgrößen und strukturieren diese über die unterschiedlichen Ebenen in hierarchischer Form. So lassen sich beispielsweise Prozesskosten aus Teilprozess- bzw. Aktivitätskosten zusammenfassen. Die Durchgängigkeit in vertikaler bzw. horizontaler Richtung ist jedoch nicht für alle Leistungskategorien und -messgrößen gewährleistet.

Die Berücksichtigung verschiedener Leistungskategorien und die hierarchische Ordnung der Leistungsmessgrößen führen dazu, dass sich das SCOR-Modell gut zu einer strukturierten Leistungsbeschreibung eignet. Die breite Verankerung in der Industrie führt zu einer repräsentativen Modelldefinition, die sich insbesondere in den umfangreichen und realitätsnahen Prozesselementbeschreibungen widerspiegelt. Einen weiteren Pluspunkt hinsichtlich der Leistungsanalyse stellt die Beschreibung von Prozesselementinputs und -outputs dar, die materielle und immaterielle Eingänge bzw. Ausgänge des Elementes abbildet.

Prozesselementname: Bestandsallokation und Lieferterminbestimmung		Prozesselementnummer: Lieferrn 1.3		
Prozesselementdefinition: Bestand (gelagert oder bestellt) ist für spezielle Kundenaufträge reserviert, das Lieferdatum ist geplant und bestätigt.				
Leistungskategorien		Leistungsmessgrößen		
Zuverlässigkeit		Liefertermintreue		
Geschwindigkeit		Auftragsdurchlaufzeit		
Flexibilität		Nicht identifiziert		
Kosten		Bestand Fertigwaren zur Bedarfsdeckung in Tagen Gesamte Auftragsabwicklungskosten		
Aktiva		Kapitalbindung Fertigwaren		
Best Practices		IT-Unterstützung		
EDI-Verbindung von Produktion und Distribution zur Schaffung von Transparenz über Auftragsfortschritt und geplanter Versendung		Nicht identifiziert		
Automatische Bestandsallokation und dynamische Beschaffung für Einzellieferungen		Integriertes Auftragsabwicklungssystem, mit Hilfe dessen Aufträge individuell verfolgt werden können und das in Echtzeit an das Bestandsmanagement angebunden ist.		
Available-to-Promise und Bestandsreservierung		Integration mit Produktionsplanung und Bestandsmanagement		
Prioritätsbasierte Bestandsreservierung für A-Kunden und FIFO für alle anderen		Nicht identifiziert		
Bestandsreallokationsprozess ist klar definiert und gemeinsam durch Produktion und Verkauf gemanaged		Nicht identifiziert		

Inputs	Planen	Beschaffen	Herstellen	Liefern
Beschaffungsplanung	P2.4			
Produktionsplanung	P3.4			
Lieferterminplanung	P4.4			
Produktverfügbarkeit		S	M	
Produktionsauftragsplanung			M1.1	

Outputs	Planen	Beschaffen	Herstellen	Liefern
Auftragsrückstand	P1.1, P4.1			
Produktverfügbarkeit/Lieferterminplanung	P4.2			
Wiederbeschaffungssignal		S1.1		

Abbildung 9: SCOR-Prozesselementbeschreibung (aus Supply Chain Council /125/ S. 134)

### 3.3.5 Performance Measurement

Unter dem Begriff werden „der Aufbau und Einsatz meist mehrerer Kennzahlen verschiedener Dimensionen (z.B. Kosten, Zeit, Qualität, Innovationsfähigkeit, Kundenzufriedenheit) verstanden, die zur Beurteilung der Effektivität und Effizienz der Leistung und Leistungspotenziale unterschiedlicher Objekte im Unternehmen, sog. Leistungsebenen (z.B. Organisationseinheiten unterschiedlichster Größe, Mitarbeiter, Prozesse), herangezogen werden“ (Gleich /48/ S. 11). Der Schwerpunkt des Performance Measurements liegt auf der Unterstützung der Strategiefestlegung und -umsetzung und geht somit weit über die vergangenheitsorientierte Zielabweichungskontrolle hinaus (vgl. Epstein /36/, Klingebiel /70/, Schrank /112/). Unter einem Performance Measurement-System kann die Zusammenstellung unterschiedlicher Leistungsindikatoren verstanden werden, deren Auswahl sich aus den betrachteten Leistungsebenen und der zu berücksichtigenden Leistungsdimensionen ergibt (vgl. Gleich /48/ S. 13). Hinsichtlich der Prozessleistungsanalyse sind Performance Measurement-Ansätze damit insbesondere hinsichtlich der multiattributiven Leistungsdefinition und der Intension der Strategieumsetzung der entsprechenden Messgrößen interessant (vgl. Kühner /78/).



### 3.3.5.1 Balanced Scorecard

Als derzeit wahrscheinlich bedeutendster Ansatz des Performance Measurements stellt die Balanced Scorecard (BSC) nach Kaplan/Norton ein Management- und Controllingkonzept zur mehrdimensionalen, vorwiegend strategischen Planung und Steuerung eines Unternehmens oder Geschäftsbereichs dar (vgl. Gleich /48/ S. 52). Kernidee des Konzeptes, mit dessen Hilfe Anwender (i.d.R. Führungskräfte des mittleren und oberen Managements) schnelle sowie ziel- und strategieadäquate Entscheidungen treffen können sollen, ist die Berücksichtigung unterschiedlicher Sichten (Kunden-, Geschäftsprozess-, Innovations- und Lernperspektive sowie Finanzen) bei der Leistungsbeurteilung des Betrachtungsgegenstandes zu dessen Planung und Steuerung heranzuziehen (vgl. Kaplan et al. /66/). Dabei liegt ein Schwerpunkt des Konzeptes auf der Berücksichtigung unterschiedlicher Leistungsdimensionen in Form finanzieller und nicht-finanzieller Messgrößen, die in ausgewogener Weise eine „unbewertete“ Übersicht über die verschiedenen Leistungsmessgrößen und -dimensionen erlauben. Durch die Definition von Soll-Werten der Leistungsmessgrößen wird in der praktischen Umsetzung eine „Bewertung“ der Zielerreichung durch Gegenüberstellung der Soll- und Ist-Situation und damit der Übergang vom Kennzahlensystem zum Steuerungsinstrument erreicht. Die BSC ist damit mehr als nur ein spezielles Kennzahlenkonzept: Wird sie als strategisches Managementsystem verstanden, so kann sie unter anderem die Bewältigung kritischer Managementprozesse unterstützen, wie beispielsweise die Klärung und Konsensbildung hinsichtlich strategischer Fragestellungen, die Kommunikation der Strategie im Unternehmen, die Verknüpfung strategischer Ziele mit abteilungsspezifischen/persönlichen Zielen oder das Lernen über die Verbesserungsmöglichkeiten der Strategie (vgl. Horváth /60/ S. 567ff). Unter den zahlreichen Adaptionen des Konzeptes finden sich auch Anwendungen in der Logistik. So beschreibt beispielsweise Engelhard den Einsatz der BSC in der Beschaffung und Weber/Bacher/Groll die Konzeption einer BSC für das Controlling von unternehmensübergreifenden Supply Chains (vgl. Engelhard /35/ und Weber et al. /141/).

## 3.4 Beiträge zur Bewertung von Logistikprozessleistung

Der zweite Themenkomplex zur Beschreibung existierender Ansätze der Prozessleistungsanalyse umfasst allgemeine und speziell auf die Untersuchung von Prozessen ausgerichtete Modelle und Methoden, die sich zur Bewertung logistischer Prozessleistung eignen. Dabei stammen die prozessbezogenen Ansätze aus Teilgebieten der Betriebswirtschaftslehre, wie der Kosten- und Leistungsrechnung, des Qualitätsmanagements oder des Benchmarkings, und die allgemeinen Bewertungsansätze aus der Entscheidungstheorie bzw. Multi-Criteria Analysis, der Statistik und dem Operations Research.

### 3.4.1 Prozessorientierte Ansätze

#### 3.4.1.1 Wertkettenanalyse

Porter führt als Instrumentarium zur Analyse der Wettbewerbsvorteile einer Unternehmung das Modell der Wertekette ein (zu den folgenden Ausführungen vgl. Porter /99/). Auf der Basis dreier grundlegender Strategien zur Erreichung von Wettbewerbsvorteilen, der Kostenführerschaft, der Differenzierung und der Konzentration auf Schwerpunkte, werden mit Hilfe des Modells die wertschöpfungsbezogenen Tätigkeiten der Unternehmung beurteilt. Hierzu wird einerseits ein Referenzmodell zur Erfassung bzw. Strukturierung betrieblicher

Wertschöpfungsaktivitäten und andererseits ein Vorgehen zur Analyse der Aktivitäten vorgestellt. Die Beurteilung erfolgt im Rahmen einer Kostenanalyse, die die Höhe und das Wachstum der aus einer Aktivität entstehenden Kosten, das Kostenverhalten und den Unterschied bei Ausführung der Aktivität zu Konkurrenten fokussiert. Zusätzlich erfolgt eine Wertanalyse, die den Wert einer Aktivitätenkette im Sinne eines Preises, den ein Abnehmer aufgrund der aus der Leistung resultierenden niedrigeren Abnehmerkosten bzw. höheren Abnehmerleistung zu zahlen bereit ist, untersucht. Hinsichtlich der Prozessleistungsanalyse sind die Kosten- und Wertanalyse vor allem vor dem Hintergrund der Strukturierung der Wertschöpfungsaktivitäten in primäre Aktivitäten (Eingangslogistik, Operationen, Ausgangslogistik, Marketing/Vertrieb und Kundendienst) und unterstützende Aktivitäten (Beschaffung, Technologieentwicklung, Personalwirtschaft und Unternehmensinfrastruktur) bzw. in direkte (an der Wertbildung für den Käufer beteiligte), indirekte (unterstützende) und qualitätssichernde (qualitätsprüfende und qualitätstestende) Aktivitätstypen maßgebend. Außerdem stellt die Orientierung am Abnehmerwert eine der Kernideen der Zielbildungstheorie und des Geschäftsprozessmanagements dar. Durch die Wertkettenanalyse (WKA) wird die einseitige Ausrichtung vertikaler (meist ausschließlich betriebswirtschaftlicher) Betrachtungen um die Analyse der horizontalen betrieblichen Aktivitäten ergänzt.

#### 3.4.1.2 Prozesskostenrechnung

Die Notwendigkeit zur Informationsversorgung hat bereits in den frühen Entwicklungsphasen der Logistik zu verschiedenen Ansätzen der logistikorientierten Kosten- und Leistungsrechnung geführt (vgl. Schulte /114/ S. 504ff). Im Vordergrund dieser Ansätze stehen einerseits Aufgaben zur Kostenstellenkontrolle, also der systematischen Abgrenzung und Erfassung in der betrieblichen Logistik entstehenden direkten Kosten, und andererseits die Kalkulation von Logistikleistungen durch die Bestimmung und Verrechnung der bei der Leistungserbringung entstehenden indirekten Kosten. Im Zuge der aktuellen Denkweisen (System-, Fluss- und Prozessdenken) und der veränderten Rahmenbedingungen (speziell vor dem Hintergrund des wachsenden Gemeinkostenanteils) der Logistik ist der Einsatz von Methoden und Instrumente notwendig, die eine verursachungsgerechtere Zuordnung von (Gemein-)Kosten erlauben (vgl. Schuh /113/, Seuring /116/ S. 81).

Die Prozesskostenrechnung (PKR) ist ein auf die traditionellen Kostenarten- und Kostenstellenrechnung zurückgreifendes Vollkostenrechnungssystem, mit dessen Hilfe versucht wird, Aktivitäten, Tätigkeiten, Teilprozesse oder Hauptprozesse zu bestimmen und zu analysieren, Maßgrößen abzuleiten und eine verursachungsgerechtere Verteilung von Gemeinkosten zu erreichen (vgl. Horvath /60/ S. 533ff). Sie ist eine Methode, mit der „die Kosten der indirekten Bereiche des Unternehmens besser geplant und gesteuert werden können, da die Kosteneinflussfaktoren in diesen Bereichen bisher weitgehend unbekannt waren“ (vgl. Horvath /61/ S. 940). Die PKR erfolgt dabei in folgenden Schritten: Definition der einzubeziehenden Bereiche und der Zielsetzung des Projektes, Hypothesen über die Hauptprozesse und Kostentreiber, Tätigkeitsanalyse zur Teilprozessermittlung, Kapazitäts- und Kostenzuordnung und Hauptprozessverdichtung (vgl. Horvath et al. /63/, VDI 4405 /134/). Die PKR baut auf drei konstituierenden Faktoren auf: dem Prozess (gerichtete Kette von Aktivitäten einer Prozessebene), dem Cost Driver (als Kosteneinflussfaktor die Messgröße für die Kostenverursachung) und den Prozesskosten (einem Prozess zuordenbare Kosten). Der hohe Verbreitungsgrad der PKR – insbesondere in Dienstleistungsunternehmungen, in denen eine Prozessorientierung durch die strukturellen

Bedingungen der Wertschöpfung nahe liegt – lässt den Ansatz für die Prozessanalyse als geeignet erscheinen, er erfüllt jedoch (gemäß seiner Zielsetzung) nicht den Anspruch, verschiedene Leistungsmerkmale simultan ohne Vereinheitlichung zu bewerten.

#### 3.4.1.3 Statistische Prozesslenkung

Die zentrale Forderung des Qualitätsmanagements (QM), die Kundenzufriedenheit als wichtigstes Unternehmensziel zu betrachten, erfordert aufgrund des hohen Stellenwertes des Lieferservices für die Kundenzufriedenheit insbesondere auch die Beachtung der logistischen Leistung einer Unternehmung. Insofern weisen das Logistik- bzw. Geschäftsprozessmanagement Überschneidungen mit dem QM auf, so dass Ansätze zur Prozessleistungsanalyse auch aus Sicht des QMs betrachtet werden können. Als entscheidenden Beitrag des QMs zum Logistikmanagement sieht Wildemann den in der Qualitätssicherung verankerten Präventionsgedanken, der bei der Ausgestaltung der Planungs-, Steuerungs- und Kontrollfunktion eines Logistikqualitäts-Controllings im Mittelpunkt stehen sollte (vgl. Wildemann /145/). Ansätze zur Qualitätsplanung, -lenkung bzw. -verbesserung, die auch im Sinne der Prozessleistungsanalyse angewandt werden können, sind beispielsweise die Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse (FMEA), das Quality Function Deployment (QFD) und die Statistische Prozesslenkung (SPC) (vgl. Wildemann ebd.). Stellvertretend für die Methoden des QMs sei an dieser Stelle die SPC dargestellt.

Bezogen auf den betrieblichen Produktionsprozess umfasst die SPC „die Annahmekontrolle (Prüfung der Merkmale und Aussortierung der Produkte, welche die festgelegten Merkmalswerte nicht erfüllen) und die Fertigungsregulierung (Überwachung des Fertigungsprozesses und Eingriff, wenn erwartet wird, dass Produkte erzeugt werden, welche die festgelegten Merkmalswerte nicht erfüllen“ (Benz /9/ S. 24). Dabei wird durch die Abweichungskontrolle der Leistungsmerkmale die Prozessfähigkeit gesichert und Prozessstörungen mit Hilfe von Eingriffsgrenzen aufgedeckt (vgl. Benz ebd.). Der Ansatz bietet so ein systematisch fundiertes Vorgehen zur Beschreibung des statistischen Verhaltens eines Prozesses (vgl. Reinsch et al. /101/). Ein wesentlicher Vorteil der SPC ist die Möglichkeit, die Entwicklung verschiedener Leistungsmessgrößen parallel zu verfolgen. Nachteilig ist, dass nur die Abweichung bestimmter Merkmale und nicht der Prozess selbst hinterfragt werden und die Abweichungen erst auftreten müssen, damit deren Ursachen analysiert werden können (vgl. Mauermann /87/ S. 62).

#### 3.4.1.4 Prozessbenchmarking

Das Benchmarking zielt auf den Vergleich einer Organisation oder Organisationsteileinheit mit einem Vergleichsobjekt ab. Der Begriff wurde Ende der 70er Jahre durch das Unternehmen Xerox Corporation eingeführt (vgl. Camp /15/). Benchmarks wurden dabei als Maßgrößen des Unternehmenserfolges angesehen, die von Dritten gesetzt wurden und als Vorgabe für das eigene Unternehmen anzustreben waren. Das Benchmarking erlaubt als Vergleichsobjekt Einzelaktivitäten, komplexe Prozesse bis hin zu gesamten Unternehmen aller Organisationsformen und lässt sowohl den internen Vergleich verschiedener Einheiten eines Unternehmens oder einer Einheit über die Zeit als auch den externen Vergleich mit Wettbewerbern oder branchenfremden Organisationen zu (vgl. VDI 4402 /133/).

Zielsetzung des Prozessbenchmarking (PBM) ist es, die Leistungsfähigkeit von Geschäftsprozessen kontinuierlich zu steigern (vgl. Horváth /62/). Die Leistungsfähigkeit

eines Prozesses wird hierbei sowohl durch seine Effizienz als auch durch seine Effektivität im Hinblick auf die Erfüllung externer Anforderungen gesehen. Im Rahmen der prozessorientierten Betrachtungsweise soll dabei eine durchgängige Verbindung des Prozesses zu externen Märkten geschaffen werden (vgl. Lamla /82/ S. 71, Wildemann /147/ S. 21). In der Logistik dienen als Benchmarkingobjekte meist Logistikaktivitäten auf Geschäftsprozessebene, die mit Hilfe geeigneter Logistikkennzahlen charakterisiert werden (vgl. Luczak /83/ S. 28f, Neher /91/ S. 1f). Dabei werden die Transparenz der eigenen Logistikprozessleistung, die Objektivierung der eigenen Leistung durch die kritische Auseinandersetzung mit der Logistik anderer Organisation(seinheit)en, die Bestimmung des Deltas zu „Best Practice“-Lösungen bzw. der Anstoß zur kontinuierlichen Verbesserung sowie das Hinterfragen traditioneller Logistikstrukturen und der Anstoß neuer Zielvereinbarungen bzw. Leitungsmessmethoden verfolgt (vgl. Wild /144/). Das PBM beschäftigt sich insbesondere mit dem Vorgehen zum Vergleich von Prozessen. Dazu werden in der Literatur einige inhaltlich ähnliche Vorgehensweisen beschrieben, die im Wesentlichen auf die Phasen „Planung“ (Ziel- und Prozessbeschreibung, Teambildung, Partnerauswahl), „Messung/Vergleich“ (interne und externe Analyse, Prozessvergleich), „Ableitung von Maßnahmen“ (Abweichungs- und Ursachenanalyse, Ableitung von Verbesserungsmaßnahmen) und „Umsetzung“ (Maßnahmenimplementierung und Kontrolle) aufbauen (vgl. Dreher /30/ S. 152ff, Lamla /82/ S. 93ff, Neher /91/ S. 8ff, Siebert /117/ S. 53ff). Für die Prozessleistungsanalyse dient damit das PBM insbesondere hinsichtlich des prinzipiellen Vorgehens als Grundlage.

### **3.4.2 Allgemeine Bewertungsansätze**

#### **3.4.2.1 Nutzwertanalyse**

Die Nutzwertanalyse (NWA) ist eine vielfach angewandte Planungsmethodik zur systematischen Entscheidungsvorbereitung bei der Bewertung komplexer Handlungsalternativen (zu den folgenden Ausführungen vgl. Zangemeister /150/). Besondere Bedeutung kommt der Möglichkeit zur Berücksichtigung mehrdimensionaler Zielsysteme und der Aggregation von Teilnutzwerten zu einem eindimensionalen Gesamtnutzwert zu. Die Bewertung erfolgt durch die Ordnung der Handlungsalternativen nach dem Gesamtnutzwert entsprechend ihrer Vorzugswürdigkeit. Durch die Berücksichtigung von Präferenzen bezüglich der relativen Bedeutung der Einzelziele spiegelt der Gesamtnutzenwert die Tauglichkeit einer Alternative zur Bedürfnisbefriedigung des Entscheiders wider. Der Bewertungsvorgang wird durch die Festlegung von Wertetabellen und Gewichten sowie der Offenlegung der Bewertungsmethode und der Entscheidungsregel transparent und für Dritte nachvollziehbar. Nachteilig wirken sich ggf. die Notwendigkeit zur Festlegung von Zielgewichten bzw. die Transformation aussagekräftiger Messgrößen in dimensionslose Punktwerte aus (vgl. Wolfram /149/).

#### **3.4.2.2 Analytic Hierarchy Process**

Die Theorie des Analytic Hierarchy Process (AHP)-Modells dient der Bestimmung von Rangordnungen durch Paarvergleich zwischen ähnlichen Alternativen in Hinblick auf ein gemeinsames Kriterium oder Attribut (vgl. Saaty /103/). Die AHP-Methode ist eine an die Nutzwertanalyse angelehnte, mehrstufige multiattributive Analyse, die auf der Grundlage von Alternativenvergleichen komplexe Entscheidungssituationen als eine hierarchische Struktur von Zielen, Kriterien und Alternativen darstellt. Die AHP-Methode greift hierzu auf die

Techniken der Dekomposition komplexer Entscheidungssituationen durch eine hierarchische Strukturierung, auf den Vergleich von Leistungsmerkmalen auf Basis von Paarvergleichen, auf die Eigenwert-Methode zur Herleitung der Gewichtung der Leistungsmerkmale und auf die hierarchische Komposition der Teilnutzen zurück. Eine Anwendung der AHP-Methode zur Bewertung von Logistikeffizienz zeigt Strigl (vgl. Strigl /124/).

#### 3.4.2.3 Data Envelopment Analysis

Die Data Envelopment Analysis (DEA) ist ein 1978 von Charnes, Cooper und Rhodes vorgestelltes Verfahren der linearen Programmierung zur Bestimmung der relativen Effizienz als (Nutz-)Wertmaß sog. Entscheidungseinheiten („Decision Making Units“ bzw. DMU) (vgl. Charnes et al. /18/). Anhand der Konstruktion einer empirischen Produktionsfunktion und mittels der Bestimmung einer verdichteten Spitzenkennzahl, der produktiven Effizienz, erfolgt ein Vergleich bzw. eine relative Bewertung der Entscheidungseinheiten (vgl. Gleich /48/ S. 47f). Dabei wird unter dem Begriff der Produktion (im produktionswirtschaftlichen Sinn) die Transformation, also die qualitative, räumliche oder zeitliche Veränderung materieller und immaterieller Objekte im weitesten Sinne verstanden und kann damit neben klassischen Produktions- und Fertigungsprozessen auch indirekte Unternehmensfunktionen und Dienstleistungen umfassen (vgl. Hackman et al. /53/).

Die herausragende Eigenschaft der DEA ist die Bestimmung eines relativen Wertmaßes ohne Spezifikation der funktionalen Form der zugrundeliegenden Produktionsfunktion (vgl. Schefczyk /107/). Auf Basis der untersuchten Daten und der Definition verschiedener Annahmen wird eine „Best-Practice-Produktionsfunktion“ geschätzt, die dann als Grundlage für den Vergleich der Einheiten dient. Die Gewichtung der Vergleichsmerkmale erfolgt durch das Verfahren mittels linearer Programmierung, so dass eine nachvollziehbare Bewertung der Einheiten gewährleistet ist. Durch die Produktionsfunktionsschätzung und der impliziten Bestimmung der Gewichtungsfaktoren ist der Ansatz geeignet, auch Sachverhalte zu vergleichen, für die keine Gewichtungsmöglichkeiten der Input- und Outputfaktoren über Marktpreise gegeben ist (vgl. Dyckhoff /32/ S. 176).

#### 3.4.3 Gegenüberstellung der Bewertungsansätze

Die Übersicht über die Bewertungsansätze hat gezeigt, dass sich je nach Blickwinkel mehrere Ansätze zur Bewertung logistischer Prozessleistung eignen. Zur Lösung der Aufgabenstellung sollen die beschriebenen Methoden daher zusammenfassend anhand folgender Kriterien gegenübergestellt werden.

Die **Mindestanforderung an die Skalierung der Ausgangsdaten** bringt zum Ausdruck, in welcher Skalierungsart der zu bewertende Sachverhalt beschrieben sein muss, damit die Methode angewandt werden kann. Einige Verfahren setzen für die Bewertung lediglich eine ordinale, andere eine kardinale Skalierung der Merkmalsausprägungen voraus. Mit dem Kriterium der expliziten bzw. impliziten **Zielgewichtung** sollen die Bewertungsansätze danach charakterisiert werden, ob die Gewichtung der Zielkriterien durch den Entscheider oder durch die Methode selbst vorgenommen wird. Die **Dimensionalität des Wertmaßes** und damit des Bewertungsergebnisses gibt Aufschluss darüber, ob die Methode ein aggregiertes (eindimensionales) Wertmaß vorsieht oder ob die Leistungskriterien separat betrachtet und als Bewertungsergebnis ausgewiesen werden. Das **Bezugssystem des Wertmaßes** verdeutlicht, ob das Bewertungsergebnis direkt aus der im Wertmaß zum Ausdruck gebrachten Leistungsmenge oder aus Differenz der Leistungsmenge der

bewerteten Einheit und der einer realen/fiktiven Vergleichseinheit als „Leistungsabstand“ hervorgeht. Mit dem Kriterium der **Komplexität** soll schließlich der Aufwand zur Vorbereitung und Durchführung des Bewertungsverfahrens in der Anwendung eingeschätzt werden.

In Tabelle 2 sind die oben dargestellten Ansätze anhand der fünf genannten Bewertungskriterien gegenübergestellt. Zur Unterstützung der Abgrenzung der Methoden wurde in der Tabelle zusätzlich die Bewertung anhand von Einzelkennzahlen aufgenommen, um die Eigenschaften von kennzahlssystemorientierten Steuerungsinstrumenten, wie beispielsweise der Balanced Scocard, transparent zu machen. Aus der Tabelle ist zu erkennen, dass hinsichtlich der Skalierung der Merkmale die Wertkettenanalyse (WKA) und die Prozesskostenrechnung (PKR) eine metrische Skalierung der Ausgangsdaten fordern. Das Bewertungsergebnis entsteht bei diesen Ansätzen aus dem Saldo des am Markt erzielbaren Preises des Prozessergebnisses und aus den Kosten der zur Erzeugung des Ergebnisses eingesetzten Ressourcen.

Ansätze		Einzelkennzahlen	Wertkettenanalyse	Prozesskostenrechnung	Statistische Prozesslenkung	Prozessbenchmarking	Nutzwertanalyse	AHP	DEA
Mindestanforderung Skalierung Ausgangsdaten	ordinal	●	○	○	●	●	●	●	○
	kardinal	○	●	●	○	○	○	○	●
Zielgewichtung	explizit	●	●	●	●	●	●	○	○
	implizit	○	○	○	○	○	○	●	●
Dimensionalität des Wertmaßes	eindimensional	●	●	●	○	○	●	●	◐
	mehrdimensional	○	○	○	●	●	○	○	◐
Bezug des Wertmaßes	absolut	●	●	●	●	○	●	●	○
	relativ	○	○	○	○	●	○	○	●
Komplexität	gering	●	○	○	●	○	●	○	○
	hoch	○	●	●	○	●	○	●	●

Legende: ● trifft zu      ◐ trifft modellabhängig zu      ○ trifft nicht zu

Tabelle 2: Gegenüberstellung der Bewertungsansätze

Die Dimensionalität des Wertmaßes ist bei der WKA und bei der PKR gleich eins; die Logistikleistung stellt das monetäre Gegenstück zu den Prozesskosten im Sinne der traditionellen Kosten- und Leistungsrechnung dar. Die statistische Prozesslenkung (SPC) und das Prozessbenchmarking (PBM) betrachten dagegen unterschiedlich skalierte Leistungsgrößen separat, woraus ein mehrdimensionales, durch den Entscheider schwierig abzuwägendes Wertmaß resultiert. Im Bezug auf die Wertmaß-Dimensionalität zeigt sich die

Data Envelopment Analysis (DEA) als besonders flexibel. Wie später noch gezeigt wird, bestimmen einige DEA-Modelle ein aggregiertes Wertmaß, andere weisen mit Bezug zu den einzelnen Zielkriterien ein mehrdimensionales Bewertungsergebnis aus. Da die DEA zur Bewertung den Abstand der Leistungsmengen heranzieht, verlangt diese Methode allerdings wie die WKA und die PKR kardinal skalierte Merkmale.

Es ist zu erkennen, dass alle dargestellten prozessorientierten Bewertungsansätze eine explizite Zielgewichtung durch den bewertenden Entscheider vorsehen. Lediglich der Analytic Hierarchy Process (AHP) und die DEA definieren auf der Basis festgelegter Regeln die Zielgewichte selbst. Das Kriterium Bezug des Wertmaßes verdeutlicht die Nähe der DEA zum PBM, da bei der Bewertung untersuchter Einheiten beide Methoden auf eine oder mehrere Vergleichseinheiten referenzieren. Eine absolute Bewertung ist zwar prinzipiell einer relativen vorzuziehen, jedoch entsteht bei mehrdimensionalen Zielsystemen das Problem der Einschätzung der Beiträge zur Zielerreichung der einzelnen Kriterien (insbesondere bei nicht-vollkommener Präferenzunabhängigkeit).

Aufgrund der geringeren Komplexität und des damit niedrigeren Aufwandes zur Implementierung erscheinen einfache, auf der zusammenfassenden Betrachtung von Einzelkennzahlen basierenden Ansätze zur Prozessleistungsbewertung vorteilhaft. Andererseits bieten Methoden wie beispielsweise die PKR oder der AHP aufgrund ihrer spezifischen Zielsetzungen und Vorgehensweisen zusätzliche Möglichkeiten zur Erklärung/Analyse der Bewertungsergebnisse. Für den Einsatz in der Prozessleistungsbewertung ist eine implizite Gewichtung der Leistungsmerkmale zweckmäßig, da so eine interessensgruppen-unabhängige Bewertung erreicht werden kann. Unter Anbetracht der hohen Flexibilität der DEA und der Tatsache, dass diese Methode eine Ursachenanalyse des Bewertungsergebnisses durch verschiedene modellimmanente Parameter unterstützt, wird also abschließend festgestellt, dass die DEA zur Unterstützung einer Prozessleistungsanalyse als besonders geeignet erscheint.

### **3.5 Zusammenfassung und Ableitung der Aufgabenstellung**

Zur Zusammenfassung der Defizite der existierenden Ansätze zur Prozessleistungsanalyse seien folgende Thesen formuliert:

**These 1:** Methoden zur Unternehmens- und Referenzprozessmodellierung fokussieren auf die grafisch-deskriptive Beschreibung von Prozessen und deren Anordnung. Sie eignen sich daher nur als Ausgangspunkt der Prozessleistungsanalyse im Sinne der Prozessstrukturtransparenz (vgl. Abschnitte 3.3.3 und 3.3.4).

**These 2:** Hinsichtlich einer Effizienzanalyse bieten verschiedene Beschreibungshilfsmittel Unterstützung zur Herstellung einer Verbindung zwischen den leistungsprägenden Prozessobjekten, -zielen bzw. -anforderungen und ihrer (fallspezifischen) Funktion als Prozessinput, -throughput bzw. -output (vgl. Abschnitte 3.3.3.2 und 3.3.4.2). Es konnte jedoch keine strukturierte Vorgehensweise zur analytischen Bestimmung dieser Eigenschaft identifiziert werden.

**These 3:** Traditionelle Logistikleistungsanalyse-Ansätze basieren oft ausschließlich auf der Betrachtung monetärer Messgrößen (beispielsweise die Logistikkostenrechnung; vgl. Hartmann /56/, VDI 3330 /132/, Weber /140/) und zeigen daher nur finanztechnische Ergebnisse zurückliegender Entscheidungen auf. Die Dominanz der finanziellen Sichtweise

findet sich jedoch auch in aktuellen Steuerungsansätzen der Logistik wieder (vgl. Abschnitt 3.4.1.2).

**These 4:** Derzeit eingesetzte Ansätze zur Logistikleistungsanalyse untersuchen den komplexen Betrachtungsgegenstand der betrieblichen Leistungserstellung entweder in quantitativ-exakter Weise durch die Transformation der verschiedenen Leistungsaspekte auf ein Leistungsmerkmal (i.d.R. Kosten bzw. Erlöse; vgl. Abschnitt 3.4.1.2) oder in qualitativ-heuristischer Weise durch eine unbewertete Gegenüberstellung verschiedener Leistungsmerkmale (vgl. Abschnitt 3.3.5.1).

**These 5:** Allgemeine Methoden zur bewertenden Gegenüberstellung mehrdimensional beschriebener Sachverhalte können zwar zur Prozessleistungsanalyse herangezogen werden, in der Regel ist jedoch eine a priori-Festlegung von Zielgewichten notwendig. In der Bewertung von Prozessleistung kann die Festlegung von Zielgewichten problematisch bzw. mit erheblichen Aufwand verbunden sein (vgl. Abschnitt 3.4.2.1).

Die Eignung möglicher Methoden zur Erreichung der in Kapitel 2 festgelegten Ziele ist direkt von der Art des Betrachtungsgegenstandes abhängig. Dreher unterscheidet analytische Methoden, die formal beschrieben und intersubjektiv nachvollzogen werden können, und intuitive, systemische Methoden (vgl. Dreher /30/ S. 64ff). „Für eine funktionale, auf den Materialfluss ausgerichtete Logistik der ersten Generation sowie der Logistik als Integrationsfunktion ergeben sich nur wenige Anhaltspunkte für die Existenz komplexer Probleme. Vorherrschend sind einfache oder komplizierte Probleme – wie die Bestimmung der optimalen Bestellmenge oder die optimale Transportroute, zu deren Lösung exakte quantitative, analytische Methoden zur Anwendung kommen. (...) Für eine Logistik der dritten Generation stellen sich dagegen komplexe Führungsprobleme mit vielfältigen Zielkonflikten, zu deren Lösung eine systemische Sichtweise erforderlich ist.“ (Dreher /30/ S. 65). Nach Aussage des Autors stimmt die Abgrenzung von analytischen und intuitiven weitgehend mit der grundsätzlichen Differenzierung von quantitativen und qualitativen Verfahren überein, wobei Dreher insbesondere auf das Dilemma des Einsatzes unterschiedlich exakter Methoden in Abhängigkeit von der Problemkomplexität hinweist (vgl. Abbildung 10).

Zur Analyse prozessualer Logistikleistung erscheinen quantitativ-analytische Methoden aus zweierlei Gründen besonders erstrebenswert. Einerseits stellt die Quantifizierung der Prozessleistung eine zur Beschreibung des Analysegegenstandes notwendige Bedingung dar und andererseits kann nur durch ein analytisch-exaktes Vorgehen die Basis für einen objektiven Vergleich insbesondere bei der Beurteilung komplexer Zusammenhänge mit unterschiedlichen Interessengruppen geschaffen werden. Zangemeister beschreibt im Zusammenhang seiner Ausführungen zur Nutzwertanalyse das Kernproblem der Bewertung mehrdimensional beschriebener Sachverhalte wie folgt: „Obwohl auch die Informationsgewinnung häufig noch mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist, so liegt heute doch der eigentliche Engpass bewusst vollzogener Entscheidungsfindung auf dem Gebiet der Informationsverarbeitung. Hier fehlt es oft an Methoden, um die verfügbaren Informationen (...) geeignet darzustellen und systematisch zusammenzufassen“ (Zangemeister /150/ S. 35). Übertragen auf die Problemstellung dieser Arbeit lässt sich folgendes wesentliche Defizit formulieren:

**Zur Analyse logistischer Prozessleistung fehlt es an einer Methode, mehrdimensional beschriebene Leistungsdaten quantitativ-analytisch zu bewerten.**



Art des Problems	Charakteristik	Erfassbarkeit	Denkmodell	Logistik-Sichtweise	Problemlösungsmethoden
<b>einfach (exakt beschreibbar)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>wenige, gleichartige Elemente</li> <li>geringe Vernetztheit</li> <li>wenige Verhaltensmöglichkeiten der Elemente</li> <li>determinierte, stabile Wirkungsverläufe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>vollständig analysierbar</li> <li>quantifizierbares Verhalten</li> <li>prognostizierbar</li> <li>analytisch erklärbar</li> <li>Sicherheit erreichbar</li> </ul>	niedrig-dimensional	1. Generation	<p><i>Exakte, quantitativ-analytische, singuläre Methoden</i></p> <p><i>Heuristische, quantitativ-simulative Methoden</i></p> <p><i>qualitative, intuitive, systemische Methoden</i></p>
<b>kompliziert (schwierig beschreibbar)</b>	↕	↕	↕	2. Generation	
<b>komplex (kaum beschreibbar)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>viele, verschiedene Elemente</li> <li>starke Vernetztheit</li> <li>viele verschiedene Verhaltensmöglichkeiten der Elemente</li> <li>viele veränderliche Wirkungsverläufe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>beschränkt analysierbar</li> <li>beschränkt quantifizierbare Verhaltensmuster erkennbar</li> <li>synthetisch verstehbar</li> <li>Unsicherheit reduzierbar</li> </ul>	hoch-dimensional	3. Generation	

Abbildung 10: Lösungsmethoden in Abhängigkeit von der Problemart (modifiziert nach Dreher /30/ S. 65)

Die Gegenüberstellung der Methoden zu Prozessleistungsanalyse hat gezeigt, dass die Data Envelopment Analysis (DEA) ein hohes Potenzial zur Bewertung mehrdimensional-beschriebener Vergleichseinheiten aufweist. Da der Einsatz der DEA zur Bewertung komplexer Sachverhalte verschiedene Anforderungen an deren Beschreibung stellt, wird zur Überprüfung der Realisierbarkeit des Potenzials in der Logistikleistungsanalyse folgende Aufgabenstellung in den Mittelpunkt der vorliegenden Arbeit gestellt:

**Zur Analyse prozessualer Logistikleistung soll auf der Basis der Data Envelopment Analysis ein integriertes Beschreibungs- und Bewertungsverfahren entwickelt werden, das im Rahmen eines quantitativ-analytischen Vorgehens die nachvollziehbare relative Bewertung einer mehrdimensional definierten Prozessleistung durch Gegenüberstellung zu vergleichbaren Leistungsausprägungen erlaubt.**

Abbildung 10 lässt den Mehrwert des Einsatzes eines quantitativ-exakten Verfahrens auf komplexe Probleme erkennen, aus dem sich gleichermaßen der Bedarf nach einem entsprechenden Verfahren ableiten lässt: Leistungsfähige Methoden tragen zur vollständigen Klärung schwieriger Probleme und damit zur Entscheidungsunterstützung auf der Basis nachvollziehbarer Aussagen bei.

## **4 Konzeption des Verfahrens**

### **4.1 Zielsetzung**

Ziel der Prozessleistungsanalyse im Sinne der Arbeit ist der Vergleich der Leistungsausprägungen von Logistikprozessen zur Feststellung ihrer relativen Effizienz. Das Ergebnis soll dazu dienen, suboptimale Ausprägungen zu bestimmen und Schwachstellen des Leistungserstellungsprozesses zu identifizieren. Dabei liegt der Schwerpunkt des Interesses auf der Untersuchung suboptimaler und nicht der optimalen Ausprägungen, um so mögliche Fehlentwicklungen (rückblickend) zu erklären bzw. (vorausschauend) zu antizipieren.

Folgende Einzelziele werden mit dem Verfahren im Kontext des Logistikprozessmanagements verfolgt:

#### Verbesserung der Planung

Zur Schaffung der Voraussetzungen für die Erfassung und Optimierung logistischer Prozessleistung soll mit Hilfe des Verfahrens die Identifikation mehrdimensionaler Leistungsziele und -messgrößen für Logistikprozesse unterstützt werden.

#### Steigerung der Informationstransparenz

Das Verfahren soll im Sinne der Informationsversorgung zur Bereitstellung von aggregierten, entscheidungsunterstützenden Informationen über die Ergiebigkeit und das Ergebnis von Logistikleistungserstellungs-Prozessen beitragen.

#### Unterstützung der Zielabweichungskontrolle

Durch den Vergleich verschiedener Ausprägungen sollen im Rahmen des Verfahrens Leistungsabweichungen identifiziert werden können. Als Vergleichseinheiten sollen sowohl reale Leistungsausprägungen im Sinne vergangenheitsorientierter Analysen als auch fiktive Leistungsausprägungen im Sinne von theoretisch-planerischen Analysen verwendet werden können.

#### Vereinfachung von Abstimmungsprozessen

Zur horizontalen Koordination soll das Verfahren die Abstimmung von Leistungszielen und -messgrößen innerhalb von Logistikprozessen und zwischen Vergleichsprozessen erleichtern; im Sinne der vertikalen Koordination soll die Abstimmung von Leistungszielen zwischen der Unternehmens- und Logistikprozessebene bzw. zwischen den Ebenen von Logistikprozessen unterstützt werden.

### **4.2 Methodischer Rahmen zur Problemlösung**

Als methodischer Rahmen des vorgestellten Verfahrens wird das zur Problemlösung häufig eingesetzte Schema der „modellunterstützten Entscheidungsfindung“ nach Pfohl gewählt. Im Mittelpunkt des Schemas steht „die Abbildung eines realen Entscheidungsproblems in einem formalen Entscheidungsmodell und die Deduktion von Lösungen des im Entscheidungsmodell enthaltenen Formalmodells“ (Pfohl /96/ S. 26). Die Formalisierung des in Abschnitt 3.2.2 beschriebenen Analyseproblems führt zu dem in Abbildung 11 gezeigten übertragenen Schema zur Prozessleistungsanalyse in der Logistik.

Demnach wird der reale Betrachtungsgegenstand des Logistikprozesses mit seiner Funktion und Zielsetzung sowie seinen bestimmenden Leistungsmerkmalen erfasst und durch festzulegende Leistungsmessgrößen in einem Beschreibungsmodell abgebildet. Die Kennzahlen können dabei Steuerungs- oder Analysecharakter aufweisen, d.h. Prozessziele operationalisieren oder lediglich leistungsrepräsentierende Prozessobjektmenge bzw. -qualitäten erfassen. Durch die Identifikation von Vergleichsprozessen bzw. -prozessausprägungen und durch die Messung der Ist-Leistung aller Einheiten wird das Beschreibungsmodell sodann zum formalen Entscheidungsmodell, das im Hinblick auf seine Funktion zur Bewertung auch als (mehrdimensionales) Bewertungsmodell bezeichnet werden kann. Durch Lösungsdeduktion des (mathematisch beschriebenen) Bewertungsproblems entsteht eine Rangfolge der Prozessleistungsausprägungen, durch die die Leistung des zu analysierenden Prozesses relativ zu den Vergleichsprozessen bzw. -prozessausprägungen ausgedrückt wird. Da eine Vereinheitlichung mehrdimensional beschriebener Prozessleistung auf ein eindimensionales Wertmaß in der Regel mit Informationsverlust verbunden ist, soll die Bewertung im vorliegenden Fall auf einem Vergleich je Leistungsmerkmal (in der jeweiligen Skalierung) aufbauen. Sofern eine Verbesserung im Hinblick auf die Leistung der Vergleichseinheiten als möglich erscheint, so lassen der Rang und die Bewertung je Leistungsmerkmal Rückschlüsse auf die Verbesserung des betrachteten Prozesses in Form spezifischer Ansatzpunkte zur Leistungssteigerung zu.

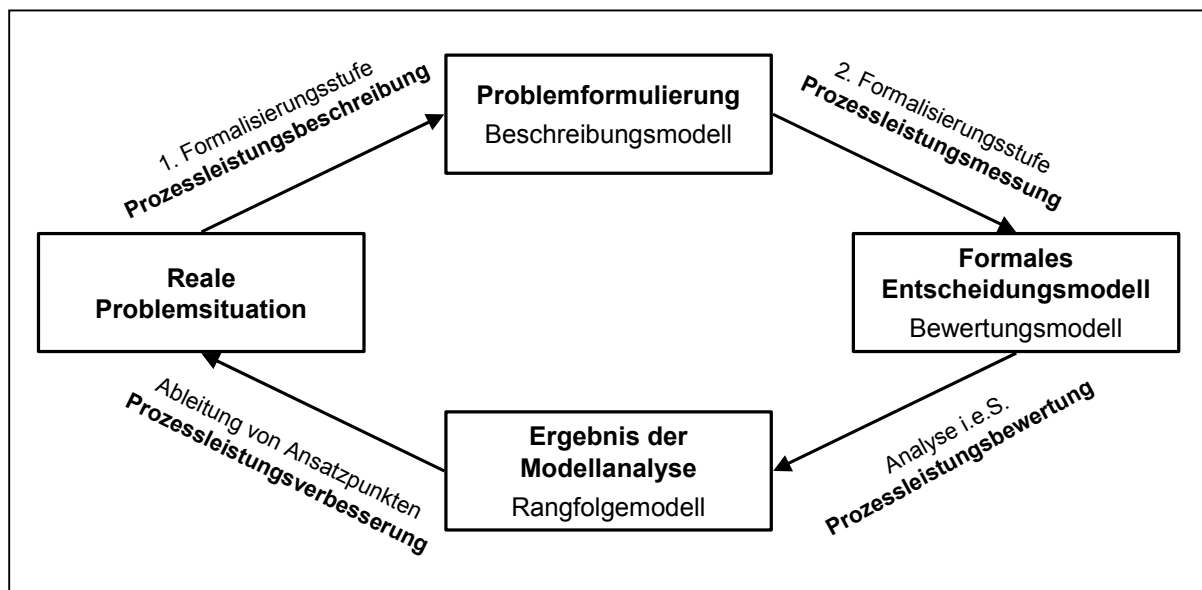


Abbildung 11: Schema zur Prozessleistungsanalyse in der Logistik (modifiziert nach Pfohl /96/ S. 27)

### 4.3 Anforderungen

Bevor ein Verfahren zur Analyse von Logistikprozessleistung entwickelt werden kann, sind Aussagen darüber zu machen, welche Funktionen das Verfahren erfüllen soll und welchen Auflagen und Beschränkungen es genügen muss. Dazu müssen Anforderungen, die sich aus der Zielsetzung ableiten und solche, die sich aus der Ausgestaltung der Prozessleistungsanalyse im Rahmen eines Verfahrens ergeben, erarbeitet werden.

#### 4.3.1 Inhaltliche Anforderungen an die Analyse

Zur Erreichung der beschriebenen Zielsetzung muss die Prozessleistungsanalyse folgende inhaltlichen Anforderungen erbringen:

- Abbildung komplexer Sachverhalte in einem Modell
- Quantitative Messung der Prozessleistung
- Bewertung der Prozessleistung
- Analyse des Bewertungsergebnisses

#### Abbildung komplexer Sachverhalte in einem Modell

Die Notwendigkeit für die Modellierung ergibt sich „aus der besonderen Komplexität der Logistik, aber gleichzeitig auch aus dem hohen Anteil von Routineprozessen“ (Klee /69/ S. 237) und dem zunehmenden im Vordergrund stehenden Dienstleistungscharakter der Logistik (vgl. Kerner /67/ S. 7). Um die Betrachtung der Leistung eines Logistikprozesses zu ermöglichen, ist eine Reduzierung der Komplexität des Realsystems notwendig. Die Modellentwicklung muss dabei unter zwei Gesichtspunkten erfolgen: Es muss ein Modell des Prozesses gebildet werden, in dem seine Struktur und seine prozessbestimmenden Parameter erfasst werden. Um die Prozessleistungstransparenz zu ermöglichen, sind die zur Leistungserbringung erforderlichen Prozesseinsatzobjekte, Prozessfaktoren und die resultierenden Prozessausbringungsobjekte zu bestimmen (vgl. Dyckhoff /32/ S. 44). Ziel der Modellierung ist die zielkonforme Beschreibung relevanter Leistungsmerkmale (Vollständigkeit) und die Quantifizierung der Leistungsmerkmale durch Leistungsindikatoren bzw. Messgrößen (Quantifizierbarkeit). Hinsichtlich der Bewertung der relativen Effizienz der Leistungsausprägungen ist des Weiteren auf die input-/output-differenzierten Erfassung und die Unabhängigkeit der Leistungsmerkmale zu achten.

Von **Vollständigkeit** der Leistungsmerkmale soll dann ausgegangen werden, wenn ein Prozess strukturgenaу und inhaltlich treffend, beschrieben ist. Im Zusammenhang mit der Leistungsbeurteilung wird sehr häufig angestrebt, „Objektivität“ (im Sinne einer exakten Widergabe des zu beurteilenden Objektes) zu erreichen (zu den folgenden Ausführungen vgl. Becker /8/ S. 209ff). Es erscheint zweckmäßig, die Forderung nach Vollständigkeit mit der Forderung nach Objektivität der Leistungsbeschreibung gleichzusetzen. Unter dem Begriff der Objektivität, der sehr unterschiedlich genutzt wird, soll in diesem Kontext die intersubjektive Beurteilung, also das Ausmaß der Übereinstimmung verschiedener Betrachter, hinsichtlich eines Objektes bzw. dessen Leistung verstanden werden. Im Sinne dieser Definition ist Objektivität „weder ‚vorhanden‘ noch ‚nicht vorhanden‘, sondern graduell abgestuft immer gegeben“ (Becker /8/ S. 215). In Konsequenz wird der Meinung von Fries/Seghezzi gefolgt, dass die Messgrößen auf die Anforderungen der verschiedenen Interessengruppen des Prozesses ausgerichtet werden müssen, „um die einzelnen Prozessbeteiligten auf die Erreichung eines optimalen Prozessoutputs und auf die in der Prozessvision definierten Verbesserungsziele auszurichten“ (vgl. Fries et al. /41/) und eine einheitliche, objektive Definition der Prozessleistung zu erreichen.

**Quantifizierbarkeit** ist eine Eigenschaft von Variablen, Sachverhalte und Zusammenhänge auf einem metrischen Skalenniveau zu messen und somit relativ präzise Aussagen zu ermöglichen (vgl. Reichmann /100/ S. 19). Quantitative Messgrößen bieten die Möglichkeit, Objekte zu klassifizieren oder in systematischer Weise zu ordnen sowie Sachverhalte eindeutig zu charakterisieren. Die Quantifizierbarkeit der Beschreibungsmerkmale ist damit unabdingbare Voraussetzung für eine mathematische Analyse der durch sie ausgedrückten Leistung. Zu beachten ist, dass die quantitative Beschreibung qualitativer Ergebnisse und

Verhaltensweisen, welche schnell als Quantifizierung von Eigenschaften umgedeutet wird, zu berechtigter Kritik an der Einschätzung, mit einer Ziffer sei Sachlichkeit und Objektivität verbunden, führt. Probleme, die im Zusammenhang mit der Bewertung quantifizierter Sachverhalte auftreten, sind u.a. der verengte Blick auf die komplexe Beschaffenheit eines Objektes, die vermeintliche Sicherheit quantitativer Aussagen und die Überschätzung der Bedeutung quantitativ-formulierbarer Sachverhalte (vgl. Becker /8/ S. 211ff).

Die Forderung nach einer **Input-/Output-differenzierten Erfassung der Leistungsmerkmale** leitet sich aus der Grundidee des Verfahrens, der Bewertung der relativen Effizienz von Logistikprozessen bzw. aus dem DEA-Modell zur Prozessleistungsbewertung ab. Dabei stützt sich das Verfahren auf den produktionswirtschaftlichen Prozessbegriff, der mit der Beschreibung von Prozessinputs, -throughputs und -outputs eine gute Grundlage für eine solche Strukturierung der Leistungsmerkmale und -messgrößen bildet.

Der Grundsatz der **Unabhängigkeit der Leistungsmerkmale** besagt, dass sämtliche Beschreibungsmerkmale wechselseitig präferenzunabhängig und ggf. differenzunabhängig sein müssen, um eine additive Wertsynthese sinnvoll erscheinen zu lassen. Dies bedeutet, dass die Präferenz der Merkmale gegenüber allen anderen Merkmalen nicht von ihren Ausprägungen abhängig sein darf (zu den Begriffen präferenzunabhängig und differenzunabhängig vgl. Eisenführ /34/ S. 119ff). Für die Prozessleistungsbewertung bedeutet dies im Allgemeinen jedoch keine Einschränkung der Merkmaldefinition bzw. -auswahl, da der zusätzliche Wert, den ein Entscheider einer besseren Zielerreichung eines Zieles (beispielsweise Verfügbarkeit) beimisst, unabhängig davon ist, wie er den Wert der Erhöhung bzw. Verringerung der Zielerreichung eines anderen Zieles (beispielsweise Prozesskosten) einschätzt. Zangemeister räumt ein, dass die Annahme vollkommener Präferenzunabhängigkeit in der Bewertungspraxis jedoch eine irrationale These darstellt. In der Literatur zur Entscheidungslehre werden daher oft zwei Vorgehensweisen genannt, um die Problematik einer vollständigen Präferenzunabhängigkeit abzuschwächen (vgl. Bamberg et al. /6/ S. 45, Zangemeister /150/ S 75ff): Zum einen kann in bestimmten Fällen durch die Zusammenfassung präferenzabhängiger Zielgrößen zu einer übergeordneten Zielgröße die Präferenzunabhängigkeit der verbleibenden Zielgrößen erreicht werden. Zum anderen kann Präferenzunabhängigkeit vielfach durch Einengungen des Aktionsraumes der Zielgrößen ermöglicht werden. Zur Überprüfung bzw. Quantifizierung möglicher Abhängigkeiten stellt die Statistik verschiedene Methoden zur Verfügung (vgl. Bamberg et al. /5/, Backhaus /4/, Fahrmeir et al. /37/).

#### Quantitative Messung von Prozessleistung

Zur Analyse ist die auf dem Prozessleistungsmodell aufbauende Erfassung der festgelegten Leistungsmessgrößen erforderlich. Hierzu müssen die organisatorischen (berichtsgestaltungsbezogenen) und technischen (informationstechnologischen) Grundlagen für die Integration und Aufbereitung Logistik-relevanter Daten geschaffen werden (vgl. Gladen /47/ S. 245ff).

#### Bewertung von Prozessleistung

Aufgrund der Komplexität und des damit verbundenen Aufwandes einer umfassenden Prozessanalyse „benötigt man die Möglichkeit einer gröberen, weniger aufwendigen Beurteilung von Prozessen. Hierfür bieten sich aggregierte Prozessanalysen an“ (Homburg

et al. /59/). Um vom subjektiven Empfinden Einzelner zur abstrahieren, sind zur Beurteilung der Qualität der Leistung geeignete Vergleichsmaßstäbe notwendig (vgl. Strigl /124/ S. 14). Als Vergleichsmaßstab können festgelegte Leistungsziele (theoretische Benchmarks) oder ähnliche Prozesse bzw. Prozessausprägungen (interne und externe Benchmarks) dienen. Eine wesentliche Anforderung in diesem Zusammenhang stellt die Vergleichbarkeit der betrachteten Prozessleistungsausprägungen dar. Zwar wird im Benchmarking der externe Vergleich verschiedenartiger Objekte als vorteilhaft angesehen, jedoch gestaltet sich ein quantitativer Vergleich i.d.R. schwierig und die Aussagefähigkeit ist zu hinterfragen (vgl. Siebert /117/ S. 27ff). Des Weiteren muss das Verfahren in der Lage sein, unterschiedliche Kennzahlausprägungen, und hinsichtlich der Erwünschtheit differierende Input- und Outputfaktoren, zu bewerten. Schließlich müssen suboptimale von optimalen Ausprägungen unterscheiden und die Ursache für die Ineffizienz quantitativ transparent gemacht werden können (Existenz eines aggregierten quantitativen Wertmaßes).

Die Anforderung der **Vergleichbarkeit der betrachteten Prozessleistungsausprägungen** bedeutet, dass die Leistung der Vergleichseinheiten unter den gleichen Voraussetzungen (gleiche Zielsetzung bzw. Strategie der zugrundeliegenden Logistikprozesse) bei gleichen ertragswirtschaftlichen Gesetzmäßigkeiten der einzelnen Leistungsmerkmale erreicht wurde. Betrachtet man den (horizontalen) Vergleich von Prozessen bzw. Prozessausprägungen in Analogie zu der (vertikalen) Komposition bzw. Dekomposition von Prozessstrukturen, so kann die Forderung der Vergleichbarkeit mit dem Begriff der „Selbstähnlichkeit“ (vgl. Warnecke /136/ S. 144ff) in Verbindung gebracht werden. Bei Auswahl i.w.S. „selbstähnlicher“ Vergleichseinheiten kann davon ausgegangen werden, dass neben strukturellen Eigenschaften der Prozesse auch „die Art und Weise der Leistungserstellung sowie die Formulierung und Verfolgung von Zielen“ (Warnecke /136/ S. 144) vergleichbar ist.

Die Notwendigkeit zur **Bewertung unterschiedlicher Leistungsmessgrößen** leitet sich aus der Vielfalt der existierenden Leistungsmerkmale und -messgrößen und den damit verbundenen Höhenpräferenzrelationen her. Beispiele für solche Präferenzrelationen sind die Maximierungsregel (jede höhere Ausprägung ist jeder niedrigeren vorzuziehen) und die Minimierungsregel (jede niedrigere Ausprägung ist jeder höheren vorzuziehen). Zwar liegt mit der Definition eines Leistungsmerkmals im Allgemeinen auch dessen „normale“ Verbesserungsrichtung (z.B. Maximierungsregel für das Merkmal Reaktionsgeschwindigkeit oder Minimierungsregel für das Merkmal Lagerbestand) fest. Allerdings kann die Höhenpräferenzrelation für ein und dasselbe Merkmal fallweise (in Abhängigkeit von der Prozesszielsetzung bzw. -strategie) unterschiedlich ausgeprägt sein: So kann beispielsweise Lagerbestand bei einem Beschaffungsprozess ein zu minimierender Output und bei einem Produktionsprozess ein zu maximierender Input sein. Das Modell muss demnach die Anpassung von Höhenpräferenzrelationen hinsichtlich der Erwünschtheit der Faktoren vorsehen. Des Weiteren muss das Bewertungsmodell die Fähigkeit besitzen, unterschiedlich ausgeprägte Leistungsmessgrößen zu bewerten. Verhältniszahlen (wie zum Beispiel Liefertermintreue oder Schadenshäufigkeit) nehmen häufig Werte zwischen 0 und 1 an. Durchschnittszahlen (wie beispielsweise der mittlere Lagerbestand) und Absolutzahlen (wie zum Beispiel die Anzahl termingerech abgewickelter Transportaufträge) können aber auch beliebig große oder kleine Werte annehmen.

Die Existenz eines **aggregierten quantitativen Wertmaßes** sagt aus, dass das Modell über ein Steuerungsmerkmal verfügen muss, anhand dessen die Effizienz bzw. Ineffizienz erkannt und ggf. der Grad der Ineffizienz gemessen werden kann. Im Falle ineffizienter Einheiten

muss Ursache und Ausmaß der Ineffizienz erkennbar und der Grad der Ineffizienz im Vergleich mit mindestens einer anderen Einheit quantifizierbar sein. Zur Messung des Grades der Ineffizienz sind im Allgemeinen verschiedene Maße denkbar.

#### Analyse des Bewertungsergebnisses

Zur Interpretation des Bewertungsergebnisses müssen Möglichkeiten zur detaillierten Analyse der Ursache der Bewertung bestehen. Bei analytisch-exakten Verfahren bieten sich hierzu die Bewertungsprozessparameter an.

#### **4.3.2 Formale Anforderungen an das Verfahren**

Folgende Anforderungen werden zusätzlich an die Prozessleistungsanalyse gestellt, wenn sie im einem integrierten Verfahren abgebildet wird:

- Einheitlichkeit des Verfahrens
- Stabilität des Verfahrens
- Praktikabilität des Verfahrens

#### Einheitlichkeit des Verfahrens

Die Methoden zur Leistungsbeschreibung und -bewertung sind bei einer Abbildung in einem integrierten Verfahren aufeinander abzustimmen und ineinander zu verzahnen. Dazu müssen die Methoden ausgestaltet und in einem einheitlichen Vorgehen angewandt werden.

#### Stabilität des Verfahrens

Hinsichtlich der Stabilität des Verfahrens sind die Durchgängigkeit von der Zielformulierung bis zur Ergebnisinterpretation und die Widerspruchsfreiheit des Vorgehens sicherzustellen. Von besonderer Bedeutung ist außerdem die Allgemeingültigkeit des Verfahrens im Hinblick auf die Leistungsanalyse beliebiger Logistikprozesse, die durch unterschiedliche (kardinal skalierte) Leistungsmessgrößen repräsentiert werden.

#### Praktikabilität des Verfahrens

Einem im Vergleich zu existierenden Methoden der Prozessleistungsanalyse notwendigen zusätzlichen Aufwand des Verfahrens muss zur sinnvollen Anwendung ein entsprechend höherer Nutzen gegenüber stehen. Bei gleich hoch eingeschätztem Nutzen muss gewährleistet sein, dass die Erreichung des gleichen Bewertungszieles mit einem geringeren Aufwand zu erreichen ist. Im konkreten Anwendungsfall ist daher zu hinterfragen, welche Methoden bisher eingesetzt werden, welcher Aufwand zur Vorbereitung und Durchführung dabei entsteht und welche Ergebnisse bzw. welcher Nutzen aus dieser Praxis resultieren. Hinsichtlich der Praktikabilität sind neben der Aufwand-/Nutzenbetrachtung vor allem die modellbedingten Einschränkungen des Verfahrens kritisch zu hinterfragen.

#### **4.4 Entwicklungsbedarf**

Die Prozessleistungsanalyse kann entsprechend des Schemas aus Abbildung 11 in drei tätigkeitsbezogene Phasen eingeteilt werden: die Leistungsbeschreibung, die Leistungsmessung und die Leistungsbewertung. Nach Prüfung der Beiträge der existierenden Methoden und Ansätze zur Prozessleistungsanalyse (vgl. Kapitel 3) wird ein Entwicklungsbedarf vor allem in der methodischen Unterstützung der Prozess-

leistungsbeschreibung und -bewertung gesehen. Auf die Leistungsmessung, also die eigentliche Erhebung der Kennzahlen einschließlich der Aktivitäten zur Informationsverarbeitung, wird im Rahmen der Arbeit aufgrund der großen Anzahl verfügbarer wissenschaftlicher und informationstechnischer Unterstützungsansätze sowie des hohen Reife- und Verbreitungsgrades dieser Ansätze nur am Rande eingegangen (vgl. Abschnitte 7.1.5 und 8.1.1). Eine Auswahl an IT-Werkzeugen zur Unterstützung der betrieblichen Performance-Messung und Entscheidungsfindung zeigt Anhang A.

#### **4.4.1 Modell zur Prozessleistungsbeschreibung**

Die erste Phase der Leistungsanalyse bezieht sich auf die Leistungsbeschreibung, also auf die Erfassung der Prozessstruktur und die Bestimmung geeigneter Leistungsmerkmale. Die Erfassung der Prozessstruktur kann durch Referenzprozessmodelle unterstützt werden, die einen wertvollen Beitrag zur vereinheitlichten Darstellung und damit zur zielgerichteten Identifikation und Klassifizierung leisten. Zur Herleitung und Operationalisierung geeigneter Leistungsmerkmale dienen Logistikziele und -strategien sowie Logistikkennzahlen und -kennzahlensysteme. Im Rahmen der Arbeit müssen grundlegende Merkmale zur Beschreibung logistischer Prozessleistung erarbeitet und in einem möglichst breit einsetzbaren Modell zur Leistungsbeschreibung zusammengefasst werden.

#### **4.4.2 Modell zur Prozessleistungsbewertung**

Quantitativ erfasste Größen repräsentieren nicht unmittelbar einen Wert: Dieser muss noch durch einen zusätzlichen Interpretations- bzw. Bewertungsakt festgestellt werden. Jeder zielbezogenen Messung folgt insofern eine Bewertung (vgl. Becker /8/ S. 145). In der Phase der Leistungsbewertung wird den erhobenen Messwerten durch Gegenüberstellung eine Wertigkeit beigemessen. Dabei sind fünf Grundtypen von Vergleichen denkbar (vgl. Schulte /114/ S. 549ff): der Strukturvergleich, der Rangfolgenvergleich, der Zeitreihenvergleich, der Häufigkeitsvergleich und der Korrelationsvergleich. Wie später noch gezeigt wird, ist hinsichtlich der Prozessleistungsanalyse ein Bewertungsmodell zu entwickeln, das sich insbesondere für Rangfolgenvergleiche eignet. Mit Hilfe des Modells sollen sodann Längsschnittanalysen, also Vergleiche von Prozessen des gleichen Betrachtungszeitraumes, und Querschnittanalysen, d.h. Vergleiche ein und desselben Prozesses über verschiedene Zeiträume hinweg, durchgeführt und relativ zueinander bewertet werden können.

#### **4.4.3 Vorgehen zur Prozessleistungsanalyse**

Im Rahmen der Entwicklung eines Verfahrens zur Prozessleistungsanalyse müssen die entwickelten Modelle zur Leistungsbeschreibung und -bewertung in einem durchgängigen Vorgehen integriert und zur Anwendung gebracht werden.

#### **4.4.4 Systemtechnische Umsetzung**

Die Eigenschaft des Bewertungsmodells, die Problemlösung mittels mathematischer Optimierung (der Methode der Linearen Programmierung) herbeizuführen, erfordert eine systemtechnische Unterstützung des Verfahrens. Aufgrund der guten Verfügbarkeit existierender Hilfsmittel zur Lösung linearer Optimierungsprobleme beschränkt sich die Entwicklung der systemtechnischen Unterstützung im Rahmen dieser Arbeit auf die algorithmische Abbildung des Bewertungsmodells und die Umsetzung des Verfahrens auf der Basis eines existierenden Tools zur mathematischen Optimierung.



## 5 Modell zur Prozessleistungsbeschreibung

Das in Kapitel 4 vorgeschlagene Schema zur quantitativen Prozessleistungsanalyse impliziert als Grundlage für eine vergleichende Bewertung logistischer Prozessleistung deren geeignete Beschreibung. Mit Blick auf die Zielsetzung der Arbeit, der Entwicklung eines integrierten Analyseverfahrens, müssen sowohl entsprechende Beschreibungsstrukturen als auch deren Verbindung zum Bewertungsmodell aufgezeigt werden.

Mit der standardisierten Beschreibung von Geschäftsprozessen haben sich bereits verschiedene Autoren speziell auch mit Blick auf logistische Wertschöpfungsaktivitäten auseinander gesetzt (vgl. Abschnitte 3.3.3 und 3.3.4). Ziel dieser Modellierungsansätze ist in der Regel, Material- und Informationsflüsse standardisiert zu erfassen und damit die Einzelaktivitäten und deren Beziehungen zu strukturieren. Der Schwerpunkt des nachfolgend erläuterten Beschreibungsmodells liegt auf der für eine Effizienzanalyse geeigneten Abbildung betrieblicher Wertschöpfungsaktivitäten. Mit Hilfe des Modells soll die Leistung eines beliebigen Logistikprozesses so beschrieben werden können, dass diese im Rahmen eines Vergleiches mit anderen Prozessen bzw. Prozessausprägungen bewertet werden kann. Zur Erfüllung dieser Aufgabe wird eine hierarchische Modellstruktur vorgeschlagen (vgl. Abbildung 12): Eine Metaebene zur Festlegung des allgemeinen Rahmens zur Prozessleistungsbeschreibung und eine Beschreibungsebene zur Abbildung konkreter Leistungsausprägungen von Logistikprozessen. Zunächst erfolgt daher die Definition eines Metamodells zur Prozessleistungsbeschreibung. Anschließend werden relevante Beschreibungsmerkmale und deren Beziehung untereinander identifiziert. Schließlich wird die Parametrisierung des Metamodells zu spezifischen Beschreibungsmodellen auf der Basis des SCOR-Modells vorgestellt.

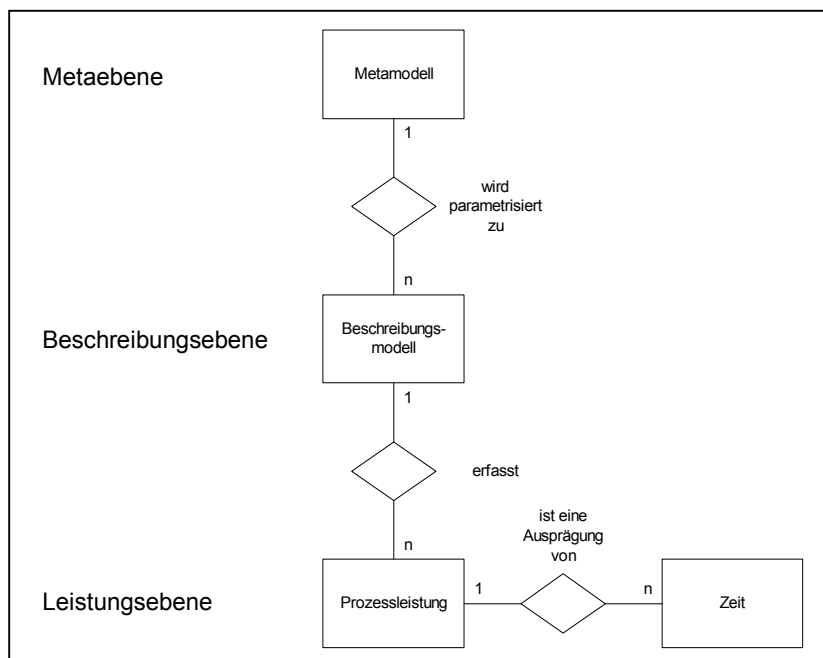


Abbildung 12: Modellierungsebenen zur Prozessleistungsbeschreibung

### 5.1 Metamodell

„Metamodelle sind abstrakte Systeme zur Beschreibung der Konstrukte, Strukturen und syntaktischen Beziehungen von Modellen“ (Kruse /74/). Sie bilden den konzeptionellen

Rahmen zur Beschreibung eines Abbildungsgegenstandes, der die Gestaltung spezifischer Modelle unterstützt (vgl. Moscoso /90/ S. 87). Im vorliegenden Fall bildet das Metamodell die Grundlage für die Ableitung spezifischer Prozessleistungsbeschreibungen, anhand derer logistische Prozessleistung analysiert werden kann. Wichtigste Eigenschaft des Metamodells ist sein generischer Charakter, aus dem sich seine Allgemeingültigkeit begründet. Das Modell abstrahiert von spezifischen Merkmalsausprägungen und beinhaltet als Modellelemente die konstituierenden Merkmale eines Logistikprozesses hinsichtlich der Abbildung seiner Leistung.

### **5.1.1 Modellelemente**

Das Metamodell stellt eine Übertragung des allgemeinen produktionswirtschaftlichen Prozessbegriffs auf die Struktur der logistischen Wertschöpfungskette nach Klöpfer (vgl. Klöpfer /72/) dar. Klöpfer identifiziert in seinem auf der Wertekette von Porter basierenden Modell als konstituierende Basiselemente eines Wertschöpfungsprozesses den Transformationsauftrag, das Wertschöpfungssystem und die Leistungsobjekte. Werden die Elemente, die speziell auf die Beschreibung der Prozessleistung abzielen, mit dem produktionswirtschaftlichen Leistungsbegriff kombiniert, so resultiert ein konzeptioneller Rahmen bestehend aus fünf wesentlichen Elementen (vgl. Abbildung 13):

- der Transformation (eigentliche Leistungserstellung),
- dem Prozessinput (Einsatzobjekte der Leistungserstellung),
- dem Prozessoutput (Ausbringungsobjekte der Leistungserstellung),
- dem Prozessthroughput (Steuerungs- und Störgrößen der Leistungserstellung) und
- der Prozesslenkung (Ziele und Bedingungen der Leistungserstellung aus Führungssicht).

#### Input und Output

Jeder Prozess wird durch einen Input und einen Output begrenzt, der einen Initial- bzw. einen Finalzustand beschreibt. Dabei werden unter Ausbringungsobjekten eines Prozesses (Haupt-)Produkte verstanden, wenn ihre Erzeugung Sachziel der Transformation ist, und Nebenprodukte, wenn ihre Erzeugung zwangsläufig oder unbeabsichtigt erfolgt. Einsatzobjekte, deren Eingang Sachziel des Transformationsprozesse ist, werden als (Haupt-)Redukate bezeichnet, alle anderen als Nebenredukte (vgl. Dyckhoff /32/ S. 44ff).

#### Throughput

Nicht alle Einsatz- bzw. Ausbringungsobjekte können eindeutig dem Input bzw. Output des Transformationsprozesses zugewiesen werden. Als Throughputs bzw. Prozessfaktoren werden zusätzlich alle systeminternen und -externen Faktoren erfasst, die zwar Einfluss auf den Transformationsprozess nehmen, dabei allerdings nicht verbraucht werden (vgl. Dyckhoff /32/ S. 46.). Prozessinputs und -outputs können in der Logistik sowohl materieller Natur (Material, Energie, etc.) als auch immaterieller Natur (Informationen, Rechte, etc.) sein. Throughputs sind keine Objekte im produktionswirtschaftlichen Sinn, können jedoch, unterteilt in Steuerungsparameter und Umfeldparameter, grundsätzlich als beeinflussbare bzw. nicht-beinflussbare Information angesehen und behandelt werden.

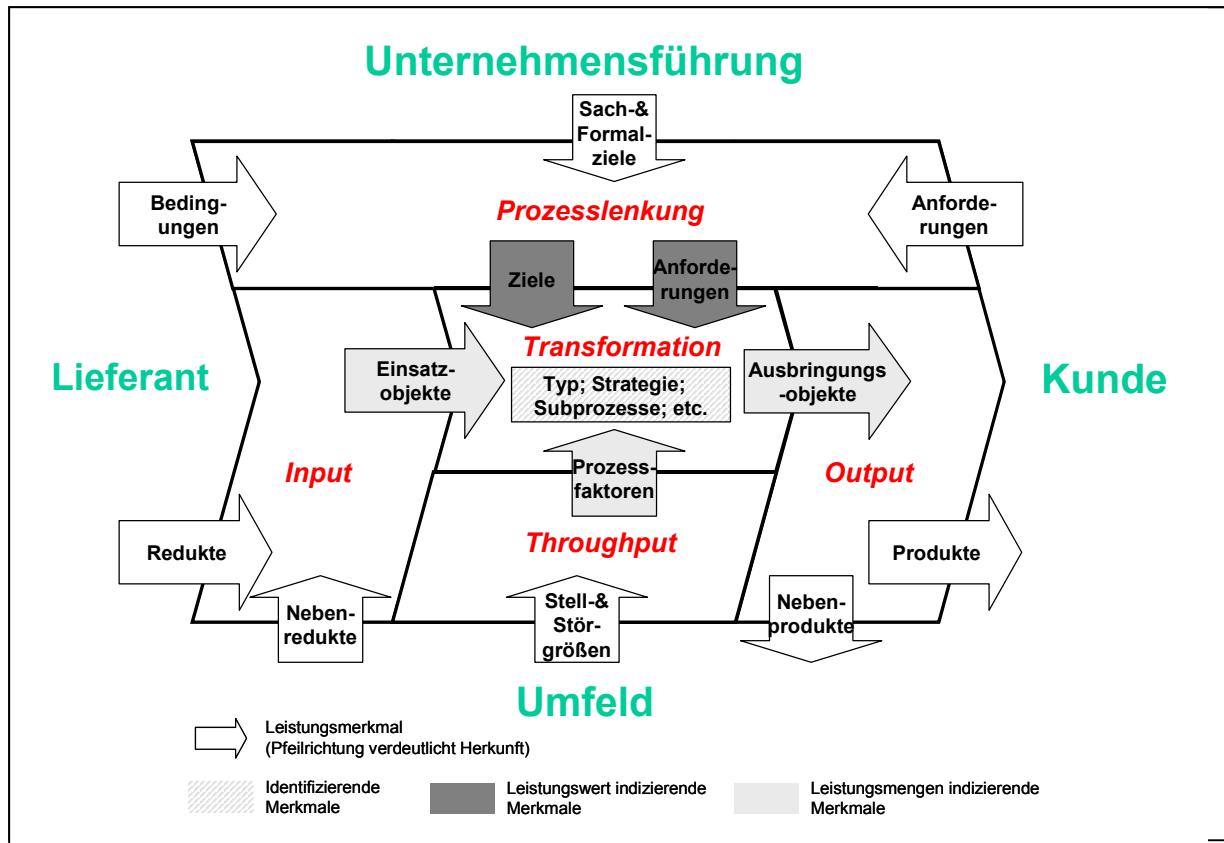


Abbildung 13: Metamodell zur Prozessleistungsbeschreibung

### Transformation

In dem im Abschnitt 3.1.3.1 beschriebenen Sinn der Produktionstheorie ist ein Prozess eine zielorientierte, Ressourcen beanspruchende Handlung, bei der die Erzeugung bzw. Vernichtung bestimmter Objekte Sachziel des Handelns ist, um auf diese Weise vorgegebene Zwecke zu erreichen. Dabei handelt es sich in der Logistik in der Regel um immaterielle Objekte, so dass die Dienstleistungserstellung einschließlich der damit verbundenen Problematik der Immaterialität, der mangelnden Lagerfähigkeit, der Synchronität der Leistungserbringung und -konsumierung (Uno-acto-Prinzip), der Auftragsindividualität und der Beteiligung externer Faktoren (vgl. Steven /122/ S. 268ff) mehr und mehr in das Blickfeld logistischer Leistungserstellung rückt. Die Transformation stellt den eigentlichen Umwandlungsprozess von Einsatzobjekten in Ausbringungsobjekte mit dem Ziel der Schaffung einer Wertschöpfung dar. Mit der Durchführung wird eine Leistung erbracht, die direkt mit dem Ziel des Prozesses und letzten Endes mit den Anforderungen an diesen in Verbindung steht. Jeder Prozess kann bei detaillierter Betrachtung in feinere Prozesse zerlegt werden. Unabhängig davon, welche Detaillierungsebene betrachtet wird, kann der Prozess dabei stets durch ein vom Metamodell abgeleitetes Beschreibungsmodell abgebildet werden.

### Prozesslenkung

Das Modell unterstützt die horizontale Integration mit anderen Prozessen durch die Berücksichtigung von Leistungsanforderungen vor- bzw. nachgelagerter Prozesse. Zur vertikalen Integration müssen außerdem Anforderungen im Hinblick auf übergeordnete Prozessziele erfasst werden, da diese im bewertenden Vergleich zweier Leistungsausprägungen eine wichtige Rolle spielen können. So können beispielsweise

höhere Lagerbestände in der Fertigung in Kauf genommen werden, um eine flexiblere Auslieferung der Endprodukte und damit eine Steigerung der Kundenzufriedenheit zu erreichen.

### **5.1.2 Merkmale zur Prozessleistungsbeschreibung**

Die Vielzahl denkbarer Merkmale zur Klassifizierung von Geschäftsprozessen gruppiert Siebert (im Rahmen seiner Ausführungen zum Prozess-Benchmarking) in Anlehnung an Spur in identifizierende, relationale und beschreibende Merkmale des Verhaltens und der Funktionalität sowie in bewertende Merkmale (vgl. Siebert /117/ S 64ff). Siebert rückt damit die Funktion des Prozesses in den Vordergrund der Prozessbeschreibung bzw. des Prozessvergleichs. Für das im Rahmen der Arbeit vorgestellte Modell kann diese Methode als Grundlage dienen, muss jedoch um eine detaillierte Definition der Elemente zur Leistungsbeschreibung erweitert werden. Im Folgenden werden daher drei Merkmalarten zur Prozessleistungsbeschreibung unterschieden: identifizierende, Leistungswert indizierende und Leistungsmengen indizierende Merkmale, wobei unter den Merkmalen zur Prozessleistungsbeschreibung i.e.S. die Leistungswert indizierende und Leistungsmengen indizierende Merkmale verstanden werden sollen.

#### **5.1.2.1 Identifizierende Merkmale**

Identifizierende Merkmale (vgl. Tabelle 3) dienen der eindeutigen Bestimmung bzw. Klassifizierung des Leistung erbringenden Logistikprozesses, anhand derer die Vergleichbarkeit der zu analysierenden Prozessleistung mit der entsprechender Vergleichseinheiten sichergestellt wird. Sie beschreiben die Logistikprozessleistung durch die Definition der grundlegenden Art, der Ziele und der Strategie des Prozesses sowie weiterer Merkmale wie der Bedeutung für die Gesamtwertschöpfung und der Durchführungshäufigkeit des Prozesses. Außerdem müssen diese Merkmale die Art, Anzahl und Parallelisierbarkeit der untergeordneten Prozessstruktur erfassen.

Merkmalsname	Beschreibung	Attribute	Beispiel
Prozesstyp	Art des Prozesses	Physischer Transferprozess	Transport; Lagerung
		Dienstleistungsprozess	Tourenplanung; Auftragsabwicklung
Prozessstrategie	Grundlegendes Vorgehen zur Zielerreichung	Kosten-Vorsprung	Niedrigste Kosten innerhalb einer Branche
		Qualitäts-Vorsprung	Höchste Termintreue innerhalb einer Region
		Technologie-Vorsprung	Frühestes Angebot einer Dienstleistung auf einem Markt
Phase der Zielerreichung	Zeitpunkt des Beginns bzw. Endes der Leistungserstellung im Vergleich zum Analysezeitpunkt	Potenzial	Transportplanung
		Abwicklung	Auftragsbearbeitung
		Ergebnis	Retouren in der vergangenen Periode
Prozessebene	Aggregationsstufe der Betrachtung betrieblicher Aktivitäten	Geschäftsprozess	Distribution
		Hauptprozess	Auftragsabwicklung
		Teilprozess	Transport
		Aktivität	Erstellung Frachtpapiere
Prozesswichtigkeit	Bedeutung für die Unternehmenswertschöpfung	Schlüsselprozess	Materialbereitstellung
		Unkritischer Prozess	Disposition Hilfs- und Betriebsstoffe
Durchführungshäufigkeit	Vorkommen des Prozesses in der Praxis	Standardprozess	Auftragsannahme
		Sonderprozess	Gebinde umpacken
Anzahl der Subprozesse	Menge der Subprozesse	Ein	1
		Wenige	2-5
		Viele	5-15
Anordnung der Subprozesse	Parallelisierbarkeit der Aktivitäten	Sequenziell	Auslieferung
		(teilweise) parallel	Kommissionierung

Tabelle 3: Identifizierende Merkmale zur Prozessleistungsbeschreibung

### 5.1.2.2 Leistungswert indizierende Merkmale

Unter leistungswert indizierenden Merkmalen werden die Merkmale zur Prozessleistungsbeschreibung verstanden, mit deren Hilfe das Ergebnis des Transformationsprozesses im Hinblick auf die Prozessziele beurteilt werden kann. Leistungswert indizierende Merkmale sind einerseits die Anforderungen in Form von Vorbedingungen zur Leistungserstellung durch den/die Lieferanten der Einsatzobjekte und andererseits die normativen, administrativen und dispositiven Anforderungen der übergeordneten Prozessführung sowie der Leistung beziehenden organisationsinternen oder -externen Kunden (vgl. Tabelle 4). Die Merkmale beziehen sich damit auf die Ziele und Bedingungen des Transformationsprozesses aus Führungssicht und werden zur Analyse in Form quantifizierter Sach- und Formalziele (als Umfeld- bzw. Ergebnismessgrößen) operationalisiert.

Merkmalsname	Beschreibung	Attribute	Beispiel
Oberziele	Anforderungen durch die übergeordneten Prozesse bzw. Organisationseinheiten	Normative Anforderungen	Anteil schadstoffarm betriebener Fahrzeuge
		Administrative Anforderungen	Beschäftigungsgrad
		Dispositive Anforderungen	Beschaffungslosgröße
Lieferbedingungen	Voraussetzungen zur Leistungserstellung durch vorgelagerte Prozesse bzw. Organisationseinheiten	Flexibilität	Auftragsänderungsfrist
		Zuverlässigkeit	Liefertermintreue
		Geschwindigkeit	Lieferzeit
		Beschaffenheit	Fehlerfrei zusammengestellte Aufträge
		Kosten	Beschaffungskosten
Kundenanforderungen	Anforderungen durch nachfolgende Prozesse bzw. Organisationseinheiten	Flexibilität	Zeitfenster zur Anlieferung beim Kunden
		Zuverlässigkeit	Liefertermintreue
		Geschwindigkeit	Lieferzeit
		Beschaffenheit	Fehlerfrei beschriftete Etiketten
		Kosten	Transportkosten
Durchführungsbezogene Sachziele	Prozessqualität der Leistungserstellung	Flexibilität	Materialbeschaffungszeit
		Zuverlässigkeit	Materialverfügbarkeit
		Geschwindigkeit	Materialbereitstellungszeit
Ergebnisbezogene Sachziele	Zielvorgaben zur Leistungserstellung	Beschaffenheit	Gemäß Kundenwunsch abgewickelte Aufträge
		Kosten	Gesamte Logistikkosten
		Miteinsatz	Work-in-progress
		Wissen	Marktpotenzial
Formalziele	Erwünschter geldwerter Zustand	Produktivität	Durchschnittliche Bearbeitungszeit je Kundenauftrag
		Effizienz der Mittelverwendung	Durch Lagerbestand gebundenes Kapital

Tabelle 4: Leistungswert indizierende Merkmale zur Prozessleistungsbeschreibung

### 5.1.2.3 Leistungsmengen indizierende Merkmale

Leistungsmengen indizierende Merkmale erfassen die Einzelobjekte und -sachverhalte, die direkt oder indirekt in den Transformationsprozess eingehen bzw. durch den Prozess erzeugt werden (vgl. Tabelle 5). Beeinflussbare und nicht-beeinflussbare Prozessfaktoren werden im ebenfalls als Leistungsmengen indizierende Merkmale betrachtet, da sich Steuerungs- und Umfeldparameter in der Regel durch Kennzahlen metrisch erfassen, analysieren und im Falle der Steuerungsparameter auch optimieren lassen. Wie Leistungswert indizierende Merkmale sind Leistungsmengen indizierende Merkmale qualitativer Natur und werden zur Anwendung in der Leistungsbeschreibung durch geeignete Messgrößen in Form quantitativer Leistungsindikatoren und -faktoren operationalisiert (vgl. Abschnitt 5.2).

Merkmal	Beschreibung	Attribute	Beispiel
Redukte	Materielle und immaterielle Objekte, die direkt in den Transformationsprozess eingehen	Material	Ware X
		Information	Auftrag
		Energie	Treibstoff
Einsatzfaktoren	Materielle und immaterielle Objekte, die indirekt in den Transformationsprozess eingehen	Menschliche Arbeit	Disponent
		Betriebsmittel	LKW
Steuerungsparameter	Beeinflussbare Prozessfaktoren wie z.B. Beschäftigungszeiten und -intensitäten	<i>nicht näher spezifiziert</i>	Transportmittel-nutzungsintensität
Umfeldparameter	Nicht-beeinflussbare Prozessfaktoren wie z.B. Umwelteinflüsse oder rechtliche Bestimmungen	<i>nicht näher spezifiziert</i>	Außentemperatur
Produkte	Materielle und immaterielle Objekte, deren Erzeugung Sachziel des Transformationsprozesses ist	Sachleistung	Etiketterstellung
		Dienstleistung	Warenlieferung
Nebenprodukte	Materielle und immaterielle Objekte, deren Erzeugung nicht Sachziel des Transformationsprozesses ist	Material	CO <sub>2</sub> -Emission
		Information	Kommissionierreihenfolge
		Energie	Abwärme

Tabelle 5: Leistungsmengen indizierende Merkmale zur Prozessleistungsbeschreibung

### 5.1.3 Datenstruktur zur Prozessleistungsbeschreibung

Der Abbildung der Leistungsdaten liegt eine Datenstruktur zugrunde, die die Art und den Zusammenhang der Leistung indizierenden und Leistung charakterisierenden Merkmale zur Prozessleistungsbeschreibung definiert. Ein weit verbreitetes Verfahren zur Beschreibung von Datenstrukturen ist das Entity-Relationship-Modell (ERM) von Chen (vgl. Chen /19/). Mit Hilfe dieses Verfahrens können Datenstrukturen anhand folgender Elemente beschrieben werden (Schlageter-Stucky-Notation vgl. Aichele /2/ S. 45):

Als **Entities** werden alle realen oder abstrakten Dinge, Objekte und Ereignisse bezeichnet, die sich anhand von Eigenschaften beschreiben lassen. Die nach bestimmten Merkmalen gleichartigen Entities werden zu sog. Entitytypen zusammengefasst und in ER-Diagrammen als Rechtecke dargestellt. **Beziehungen** sind logische Verknüpfungen zwischen verschiedenen oder gleichen Entitytypen und werden durch einen Beziehungstyp spezifiziert. Ein Beziehungstyp zwischen einem Prozess und einem Subprozess könnte beispielsweise „ist unterteilt“ oder „wird gebildet durch“ sein. Mit Hilfe der Kardinalität der Beziehung wird ausgedrückt, wie viele Entities eines anderen Typs mit einem bestimmten Entity in Verbindung stehen. Es wird von einstelligen bzw. rekursiven, binären oder n-stelligen Beziehungen gesprochen, die durch die Angaben 1:1, 1:n; n:1 und n:m zum Ausdruck gebracht werden. Beziehungen und deren Typ werden im ER-Diagramm durch Verbindungslinien mit Raute dargestellt. **Attribute** sind Eigenschaften der Entitytypen, die das Wesen des Typs charakterisieren. Sie werden im ER-Diagramm als Kreise dargestellt.

Die Basis der Leistungsbeschreibung bildet der Transformationsprozess, der durch entsprechende Attribute eindeutig klassifiziert und dessen Leistung mit Prozessen der gleichen Klasse vergleichbar gemacht wird. Als Attribute dienen die identifizierenden Merkmale zur Prozessleistungsbeschreibung (vgl. Abbildung 14).

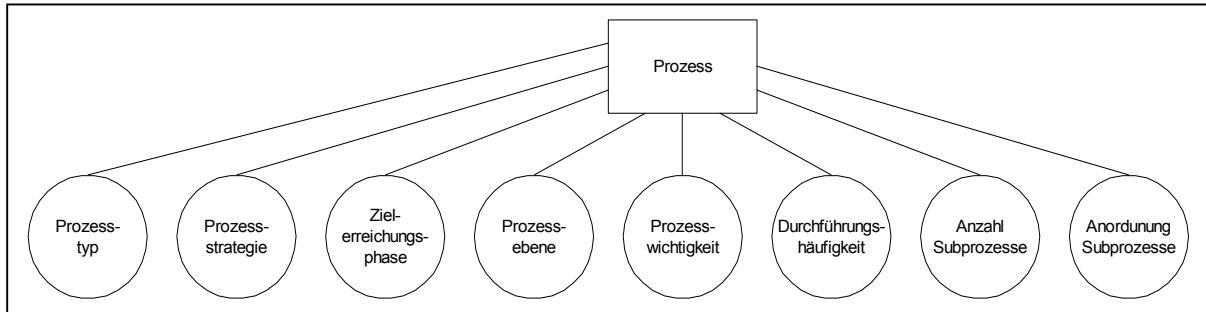


Abbildung 14: Attribute zur Klassifikation von Prozessleistungsbeschreibungen

Im Mittelpunkt der Arbeit steht die Analyse quantitativer Leistungsdaten von Logistikprozessen, deren Modellierung oberstes Ziel der Methode zur Prozessleistungsbeschreibung ist. Quantitative Leistungsdaten resultieren aus der Messung von Leistungsmessgrößen, die die Merkmale der Prozessleistung aus unterschiedlichen Perspektiven erfassen. Dabei stellt die Quantifizierbarkeit des Abbildungsgegenstandes eine Grundvoraussetzung für die Messung mit Hilfe von Messgrößen dar (vgl. Abschnitt 4.3.1), so dass der Beschreibung dieser Größen und damit insbesondere der Abbildung der Leistungswert bzw. Leistungsmengen indizierenden Merkmale des Prozesses eine entscheidende Bedeutung hinsichtlich der Gesamtaufgabenstellung zukommt. Abbildung 15 zeigt die entsprechende Datenstruktur als ER-Diagramm.

Zur Modellierung der Prozessleistung werden dabei folgende Annahmen getroffen: Ein Prozess unterstützt eine Strategie, durch die eine übergeordnete Zielsetzung erreicht werden soll. Die Erreichung der übergeordneten Zielsetzung und damit die Wirksamkeit der Strategie, die zur Umsetzung dieser Zielsetzung eingesetzt wird, wird durch Erfolgsindikatoren operationalisiert und transparent gemacht. Ein Prozess besitzt fünf Merkmaltypen: Prozessziele und -anforderungen, deren Erreichung bzw. Einhaltung durch Leistungsindikatoren gemessen wird sowie Einsatzobjekte, Prozessfaktoren und Ausbringungsobjekte, deren Menge und Qualität durch Leistungsfaktoren bewertet werden.

Sowohl Indikatoren als auch Faktoren sind Leistungsgrößen, die sich potenziell zur Analyse eignen. Zu beachten ist, dass es sich bei Faktoren um Maßgrößen handelt, die „willentlich stark verdichtet werden, um als absolute oder Verhältniszahlen in einer konzentrierten Form über einen zahlenmäßig erfassbaren Sachverhalt berichten zu können“ (Gladen /47/ S. 13), also Kennzahlen „im eigentlichen Sinne“ darstellen. Indikatoren berichten über eine komplexe, schwierig zu erfassende Realität gezwungenermaßen unvollständig. Sie stellen keine über Verdichtung gewonnene Informationen dar, sondern sind „Ersatzgrößen, deren Ausprägung oder Veränderung Schluss auf die Ausprägung und Veränderung einer anderen als wichtig erachteten Größe zulassen“ (Gladen /47/ S. 15). In dem Modell werden zusätzlich Leistungsindikatoren von Erfolgsindikatoren abgegrenzt, um den Unterschied des Bezugsobjektes deutlich zu machen: Leistungsindikatoren machen die Entsprechung der Prozessleistung gegenüber den Prozesszielen und der Prozessstrategie deutlich, während Erfolgsindikatoren die Erreichung der übergeordneten Zielsetzung hinsichtlich der definierten Anforderungen beschreiben.



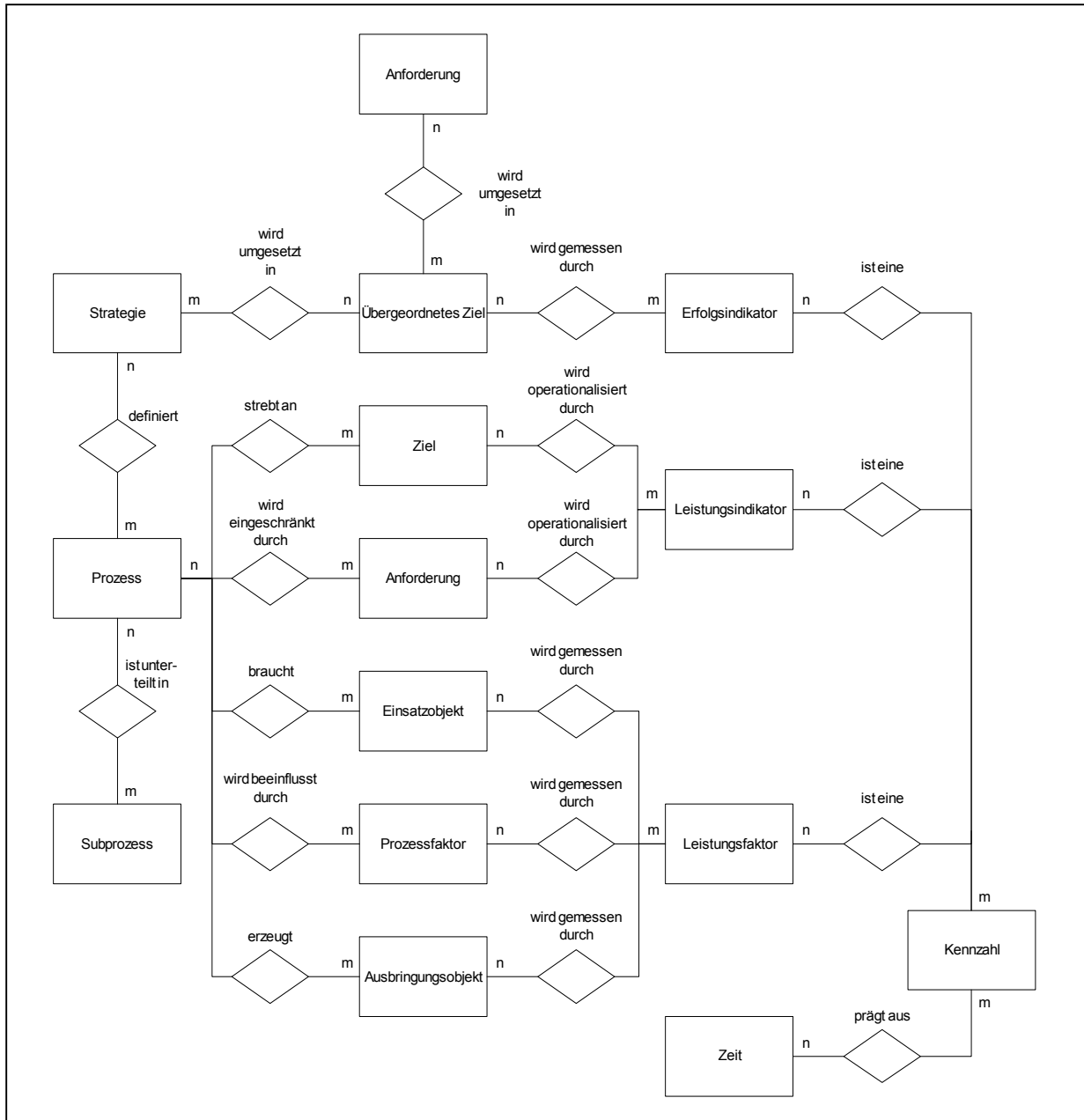


Abbildung 15: Datenmodell zur Prozessleistungsbeschreibung

Um die Zusammenhänge der Modellelemente zu verdeutlichen, sei folgendes Beispiel genannt: Ein Paketdienstleister sieht sich einer wachsenden Marktmacht durch global agierende Wettbewerber und der Notwendigkeit der Veränderung seiner Marktposition gegenüber (Anforderung). Das Unternehmen setzt sich daher zum Ziel, die Servicequalität-Führerschaft für den mitteleuropäischen Raum zu übernehmen (übergeordnete Zielsetzung) und plant, dieses Ziel durch eine gegenüber dem Branchenbesten um 10 Prozent schnellere Paketauslieferung bei gleicher Termintreue (Strategie) zu erreichen. Entscheidend für die Zielerreichung ist die Erreichung der Servicequalität in Deutschland, so dass im Speziellen die Leistungsfähigkeit der inländischen Distribution (Prozess) überprüft werden soll. Hierzu wird als Ziel vereinbart, 98 Prozent aller Sendungen in maximal 12 Stunden an jeden Ort in Deutschland zuzustellen (Ziel). Die Zielerreichung soll anhand der Liefertermintreue (Leistungsindikator) gemessen werden. Zur Leistungsbeurteilung des Prozesses soll zusätzlich die Menge der Sendungen (Einsatzobjekt) und der Transportmitteleinsatz

(Prozessfaktor) durch die absolute Anzahl der korrekt ausgelieferten Sendungen und der Fahrzeugbetriebsstunden dienen.

Entsprechend der Grundstruktur ist das Datenmodell (rekursiv) skalierbar. Es bietet die Möglichkeit, die Struktur über unterschiedliche Beschreibungsebenen beizubehalten und durch das Prinzip der Selbstähnlichkeit die Komposition bzw. Dekomposition von Prozessen zu unterstützen (vgl. Pielok /98/ S. 39f). In den beschriebenen Beispiel könnte dies beispielsweise bedeuten, dass aus der „übergeordneten“ Zielsetzung der um 10 Prozent schnelleren Auslieferung entsprechende Strategien, Prozesse sowie Leistungsindikatoren und -faktoren für die Sendungszusammenstellung und -zustellung abgeleitet werden.

## 5.2 Beschreibungsmodell

Auf der Beschreibungsebene werden konkrete Leistungsausprägungen von Logistikprozessen in fallspezifischen Beschreibungsmodellen abgebildet. Spezifische Beschreibungsmodelle entstehen dabei durch die Parametrisierung der Merkmale des vorgestellten Metamodells. Zur Unterstützung der Klassifizierung des Leistung erbringenden Logistikprozesses und der Identifikation geeigneter Beschreibungsmerkmale soll das SCOR-Modell des Supply Chain Councils (vgl. Abschnitt 3.3.4.2) herangezogen werden. Im folgenden sind daher die Prozessleistungsbeschreibung mit Hilfe des SCOR-Modells und die durch die Methode auszugleichenden Schwächen des SCOR-Modells dargestellt.

### 5.2.1 Prozessleistungsbeschreibung mit Hilfe des SCOR-Modells

Mit dem SCOR-Modell (vgl. Supply Chain Council /125/) hat das Supply Chain Council ein einheitliches, vergleichbares und branchenunabhängiges Prozessreferenzmodell geschaffen, mit dessen Hilfe organisationsübergreifende Logistikprozesse und deren Verknüpfung standardisiert beschrieben werden können. Das Modell sieht u.a. die Erfassung von Prozessleistung durch einen Satz von Kennzahlen vor, der für jeden Referenzprozess und für jedes Prozesselement individuell zusammengestellt ist. Um die Vergleichbarkeit der Resultate der Leistungsmessung sicherzustellen, sind die Leistungsmessgrößen aggregierbar und durch Kennzahldefinitionen eindeutig spezifiziert. Durch die hierarchische Struktur des Prozessmodells und durch die Orientierung der Einzelkennzahlen an den Kennzahlenkategorien entsteht eine Kennzahlensystematik, die weder als Rechen- noch als Ordnungssystem bezeichnet werden kann, ansatzweise jedoch Eigenschaften von beiden Systemtypen aufweist. Aufgrund des Referenzcharakters der Prozessdefinitionen und der hierarchisch aufgebauten Kennzahlenmethodik sowie aufgrund seines hohen Verbreitungsgrades eignet sich das SCOR-Modell prinzipiell für analytische Zwecke und für die Anwendung im Rahmen des vorgestellten Verfahrens.

Das SCOR-Modell beschreibt auf der Prozesskategorie- bzw. Prozesselement-Ebene eine Logistikaktivität anhand folgender Merkmale: Die **SCOR-Prozesselementdefinition** umfasst die Beschreibung der Einzeltätigkeiten, der Ergebnisse der Aktivitäten sowie deren logische Abfolge und der benötigten/resultierenden Prozessinputs/-outputs (in Form von Informationen, Plänen, Aktionen und Signalen). Die Aufgabe der Aktivität wird durch die Angabe des zu erreichenden Endzustandes umschrieben – die Aktivität (als „kleinste“ Betrachtungseinheit des Modells) wird aus Modellsicht als „Black-Box“ behandelt. Wie auf den übergeordneten Ebenen werden der Aktivität mögliche Kennzahlen aus den fünf SCOR-Leistungskategorien (vgl. Abschnitt 3.3.4.2) zugeordnet. Die **SCOR-Prozesskategorie** fasst die Prozesselemente zusammen und eignet sich zur Klassifizierung des Sachziels bzw. der

Art des Prozesses auf der Basis der Prozesszieldefinition und der aggregierten Prozesselementkennzahlen.

Durch die Zusammenführung der SCOR-Elemente und der Elemente des Metamodells können spezifische Prozessleistungsbeschreibungsmodelle definiert werden. Aus dem SCOR-Modell werden hierzu insbesondere die Prozesskategorie- und Prozesselementdefinition herangezogen und in das Metamodell zur Leistungsbeschreibung integriert. Es entstehen spezifische Leistungsbeschreibungsmodelle, bestehend aus identifizierenden, Leistungswert und Leistungsmengen indizierenden Merkmalen (vgl. Abbildung 16). Die Beschreibungsmerkmale i.e.S. bilden sodann mit Hilfe entsprechender Kennzahlen die realen Ausprägungen von Prozessleistung zu einem bestimmten Messzeitpunkt ab.

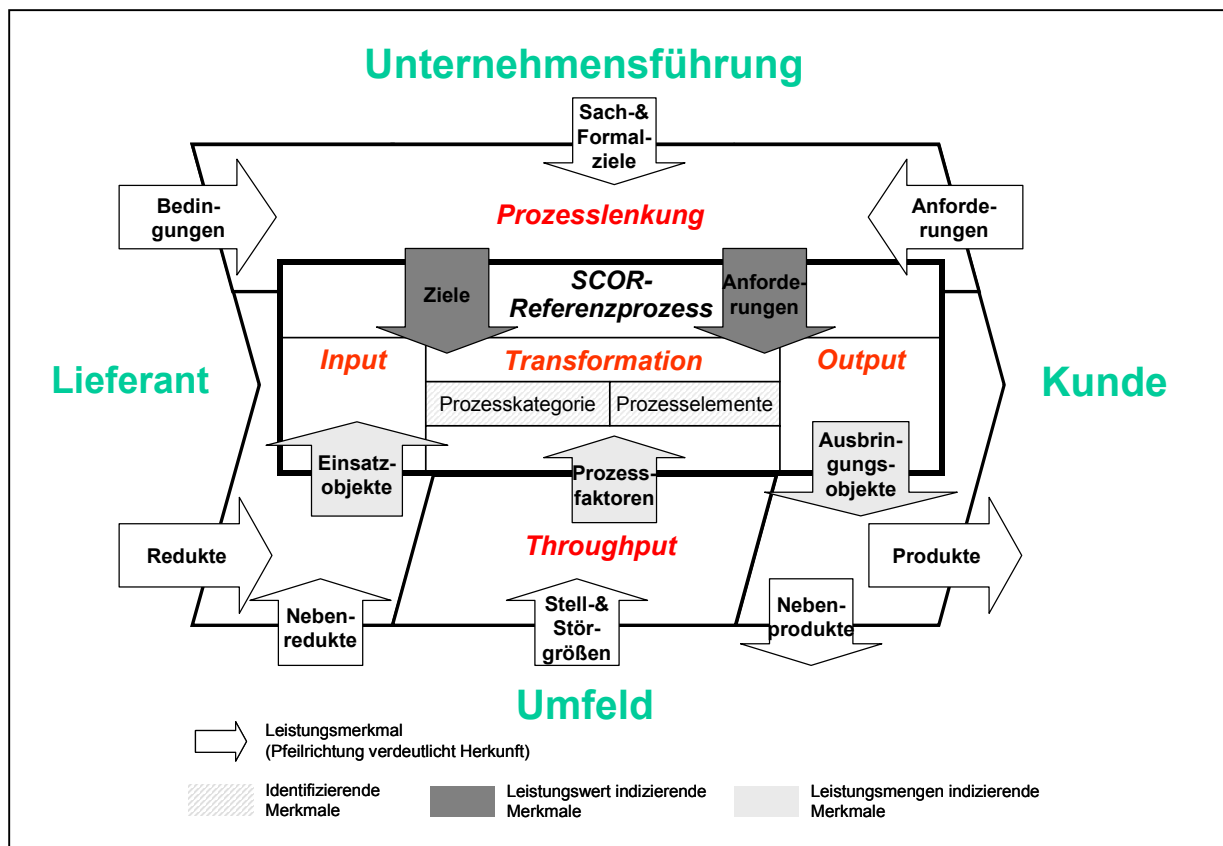


Abbildung 16: Beschreibungsmodell zur Abbildung logistischer Prozessleistung

### 5.2.2 Defizite des SCOR-Modells in der Prozessleistungsbeschreibung

Die Beschreibungsmerkmale des SCOR-Modells sind für eine Effizienzanalyse logistischer Prozessleistung nicht ausreichend. Der auf der funktionalen Beschreibung von Logistikprozessen liegende Schwerpunkt des Modells führt zu drei wesentlichen Defiziten, die im Rahmen der Methode zur Leistungsbeschreibung kompensiert werden müssen:

- Die Beschreibungsmerkmale der SCOR-Referenzprozessdefinitionen reichen zur Feststellung der Vergleichbarkeit logistischer Prozessleistung nicht aus. Wie in Abschnitt 5.1.2.1 gezeigt wurde, müssen zur eindeutigen Klassifizierung von Prozessleistung u.a. Merkmale wie die Strategie oder die Durchführungshäufigkeit des zugrundeliegenden Prozesses übereinstimmen, um verschiedene Ausprägungen von Prozessleistung sinnvoll miteinander vergleichen zu können.

- Obwohl das SCOR-Modell Leistungskennzahlen-Sätze für jede Prozesskategorie und jedes Prozesselement vorschlägt, sehen die Kategorie- bzw. Elementdefinitionen keine Zuordnung der Kennzahlen zum Input, Throughput oder Output des Transformationsprozesses vor. In Bezug auf die Effizienzanalyse heißt dies, dass die Bildung eines Faktorsertrag-Faktoreinsatz-Koeffizienten per se nicht möglich ist.
- Der Steuerungscharakter der SCOR-Kennzahlen führt zu einer Vernachlässigung analytischer Messgrößen insbesondere in Bezug auf die Eingangsbedingungen des zu analysierenden Prozesses als Nachfolger vorgelagerter Prozesse. Die Kennzahlen und der hierarchische Aufbau des Kennzahlensystems dienen im SCOR-Modell der Operationalisierung prozessübergeordneter Ziele, so dass Messgrößen generell durchführungs- bzw. ergebnisbezogen, nicht aber vorleistungsanalytisch definiert sind.

## 6 Modell zur Prozessleistungsbewertung

Die Erforschung der Effizienz bzw. Produktivität wertschöpfender Systeme steht im Zentrum der ökonomischen Betrachtung sowohl privater Unternehmungen als auch öffentlicher Einrichtungen. Zur Leistungsbeurteilung dienen häufig einfache Verhältniszahlen unter Herstellung paarweiser Beziehungen zwischen Input- und Outputmerkmalen. Dieses Vorgehen bringt Nachteile mit sich, insbesondere bei der Bewertung komplexer Leistungserstellungsprozesse und der Berücksichtigung mehrdimensionaler Zielsysteme. Im Folgenden werden die Voraussetzungen und notwendigen Erweiterungen existierender DEA-Modelle im Hinblick auf eine Analyse logistischer Prozessleistung untersucht und darauf aufbauend ein Modell zur Prozessleistungsbewertung entwickelt.

### 6.1 Bewertung von Prozessleistung

#### 6.1.1 Grundlagen

Nach Wöhe ist Bewerten „eine Tätigkeit, die das Ziel hat, den Wert einer Handlungsweise, eines Verfahrens oder einer Sache festzustellen“ (Wöhe /148/ S. 1097). Dabei betont der Autor, dass „Feststellen“ in diesem Kontext bedeuten kann, dass der Bewertende die Entscheidung treffen kann, indem er dem Bewertungsgegenstand selbst einen Wert zumisst oder indem er vorgefundene Werte registriert und überträgt. Ökonomische Werte sind keine immanenten (dem Betrachtungsgegenstand inne wohnenden) Werte, sondern „rational zu erklärende Feststellungen (Seinsurteile) über den Gebrauchswert, den Tauschwert oder den Ertragswert von Gütern“ (Wöhe ebd.). Unter den Voraussetzungen der Substituierbarkeit und Handelbarkeit von Dienstleistungen lässt sich dieser Sachverhalt auf Dienstleistungen ausweiten. Daraus folgt, dass der Wert einer betriebswirtschaftlichen Leistung eine Größe in Abhängigkeit der Beziehung zwischen dem Bewertenden, dem Prozess in einer bestimmten Situation und den in dieser Situation existierenden Alternativen darstellt. Ein solcher Wert stellt nach Wöhe jedoch keinen rein subjektiven Wert dar, da er zumindest wissenschaftlich analysier- und nachprüfbar ist (vgl. Wöhe /148/ S. 1098).

Wenngleich die Bestimmung von Gebrauchs- und Tauschwerten vor allem innerbetrieblicher Geschäftsprozesse häufig sehr schwierig oder unmöglich ist, so ist „eine Bewertung im Sinne einer angemessenen Wiedergabe des zu beurteilenden Sachverhaltes nur möglich, wenn ein adäquates Bewertungsverfahren (=Regeln) verfügbar ist bzw. angewandt wird, mit dem jeweils auch die Relativität berücksichtigt werden kann. (...) Eine Bewertung ist ohne tatsächliche oder ideale Vergleichsobjekte nicht möglich. (...) Durch die Offenlegung der Vergleichsobjekte und der Bewertungsregeln wird eine Bewertung erst intersubjektiv nachvollziehbar und überprüfbar“ (Becker /8/ S. 151). Aus diesem Grund soll die Bewertung logistischer Prozessleistung im Rahmen der Arbeit durch eine Gegenüberstellung vergleichbarer Leistungsausprägungen erfolgen.

#### 6.1.2 Formalisierung des Bewertungsproblems

Der (Nutz-)Wert stellt für den Bewertenden den subjektiven, durch die Tauglichkeit zur Zielerreichung bestimmten Wert eines Sachverhaltes dar. Der Bewertende besitzt eine Präferenz zwischen zwei Alternativen  $a, b \in A$  der Alternativenmenge  $A$  zur Zielerreichung, wenn er entweder  $a$  gegenüber  $b$  bevorzugt ( $a \succ b$ ) oder  $b$  gegenüber  $a$  bevorzugt ( $b \succ a$ ). Eine Wertfunktion  $v$  ist eine Funktion, die jeder Alternative  $a$  eine reelle Zahl derart zuordnet,

dass der Wert einer Alternative  $a$  genau dann größer als der Wert einer Alternative  $b$  ist, falls der Bewertende  $a$  gegenüber  $b$  präferiert (vgl. Eisenführ et al. /34/ S. 116):

$$v(a) > v(b) \Leftrightarrow a \succ b \quad a, b \in A. \quad \text{Formel 3}$$

Die vergleichende Bewertung von Sachverhalten kann als Rangfolgeproblem angesehen werden. Beim Rangfolgevergleich werden Alternativen danach geordnet, ob ihr Wert kleiner oder größer als der Wert der Vergleichsobjekte ist (vgl. Schulte /114/ S. 549). Die Herstellung einer Rangordnung unter Alternativen stellt bestimmte Anforderungen an den Inhalt des zugrundeliegenden Zielsystems: Zielgrößen geben an, welche Kriterien bei der Beschreibung der Alternativen zu erfassen sind. Präferenzrelationen bringen die Intensität des Strebens nach den mit der Ergebnisdefinition festgelegten Zielgrößen zum Ausdruck. Dabei sind stets Höhenpräferenzrelationen (Vorschriften über das erstrebte Ausmaß von Zielgrößen), eine Artenpräferenzrelation (Vorschrift über die Beziehung zwischen Zielgrößen bei mehr als einer Zielgröße) und eine Zeitpräferenz (Vorschrift über die Vorziehungswürdigkeit von Alternativen bei Ergebnissen verschiedener Zeitdimensionen) notwendig (vgl. Bamberg et al. /6/ S. 26f).

Multiattributive Wertfunktionen weisen Alternativen Werte in Abhängigkeit von ihren Attributausprägungen zu. Die einfachste und wichtigste multiattributive Wertfunktion ist die additive. Dabei wird ein Gesamtwert einer Alternative, unter der Voraussetzung bestimmter Unabhängigkeitsbedingungen der Attribute, aus einer gewichteten Summe von Einzelwerten je Attribut zusammengesetzt. Seien die Alternativen  $a \in A$  durch die Vektoren der Form  $a = (a_1, \dots, a_m)$  charakterisiert. Die  $a_r$  geben die Ausprägungen der Attribute  $X_r$  bei Alternative  $a$  an, über jedem Attribut  $X_r$  habe der Bewertende eine (eindimensionale) Wertfunktion  $v_r(x_r)$ . Die Wertfunktionen  $v_r$  seien auf das Intervall  $[0;1]$  normiert. So bestimmt das additive Modell den Wert der Alternative  $a$  durch

$$v(a) = \sum_{r=1}^m w_r v_r(a_r) \quad \text{Formel 4}$$

mit  $w_r \geq 0$  und  $\sum_{r=1}^m w_r = 1$  als die sog. Zielgewichte oder Gewichte der Attribute (vgl. Eisenführ et al. /34/ S. 117).

Die Analyse logistischer Prozessleistung wird in dem nachfolgend dargestellten Modell durch die Definition einer multiattributiven Wertfunktion und der relativen Bewertung der Leistung im Vergleich zu ähnlichen Leistungsausprägungen auf der Basis eines entscheidungstheoretischen Rangfolgemodells unterstützt (vgl. Otto /93/). Als Entscheidungsmodell wird ein deterministisches, statisches Modell mit mehreren Zielsetzungen zugrundegelegt, da von tatsächlich erfassten oder absichtlich angenommenen Leistungsausprägungen in einem einstufigen Entscheidungsprozess ausgegangen wird (zu den Begriffen deterministisch/stochastisch, statisch/dynamisch vgl. Bamberg et al. /6/ S. 16ff). Das Zielsystem des Entscheidungsmodells soll durch die in der Methode zur Leistungsbeschreibung festgelegten Leistungsmessgrößen als Zielgrößen und durch die mit den Kennzahlen verbundenen Höhenpräferenzrelationen festgelegt sein.

## 6.2 DEA-Bewertungsmodell

Im Folgenden soll das Prinzip der Bestimmung relativer Effizienzen mit Hilfe der DEA zur Bewertung prozessualer Logistikleistung angewandt werden. Hierzu muss ein geeignetes

DEA-Modell identifiziert und an die Anforderungen der Prozessleistungsanalyse angepasst werden.

## 6.2.1 Beschreibung existierender Modelle

### 6.2.1.1 Basismodell

Die DEA ist eine Methodik, die die Effizienz multiattributiv beschriebener Vergleichsobjekte relativ zueinander bestimmt und mittels einer Effizienzmessgröße vergleichbar macht. Damit geht die DEA über die Möglichkeiten einfacher Verhältniszahlen hinaus und ist eher dem Multi Criteria Decision Making (vgl. Zimmermann /152/) als der Kennzahlen- oder Controllingtheorie zuzuordnen. Der Ansatz von Farrell zur Beurteilung der Effizienz von Produktionseinheiten (vgl. Farrell /39/) wurde in dem DEA-Basismodell nach Charnes, Cooper und Rhodes (CCR) zunächst mit einem Quotientenprogramm abgebildet und mittels der Linearen Programmierung gelöst (vgl. Charnes et al. /18/). Das Basismodell verallgemeinert einfache Produktivitätsquotienten mit singulären Inputs und Outputs, indem die multiplen Inputs und Outputs jeder Produktionseinheit – unter Annahme konstanter Skalenerträge – zu „virtuellen“ skalaren Inputs und Outputs zusammengefasst werden (vgl. Schefczyk /107/). Die Funktion des CCR-Modells ist, die Input- und Outputgewichte je Produktionseinheit so zu bestimmen, dass die Effizienz der jeweils betrachteten Einheit möglichst groß im Vergleich zu allen anderen Einheiten mit dieser Gewichtung ist. Die Optimierung erfolgt unter der Nebenbedingung, dass die gewichteten Verhältnisse für keine der anderen Einheiten den Wert Eins (zur Normierung des Effizienzmaßes) übersteigt.

Angenommen, die zur Schätzung der Produktionsfunktion verwendete Technik bzw. Produktionsfeld wird als Menge  $T = \{(X,Y) | Y \geq 0 \text{ produziert aus } X \geq 0\}$  bezeichnet, so repräsentieren die Vektoren  $X_j = (x_{1j}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{mj})$  den tatsächlich eingesetzten Input und  $Y_j = (y_{1j}, \dots, y_{rj}, \dots, y_{sj})$  den tatsächlich erzielten Output der Produktionseinheit  $j$ . Werden die Gewichtungen der Inputs durch den Vektor  $v_i = (v_1, \dots, v_m)$  und der Outputs durch den Vektor  $u_r = (u_1, \dots, u_s)$  erfasst, so wird das inputorientierte CCR-Modell (Basic Ratio Model, vgl. Charnes et al. /18/) beschrieben durch

$$\max h_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{r0}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}$$

$$u.d.N. \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad j = 1, \dots, n$$

$$u_r, v_j \geq 0 \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m$$

Formel 5

Durch die Maximierung des Effizienzmaßes  $h_0$  erhält die betrachtete Einheit  $0$  die bestmögliche von den Nebenbedingungen zugelassene Gewichtung der Input- und Outputfaktoren. Dementsprechend wird die Effizienz der Einheit  $j$  relativ zur Gesamtmenge der betrachteten Einheiten gefunden werden, indem das obige Problem für die Betrachtungseinheit  $j$  gelöst wird. Gelingt es für die Einheit  $j$  nicht, durch geeignete Wahl der Gewichtungen ihre Effizienz maximal, das heißt  $Y_j/X_j = 1$ , werden zu lassen, so ist sie ineffizient und der zugehörige Wert  $h_j$  wird als Maß ihrer Ineffizienz definiert. Sollen  $n$

Einheiten verglichen werden, müssen  $n$  Programme für die Betrachtungseinheiten  $j = 1, \dots, n$  gelöst werden. Ergebnis der ( $n$ -fachen) Analyse ist letztendlich ein additives Wertmaß der relativen Effizienz, eine Menge effizienter Vergleichseinheiten und ein Satz von Zielgrößen für die Input- und Outputfaktoren je Betrachtungseinheit.

Bei Formel 5 handelt es sich um ein Problem der nichtlinearen Programmierung, welches nicht ohne Schwierigkeiten zu lösen ist, jedoch in ein äquivalentes lineares Programm überführt werden kann: Sei

$$\mu_r = \frac{u_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}, \quad r = 1, \dots, s \quad \text{Formel 6}$$

und

$$\omega_i = \frac{v_i}{\sum_{i=1}^m v_i x_{i0}}, \quad i = 1, \dots, m, \quad \text{Formel 7}$$

so lässt sich Formel 5 schreiben als

$$\begin{aligned} \max_{\mu, \omega} z_0 &= \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} \\ \text{u.d.N.} \quad \sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m \omega_i x_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ \sum_{i=1}^m \omega_i x_{i0} &= 1 \\ \mu_r, \omega_i &\geq 0 \quad r = 1, \dots, s; \quad i = 1, \dots, m \end{aligned} \quad \text{Formel 8}$$

Da zu jedem linearen Optimierungsproblem ein duales lineares Optimierungsproblem mit gleichem Zielfunktionswert existiert (vgl. Neumann /92/ S. 76ff), kann durch Dualisierung dieses Problems das folgende, zu Formel 8 äquivalente Programm beschrieben werden:

$$\begin{aligned} \min_{\lambda} \theta_0 \\ \text{u.d.N.} \quad \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} &\geq y_{r0} \quad r = 1, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} &\leq \theta_0 x_{i0} \quad i = 1, \dots, m \\ \lambda_j &\geq 0, \quad j = 1, \dots, n; \quad \theta \text{ frei} \end{aligned} \quad \text{Formel 9}$$

Dabei wurde aus dem Maximierungsproblem ein Minimierungsproblem, aus den vorzeichenbeschränkten Variablen der Zielfunktion wurden Ungleichungen, aus den Ungleichungen der Nebenbedingungen vorzeichenbeschränkte Variablen und aus der Gleichung eine nicht vorzeichenbeschränkte Variable. In der DEA-Terminologie werden die Modelle aus Formel 9 und Formel 8 als primales bzw. duales inputorientiertes CCR- oder Basismodell bezeichnet.

Das duale Modell ist so interpretierbar, dass für die betrachtete Produktionseinheit  $0$  Werte  $\lambda_j$  gesucht werden, um eine virtuelle Vergleichseinheit mit Output  $\sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj}$ ,  $r = 1, \dots, s$  und



Input  $\sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}$ ,  $i = 1, \dots, m$  zu konstruieren, welche eine höhere Effizienz als die Zieleinheit  $\theta$  aufweist (vgl. Dyckhoff et al. /33/). Dabei müssen mindestens die von der Einheit  $\theta$  erzeugten Outputs entstehen und die Inputs dürfen nicht das  $\theta_0$ -fache der Inputs der Einheit  $\theta$  überschreiten. Diese virtuelle Vergleichseinheit weist eine gegenüber  $(\theta_0 x_0, y_0)$  höhere Effizienz auf, falls  $\theta_{virtuell} < 1$ .

Damit die Produktionseinheit  $\theta$  relativ effizient ist, darf sie von keiner anderen Einheit (oder Linearkombination anderer Einheiten) dominiert werden. Demnach sind Verbesserungen bei einem Input oder Output nicht ohne Verschlechterungen bei mindestens einem anderen Input oder Output möglich. Bezeichnet man die Verbesserung bei einem Input  $i$ , das heißt seine betragsmäßige Verminderung mit  $s_i^-$  und die Verbesserung bei einem Output  $r$ , das heißt seine betragsmäßige Erhöhung mit  $s_r^+$ , so können diese Verbesserungs- bzw. Schlupfvariablen ebenfalls zur Charakterisierung des Optimierungsproblems herangezogen werden. Seien

$$s_i^- = \theta x_{i0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij}, \quad i = 1, \dots, m \quad \text{Formel 10}$$

als Inputschlupfvariablen, also als „Input-Verschwendungen“ definiert, und

$$s_r^+ = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - y_{r0} \quad r = 1, \dots, s \quad \text{Formel 11}$$

als Outputschlupfvariablen, also als „Output-Defizite“ definiert, so kann Formel 9 ebenfalls dahingehend interpretiert werden, dass für die Produktionseinheit  $\theta$  der minimale Input-Effizienzfaktor  $\theta_0$  unter der Bedingung minimaler nichtnegativer Input- bzw. Outputschlupfe bestimmt werden soll.

#### 6.2.1.2 Weitere Modelle

Auf dem oben beschriebene DEA-Basismodell aufbauend wurden seit seiner Veröffentlichung verschiedene alternative Modelle und modellunabhängige Erweiterungen der DEA vorgestellt, von denen die wichtigsten im Folgenden skizziert werden (vgl. Seiford /115/).

Bereits angedeutet wurde die Möglichkeit, das Basismodell von der inputorientierten Sichtweise (CCR-I) auf die outputorientierte Sichtweise (CCR-O) zu übertragen. Die Optimierung erfolgt hinsichtlich der Maximierung der Outputfaktoren ohne mehr als die gegebenen Inputfaktormengen zu verwenden. Mit dem additiven Modell (ADD) wurde eine dritte Art der Orientierung vorgestellt. Das Modell behandelt Input-Reduzierung und Output-Erhöhung gleichwertig und kann folglich als input-/outputorientiert oder unorientiert bezeichnet werden. Das Slacks-based Measure of Efficiency (SBM)-Modell ist ebenfalls ein unorientiertes Modell, in dessen Fokus die (direkte) Optimierung der Input-Verschwendung und Output-Defizite steht.

Ein anderes, wichtiges Unterscheidungsmerkmal der DEA-Modelle bildet die Annahme über konstante oder variable Skalenerträge. 1984 stellten Banker, Charnes und Cooper ein Modell vor, mit dessen Hilfe Produktionsfunktionen mit steigenden, konstanten und fallenden Skalenerträgen bei inputorientierter Sichtweise (BCC-I) sowie bei Outputorientierung (BCC-O) abgebildet werden können (vgl. Banker et al. /7/). Im Weiteren entstanden Modelle, die

abschnittsweise logarithmische oder Cobb-Douglas-Produktionsfunktionen (LOG) anstelle der abschnittsweise linearen Funktion der CCR, BCC und ADD-Modelle einsetzen.

Neben den grundsätzlichen Entwicklungen der DEA erfolgten eine Reihe modellunabhängiger Weiterentwicklungen zur verbesserten Interpretierbarkeit der DEA-Effizienzwerte, zum verbesserten Verständnis der Sensitivität und Stabilität der Modellresultate sowie dem Einbezug stochastischer und gemischt parametrisch/nicht parametrischer Modelle und der Abschwächung wesentlicher Grundannahmen/der Berücksichtigung zusätzlicher Randbedingungen (vgl. Schefczyk /107/). Ein Überblick über die Meilensteine der DEA-Entwicklung geben Charnes/Cooper/Lewin/Seiford (vgl. Charnes et al. /17/ S. 10ff).

#### 6.2.1.3 Grundannahmen

Die Fähigkeit, ein mehrdimensionales Bewertungsproblem unabhängig von intuitiven Einschätzungen analytisch-nachvollziehbar zu machen, qualifiziert die DEA zu einem interessanten Ansatz zur Unterstützung einer Fülle von praktischen Bewertungs- bzw. Entscheidungsproblemen. Hinzu kommt, dass die heute zur Verfügung stehenden DV-Hilfsmittel und Algorithmen in der Lage sind, auch komplexere Optimierungsprobleme mit vertretbarem Aufwand zu lösen und damit aus technischer Sicht den Einsatz der DEA voranzutreiben.

Der DEA liegen allerdings strenge Annahmen bzgl. des Untersuchungsgegenstandes und des Vorgehens zugrunde, die in der praktischen Anwendung der Methode beachtet werden müssen. Die Verletzung dieser Annahmen kann zu verzerrten und falschen Ergebnissen führen, insbesondere wenn sie nicht in gleicher Weise für alle in die Analyse einbezogenen Vergleichsobjekte gelten. Sofern die DEA in der Methode zur Leistungsbewertung zum Einsatz kommen soll, sind folgende Grundannahmen des Ansatzes sicherzustellen (vgl. Dyckhoff /32/ S. 177):

- (A1) Alle relevanten Input- und Outputfaktormengen müssen quantifizierbar und metrisch erfassbar sein. Es wird von kardinal skalierten, nicht-negativen Ausprägungen stetiger Merkmale ausgegangen, von denen je Faktor mindestens eine Ausprägung der Vergleichseinheiten größer Null ist.
- (A2) Alle betrachteten Vergleichseinheiten werden durch dieselben Inputfaktoren und dieselben Outputfaktoren beschreiben, so dass sie bezüglich jeweils eines Input- oder Outputfaktors unmittelbar untereinander vergleichbar sind.
- (A3) Allen Vergleichseinheiten liegt dieselbe (unbekannte) Technik zugrunde, die beobachteten Aktivitäten sind Realisationen dieser Technik.
- (A4) Die Effizienz einer Produktionseinheit ist um so höher, je größer ceteris paribus die Outputfaktormengen und je geringer die Inputfaktormengen sind.
- (A5) Alle Linearkombinationen (bei Modellen mit konstanten Skalenerträgen) bzw. Konvexkombinationen (bei Modellen mit variablen Skalenerträgen) der  $n$  Produktionseinheiten sind ebenfalls Elemente der Technik bzw. technisch möglich.

## **6.2.2 Vergleich und Auswahl eines geeigneten Modells**

### 6.2.2.1 Gegenüberstellung der Basismodelle

Die in Abschnitt 6.2.1.2 genannten DEA-Modelle verfügen über Eigenschaften, die im unterschiedlichen Maß den in Abschnitt 4.3.1 dargestellten Anforderungen entsprechen. In Anlehnung an Cooper et al. sollen die Modelle anhand der folgenden Kriterien gegenübergestellt werden (vgl. Cooper et al. /21/ S. 101ff):

#### Orientierung

Denkbare Optimierungsorientierungen sind Input-Orientierung, Output-Orientierung und unorientierte Modelle. Der Einsatz inputorientierter Modelle erscheint dann sinnvoll, wenn sich die Gestaltungsmöglichkeiten zur Effizienzsteigerung in erster Linie auf die Minimierung des Ressourceneinsatzes beziehen und der Output des Produktionsprozesses im Wesentlichen nicht beeinflusst werden kann. Output-orientierte Modelle sind vorzuziehen, wenn bei gegebenem Ressourceneinsatz das Ergebnis des Produktionsprozesses gesteigert werden soll. Kann über die Orientierung keine Entscheidung getroffen oder sollen gleichzeitig Inputs minimiert und Output maximiert werden, so sind unorientierte Modelle vorzuziehen.

#### Skalenerträge

Bei der Annahme variabler Skalenerträge werden leistungsniveau-bedingte Produktivitätsunterschiede nicht in die Effizienzbewertung einbezogen, wogegen diese bei konstanten Skalenerträgen berücksichtigt werden.

#### Beschränkung der Ausgangsgrößen

Die Modelle fordern unterschiedliche Arten der Vorzeichenbeschränkung für Input- und Outputgrößen der Ausgangsdaten.

#### Effizienzmessgröße

Das Kriterium gibt an, ob das Modell eine (aggregierte) Effizienzmessgröße errechnet oder nicht.

#### Invarianz des Effizienzniveaus bei Skalarmultiplikation bzw. Addition

Die Modelle unterscheiden sich dahingehend, ob die berechneten Effizienzwerte abhängig oder unabhängig von den Absolutwerten der Ausgangsgrößen sind. Modelle ohne Effizienzmessgröße wie zum Beispiel das additive Modell erlauben eine Paralleltransformation des Koordinatensystems der Ausgangsdaten (Paralleltransformation-Invarianz). Sie sind jedoch abhängig von der Einheit der Ausgangsdaten (keine Einheiten-Invarianz). Eine Paralleltransformation erfolgt durch die Addition eines positiven Skalars zu den Ausgangsdaten, eine Variation der Einheit der Daten (im einfachsten Fall) durch eine Skalarmultiplikation.

#### Effizienzart und Abstandsmessung

In Abhängigkeit von der Abstandsmessung ineffizienter zu effizienten Einheiten bzw. deren Linearkombinationen werden die technische Effizienz (Input- oder Output-Orientierung) und die gemischt technische Effizienz (Input- und Output-Orientierung) unterschieden. Der Name der gemischt technischen Effizienz weist dabei auf die über die Input- und Output-Richtung

aggregierte Abstandsmessung hin, für die meist die  $L^1$ -Metrik (City-Block-Metrik) oder  $L^2$ -Metrik (Euklidische Distanz) verwendet wird (zu dem Begriff der  $L^q$ -Distanzen vgl. Fahrmeir /37/). Die Messung der (einfachen) technischen Effizienz erfolgt mit Hilfe des Abstandsmaßes nach Farrell (vgl. Farrell /39/).

Tabelle 6 zeigt die Gegenüberstellung der in Abschnitt 6.2.1.2 genannten DEA-Grundmodelle mit ihren unterschiedlichen Eigenschaften.

Modell	CCR	BCC	ADD	SBM
Orientierung	Input oder Output	Input oder Output	Input und Output	Input und Output
Skalenerträge	konstant	variabel	konstant oder variabel	konstant oder variabel
Vorzeichen der Ausgangsgrößen	beschränkt	beschränkt	unbeschränkt	beschränkt
Effizienzmessgröße	[0, 1]	(0, 1]	keine	[0, 1]
Invarianz Effizienzniveau bei Skalarmultiplikation	ja	ja	nein	ja
Invarianz Effizienzniveau bei Skalaraddition	nein	nein	ja	nein
Effizienzart	technische Effizienz	technische Effizienz	gemischt technische Effizienz	gemischt technische Effizienz
Abstandsmaß	Farrell	Farrell	City-Block-Metrik	City-Block-Metrik

Tabelle 6: Eigenschaften der DEA-Grundmodelle (in Anlehnung an Cooper et al. /21/ S. 102)

### 6.2.2.2 Auswahl eines geeigneten Modells

Alle oben beschriebenen Modelle sind in der Lage, die Effizienz von „Entscheidungseinheiten“ relativ zueinander zu vergleichen. Zur Auswahl eines für die Leistungsbewertung von Logistikprozessen geeigneten Modells müssen die Eigenschaften der Modelle anhand der Anforderungen an das Bewertungsmodell (vgl. Abschnitt 4.3.1) geprüft werden.

Eine der wesentlichen Anforderungen an das Modell zur Prozessleistungsbewertung ist die Existenz einer aggregierten, skalaren Effizienzmessgröße. Mit Hilfe einer solchen Größe kann der relative Vergleich der Leistungsausprägungen und ihre Unterscheidung in effiziente und ineffiziente Vergleichseinheiten erfolgen. Da nicht alle DEA-Modelle eine entsprechende Messgröße aufweisen, wirkt diese Anforderung einschränkend, vor allem bezüglich einfacher additiver DEA-Modelle.

Die Gültigkeit neoklassischer Produktionsfunktionen konnte empirisch für viele unterschiedliche „Produktionsstrukturen“ nachgewiesen werden, was sich „insbesondere auf die im Gegensatz zum Ertragsgesetz realitätsnähere Annahme der kontinuierlich sinkenden Grenzerträge“ zurückführen lässt. (vgl. Wöhe /148/ S. 618). Als Beispiel sei der Dispositionsprozess eines Lagerproduktes genannt, dessen Verfügbarkeit (stark vereinfacht) mit zunehmendem Lagerbestand (und fallenden Grenzerträgen) zunimmt. Daher sind zur Analyse von Leistungserstellungsprozessen Modelle mit Berücksichtigung konvexer

Produktionsfunktionen bzw. der Annahme variabler Skalenerträge solchen mit der Annahme konstanter Skalenerträge in erster Näherung vorzuziehen.

Eine kritische Einschätzung der sog. „aggregierten Prozessanalyse“ mit Hilfe der DEA nach Homburg und Eichin (vgl. Homburg et al. /59/) führt zu der Erkenntnis, dass hinsichtlich der Optimierungsorientierung von Geschäftsprozessen im Allgemeinen und von Logistikprozessen im speziellen keine Aussage gemacht werden kann. Bei der Betrachtung mehrerer Leistungsmerkmale liegt es im Ermessen des Entscheiders, ob zur Steigerung der relativen Effizienz ineffizienter Prozesse Input-Verschwendungen minimiert oder Output-Defizite aufgeholt werden. Als Beispiel sei ein Distributionsprozess genannt, bei dem die Abwicklungskosten minimiert, die Termintreue maximiert oder beide Leistungsparameter gleichzeitig optimiert werden können. Die fallweise unterschiedliche Optimierungsorientierung bei der Leistungsbewertung von Logistikprozessen legt infolgedessen die Verwendung eines unorientierten Modells nahe.

Unter Berücksichtigung dieser Anforderungen wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit das SBM-Modell zur Bewertung der relativen Effizienz von Logistikprozessen herangezogen. Folgende Eigenschaften des Modells führen zu dieser Auswahl:

- Das Modell bestimmt einen normierten, von den Ausprägungen der Ausgangsdaten unabhängigen, eindimensionalen Effizienzwert zur Charakterisierung der Prozessleistung.
- Der Effizienzwert ist monoton fallend für steigende Inputfaktor- und Outputfactorschlupfe.
- Das Modell ist unorientiert, d.h. es betrachtet Input-Verschwendung und Output-Defizite gleichzeitig.
- Die Absolutwerte der Schlupfe werden direkt ausgewiesen und können zur weiteren Analyse herangezogen werden.
- Das Modell kann variable Skalenerträge berücksichtigen.

#### 6.2.2.3 Charakterisierung des ausgewählten Modells

Aufbauend auf den Überlegungen von Charnes/Cooper/Golany/Seiford/Stutz hinsichtlich der gleichzeitigen, direkten Betrachtung von Input-Verschwendung und Output-Defiziten (vgl. Charnes et al. /16/) stellt Tone 1999 das Slacks-based Measure of Efficiency (SBM)-Modell vor (vgl. Tone /131/). Da sich das SBM-Modell hinsichtlich der Vorgehensweise von dem im Abschnitt 6.2.1.1 beschriebenen CCR-Modell unterscheidet, soll das Modell im Überblick dargestellt werden (zu den folgenden Ausführungen vgl. Tone /131/).

#### Beschreibung

Angenommen, es existieren  $n$  Entscheidungseinheiten (Decision Making Units)  $DMU_1, \dots, DMU_n$  mit der Inputmatrix  $X=(x_j) \in R^{m \times n}$  und der Outputmatrix  $Y=(y_j) \in R^{s \times n}$ , ein Spaltenvektor  $\lambda \in R^n$  als Gewichtungvariable und die Spaltenvektoren  $s^- \in R^m / s^+ \in R^s$  für die Input- bzw. Outputschlupfe, so lässt sich das SBM-Modell durch folgendes Quotientenprogramm ausdrücken:

$$\min \quad \rho = \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{i0}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{r0}}$$

Formel 12

$$u.d.N. \quad x_0 = X\lambda + s^-$$

$$y_0 = Y\lambda - s^+$$

$$X \geq 0, \quad \lambda \geq 0, \quad s^- \geq 0, \quad s^+ \geq 0$$

Die ersten drei im vorherigen Abschnitt aufgeführten Eigenschaften des SBM-Modells können sehr leicht nachempfunden werden. So liefert das Programm als Ergebnis den (skalaren) Effizienzwert  $\rho$ , der monoton fallend bei steigenden Input- oder Outputschlupfen ist. Der Effizienzwert berücksichtigt beide Optimierungsrichtungen, da der Koeffizient bei der Erhöhung eines Input- oder Outputschlupfes unter ansonsten gleichen Bedingungen kleiner wird. In diesem Modell ist eine Einheit genau dann effizient, wenn  $\rho = 1$  und sowohl  $s^{-*} = 0$  als auch  $s^{+*} = 0$  (in anderen Worten, es existiert weder eine Input-Verschwendung noch ein Output-Defizit). Eine ineffiziente Einheit  $\theta$  kann beschrieben werden durch

$$x_0 = X\lambda^* + s^{-*} \quad \text{mit } s^{-*} > 0 \text{ für mindestens ein Faktor } s_i^{-*} \quad (i = 1, \dots, m) \text{ und/oder} \quad \text{Formel 13}$$

$$y_0 = Y\lambda^* - s^{+*} \quad \text{mit } s^{+*} > 0 \text{ für mindestens ein Faktor } s_r^{+*} \quad (r = 1, \dots, s) \quad \text{Formel 14}$$

so dass mit positiven Schlupfvariablen die Projektion der ineffizienten Einheit auf die effiziente Linie (bzw. Hülle) und damit die virtuelle Vergleichseinheit gegeben ist. Formel 13 und mit  $s^{+*} > 0$  für mindestens ein Faktor  $s_r^{+*}$  ( $r = 1, \dots, s$ ) Formel 14 bestätigen die Eigenschaft vier des SBM-Modells, wonach die (absoluten) Schlupfwerte (und im weiteren die zueinander proportionalen Verbesserungsrate der Input- bzw. Outputfaktoren) direkt zur Analyse der untersuchten Einheit herangezogen werden können. Auf die fünfte Eigenschaft, die Berücksichtigung variabler Skalenerträge, wird im Anschluss an die Lösung des Programms näher eingegangen.

### Lösung

Zur Lösung des Quotientenprogramms führt Tone eine positive Skalarvariable  $t$  ein. Das Problem aus Formel 12 kann dann umgeformt werden nach

$$\min \quad \tau = t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t s_i^- / x_{i0}$$

$$u.d.N. \quad 1 = t + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s t s_r^+ / y_{r0}$$

$$x_0 = X\lambda + s^-$$

Formel 15

$$y_0 = Y\lambda - s^+$$

$$X \geq 0, \quad \lambda \geq 0, \quad s^- \geq 0, \quad s^+ \geq 0, \quad t > 0$$

Durch die Transformation  $S^- = t s^-$ ,  $S^+ = t s^+$  und  $A = t\lambda$  kann Formel 15 in ein lineares Programm überführt und gelöst werden. Die optimalen Lösungswerte lauten  $\rho^* = \tau^*$ ,  $\lambda^* = A^*/t^*$ ,  $s^{-*} = S^{-*}/t^*$  und  $s^{+*} = S^{+*}/t^{+*}$ .

Die Einheiten, die als Konvexkombination die Vergleichseinheit für Einheit  $\theta$  bilden, werden das „Reference-set“ von  $DMU_\theta$  genannt und sind durch  $R_\theta = \{j \mid \lambda_j^* > 0\}$  ( $j \in \{1, \dots, n\}$ )

gekennzeichnet. Mit Hilfe des Reference-sets lässt sich die ineffiziente Einheit  $0$  bzw. Formel 13 und mit  $s^{+*} > 0$  für mindestens ein Faktor  $s_r^{-*}$  ( $r = 1, \dots, s$ ) Formel 14 beschreiben durch

$$x_0 = \sum_{j \in R_0} x_j \lambda_j^* + s^{-*} \quad \text{und} \quad \text{Formel 16}$$

$$y_0 = \sum_{j \in R_0} y_j \lambda_j^* - s^{+*} \quad \text{Formel 17}$$

### 6.2.3 Anpassung des Modells

Das SBM-Modell aus Abschnitt 6.2.2.3 wird zur Anwendung in der Analyse logistischer Prozessleistung in zwei Punkten adaptiert: Die Berücksichtigung variabler Skalenerträge sowie die Normierung der Ausgangsdaten. Es ergibt sich das folgende Optimierungsmodell, das im weiteren Verlauf der Arbeit zur Bewertung von Logistikprozessen herangezogen wird:

$$\begin{aligned} \min \quad & \tau = t - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t s_i^- / x_{i0} \\ \text{u.d.N.} \quad & 1 = t + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s t s_r^+ / y_{r0} \\ & x_0 = X\lambda + s^- \\ & y_0 = Y\lambda - s^+ \\ & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\ & X \geq 0, \quad Y \geq 0, \\ & \lambda \geq 0, \quad s^- \geq 0, \quad s^+ \geq 0, \quad t > 0 \end{aligned} \quad \text{Formel 18}$$

#### 6.2.3.1 Berücksichtigung variabler Skalenerträge

Die Auswahl des Modells zur Prozessleistungsanalyse erfolgte vor dem Hintergrund, dass die Ertragskurve von Logistikprozessen in vielen Fällen dem Verlauf der neoklassischen Produktionsfunktion entspricht, und dass das SBM-Modell grundsätzlich in der Lage ist, Ertragsverläufe mit fallenden Grenzerträgen abzubilden. Zur Erweiterung des SBM-Basismodells hinsichtlich variabler (genauer: fallender) Skalenerträge wird daher die Konvexitätsbedingung  $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$  eingefügt, die nur Konvexkombinationen effizienter Einheiten zur Bildung der effizienten Hülle erlaubt. Durch den geringeren Abstand ineffizienter Einheiten zur konvexen Hülle sind die (absoluten) Effizienzwerte im Durchschnitt höher, außerdem existieren in der Regel mehr effiziente Einheiten. Da der Schwerpunkt des Analyseverfahrens auf der Identifikation und Analyse suboptimal arbeitender Prozesse bzw. Prozessausprägungen liegen soll, erscheint die Berücksichtigung der Konvexitätsbedingung um so sinnvoller.

#### 6.2.3.2 Normierung der Ausgangsdaten

Gemäß den Anforderungen aus Abschnitt 4.3.1 muss das Bewertungsmodell suboptimale von optimalen Einheiten unterscheiden und die Ursache für die Ineffizienz transparent machen können. Im SBM-Modell können hierzu die Schlupfvariablen der Input- und

Outputfaktoren als eines der Ergebnisse des Optimierungsmodells verwendet werden. Da die Schlupfe Absolutwerte des  $L^1$ -Abstandes der ineffizienten Einheiten zu effizienten Vergleichseinheiten bzw. Linearkombinationen verschiedener Einheiten darstellen, ist es hinsichtlich einer anschließenden Interpretation sinnvoll, die Ausgangswerte zu transformieren. In dem Modell sollen je Inputfaktor das Minimum der Ausprägungen auf den Wert 1 und allen anderen Ausprägungen auf dieses Minimum sowie je Outputfaktor das Maximum der Ausprägungen auf den Wert 1 und allen anderen Ausprägungen auf dieses Maximum normiert werden. Gleichzeitig soll davon ausgegangen werden, dass neben den Ausprägungen der Inputfaktoren auch die Ausprägungen der Outputfaktoren nicht-negativ sind. Da sich hinsichtlich der Formulierung der Nebenbedingungen nur die letztere Einschränkung bemerkbar macht (die Normierung stellt keine echte Nebenbedingung dar), wird das Optimierungsmodell aus Formel 15 lediglich um die Forderung  $Y \geq 0$  erweitert.

#### **6.2.4 Ökonomische Interpretation des angepassten Modells**

Nach dem ökonomischen Prinzip weisen Prozesse eine „hohe“ Produktivität bzw. Effizienz auf, wenn sie mit einem vergleichsweise geringem Faktoreinsatz ein angestrebtes Ausbringungsziel oder bei gegebenem Faktoreinsatz eine vergleichsweise hohe Ausbringung erreichen. Das SBM-Modell wurde aufgrund seiner Eignung, mehrdimensionale Sachverhalte vergleichend unter Bestimmung einer aggregierten Effizienzmessgröße gegenüberstellen zu können, ausgewählt. Die Gegenüberstellung erfolgt dabei durch den Vergleich der Input-Verschwendung und Output-Defizite der Vergleichseinheiten in Bezug auf jeweils eine effiziente, optimal gewählte (reale oder virtuelle) Referenzeinheit. Aus der  $n$ -fachen Anwendung des Modells entsteht eine Rangordnung, die die Vergleichseinheiten nach der relativen Effizienz – bestimmt durch die additive Wertsynthese der zueinander proportionalen Verbesserungsrate über alle Input- bzw. alle Outputfaktoren sowie der multiplikativen Wertsynthese der mittleren Inputverbesserungsrate und der (reziproken) mittleren Outputverbesserungsrate – im Sinne eines eindimensionalen Wertmaßes ordnet. Eine Umformung der Zielfunktion aus Formel 12 erleichtert das Verständnis dieses Wertmaßes (vgl. Anhang B).

Unter Inputverbesserungsrate ist dabei die auf 100 Prozent Inputmenge bezogene Differenz aus Inputmenge und Inputverschwendung eines Inputfaktors zu verstehen. Entsprechend ist unter der Outputverbesserungsrate die auf 100 Prozent Outputmenge bezogene Summe aus Outputmenge und Outputdefizit eines Outputfaktors zu verstehen. Inputverschwendung steht für die betragsmäßige Differenz der theoretisch berechneten oder praktisch gemessenen, nötigen Inputfaktormenge und der tatsächlich in Anspruch genommenen Inputfaktormenge. Outputdefizit umschreibt die Differenz der theoretisch berechneten bzw. praktisch gemessenen möglichen Outputfaktormenge und der tatsächlich erreichten Outputfaktormenge. Da durch die Normierung der Ausgangsdaten die Inputverschwendung eines Inputfaktors ein Relativwert im Hinblick auf die minimale Einsatzmenge über alle Vergleichseinheiten darstellt, ist auch der Wert der Inputverbesserungsrate dieses Faktors als Relativwert zu verstehen. Zur Berücksichtigung der anfänglichen Datentransformation muss die Inputverbesserungsrate noch mit der tatsächlichen Ausprägung (Ausgangswert) des Inputfaktors multipliziert werden, um auf die tatsächliche Inputmenge zu schließen, auf die der Faktor real reduziert werden kann (entsprechendes gilt für die Transformation der Outputverbesserungsrate).



Da in der Wertsynthese das Verhältnis aus Input- und Outputverbesserungsrate der Betrachtungseinheit zusammengefasst wird, kann die relative Effizienz als „Wert-Maß“ in umgekehrter Sichtweise auch als das von 1 subtrahierte „Schadens-Maß“ angesehen werden. Das Modell eignet sich daher speziell für die Unterscheidung von „leistungsfähigen“ und von „weniger leistungsfähigen“ Prozessen bzw. Prozessausprägungen und damit zur Erkennung möglicherweise „kritischer“ Sachverhalte. Zur Unterstützung der Anwendung dieses Analysezieles wird im Anschluss ein Vorgehen vorgestellt, das speziell auf die Identifikation ineffizienter Leistungserstellungsprozesse und der Bestimmung des Grades ihrer Ineffizienz ausgerichtet ist.

## **7 Entwicklung des Verfahrens**

Die oben beschriebenen Modelle zur Leistungsbeschreibung und -bewertung sollen nun integriert und im Rahmen eines Verfahrens, das nach Stickel/Groffmann/Rau „den gezielten Einsatz von Methoden im Sinne von Vorschriften oder Anweisungen“ (vgl. Stickel et al. /123/ S. 731) regelt, zur Anwendung gebracht werden. Dazu müssen ein Vorgehen zum Einsatz der Modelle entwickelt, das Verfahren in den Gesamtkontext des Logistikprozessmanagements eingeordnet und ggf. existierende Einschränkungen herausgearbeitet werden.

### **7.1 Vorgehen zur Prozessleistungsanalyse**

Aufbauend auf dem in Abschnitt 4.2 beschriebenen Schema zur Prozessleistungsanalyse wird ein Vorgehen in neun Schritten vorgeschlagen (vgl. Abbildung 17 sowie Kühner /77/).

- Schritt 1: Festlegung der allgemeinen Rahmenbedingungen der Analyse
- Schritt 2: Modellierung des Leistungserstellungsprozesses durch Ausprägung der identifizierenden Merkmale
- Schritt 3: Erarbeitung des Instrumentariums zur Leistungsbeschreibung durch die Identifikation und Charakterisierung geeigneter Messgrößen
- Schritt 4: Festlegung der Vergleichsbasis durch Auswahl von Vergleichsprozessen bzw. -prozessausprägungen und der Prüfung der Vergleichbarkeit der Analyseobjekte
- Schritt 5: Erfassung der Ist-Leistung des betrachteten Prozesses und der Vergleichsprozesse auf der Basis der festgelegten Leistungsmessgrößen
- Schritt 6: Plausibilitätsprüfung und Aufbereitung der Messergebnisse
- Schritt 7: Bewertung der Vergleichsobjekte
- Schritt 8: Analyse der Ursachen/Grundlagen des Bewertungsergebnisses
- Schritt 9: Überprüfung der Notwendigkeit einer Anpassung des Leistungsmessinstrumentariums und der Leistungsstrukturbeschreibung.

In Abhängigkeit des Anwendungsbereiches des Verfahrens (vgl. Abschnitt 7.2) ergeben sich verschiedene Start- und Abbruchbedingungen. Im Falle einer Ad-hoc-Analyse durchläuft das Verfahren die in Abbildung 17 dargestellten Schritte einmalig. Im Falle einer zyklischen Analyse des gleichen Betrachtungsgegenstandes entfallen ggf. die Festlegung der Analyserahmenbedingungen, die Prozessklassifizierung, die Definition der Leistungsmessgrößen sowie die Festlegung der Vergleichsbasis (Schritte 1 bis 4). Das Verfahren durchläuft das Phasenmodell in diesem Fall von Punkt A bis C und beginnt den folgenden Zyklus direkt bei Punkt B.

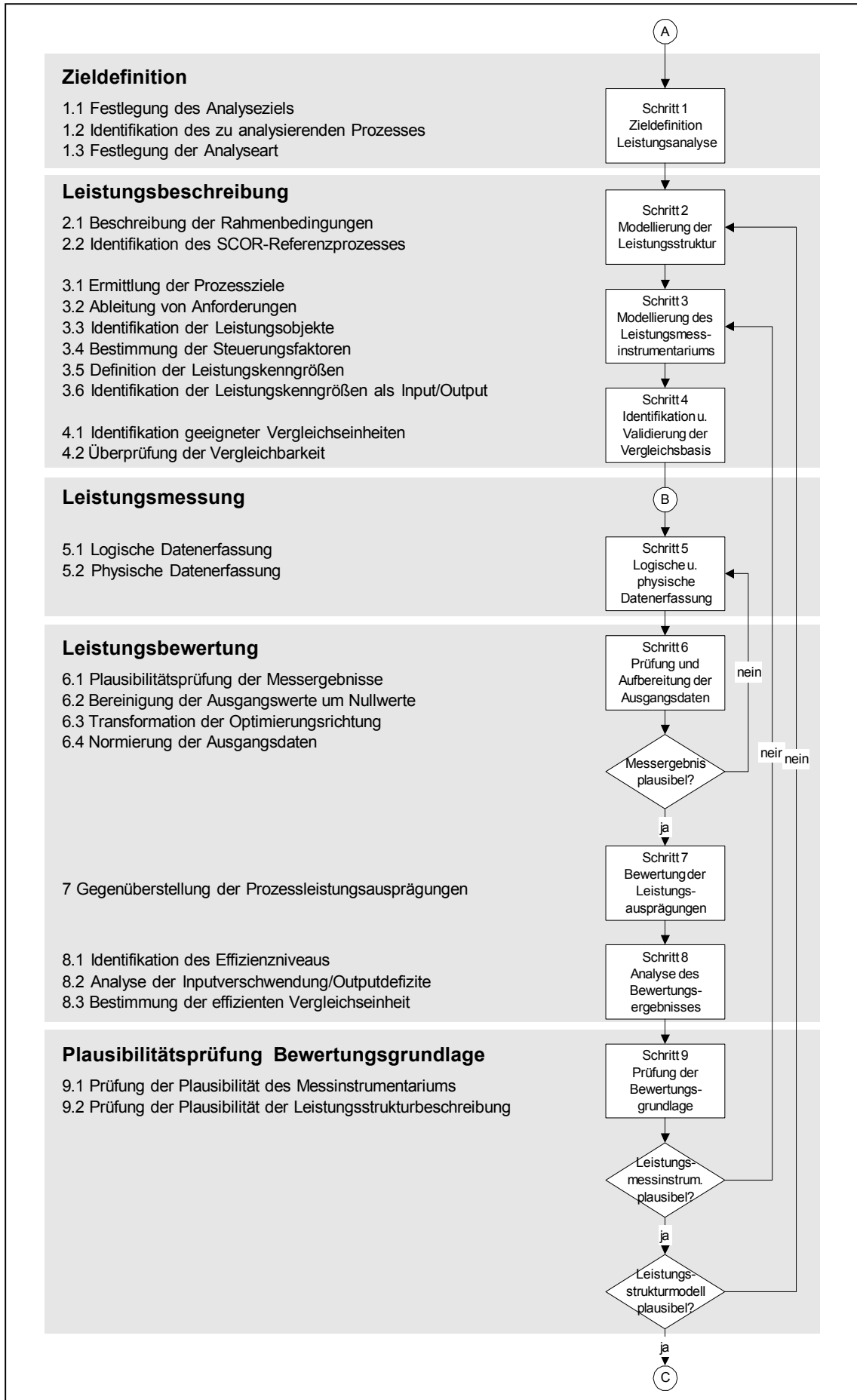


Abbildung 17: Vorgehen zur Prozessleistungsanalyse

### **7.1.1 Zieldefinition der Leistungsanalyse**

Die Zieldefinition erfolgt durch die Festlegung der folgenden drei Rahmenbedingungen der Leistungsanalyse: die Festlegung des Analysezieles, die Identifikation des zu analysierenden Prozesses und die Bestimmung des Vergleichsart.

#### **7.1.1.1 Festlegung des Analyseziels**

Zum zielorientierten Einsatz der entwickelten Modelle wird zu Beginn das Ziel der Leistungsanalyse festgelegt. Mögliche Zielsetzungen reichen dabei von der Ursachenanalyse einer bereits als ineffizient identifizierten Prozessleistung über die zyklische Analyse verschiedener Prozesse zum Zwecke der Zielabweichungskontrolle bis hin zur proaktiven Analyse speziell ausgewählter Prozesse zur Planung oder kontinuierlichen Verbesserung der logistischen Wertschöpfung.

#### **7.1.1.2 Identifikation des zu analysierenden Prozesses**

Abhängig vom Analyseziel erfolgt die Auswahl des Prozesses, dessen Leistung im Fortgang des Verfahrens beschrieben und bewertet werden soll. Dabei wird grundsätzlich davon ausgegangen, dass eine Transparenz über die logistische Wertschöpfungsstrukturen in Form entsprechender Prozessmodelle bereits vorliegt. Idealerweise dient als Grundlage hierzu das SCOR-Modell.

Die Auswahl kann intuitiv oder strukturiert vorgenommen werden. Bei intuitivem Vorgehen wählt der Entscheider den Prozess aufgrund seiner Erfahrung bzw. eines konkreten Informationsbedürfnisses aus. Strukturiertes Vorgehen zeichnet sich durch nachvollziehbare Regeln aus, nach denen die Auswahl erfolgt. Beispielhaft sei die Methode der kritischen Erfolgsfaktoren („Critical Success Factors“) nach Rockart genannt (vgl. Rockart /102/). Die Auswahl des zu analysierenden Prozesses orientiert sich in diesem Fall daran, welcher logistische Wertschöpfungsprozess den größten Beitrag zur Zielerreichung oder -verfehlung der Unternehmensziele bzw. einem oder mehreren daraus abgeleiteten Erfolgsfaktoren leistet (vgl. Lamla /82/ S. 93ff). Die zielgerichtete Prüfung solcher Schlüsselprozesse stellt eine strukturierte Methode zur kontinuierlichen Verbesserung der Unternehmenswertschöpfung dar.

#### **7.1.1.3 Bestimmung der Analyseart**

Prozessleistungsdaten lassen sich im Rahmen eines bewertenden Vergleiches in zweifacher Hinsicht auswerten (vgl. Gaitanides /42/ S. 107): Mit Hilfe der Längsschnittanalyse werden die Ausprägungen eines Prozesses über die Zeit hinweg miteinander verglichen und ausgewertet. Die Analyse erlaubt neben vergangenheitsbezogenen Analysen die Ableitung von Trends hinsichtlich der zukünftigen Entwicklung der Leistungsfähigkeit von Prozessen. Im Rahmen der Querschnittsanalyse werden ähnliche Prozesse oder Prozessvarianten miteinander verglichen. Die Vergleichsprozesse können dabei real innerhalb der eigenen Organisation, real in anderen Organisationen oder fiktiv existent sein. Je nach Art der Analyse resultieren unterschiedliche Anforderungen an die Auswahl und Prüfung der Vergleichseinheiten, an die Datenerfassung und nicht zuletzt an die Interpretation des Ergebnisses des Leistungsvergleichs.

### **7.1.2 Modellierung der Leistungsstruktur**

Auf der Basis des Modells zur Prozessleistungsbeschreibung (vgl. Kapitel 5) erfolgt die Abbildung der zu untersuchenden Prozessleistung. Hierzu wird zunächst die Struktur der

Leistungserstellung durch die Parametrisierung der identifizierenden Merkmale des Metamodells bestimmt. Ausgangspunkt bildet die dem zu analysierenden Prozess am nächsten kommende SCOR-Prozesskategorie, die inhaltlich um die fallspezifisch relevanten Beschreibungsmerkmale erweitert wird. Ergebnis des Analyseschrittes ist ein Beschreibungsmodell, das den zu analysierenden Prozesses über die Ausprägungen der identifizierenden Merkmale klassifiziert.

#### 7.1.2.1 Beschreibung der Rahmenbedingungen

Zur Beschreibung der Rahmenbedingungen der Leistungserstellung wird zunächst eine Untersuchung des Prozesses hinsichtlich seiner horizontalen und vertikalen Beziehungen vorgenommen. Durch die Identifikation der Prozessebene werden über- bzw. untergeordnete Prozessstrukturen abgegrenzt. Dabei gibt die Art, Anzahl und Anordnung der untergeordneten Prozesse Aufschluss über die Komplexität und Spezifität des betrachteten Prozesses. Die Beschreibung der übergeordneten Strukturen gibt Aufschluss über die Strategie und Zielsetzungen des Untersuchungsgegenstandes. Durch die Abgrenzung der vor- bzw. nachgelagerten Prozesse definiert sich einerseits der spezifische Beitrag des Prozesses zum Gesamtwertschöpfungsprozess und andererseits wird die Basis für die Beschreibung der input- und outputseitigen Anforderungen des Prozesses gelegt. Eine weitere Charakterisierung des Prozesses erfolgt anhand der Beschreibung seiner Bedeutung für die Unternehmenswertschöpfung, der Häufigkeit seines Vorkommens und der Phase der Zielerreichung.

#### 7.1.2.2 Identifikation des SCOR-Referenzprozesses

Ausgehend von dem Wertschöpfungsbeitrag des Prozesses kann dessen ergebnisbezogenes Sachziel und damit der Prozesstyp im Sinne der SCOR-Prozesskategorie identifiziert werden. Durch den Rückgriff auf das SCOR-Modell können außerdem die Kennzahldefinitionen zur Ableitung spezifischer Leistungsmessgrößen und die der Kennzahlenhierarchie zur Aggregation bzw. Disaggregation der Leistungsinformationen genutzt werden.

### 7.1.3 Modellierung des Leistungsmessinstrumentariums

Aufbauend auf der Struktur der Leistungserstellung werden in einem mehrstufigen Vorgehen die notwendigen Leistungsmessgrößen aus den Prozesszielen, -anforderungen, Leistungstreibern und Steuerungsfaktoren abgeleitet. Von besonderer Bedeutung sind dabei die quantitative, vollständige und nach Input bzw. Output differenzierte Erfassung präferenzunabhängiger Leistungsmerkmale des zu analysierenden Prozesses. Ergebnis des Analyseschrittes ist ein Satz von Kennzahlen, der den Prozess vollständig, quantitativ und in einer zur Effizienzanalyse geeigneten Form abbildet.

#### 7.1.3.1 Ermittlung der Prozessziele

Zur Modellierung der Prozessleistung werden zunächst die Prozessziele aus den Zielsetzungen und der Strategie der nächst höheren Prozessebenen innerhalb der SCOR-Leistungskategorien abgeleitet. Hierzu werden die für den Prozess relevanten Aspekte der übergeordneten Ebene herausgearbeitet und auf die untergeordnete Ebene angepasst. Exemplarisch werden für die Ableitung von Prozesszielen aus einer übergeordneten Prozessstrategie Wettbewerbsstrategien in Anlehnung an Porter (vgl. Porter /99/) als Orientierung für Haupt- oder Geschäftsprozesse herangezogen (vgl. Tabelle 7). Da

beispielsweise eine hohe Effizienz der Mittelverwendung (geringe Aktiva bei hoher Ausbringung) eine positive Wirkung auf das Ziel der Kostenführerschaft hat, sollten bei einer kostenorientierten Prozessstrategie in jedem Fall niedrige Kosten bzw. geringe Aktiva in das Zielsystem des Prozesses eingehen (vgl. Tabelle 7).

<i>Überg. Prozess- strategie</i>		<b>Kostenführerschaft</b>	<b>Qualitätsführerschaft</b>	<b>Technologieführerschaft</b>
↑	Zuverlässigkeit	o	+	+
↑	Geschwindigkeit	o	+	+
↑	Flexibilität	o	+	+
↓	Kosten	+	o	+
↓	Aktiva	+	o	o

↑ steigend    ↓ fallend    + positive Wirkung    o keine Aussage

Tabelle 7: Beziehungen zwischen Prozesszielen und übergeordneten Prozessstrategien

### 7.1.3.2 Ableitung von Anforderungen

Aus den Anforderungen des Prozessumfeldes, den Anforderungen der Leistung empfangenden Kunden sowie den Voraussetzungen zur Leistungserstellung werden die Prozessanforderungen abgeleitet, die die Rahmendingungen zur Wertschöpfung aus prozessinterner und -externer Sicht repräsentieren. Umfeldfaktoren wie z.B. rechtliche Rahmenbedingungen können ebenfalls als einschränkende Prozessanforderungen betrachtet und behandelt werden.

### 7.1.3.3 Identifikation der Leistungsobjekte

Im nächsten Schritt werden die Leistungsobjekte, also die Prozessobjekte, die in den Transformationsprozess eingehen und durch diesen erzeugt werden, identifiziert. Bei der Festlegung der Leistungsobjekte sollte die Betrachtung auf wesentliche Einflussgrößen eingeschränkt werden. Ausgangspunkte für die Identifikation der Leistungstreiber eines Prozesses können Engpassressourcen und Hauptprodukte des Prozesses sein, da diese besonders maßgebend für den Erfolg des Prozesses sind.

### 7.1.3.4 Bestimmung der Steuerungsfaktoren

Sind Ziele, Anforderungen und Leistungsobjekte eines Transformationsprozesses bekannt, muss geprüft werden, ob durch eine gezielte Verbesserung von bestimmten Steuerungsparametern eine im Sinne der Zielerreichung bessere Wirkung des Prozesses durch Veränderung entsprechender Steuerungsfaktoren erreicht werden kann. Dabei sind wie bei den Leistungsobjekten mögliche „Stellhebel“ auf wesentliche Einflussgrößen zu reduzieren, d.h. es ist eine Auswahl der Faktoren zu treffen, die über einen möglichst hohes Potenzial zur Leistungsbeeinflussung verfügen.

### 7.1.3.5 Definition der Leistungsmessgrößen

Um Prozessziele, Prozessanforderungen, Leistungstreiber und Steuerungsfaktoren für eine quantitative Analyse greifbar zu machen, werden diese durch Leistungsindikatoren bzw. Leistungsfaktoren operationalisiert. Leistungsindikatoren erfassen Prozessziele und Prozessanforderungen und haben dementsprechend Steuerungscharakter. Leistungsfaktoren können sowohl Steuerungs- als auch reinen Analysecharakter aufweisen.

Zur Unterstützung der Ableitung von Leistungsmessgrößen zeigt Tabelle 8 empirisch gestützte Zweck-Mittel-Beziehungen zwischen ausgewählten, hochaggregierten (Steuerungs-)Kennzahlen und Leistungszielen. Dabei wird zwischen positiver und negativer sowie zwischen Haupt- und indirekter Wirkung unterschieden. Es wird deutlich, dass sich beispielsweise eine hohe Liefertermintreue positiv auf die Lieferzuverlässigkeit, jedoch negativ auf die Kostensituation auswirkt. Umgekehrt ist die Erfassung der Liefertermintreue für die Beschreibung der Leistung eines Prozesses, dessen wesentliches Ziel eine hohe Lieferzuverlässigkeit bzw. geringe Logistikkosten darstellt, von besonderer Bedeutung. Verallgemeinert bedeutet dies für die Prozessleistungsanalyse, dass zur Leistungsbeschreibung alle die Leistungsmessgrößen relevant sein können, die wesentliche Prozessziele, Prozessanforderungen, Leistungstreiber oder Steuerungsfaktoren repräsentieren.

Die Definition der Leistungsindikatoren und -faktoren umfasst neben ihrer inhaltlichen Beschreibung auch die Abgrenzung des Bezugsbereiches durch die Angabe entsprechender Messpunkte (so kann beispielsweise Liefertermintreue anhand des rechtzeitigen Verlassens einer Lieferung aus dem Lager oder aber anhand der rechtzeitigen Ankunft der Lieferung beim Kunden definiert sein). Die Kennzahldefinition sollte außerdem durch die Angabe der Informationsquelle(n) (z.B. ERP-System, LV-System, BDE, Fragebogen, Zeiterfassung) und der Art der Aufbereitung (z.B. Absolutzahl, Summation, Gliederungszahl, Beziehungszahl, Indexzahl) unterstützt werden.

SCOR-Kennzahlen	Zuverlässigkeit	Geschwindigkeit	Flexibilität	Kosten	Aktiva
↑ Liefertermintreue	+	(+)	(+)	(-)	o
↑ Lieferbereitschaft	+	(+)	(+)	o	(-)
↑ Auftragsabwicklungsqualität	+	o	o	(+)	(+)
↓ Auftragsdurchlaufzeit	o	+	(+)	(+)	(+)
↑ Ressourcenflexibilität	o	(+)	+	(-)	(-)
↓ Produktkosten	o	o	o	+	(+)
↓ Logistikmanagementkosten	o	o	o	+	o
↑ Added-Value Produktivität	o	o	o	+	o
↓ Kosten durch Retouren	o	o	o	+	(+)
↓ Gebundenes Kapital	o	o	(-)	(+)	+
↓ Lagerreichweite	(-)	(-)	(-)	+	(+)
↑ Lagerumschlag	o	o	o	+	(+)

↑ steigend    ↓ fallend    + positive Wirkung    o keine Aussage    - negative Wirkung    () indirekte Wirkung

Tabelle 8: Beziehung zwischen Kennzahlausprägungen und Leistungszielen (in Anlehnung an Supply Chain Council /125/ S. 6)

### 7.1.3.6 Identifikation der Leistungsmessgrößen als Input-/Output-Größen

Hinsichtlich der Anwendung der Leistungsbeschreibung im Rahmen der Effizienzanalyse müssen die festgelegten Leistungsmessgrößen im letzten Schritt noch dem Input, Throughput oder Output, genauer dem Input oder Output des Transformationsprozesses zugeordnet werden. Da Kennzahlen per se keine Input-/Output-Orientierung aufweisen, müssen Regeln definiert werden, nach denen eine Zuordnung fallweise erfolgen kann. Hierzu wird vorgeschlagen, die Zuordnung der Messgrößen anhand der durch die Kennzahlen beschriebenen Leistungsmerkmale vorzunehmen.

Aus dem Datenmodell aus Abschnitt 5.1.3 lassen sich fünf Typen Leistung indizierender Beschreibungsmerkmale entnehmen: Prozessziele, Prozessanforderungen, Einsatzobjekte, Steuerungsfaktoren und Ausbringungsobjekte. Durchführungsbezogene Sachziele wie beispielsweise Flexibilität oder Geschwindigkeit beschreiben beeinflussbare Qualitäten des Leistungserstellungsprozesses und können daher als Throughputs betrachtet werden. Ergebnisbezogene Sachziele und Formalziele charakterisieren das Ergebnis des Transformationsprozesses bzw. die monetäre Wirkung der Transformation und sind daher als Output-Größen zu verstehen. Prozessanforderungen seitens Kunden, Lieferanten und des betrieblichen Umfeldes stellen nicht-beeinflussbare Nebenbedingungen dar, sind jedoch wesentliche, anzustrebende Leistungsmerkmale und gehen definitionsgemäß als Throughputs in die Transformation ein (die Inputorientierung der Lieferantenanforderungen bzw. die Outputorientierung der Kundenanforderungen ist offenkundig und gewinnt insbesondere in der zweiten Zuordnungsphase (s.u.) an Bedeutung). Einsatzobjekte (Redukte und Einsatzfaktoren) stellen Inputs des Transformationsprozesses dar. Steuerungsfaktoren als beeinflussbare Qualitäten der Leistungserstellung sind als Throughputs definiert und decken sich inhaltlich oft mit Prozessanforderungen aus übergeordneten Zielsetzungen. Ausbringungsobjekte in Form von Sachleistungen stellen eindeutig ein Output der Transformation dar. Dienstleistungen wären aufgrund ihres immateriellen Charakters und des Uno-acto-Prinzips (vgl. Abschnitt 5.1) eher dem Leistungserstellungsprozess an sich zuzuordnen, sollen aber im Kontext der Arbeit analog zu den Sachleistungen als Output betrachtet werden (vgl. Tabelle 9).

Transformations- prozesselemente	Input	Throughput	Output
Beschreibungs- merkmaltypen			
Durchführungsbezogene Sachziele	○	●	○
Ergebnisbezogene Sachziele	○	○	●
Formalziele	○	○	●
Prozessanforderungen	○	●	○
Einsatzobjekte	●	○	○
Prozessfaktoren	○	●	○
Ausbringungsobjekte	○	○	●

Legende:                      ● trifft zu                      ○ trifft nicht zu

Tabelle 9: Zuordnung von Merkmaltypen zu Prozesselementen

Da die Bewertung der Prozessleistung anhand ihrer Effizienz eine eindeutige Identifikation der Leistungsfaktoren und -indikatoren entweder als Prozessinput oder -output erfordert, ist



eine zusätzliche Zuordnung der in der ersten Phase definierten Throughputs notwendig. In der Regel können Throughputs nicht eindeutig als Input- bzw. Outputfaktoren interpretiert werden, so dass hier fallweise eine Entscheidung getroffen werden muss. Dabei steht im Mittelpunkt die Abbildung der logistischen Zielkonflikte, die das Entscheidungsproblem des untersuchten Prozesses (im betriebswirtschaftlichen Sinne) ausmachen: Ist als Leistungsmerkmal beispielsweise die Materialverfügbarkeit eines Beschaffungsprozesses (output-seitig) festgelegt, so könnten demgegenüber der durchschnittliche Lagerbestand oder die Beschaffungskosten des Materials (input-seitig) betrachtet werden.

Hinsichtlich der Definition und Zuordnung der Leistungsmessgrößen sei abschließend festgestellt, dass hinter der Erfassung von Prozessobjekten bzw. -faktoren in vielen Fällen die Zielabweichungskontrolle durchführungs- oder ergebnisbezogener Sachziele steht. Insofern weisen insbesondere Steuerungskennzahlen oft einen sowohl Leistungswert indizierenden als auch Leistungsmengen indizierenden Charakter auf.

#### **7.1.4 Identifikation und Validierung der Vergleichsbasis**

Nach der Festlegung des Beschreibungsmodells der zu analysierenden Prozessleistung erfolgt als Grundlage für die Bewertung der Aufbau einer Vergleichsbasis. Hierzu sind zwei Teilschritte erforderlich: die Identifikation von Vergleichsobjekten und die Überprüfung der Vergleichbarkeit dieser Auswahl. Die Einzelaktivitäten sind dabei in erster Linie von der Art der Analyse (Längsschnitt- bzw. Querschnittanalyse) abhängig.

##### **7.1.4.1 Identifikation geeigneter Vergleichseinheiten**

In Anlehnung an das Vorgehen des Prozessbenchmarkings kann die Auswahl verfahrenstechnisch in zwei Phasen gegliedert werden: die Informationsbeschaffung und die Auswahlentscheidung. Im Rahmen der Informationsbeschaffung werden Informationen über mögliche Vergleichsobjekte gesammelt und strukturiert. Im Falle der Längsschnittanalyse sind dabei verschiedene Ausprägungen des zu analysierenden Prozesses über einen längeren Zeitraum zu identifizieren. Bei Querschnittanalysen sind mehrere, vergleichbare Prozessleistungsausprägungen zum gleichen Zeitpunkt (vgl. Abschnitt 7.3.1) zu erfassen. Ein gängiges Vorgehen ist zunächst intern verfügbare Informationen heranzuziehen, gefolgt von öffentlich zugänglichen Sekundärquellen und schließlich der zielgerichteten Durchführung von Primärforschung. Die Auswahl geeigneter Vergleichsprozesse bzw. -prozessausprägungen geschieht unabhängig von der Analyseart im Hinblick auf die Analyseziele und nach dem Grad der Übereinstimmung der möglichen Vergleichsobjekte. Im Falle der vorliegenden Bewertungsmethode verbessern Objekte mit einer hohen Übereinstimmung der Merkmalsausprägungen die Bewertungsgenauigkeit, da das SBM-Modell die mittleren Input- und Outputverbesserungsraten als Bewertungsmaßstab zugrunde legt.

##### **7.1.4.2 Überprüfung der Vergleichbarkeit**

Mögliche Vergleichsobjekte sind auf ihre Fähigkeit zur Gegenüberstellung mit der zu analysierenden Prozessleistungsausprägung hin zu überprüfen. Im Rahmen des Verfahrens wird Vergleichbarkeit zweier Prozesse bzw. Prozessausprägungen unterstellt, wenn diese mit den gleichen identifizierenden Beschreibungsmerkmal-Attributen erfasst werden können. Dies bedeutet, dass zur Beschreibung der Prozesse einheitliche Definitionen und zur Leistungsquantifizierung einheitliche Leistungsmessgrößen verwendet werden können und die Prozessleistung aller Vergleichseinheiten zielgerichtet und vollständig erfasst wird.

### **7.1.5 Logische und physische Datenerfassung**

In diesem Schritt erfolgt die Datenerhebung der festgelegten Messgrößen als Basis für den Leistungsvergleich. Dabei werden die Daten des zu analysierenden Prozesses und der Vergleichsobjekte unter gleichen Bedingungen (Erhebungszeitpunkt, Instrumente zur Datenerfassung, etc.) aufgenommen.

#### **7.1.5.1 Logische Datenerfassung**

Aus den Kennzahldefinitionen werden zunächst die von ihnen erfassten Leistungstreiber und -indikatoren abgeleitet. Als Leistungstreiber bzw. -indikatoren dienen Prozessobjekte wie Material, Energie, Maschinen-Ressourcen, Dokumente, Informationen etc., die in wiederkehrender Weise in den Transformationsprozess eingehen bzw. aus dem Prozess hervorgehen und aus diesem Grund im Sinne ihrer Quantität oder Qualität ein Leistungsmerkmal darstellen. In einem zweiten Schritt werden die zu untersuchenden Zeiträume bzw. Zeitpunkte festgelegt. Im dritten Schritt werden den Kennzahldefinitionen weitere qualifizierende Eigenschaften zur Leistungserstellung, wie z.B. räumliche oder sachlogische Einschränkungen, entnommen. Die zeitlich/logischen Einschränkungen bezüglich der betrachteten Leistungstreiber bzw. -indikatoren müssen den zu analysierenden Teilraum des mehrdimensionalen Leistungsdatenraumes so abgrenzen, dass ein eindeutiges, logisches „Leistungs-Tupel“ je Kennzahl entsteht. Bildlich gesprochen entspricht diese Abgrenzung der eindeutigen Beschreibung von Messpunkten bzw. Ebenen im Datenraum. Die physikalische „Befüllung“ des logischen Leistungs-Tuppels stellt insgesamt das Ziel der Leistungsdatenerfassung dar.

Die Definition des (logischen) Datenmodells ist aus leicht nachvollziehbaren Gründen nicht Teil des Verfahrens. Einerseits handelt es sich bei der Modellentwicklung um einen völlig eigenständigen Prozess, der von der operativen Datenerfassung getrennt abläuft. Zum anderen stellt das Datenmodell (zumindest innerbetrieblich) eine Infrastruktur dar, auf die bei jeder weiteren Analyse zurückgegriffen werden kann. Es wird also davon ausgegangen, dass ein solches Datenmodell bereits vorhanden ist. Diese Annahme impliziert, dass auch entsprechende Quelle-Ziel-Zuordnungen bereits entwickelt und ggf. systemtechnisch abgebildet sind. Sowohl bei der logischen und physischen Datenrepräsentation als auch bei der Quelle-Ziel-Zuordnung können „Data Warehouse“-Lösungen unterstützend wirken. Unter einem Data Warehouse wird eine Datenbank verstanden, die Daten aus verschiedenen operativen Quellen integriert, ggf. um externe Daten erweitert, um diese zur weiteren Auswertung zur Verfügung zu stellen. Neben dem klassischen Berichtswesen ist das vorrangige Anwendungsfeld von Data Warehouse-Lösungen eine als OLAP (Online Analytical Processing) bezeichnete Form der interaktiven und explorativen Analyse der in der Datenbank integrierten Daten. Mit Hilfe der OLAP-Technologie kann der Zugriff auf die großen Datenmengen eines mehrdimensionalen Leistungsdatenraumes wirksam unterstützt werden (vgl. Gladen /47/ S. 260).

#### **7.1.5.2 Physische Datenerfassung**

Die physische Datenerfassung entspricht der Aufnahme der Leistungsdaten an den definierten Messpunkten zu einem festgelegten Zeitpunkt. Dabei können die Daten aus einem Data Warehouse, aber auch aus anderen betrieblichen Informationssystemen, wie z.B. ERP- und BDE-Systeme, oder Quellen wie dem Internet oder der manuellen Eingabe stammen. Zur physischen Datenerfassung müssen Daten extrahiert (aus dem

Quellensystem übernommen) und transformiert (in einen Zustand einheitlicher Repräsentation gebracht) werden (vgl. Herden /57/ S. 12).

### 7.1.6 Prüfung und Aufbereitung der Ausgangsdaten

Die große Bandbreite der Kennzahldefinitionen und -ausprägungen in der Logistik führen zu der Notwendigkeit, die Ausgangsdaten der Input- und Outputfaktoren auf ihre Plausibilität hin zu überprüfen und zur weiteren Verarbeitung aufzubereiten. Zur Aufbereitung werden die Ausprägungen der Variablen so transformiert, dass sie auf Werte echt größer Null bzw. für alle Inputfaktoren größer oder gleich Eins und für alle Outputfaktoren zwischen Null und Eins normiert sind sowie einheitliche Höhenpräferenzrelationen (für alle Inputs gilt die Minimierungsregel, für alle Outputs gilt die Maximierungsregel) besitzen. Durch die Eliminierung der Null-Werte aus den Messdaten, der Inversion der Höhenpräferenzrelation von Übel-Inputs und Übel-Outputs und der Normierung der Input- und Outputfaktoren wird die Lösbarkeit des Optimierungsproblems und damit die Durchführbarkeit des Leistungsvergleiches sichergestellt.

#### 7.1.6.1 Plausibilitätsprüfung der Messergebnisse

Jedes Messinstrument ist höchstens so gut wie die zugrunde liegenden Ausgangsdaten. Daher sollte vor der weiteren Bewertung der Messergebnisse der zu analysierenden Prozessleistung und der Vergleichseinheiten überprüft werden, ob die Messwerte bzw. -instrumente sinnvoll erscheinen. Überprüft werden hierzu die Messwerte im Hinblick auf die Kennzahldefinitionen und Messpunkte, die Vollständigkeit der Messdaten und die Verfälschung der Messergebnisse durch statistische Ausreißer. Die Überprüfung kann in Abhängigkeit des Analyseziels anhand besonders kritischer Leistungsmessgrößen stichprobenartig oder vollständig erfolgen.

#### 7.1.6.2 Bereinigung der Ausgangsdaten um Nullwerte

Um die Lösbarkeit des mathematischen Optimierungsproblems sicherzustellen, muss das Modell mit Null-Werten als Kennzahlausprägungen umgehen können. Null-Werte treten beim Vergleich realer Logistikprozesse insbesondere outputseitig nicht selten auf, so dass eine pragmatische Lösung vorgeschlagen werden soll (zum Vorgehen vgl. Tone /131/):

Unter der Voraussetzung, dass je Prozessinput und -output mindestens eine Inputfaktor- bzw. Outputfaktorausprägung größer Null ist, besagt ein Null-Wert eines Inputfaktors  $x_{i0}$ , dass der Faktor  $i$  für die Erstellung des Outputs des Prozesses  $0$  nicht notwendig ist. Obwohl dieser Faktor offensichtlich keinen Engpass darstellt und jede optimale Lösung einen Schlupf gleich Null aufweist, soll der Faktor  $i$  bei der Durchschnittsbildung berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wird vorgeschlagen, den Null-Wert (der definitionsgemäß die absolut kleinste mögliche Inputfaktorausprägung darstellt) durch einen hinreichend kleinen positiven Wert, beispielsweise  $1/10$  der kleinsten Faktorausprägung größer Null, zu ersetzen.

Ein Null-Wert eines Outputfaktors  $y_{r0}$  besagt, dass der Prozess  $0$  nicht in der Lage ist, den Leistungsfaktor  $r$  zu erbringen oder aber diese Leistung erbringen könnte, jedoch andere Leistungsfaktoren präferiert. Es wird vorgeschlagen, in beiden Fällen den entsprechenden Outputfaktor ebenfalls durch einen hinreichend kleinen positiven Wert zu ersetzen und so dem Term  $s_r^+/y_{r0}$  in jedem Fall die Funktion einer „Strafe“ für den nicht erreichten Output zukommen zu lassen.

<b>Input</b> $x_{ij}$	$x_{i0} \rightarrow \frac{1}{10} \min\{x_{ij} \mid x_{ij} > 0, j = 1, \dots, n\} \quad \forall x_{i0} = 0, \quad i = 1, \dots, m$
<b>Output</b> $y_{rj}$	$y_{r0} \rightarrow \frac{1}{10} \min\{y_{rj} \mid y_{rj} > 0, j = 1, \dots, n\} \quad \forall y_{r0} = 0, \quad r = 1, \dots, s$

Tabelle 10: Transformationsvorschrift zur Eliminierung von Nullwerten

### 7.1.6.3 Transformation der Optimierungsrichtung

Neben den Faktoren, die aus der Sicht der Entscheidungseinheit einen positiven Beitrag zur Wertschöpfung leisten und entsprechend zu minimieren (Inputfaktoren) bzw. zu maximieren (Outputfaktoren) sind, gibt es sowohl auf der Input- als auch auf der Outputseite von Transformationsprozessen Faktoren, die mit negativer Einschätzung belegt sind, also einen Schaden oder ein Übel darstellen. Übel-Outputs können beispielsweise die Umweltverschmutzung durch CO<sub>2</sub> oder die Anzahl der Leerfahrten eines LKWs sein. Übel-Inputs sind per Definition Prozessfaktoren, deren Einsatz in Hinblick auf eine Effizienzsteigerung zu maximieren ist. Beispiele für solche Übel-Inputs sind der Ausschuss einer Stanzmaschine, der eingeschmolzen und wiederverwendet wird, oder die Auslastung investitionsintensiver Transportmittel im Vergleich zu „normalen“ Transportmitteln.

Gilt für die Inputfaktoren des Transformationsprozesses die Minimierungsregel und für die Outputfaktoren die Maximierungsregel, so handelt es sich bei den Leistungsfaktoren um den Standardfall von Gut-Inputs bzw. Gut-Outputs. Eine wesentliche Anforderung an das DEA-Bewertungsmodell sagt aus, dass das Modell in der Lage sein muss, unterschiedlich skalierte und hinsichtlich der Erwünschtheit differierende Input- und Outputfaktoren zu bewerten (vgl. Abschnitt 4.3.1). Dies bedeutet, dass das Modell neben dem Standardfall auch Übel-Inputs und Übel-Outputs bewerten können muss. Zur Erfüllung der Anforderung werden daher die Ausgangsdaten so transformiert, dass ihre Optimierungsrichtung der der Gut-Inputs (Minimierung) bzw. Gut-Outputs (Maximierung) entspricht. Hierzu werden die Höhenpräferenzrelationen der entsprechenden Faktoren invertiert.

Grundsätzlich existieren drei verschiedene Möglichkeiten zur (streng monotonen) Transformation der Übel-Input bzw. -outputfaktoren: die inverse Transformation, die negative Transformation und die komplementäre Transformation (vgl. Scheel /104/). Dabei führt die inverse Transformation zu der Erscheinung nicht-linearer Skalenerträge, so dass für diesen Faktor von einer anderen Form der Produktionsfunktion gegenüber den anderen Input- und Outputfaktoren ausgegangen werden muss. Aufgrund der Berücksichtigung variabler Skalenerträge im SBM-Modell stellt diese Tatsache jedoch kein Problem dar. Auf der anderen Seite führen negative und komplementäre Transformationen ggf. zu schwierig handhabbaren negativen Faktorwerten, so dass die inverse Transformation vorgezogen werden soll (vgl. Tabelle 11). Da davon ausgegangen werden kann, dass nach der Bereinigung der Ausgangsdaten alle Faktorausprägungen größer Null sind (vgl. Abschnitt 7.1.6.1), können die Werte ohne Schwierigkeiten invertiert werden.

	Gut	Übel
<b>Input</b> $x_{ij}$	keine Transformation	$x_{ij} \rightarrow \frac{1}{x_{ij}} \quad j = 1, \dots, n$ für $i=1, \dots, m$ und $i$ ist Übel-Input
<b>Output</b> $y_{rj}$	keine Transformation	$y_{rj} \rightarrow \frac{1}{y_{rj}} \quad j = 1, \dots, n$ für $r=1, \dots, s$ und $r$ ist Übel-Output

Tabelle 11: Inversion der Höhenpräferenzrelation von Übel-Inputs und -Outputs

#### 7.1.6.4 Normierung der Ausgangsdaten

Aufgrund der Eigenschaft der Einheiten-Invarianz des SBM-Modells ist eine Normierung der Ausgangsdaten auf Prozentanteile des niedrigsten Inputfaktorwertes bzw. des höchsten Outputfaktorwertes ohne Beeinflussung des Effizienzniveaus möglich. Durch die Normierung werden die Schlupfvariablen untereinander vergleichbar und leichter interpretierbar gemacht (vgl. auch Abschnitt 6.2.3.2). Da davon ausgegangen werden kann, dass nach der Bereinigung der Ausgangsdaten alle Faktorausprägungen größer Null sind, können die Werte direkt durch das Minimum bzw. Maximum des jeweiligen Faktors dividiert werden (vgl. Tabelle 12).

<b>Input</b> $x_{ij}$	$x_{ij} \rightarrow \frac{x_{ij}}{\min_{j=1, \dots, n} \{x_{ij}\}} \quad \forall j = 1, \dots, n, \quad i = 1, \dots, m$
<b>Output</b> $y_{rj}$	$y_{rj} \rightarrow \frac{y_{rj}}{\max_{j=1, \dots, n} \{y_{rj}\}} \quad \forall j = 1, \dots, n, \quad r = 1, \dots, s$

Tabelle 12: Normierung auf den niedrigsten Input- und höchsten Outputfaktorwert

#### 7.1.7 Bewertung der Leistungsausprägungen

Zum relativen Vergleich der Prozessleistungsausprägung wird der zu analysierende Prozess den ausgewählten Vergleichsobjekten gegenübergestellt. Dabei kann festgestellt werden, dass selbst bei mehrdimensionaler Leistungsdefinition und freier Wahl der Gewichtung der Leistungsfaktoren eine Prozessleistungsausprägung im Vergleich nicht in jedem Fall so gewichtet werden kann, dass sie effizient erscheint. In diesem Fall dominiert eine reale oder fiktive Vergleichseinheit die zu analysierende Leistungsausprägung. Wird das Optimierungsmodell  $n$ -fach, d.h. für jeden Vergleichsprozess, angewandt, ergibt sich eine vollständige Rangfolge, aus der im Rahmen weiterer Analysen über den betrachteten Prozess hinausgehende Ansatzpunkte zur Optimierung abgeleitet werden können.

Die eigentliche Bewertung des Prozesses bzw. der Prozessausprägung erfolgt „regelbasiert“ auf der Basis des Bewertungs-Algorithmus zur Lösung des Optimierungsproblems aus Formel 18. Das Optimierungsproblem stellt ein Lineares Programm dar, das beispielsweise mit Hilfe der Simplexmethode (vgl. Neumann /92/ S. 52ff) gelöst werden kann. Ergebnisse der Methode sind die Effizienzmessgröße  $\tau$  sowie die Schlupfe und die Referenzeinheit für

den betrachteten Prozess bzw. Prozessausprägung. Neben dem Zielfunktionswert und den Lösungsvariablen können zur Analyse die Lösungsvariablen des dualen linearen Optimierungsproblems dienlich sein. Auf die Interpretation der Dualvariablen wird im Rahmen der Arbeit jedoch verzichtet.

### 7.1.8 Analyse des Bewertungsergebnisses

Der Vorgang der Bewertung setzt als Regel für die Zuweisung eines Wertes zu einem Prozess bzw. einer Prozessausprägung voraus, dass ein Analyseobjekt A mit einem höheren Effizienzniveau als ein Analyseobjekt B leistungsfähiger und daher mit einem höheren Wert zu belegen ist. Entsprechend dem produktionswirtschaftlichen Effizienztheorem gilt außerdem, dass ein Analyseobjekt, das im Vergleich mit allen anderen höchstens gleichgroße Mengen an Einsatzobjekten je Gut-Inputfaktor (bzw. mindestens gleich große Mengen an Einsatzobjekten je Übel-Inputfaktor) zur Erzeugung mindestens gleich großer Mengen an Ausbringungsobjekten je Gut-Outputfaktor (bzw. höchstens gleich große Mengen an Ausbringungsobjekten je Übel-Outputfaktor) benötigt, als effizient und damit im Sinne des Analyseziels als „leistungsfähig“ anzusehen ist.

Zur Feststellung der Leistungsfähigkeit eines Prozesses folgt die Ergebnisanalyse folgenden drei Schritten: der Identifikation des Effizienzniveaus zur Feststellung des weiteren Analysebedarfes, der Analyse der Input-Verschwendung bzw. der Output-Defizite und der Bestimmung der effizienten Vergleichseinheit zur Ableitung möglicher Verbesserungspotenziale.

#### 7.1.8.1 Identifikation des Effizienzniveaus

An der Effizienzmessgröße  $\tau$  kann das aggregierte Effizienzniveau der Leistungsausprägung direkt abgelesen werden. Entsprechend des Modells können Werte zwischen 0 und 1 auftreten, wobei ein Wert von 1 auf eine effiziente Leistungserstellung hindeutet und ggf. zum Abbruch der weiteren Analyse führt. Effizienzwerte kleiner 1 zeigen auf die Verschwendung von Einsatzobjekten mindestens eines (Gut-)Inputfaktors oder einem Defizit von Ausbringungsobjekten mindestens eines (Gut-)Outputfaktors hin. In diesem Fall sollte eine weitere Analyse des Optimierungsergebnisses die Ursache für die Ineffizienz klären. Es gilt kritisch zu betrachten, ob der Effizienzwert auf eine bisher nicht berücksichtigte Voraussetzung oder Nebenbedingung des betrachteten Leistungserstellungsprozesses zurückzuführen ist (und sich dadurch erklären lässt), oder ob ein begründeter Verdacht auf eine Input-Verschwendung bzw. auf ein Output-Defizit besteht. Sind die Messergebnisse plausibel, so bedeutet dies, dass die eingesetzten Inputfaktormengen gegenüber den erzeugten Outputfaktormengen im Vergleich mit der Referenzeinheit nicht gerechtfertigt sind. Über das absolute Leistungsniveau der Ausprägung kann jedoch keine Aussage gemacht werden.

#### 7.1.8.2 Analyse der Input-Verschwendung und Output-Defizite

Ist eine Vergleichseinheit anhand ihres Effizienzniveaus als suboptimal leistend identifiziert, erfolgt eine Analyse der Ursache für ihre Ineffizienz. Da das SBM-Modell bei der Betrachtung einer Leistungsausprägung wesentlich auf der Minimierung des Produkts aus Input- und Output-Ineffizienz bzw. auf der Maximierung der Input- und Outputschlupfe aufbaut, liegt es nahe, diese Optimierungsvariablen zur weiteren Analyse heranzuziehen.

Aus mathematischer Sicht weist die Ineffizienz einer Vergleichseinheit auf den positiven Abstand mindestens eines Leistungsfaktorwertes zu einer realen oder durch eine Linearkombination realer Einheiten gebildeten virtuellen Vergleichseinheit der „effizienten Hülle“ des mehrdimensionalen Leistungsgebirges hin. Der mit der  $L^1$ -Metrik gemessene Abstand setzt sich aus den gemittelten Abständen ineffizienter Leistungsfaktoren zusammen, die an den positiven Werten der zugehörigen Schlupfvariablen erkannt werden können. Umgekehrt können effiziente Leistungsfaktoren eines Analyseobjektes an den nichtpositiven Ausprägungen der Schlupfvariablen identifiziert werden. Anhand der Schlupfvariablen ist es somit möglich, die Ursache für die Ineffizienz einer Vergleichseinheit direkt auf die dafür verantwortlichen Leistungsfaktoren zurückzuführen. Da das SBM-Modell unorientiert ist, kann entweder eine Input-Ineffizienz (mindestens eine Inputfaktorausprägung ist vergleichsweise zu hoch), eine Output-Ineffizienz (mindestens eine Outputfaktorausprägung ist vergleichsweise niedrig) oder beides gleichzeitig auftreten.

Durch die Normierung der Ausgangsdaten entspricht bei Input-Ineffizienz eines Faktors die Verschwendung (quantifiziert durch die entsprechende Schlupfvariable) dem Prozentanteil an der minimalen Einsatzfaktormenge, den die effiziente Vergleichseinheit weniger an Faktormenge benötigt. So bedeutet beispielsweise ein Inputfaktor-Schlupf von 0,3, dass die Einheit 30 Prozent (des Minimalwertes über alle Vergleichseinheiten) mehr Einsatzobjekte dieses Faktors als ihre Referenzeinheit benötigt, um ein vergleichbares Outputniveau zu erreichen. Analog entspricht bei der Output-Ineffizienz eines Faktors das Defizit dem Prozentanteil an der maximalen Ausbringungsfaktormenge, den die effiziente Vergleichseinheit mehr an Faktormenge produziert.

#### 7.1.8.3 Bestimmung der effizienten Vergleichseinheit

Um aus dem Ergebnis des Optimierungsmodells konkrete Maßnahmen zur Leistungssteigerung ableiten zu können, ist es hilfreich, neben den für die Ineffizienz verantwortlichen Leistungsfaktoren eine Orientierung für die Verbesserung der Leistung des zu analysierenden Prozesses zu erhalten. Effiziente Vergleichseinheiten können hier allgemein als „Best Practices“ dienen, sind jedoch insbesondere bei höherdimensionalen Leistungsprofilen für den Einzelfall als „Vorbild“ aufgrund der unterschiedlichen Gewichtung der Leistungsfaktoren ungeeignet. Das SBM-Modell liefert jedoch neben den Schlupfen eine eindeutige, reale oder virtuelle Vergleichseinheit, die aufgrund des damit in Verbindung stehenden, größtmöglichen Verbesserungspotenzials als Referenz herangezogen werden sollte.

Die Richtung, in welche die Faktoren verändert werden müssen, um ein höheres Effizienzniveau zu erreichen, resultiert aus den  $\lambda$ -Werten des Optimierungsmodells. Die Lambda-Werte steuern als Skalare den Anteil der einzelnen Vergleichseinheiten an der Konvexkombination effizienter Einheiten, die die (ggf. virtuelle) Vergleichseinheit für den betrachteten Prozess bilden. Der Algorithmus bestimmt dabei den größtmöglichen Abstand der betrachteten Einheit zur effizienten Hülle in „nord-westlicher“ Richtung, d.h. in Richtung des höheren Output- und niedrigeren Inputniveaus. Damit entspricht der durch das Modell bestimmte maximale Abstand gleichzeitig dem größtmöglichen Verbesserungspotenzial, das jedoch, wie bereits verdeutlicht, hinsichtlich seiner Plausibilität hinterfragt werden muss.

### **7.1.9 Plausibilitätsprüfung der Bewertungsgrundlage**

Den Abschluss des Verfahrens bildet die Plausibilitätsprüfung der Problemmodellierung vor dem Hintergrund des Bewertungsergebnisses. Dabei wird insbesondere die Zielorientierung des Messinstrumentariums und der Leistungsstrukturbeschreibung im Hinblick auf die inhaltlichen Anforderungen an die Prozessleistungsanalyse (vgl. Abschnitt 4.3.1) hinterfragt.

#### **7.1.9.1 Plausibilität des Messinstrumentariums**

Betrachtet werden allgemein die Zielorientierung, Vollständigkeit und Unabhängigkeit der Leistungsmerkmale bzw. -messgrößen. Zu prüfende Fragen sind insbesondere, ob die Prozessziele im Rahmen der Operationalisierung durch Leistungsmessgrößen möglicherweise zu stark abstrahiert wurden und ob sich die Ziele aller Interessengruppen in dem Messinstrumentarium widerspiegeln.

#### **7.1.9.2 Plausibilität der Leistungsstrukturbeschreibung**

Eine der Leistungsbeschreibung übergelagerte Plausibilitätsprüfung bezieht sich schließlich auf die grundsätzliche Beschreibungsstruktur der zu analysierenden Prozessleistung. Dabei ist zu hinterfragen, ob der Prozesstyp, die Prozessziele, die Prozessstrategie, relevante Prozessobjekte und -faktoren richtig erfasst und der Prozess eindeutig klassifiziert wurde.

## **7.2 Anwendungsbereiche des Verfahrens**

In Abschnitt 3.2 wurde die hohe Bedeutung der Leistungstransparenz betrieblicher Wertschöpfungsaktivitäten für das Management komplexer Wirkungszusammenhänge in Unternehmen bereits verdeutlicht. Aus den Aufgaben des Logistikprozessmanagement (vgl. Abschnitt 3.2.1) lassen sich dementsprechend mehrere Anwendungsbereiche für die Prozessleistungsanalyse ableiten: die Prozessplanung, die Prozesskontrolle und die Prozessverbesserung.

### **7.2.1 Anwendung in der Prozessplanung**

Unter Planung kann allgemein die „zukunfts- und zielorientierte regelmäßige, institutionalisierte und systematische Festlegung von Handlungsmöglichkeiten (...) unter Einbezug möglicher Ereignisse und Einflüsse“ (Stickel et al. /123/ S. 543) verstanden werden. Entsprechend werden in der Prozessplanung Leistungsziele und -parameter sowie Messgrößen, Sollwerte und Toleranzen zur Leistungsmessung von Wertschöpfungsaktivitäten festgelegt (vgl. Schmelzer /109/ S. 190). Festlegung bedeutet dabei kein starres Festsetzen der Instrumente und Parameter, es handelt sich vielmehr um einen „ständigen Prozess von Anpassungs- und Korrekturmaßnahmen auf der Basis laufender Soll-/Ist-Vergleiche“ (Stickel et al. /123/ S. 543).

Das vorgestellte Verfahren zur Prozessleistungsanalyse kann in der Prozessplanung einerseits zu Identifikation geeigneter Leistungsziele und -messgrößen sowie in der Festlegung sinnvoller Sollwerte und Zielabweichungsprofile im Rahmen sog. „What-If-Analysen“ (hypothetische Annahmen zur Simulation von Handlungsalternativen) dienen. So kann beispielsweise die Veränderung des Leistungsniveaus eines Prozesses bei Variation der Leistungsziele (Leistungsmerkmale) oder der Veränderung der Kundenanforderungen untersucht werden.

Eine What-If-Analyse kann durch einen (einmaligen) Durchlauf des Verfahrens mit einer zielgerichtet ausgewählten Parameter-Konfiguration durch die Bestimmung des daraus



resultierenden Effizienzniveaus im Vergleich zu realen oder fiktiven Leistungsausprägungen unterstützt werden. Als problematisch kann sich dabei die Bestimmung geeigneter Vergleichseinheiten erweisen, da mit Hilfe von What-If-Analysen in der Regel ja gerade keine „Standard-Situationen“ untersucht werden.

### 7.2.2 Anwendung zur Prozesslenkung

Wird die Prozessleistungsanalyse im Rahmen einer laufenden Prozessplanung und -kontrolle eingesetzt, so kann das Verfahren als Teil eines kybernetischen Regelkreises verstanden werden. Die Kybernetik als „allgemeine, formale Wissenschaft von der Struktur, den Relationen und dem Verhalten dynamischer Systeme“ (Händle /54/ S. 208) wird dabei herangezogen, um den Regelkreis der Prozesslenkung als ein aus Teilen bestehendes Ganzes zu beschreiben, dessen Verhalten vom Zusammenwirken seiner Teile geprägt ist (vgl. Malik /85/). Das Zusammenwirken der Einzelelemente kann dabei mit Hilfe der Regelungstechnik (vgl. DIN 12221 /27/) beschrieben bzw. erklärt werden. Als Elemente des Regelkreises werden die Regelstrecke in Form eines Logistikprozesses, die Prozessleistungsanalyse als Messeinrichtung und die Methoden der Prozessoptimierung als Regelglied angesehen. Als Führungsgrößen dienen Leistungsziele, die als Vorgabe für den Prozess (regelkreisextern) festgelegt werden (vgl. Abbildung 18).

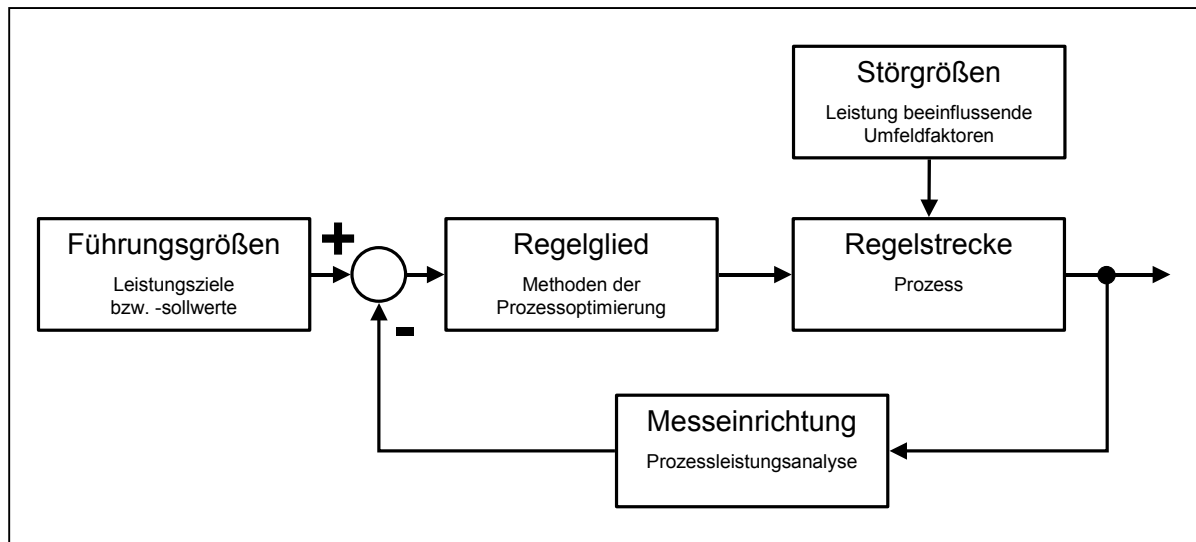


Abbildung 18: Regelkreis der Prozesslenkung

Nach DIN 19222 ist „das Regeln (...) ein Vorgang, bei dem fortlaufend eine Größe, die Regelgröße (die zu regelnde Größe), erfasst, mit einer anderen Größe, der Führungsgröße, verglichen und im Sinne einer Angleichung an die Führungsgröße beeinflusst wird. Kennzeichen für das Regeln ist der geschlossene Wirkungsablauf, bei dem die Regelgröße im Wirkungsweg des Regelkreises fortlaufend sich selbst beeinflusst“ (vgl. DIN 19222 /28/). Wird als Regel-/Führungsgröße die Prozessleistung angenommen, stehen im Zentrum des „Regelns“ die Erfassung, der Vergleich und die Beeinflussung prozessualer Logistikleistung.

Die Anwendung der Prozessleistungsanalyse im Rahmen der Prozesslenkung führt zu einem zyklischem Durchlauf des Verfahrens von der Datenerfassung bis zur Plausibilitätsprüfung des Bewertungsergebnisses (Punkt B bis Punkt C in Abbildung 17, S. 83) und beinhaltet außerdem die (in der Arbeit nicht betrachteten) Entwicklung und Umsetzung von Maßnahmen zur Korrektur der Zielabweichungen. Dabei muss, wie beim Einsatz des

Verfahrens im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung (s.u.), insbesondere der zyklischen Überprüfung der Rahmenbedingungen Aufmerksamkeit geschenkt werden.

### 7.2.3 Anwendung im Rahmen der kontinuierlichen Verbesserung

Langfristig wird im Logistikmanagement neben der Prozessplanung und der Prozesslenkung die Frage untersucht, ob der Logistikprozess den Anforderungen des Marktes genügt bzw. die notwendige Prozessfähigkeit gegeben ist, oder ob sich der Prozess besser auf die Anforderungen der verschiedenen Interessengruppen ausrichten lässt. Das Konzept der kontinuierlichen Verbesserung ist in Japan unter dem Namen „Kaizen“ begründet worden. Es sieht die laufende Ermittlung und Beseitigung von Problemen, Schwachstellen und Fehlern, die die Effektivität und Effizienz von Geschäftsprozessen mindert, als ganzheitliches, sämtliche Unternehmensbereiche und Mitarbeiter betreffendes Konzept zur Steigerung der Kundenzufriedenheit und langfristigen Gewinnerzielung einer Unternehmung „in kleinen Schritten“ an (vgl. Teufel /129/). Dabei geht das Konzept in einem geschlossenen Problemlösungskreislauf vor (vgl. Abbildung 19), der, übertragen auf die Prozessverbesserung, in die Phasen „Verbesserung planen“, „Verbesserung realisieren“, „Verbesserung prüfen“ und „Maßnahmen ergreifen“ gegliedert werden kann (vgl. Hansmann /55/ S. 290ff, Schmelzer /109/ S. 230ff, Teufel /129/).

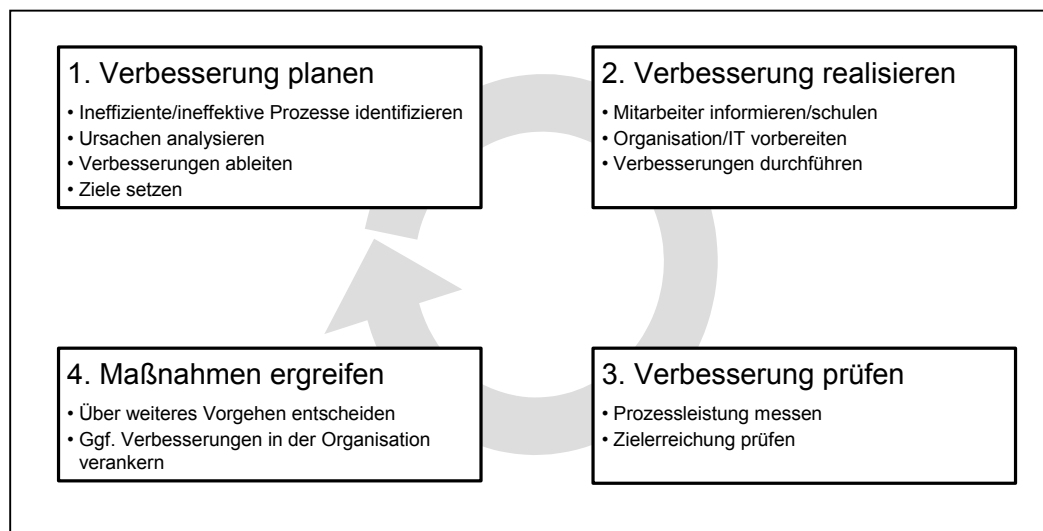


Abbildung 19: Kreislauf der Prozessverbesserung

In der Planungsphase werden die Ist-Leistung des Untersuchungsgegenstandes auf der Basis problemspezifisch zu bestimmender Leistungsmerkmale ermittelt, Schwachstellen identifiziert und Verbesserungsmaßnahmen samt Verbesserungsziele und Leistungssollwerte festgelegt. In der Umsetzungsphase müssen zunächst die Mitarbeiter und die Organisation/Informationstechnologie auf die geplanten Veränderungen vorbereitet werden, um anschließend die Verbesserungen zu implementieren. In der Prüfphase wird anhand der in der Planungsphase festgelegten Leistungssollwerte untersucht, ob durch die Realisierung die festgelegten Verbesserungsziele erreicht wurden. In der abschließenden Aktionsphase erfolgt bei Zielabweichung die Entscheidung, den Zyklus solange zu wiederholen, bis die Verbesserungsziele erreicht werden, und bei Zielkonformität die Überleitung zur Stabilisierung und Standardisierung von Zuständen (vgl. Teufel /129/).

Mit dem Verfahren zur Prozessleistungsanalyse können insbesondere die Phasen „Verbesserung planen“ und „Verbesserung prüfen“ unterstützt werden. In der Planungsphase

kann das Verfahren zur Identifikation möglicherweise kritischer Leistungsschwankungen bzw. -tendenzen beispielsweise in die Methode der Statistischen Prozesslenkung (vgl. Abschnitt 3.4.1.3) integriert werden. In der Prüfphase kann das Verfahren analog zum Vorgehen in der Prozessplanung (im Sinne von What-If-Analysen; vgl. Abschnitt 7.2.1) eingesetzt werden, wobei der Schwerpunkt dann auf der Ursachenforschung für die Ineffizienz von Leistungsausprägungen und nicht wie bei der Prozessplanung auf der Maximierung der Prozessleistung zu planender Prozesse liegt. Generell kommt beim Einsatz des Verfahrens in der Prozessverbesserung der Untersuchung der Rahmenbedingungen für die Leistungserstellung besondere Bedeutung zu: Wie im Allgemeinen Fall von Längsschnittanalysen ist darauf zu achten, dass sich die Grundvoraussetzungen, wie Prozessziele und -strategien über die Zeit nicht verändert haben bzw. nur solche Ausprägungen verglichen werden, für die die Vergleichbarkeit sichergestellt ist.

### **7.3 Einschränkungen des Verfahrens**

Die Anwendung des SBM-Modells zur Prozessleistungsbewertung schränkt den Einsatz des oben beschriebenen Verfahrens aufgrund der teilweise hohen Anforderungen analytisch-exakter Lösungsmethoden an das zugrunde gelegte Problemdesign in verschiedener Hinsicht ein. In Abschnitt 6.2.1.3 wurden bereits modellunabhängige Grundannahmen der DEA definiert. Im praktischen Einsatz des Verfahrens stellt nicht jede dieser Annahmen eine kritische Nebenbedingung dar, trotzdem werden zunächst die Einschränkungen durch die von dem Modell geforderten Voraussetzungen zur Leistungsanalyse beschrieben. Neben diesen modellbedingten Voraussetzungen werden anschließend Einschränkungen durch das Vorgehensprinzip zur Leistungsbeschreibung und -bewertung erläutert.

#### **7.3.1 Einschränkungen durch Modellvoraussetzungen**

Unabhängig vom Anwendungskontext stellt das SBM-Modell verschiedene Anforderungen an die Ausgangsdaten, die im Zusammenhang mit der Analyse prozessualer Logistikleistung einschränkend wirken. Als wichtigste Einschränkungen seien folgende Punkte genannt:

##### Kardinal-Skalierung der Leistungsfaktoren

Das Effizienzmaß als Quotient der über die Inputfaktoren gemittelten Input-Verbesserungsraten und der über die Outputfaktoren gemittelten Output-Verbesserungsraten ist eine skalare Messgröße, die als Absolutwert aus dem  $L^1$ -Abstand zwischen der betrachteten Einheit und der effizienten Vergleichseinheit resultiert. Die Bewertung des Betrachtungsgegenstandes auf der Basis einer kardinalen Abstandsmessung setzt dabei kardinal skalierte Leistungsfaktoren voraus.

##### Nicht-negative Ausprägungen der Leistungsfaktoren

Weiter wird vorausgesetzt, dass alle Ausprägungen der Leistungsfaktoren nicht negativ sind, wenngleich es einige wenige finanzielle Kennzahlen gibt, die auch negative Werte annehmen können (z.B. Gewinn, Cashflow, aber auch Trendkennziffern wie Absatztrend oder Umsatzwachstum). Eine Paralleltransformation des Koordinatensystems des betreffenden Leistungsfaktors ist ohne Beeinflussung des Effizienzmaßes aufgrund der Paralleltransformation-Invarianz des SBM-Modells nicht möglich (vgl. Abschnitt 6.2.2.1). Es sei darauf hingewiesen, dass dies die Betrachtung monetärer Größen nicht generell ausschließt (vgl. Abschnitt 9.1.1).

### Möglichkeit der Betrachtung aller anteiliger Faktormengen einer realen Leistungsausprägung und Disponibilität der Leistungsfaktoren

Das Modell unterstellt, dass der gesamte von den  $n$  Einheiten aufgespannte polyedrische Kegel zur Technik gehört bzw. dass alle Einheiten den jeweiligen Output aus dem jeweiligen Input unter den gleichen Bedingungen der Leistungserstellung erzeugen. Alle nicht-negativen Linearkombinationen ( $\lambda_1, \dots, \lambda_n \in \mathfrak{R}; \lambda_j \geq 0 (j = 1, \dots, n); \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ ) der  $n$  Produktionseinheiten sind ebenfalls Elemente der Technik bzw. technisch möglich. Damit wird festgelegt, dass erstens die unbekannte Technik in dem durch die beobachteten Vergleichseinheiten bestimmten Teil konvex ist und zweitens eine entsprechende „Disponibilität“ der Leistungsfaktoren der untersuchten Prozessleistung gegeben sein muss. Übertragen auf die Prozessleistungsanalyse bedeutet dies, dass einerseits die Betrachtung aller anteiliger Faktormengen (Faktormengen als Prozentanteil  $\leq 100$ ) einer realen Einheit als Leistungsausprägung einer (virtuellen) Vergleichseinheit möglich sein muss und andererseits die Verfügbarkeit der Faktormengen unabhängig von der Ausprägung der anderen Faktoren zwischen dem über alle Vergleichseinheiten gemessenen Minimum und Maximum gegeben sein muss. In dem SBM-Bewertungsmodell nach Formel 18 kann eine beliebige Inputfaktor-Reduzierung bzw. Outputfaktor-Erhöhung durch die Ausprägungen der Schlupfe erfolgen. In der Praxis sind die entsprechenden Einsatz- und Ausbringungsfaktormengen jedoch in der Regel nicht unbegrenzt verringerbar bzw. erhöhbar. Obergrenzen für jede Einheit  $\theta$ , in dem Modell durch entsprechende Nebenbedingungen ( $S^- \geq S_0^{-B}$ ,  $S^+ \leq S_0^{+B}$ ) berücksichtigt, könnten „unrealistische“ Verbesserungspotenziale unterbinden. Dabei entsteht jedoch das Problem der Bestimmung der (Absolut-)Werte für die Schranken für jede Vergleichseinheit.

### Substitutionalität der Produktionsfaktoren

Das Bewertungsmodell basiert auf der Grundannahme, dass der Ertragsverlauf logistischer Leistungserstellung mit Hilfe der neoklassischen Produktionsfunktion beschrieben werden kann und entsprechend durch monoton fallende Grenzerträge geprägt ist. Neoklassische Produktionsfunktionen sind zwar empirisch relevant (vgl. Abschnitte 6.2.2.2 und 6.2.3.1), gehen jedoch von der Substituierbarkeit der Produktionsfaktoren aus. Diese Annahme bedeutet jedoch, dass beispielsweise ein hoher Faktoreinsatz eines Inputs durch einen geringen Faktoreinsatz eines anderen Inputs kompensiert werden kann. Von einer Substitutionalität der Produktionsfaktoren ist per se jedoch nicht für alle Logistikprozesse auszugehen und muss im Rahmen der Verfahrens entsprechend überprüft werden.

### Geeignete Anzahl von Vergleichseinheiten und Leistungsmerkmalen

Die implizite Bestimmung der Zielgewichte im Rahmen der DEA stellt gleichzeitig Stärke und Schwäche der Methode da. Durch eine geeignete Gewichtung ist es möglich, eine größere Anzahl von Vergleichseinheiten als effizient anzusehen. Der Grund hierfür liegt in der Möglichkeit des Modells, einem Inputfaktor bzw. einem Outputfaktor einer betrachteten Einheit ein maximales Gewicht von 1 beizumessen und dadurch effizient gegenüber allen anderen Vergleichseinheiten erscheinen zu lassen. In einer Analyse mit  $m$  Inputs und  $s$  Outputs können sich dadurch insgesamt  $m+s$  Einheiten als effizient erweisen. Infolgedessen muss für eine sinnvolle Bewertung die Anzahl der Vergleichseinheiten größer als die Summe der Leistungsmerkmale sein. In der Umkehrung bedeutet dies, dass die Anzahl der

Leistungsmerkmale, die zur Analyse herangezogen werden können, je nach verfügbarer Vergleichsbasis auf wenige Input- und Outputfaktoren eingeschränkt werden muss.

### **7.3.2 Vorgehensbedingte Einschränkungen**

Ausgehend von seinen Eigenschaften definiert das SBM-Modell darüber hinaus Anforderungen an das Lösungsvorgehen sowie an das Verständnis des Bewertungsergebnisses. Als wichtigste Eigenschaften seien folgende Punkte genannt:

#### Vergleichbarkeit der Leistungsdaten

Grundsätzlich geht die DEA davon aus, dass allen Vergleichseinheiten dieselbe unbekannte Technik (vgl. Abschnitt 3.1.3.1) zugrunde liegt und die beobachteten Aktivitäten Realisationen dieser Technik sind. Für die Prozessleistungsanalyse folgt hieraus, dass die Analyseobjekte (also der zu analysierende Prozess und die Vergleichsobjekte) ähnlich und damit vergleichbar sein müssen. Die Vergleichbarkeit der Leistungsdaten wird innerhalb des Verfahrens durch eine entsprechende Überprüfung sichergestellt, gleichzeitig stellt diese Anforderung in der Praxis die wohl kritischste Nebenbedingung dar. Hier zeigt sich die Schwierigkeit, dass die Vergleichbarkeit von Prozessen nur bei Transparenz und Übereinstimmung aller identifizierenden Merkmale der Vergleichseinheiten gewährleistet ist und daher für alle Einheiten eine entsprechend detaillierte Kenntnis bzw. Analyse der Prozessstruktur erforderlich ist. Häufig tritt dadurch (insbesondere bei Querschnittanalysen) das Problem auf, nicht genügend viele vergleichbare Prozesse bzw. Prozessausprägungen zu finden sind (s.u.).

#### Beeinflussung des Effizienzmaßes durch Bereinigung der Ausgangsdaten

Die Bereinigung der Null-Werte der Ausgangsdaten schafft spezielle Ausgangsbedingungen für den Vergleich. Die Wahl des „hinreichend kleinen“ Ersatzfaktors erfolgt „willkürlich“, kann aber je nach der Gesamtstruktur der Faktorausprägungen Einfluss auf die Analyse nehmen. Insbesondere die Einführung einer „Strafe“ für einen nicht erreichten Output ist fallweise abzuwägen.

#### Eindeutiger Bezug der zu analysierenden Einheit auf die Vergleichseinheit

Das Effizienzmaß im SBM-Modell ist eine Größe, die mittels Input-Verschwendung und Output-Defizite (der positiven Schlupfe  $s^{-*}$  und  $s^{+*}$ ) den Abstand zur einer (einzelnen) effizienten Vergleichseinheit angibt. Dies bedeutet eine Einschränkung der Vergleichsbasis gegenüber den CCR- und BCC-Modellen, die eine statistische Betrachtung aller Vergleichseinheiten umfassen. Der eindeutige Bezug zu der Leistungsausprägung der Vergleichseinheit verleitet außerdem zu der Annahme, dass die beiden betrachteten Prozesse sehr „ähnlich“ bzw. in gleicher Weise zu steuern seien. Der Leistungsvergleich baut jedoch im übertragenen Sinne nicht auf der Identifikation der maximalen Ähnlichkeit der Ausprägungen auf, sondern auf der Bestimmung des größten Verbesserungspotenziales.

## **8 Implementierung des Verfahrens**

Zur Lösungsunterstützung komplexer Fragestellungen können Rechnersysteme bei algorithmisierbaren Entscheidungs- und Bewertungsproblemen einen wertvollen Beitrag leisten. Dabei wird ein formal beschreibbarer Sachverhalt entsprechend festgelegter Regeln behandelt, um ein eindeutiges Ergebnis zu bestimmen. In den beiden folgenden Abschnitten werden, aufbauend auf dem Vorgehen zur Prozessleistungsanalyse, Ansatzpunkte zur informationstechnologischen (IT)-Unterstützung des vorgestellten Verfahrens spezifiziert und deren Umsetzung anhand einer für diesen Einsatzzweck entwickelten IT-Applikation verdeutlicht. Die Funktionalität der Applikation fokussiert dabei auf die Leistungsmessung und -bewertung um das Potenzial von IT-Systemen speziell im Hinblick auf die schnelle und exakte Bearbeitung komplexer Rechenoperationen auszuschöpfen.

### **8.1 Spezifikation der Systemunterstützung**

Mit der in Abschnitt 6.1.2 dargestellten mathematischen Beschreibung liegt bereits eine formale Beschreibung des in der Arbeit betrachteten Bewertungsproblems vor. Systemtechnisch sollte jedoch neben der Bewertung auch die (sofern manuell durchgeführt sehr aufwendige) Datenerfassung unterstützt werden, so dass für das Verfahren folgende Teilbereiche der IT-Unterstützung spezifiziert werden: Aufbereitung der Ausgangsdaten sowie Datenbewertung und Ergebnisrepräsentation.

#### **8.1.1 Aufbereitung der Ausgangsdaten**

Zur Aufbereitung die Ausgangsdaten müssen diese zunächst für die Analyse zugänglich gemacht werden. Hierzu werden die Daten aus den Ursprungssystemen in einen zentralen Datenspeicher verbracht und dort physisch bzw. logisch abgelegt. Grundlegende Aufgaben der Datenintegration sind dabei die Datenextraktion aus den operationalen Systemen („Extraktion“), die Datentransformation zur Beseitigung von fehlerhaften und überflüssigen Daten sowie der Umwandlung, Erweiterung, Überprüfung und Veränderung der Daten („Transformation“) und die Repräsentation der Daten in einem geeigneten Datenmodell („Laden“).

##### Extraktion

Zur Datenextraktion werden die zur Abbildung des untersuchten Prozesses notwendigen Daten in Form von Detailinformationen zu Menge, Qualität, Zeitpunkt, Zeitdauer, etc. der einzelnen Prozessaktivitäten und -ergebnisse in den zentralen Datenspeicher übertragen. Detailinformationen können Datensätze beispielsweise mit Auftrags- oder Bestandsdaten, Planungs- bzw. Steuerungsinformationen oder auch Stammdaten und Zustandsmeldungen sein.

##### Transformation

Im Rahmen der Transformation wird im vorliegenden Fall, neben den oben genannten Aufgaben zur Qualitätskontrolle, die Bereinigung der Ausgangsdaten um Nullwerte, die Inversion der Höhenpräferenzrelation von Übel-Inputs und Übel-Outputs und der Normierung der Input- und Outputfaktoren auf die geringste Menge je Inputfaktor bzw. maximale Menge je Outputfaktor durchgeführt. Diese Form der Datenaufbereitung dient speziell der Vorbereitung der Datenanalyse durch das SBM-Modell.

## Laden

Nach der Transformation werden die Daten physisch gespeichert und in logische (Ziel-)Datenmodelle eingestellt. Die Daten stehen somit für Analysen bzw. Abfragen zur Verfügung. Im vorliegenden Fall werden im Rahmen dieses Schrittes die Leistungsausprägungen des/der analysierten Prozesses/Prozesse durch die festgelegten Kennzahlen verfügbar gemacht.

### **8.1.2 Bewertung und Ergebnisdarstellung**

Die Datenbewertung stellt aufgrund der hohen Anforderungen der dazu notwendigen Rechenoperationen den Hauptanwendungsbereich der Systemunterstützung dar. Zur besseren Interpretierbarkeit ist jedoch zusätzlich eine geeignete Aufbereitung des Bewertungsergebnisses und dessen Ursachen sinnvoll.

#### Bewertung der Leistungsdaten

Zur Bewertung der Leistungsausprägung des zu analysierenden Prozesses muss das Optimierungsproblem aus Formel 18 gelöst werden. Hierzu wird das Problem in ein lineares Optimierungsproblem überführt und mit Hilfe der Simplex-Methode (vgl. Neumann /92/) gelöst. Die Simplex-Methode erfordert eine Reihe von Rechenoperationen, die mit Hilfe des Rechnersystems automatisiert werden können. In Anlehnung an das Vorgehen im Benchmarking empfiehlt es sich, die Bewertung in gleicher Weise für alle anderen  $n-1$  Vergleichseinheiten durchzuführen, um so das Ergebnis der betrachteten Einheit besser einordnen zu können.

#### Darstellung des Bewertungsergebnisses

Zur Vereinfachung der Interpretation des Bewertungsergebnisses empfiehlt es sich, neben dem Effizienzniveau zusätzlich den Typ und die Ausprägung positiver Schlupfe sowie die Referenzeinheit der untersuchten Einheit zu analysieren (vgl. Abschnitt 7.1.8). Dabei sollte sowohl die quantitative als auch die qualitative Einschätzung der Ergebnisgrößen möglich sein, da diese eine wichtige Voraussetzung für das Verständnis der Zustandekommens des Effizienzniveaus bilden und den Bezug zu den Vergleichseinheiten herstellen.

### **8.1.3 Algorithmische Beschreibung der Datenaufbereitung und -bewertung**

Zur Implementierung des Verfahrens ist eine systemnahe Beschreibung der Einzelschritte zur Datenaufbereitung und -bewertung notwendig. Die algorithmische Beschreibung (vgl. Anhang C) bildet die Basis für die technische Unterstützung des Verfahrens und damit auch für die im weiteren Verlauf vorgestellten IT-Applikation. Der dargestellte Algorithmus wurde in Xpress Mosel (Version 1.0.2), einer Software zur Lösung mathematischer Optimierungsprobleme von Dash Associates, erstellt. Auf der Basis der Entwicklungssprache dieser Software kann die Funktionsweise der Datenaufbereitung und vor allem des  $n$ -fachen Vergleiches der Leistungsausprägungen zur Leistungsbewertung besonders einfach abgebildet und nachvollziehbar gemacht werden (hinsichtlich der Einzelschritte zur Datenaufbereitung wird in dem dargestellten Algorithmus davon ausgegangen, dass die Höhenpräferenzrelationen aller Input- und Outputfaktoren entsprechend eines Gut-Inputs bzw. Gut-Outputs orientiert sind).

## 8.2 Umsetzung im Rahmen des Analysewerkzeuges SBM-Manager

Um die Potenziale der IT-Unterstützung zur Leistungsmessung und Bewertung voll auszunutzen, wurde auf der Basis der algorithmischen Beschreibung die speziell für diesen Einsatzzweck entwickelte IT-Applikation „SBM-Manager“ implementiert. Sie umfasst die im vorherigen Abschnitt aufgeführten Funktionen und ist durch die Trennung der Daten- und Applikationsschicht flexibel für unterschiedliche Analyseprobleme einsetzbar. Abbildung 20 zeigt einen Überblick über die Systemarchitektur.

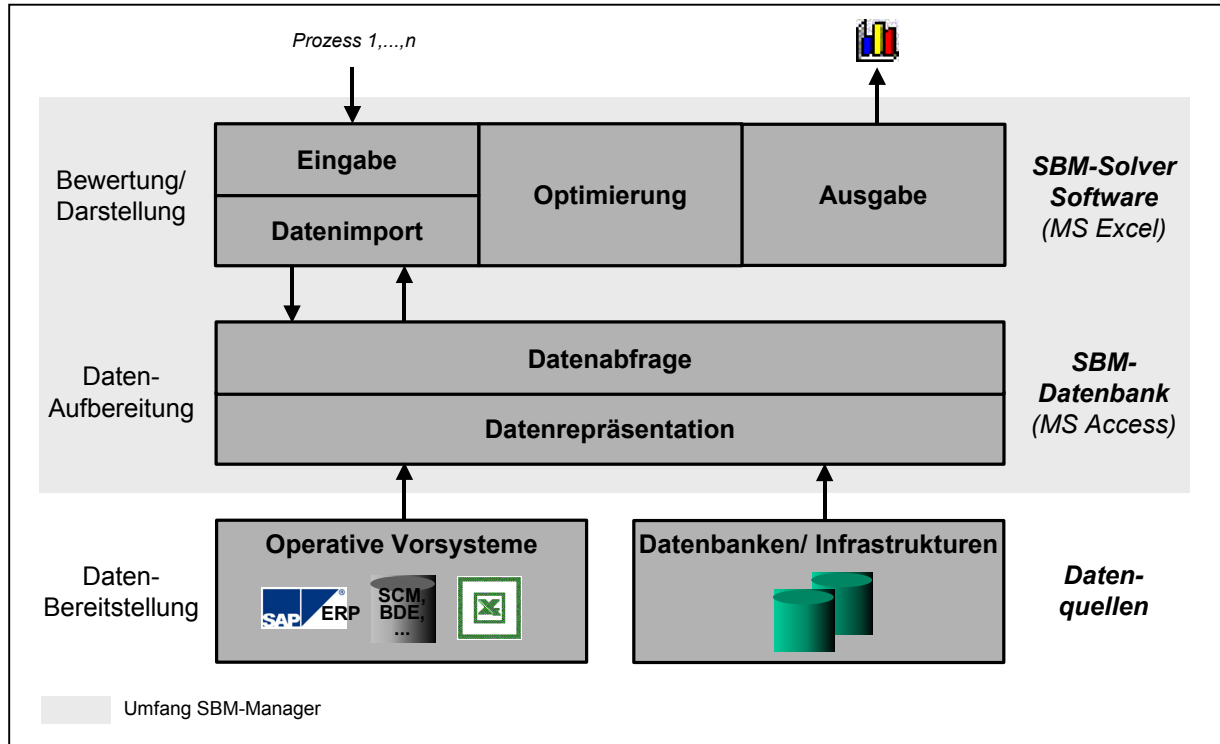


Abbildung 20: Systemarchitektur des „SBM-Managers“

### 8.2.1 SBM-Datenbank

Zur Aufbereitung der Daten werden diese aus unterschiedlichen externen Quellen in eine zentrale Microsoft Access-Datenbank übertragen und dort physisch (als Tabellen) abgelegt. Die Übertragung erfolgt manuell, also durch einen selbst ausgelösten Datenimport beispielsweise von ERP- oder SCM-Systemdaten. Mittels der Datenmanipulationssprache Microsoft Structured Query Language (SQL) werden kennzahlsspezifische Abfragen definiert, die unterschiedliche Sichtweisen auf die komplexen Grunddaten erlauben und so ein logisches, an die zu analysierenden Logistikprozesse angepasstes Datenmodell bilden.

### 8.2.2 SBM-Solver-Software

Die SBM-Solver-Software ist eine speziell für Analyse von Kennzahlwerten entwickelte Microsoft Visual Basic for Applications (VBA)-Anwendung unter Microsoft Excel. Mit Hilfe der konfigurierbaren Applikation können Abfragen auf SBM-Datenbanken angestoßen und das Ergebnis mittels linearer Optimierung analysiert werden. Folgende Module bilden den Funktionsumfang der Applikation:

#### Eingabe des Analyse-Szenarios

Eine Prozessleistungsanalyse beginnt mit der Festlegung des zu analysierenden Sachverhaltes. In der Einheiten-Auswahl-Sektion des SBM-Solvers (vgl. Abbildung 21)



werden hierzu die Vergleichseinheiten und der Betrachtungszeitraum angegeben. Im Falle einer Längsschnittanalyse werden bei der Bewertung verschiedene Zeitperioden (hier exemplarisch Monate) miteinander verglichen, so dass lediglich eine Untersuchungseinheit und mehrere Vergleichsperioden angegeben werden müssen. Zum Zwecke eine Querschnittsanalyse besteht die Möglichkeit, mehrere Vergleichseinheiten anzugeben. Wird in diesem Fall ein Zeitraum länger als ein Monat angegeben, so werden für bestimmte Kennzahlen Durchschnittswerte über diesen Zeitraum berechnet und bei der Bewertung berücksichtigt.

Zur Vervollständigung des Analyse-Szenarios müssen neben der Angabe der Vergleichseinheiten in der Kenngrößen-Auswahl-Sektion zusätzlich noch die relevanten Leistungsmessgrößen und deren Input- bzw. Outputorientierung angegeben werden. Dabei werden die möglichen Optionen dynamisch aus den in der SBM-Datenbank hinterlegten Messgrößen generiert.

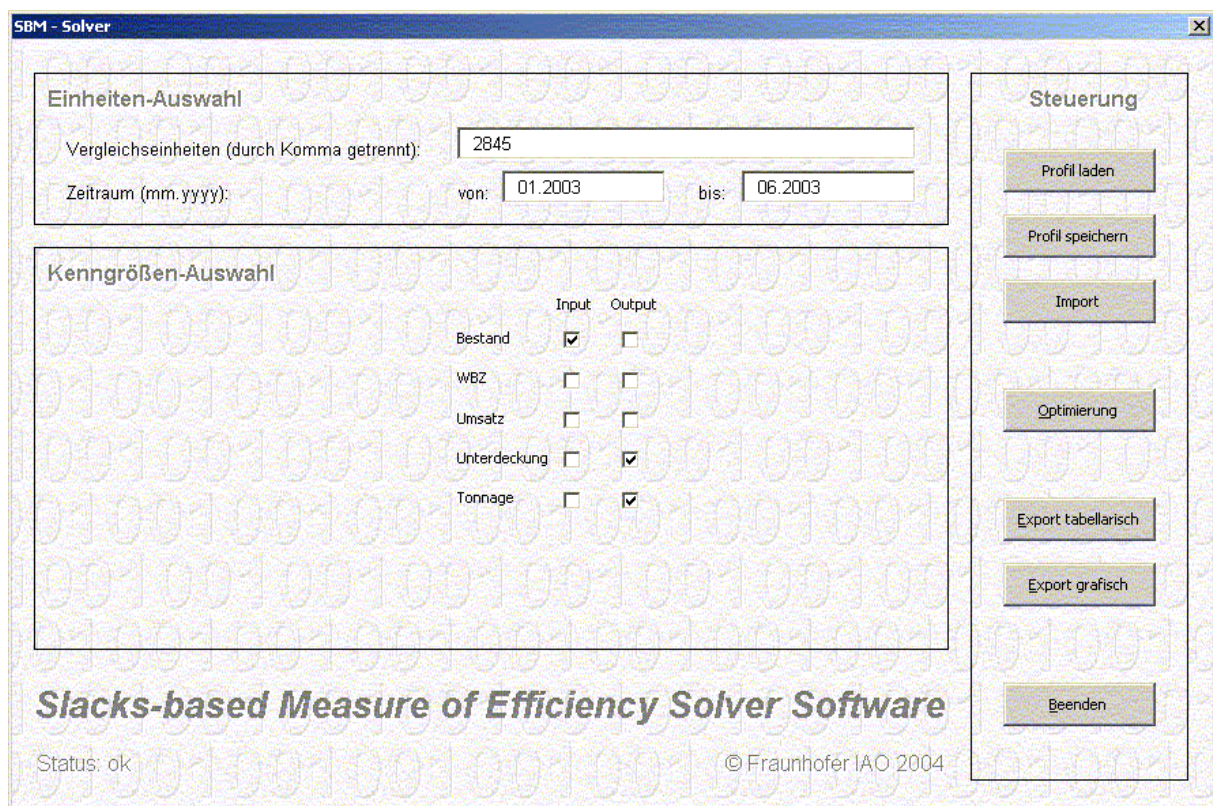


Abbildung 21: Benutzerinterface des „SBM-Solvers“

### Datenimport

Aus den Eingaben in den beiden Auswahlsektionen wird nach der Aktivierung des Datenimports eine (SQL-)Abfrage erzeugt. Über eine (ODBC-)Schnittstelle wird diese Abfrage auf der SBM-Datenbank durchgeführt und das Ergebnis an den SBM-Solver zurückgegeben.

### Optimierung

Auf die analyseszenario-spezifischen Kennzahldaten erfolgt im nächsten Schritt die Bewertung der zu analysierenden Prozessleistung durch die Lösung des entsprechenden SBM-Optimierungsproblems. Die Applikation implementiert das primale SBM-Modell in Anlehnung an den Algorithmus aus Anhang C und verwendet zu dessen Lösung das

Microsoft Excel Zusatzwerkzeug „Solver“. Das Werkzeug eignet sich zu Lösung linearer Optimierungsprobleme und kann unter Microsoft VBA auf die speziellen Anforderungen des SBM-Modells angepasst werden. Es liefert als Ergebnis der Optimierung sowohl das Effizienzniveau der Leistungsausprägung als Zielfunktionswert als auch die Werte der Schlupfvariablen in Form der Optimierungsvariablen. Zur besseren Interpretierbarkeit wird die Lösung des Optimierungsproblems  $n$ -fach, also für alle Vergleichseinheiten, durchgeführt.

### Ausgabe des Bewertungsergebnisses

Zur Ausgabe des Bewertungsergebnisses wurden im SBM-Solver zwei unterschiedliche Ausgabemöglichkeiten realisiert: Eine tabellarische Ausgabe ermöglicht einen Überblick über alle berechneten Ergebnisse für alle Vergleichseinheiten. Eine grafische Ausgabe zeigt in einem dynamisch generierten Säulendiagramm auf der sekundären Ordinate (im Bild rechts) das Effizienzniveau und auf der primären Ordinate (im Bild links) die Absolutwerte der Schlupfvariablen der (auf der Abszisse abgetragenen) Vergleichseinheiten (vgl. Abbildung 22). In dieser Ansicht können sehr schnell ineffiziente Einheiten von effizienten dadurch unterschieden werden, dass ineffiziente Einheiten Schlupfe (eine Säule je Variable) größer Null und ein Effizienzmaß  $\tau$  (graue Punkte) kleiner Eins aufweisen (im Falle einer Längsschnittanalyse wird zusätzlich eine Trendgrade über die Effizienzmesswerte gelegt, so dass gleichzeitig Tendenzen ersichtlich werden). Ein zu analysierender Prozess ist dann also im Vergleich zu den anderen betrachteten Prozessen optimal, wenn keine Säulen und ein Effizienzwert (sekundären Ordinate) von Eins ausgewiesen wird.

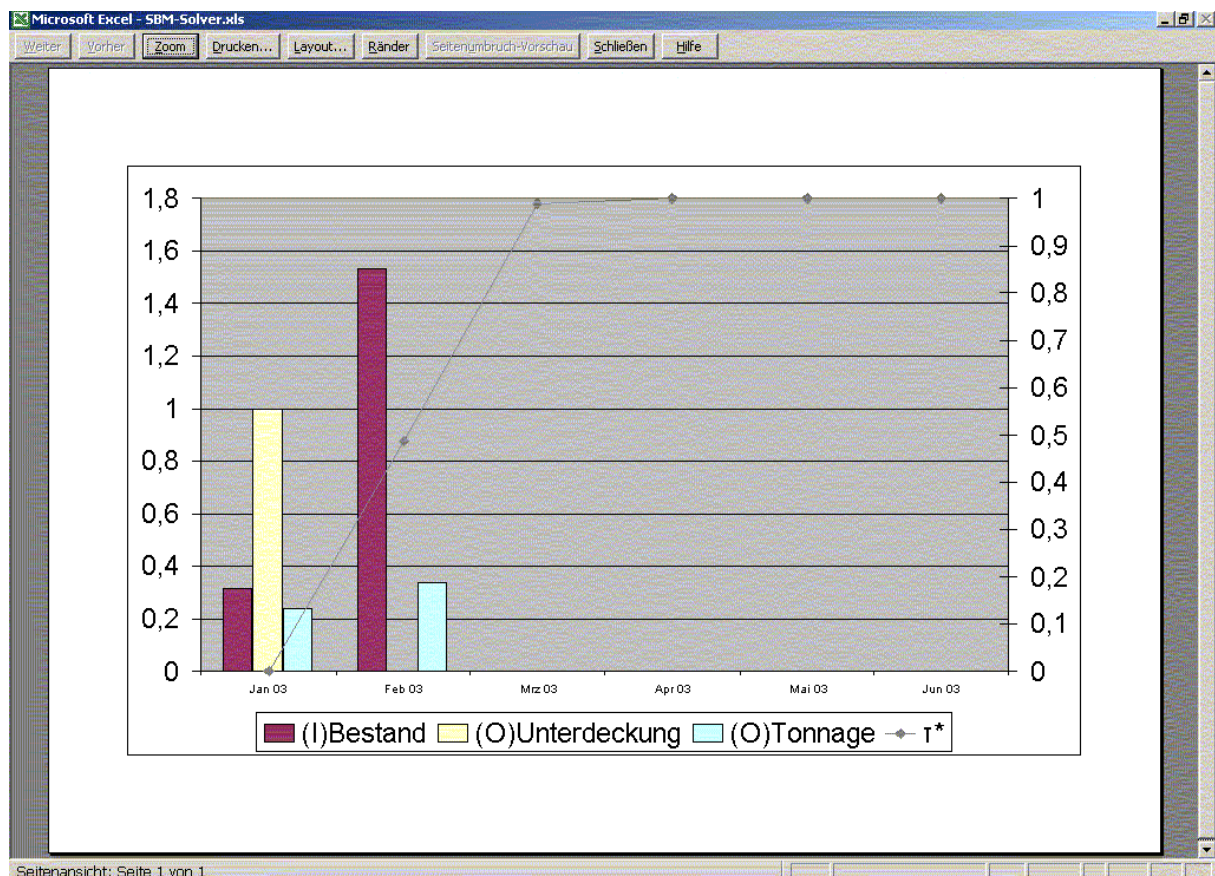


Abbildung 22: Grafische Ergebnisausgabe des „SBM-Solvers“

## 9 Praktische Anwendung und Bewertung des Verfahrens

### 9.1 Beschreibung ausgewählter Anwendungsfälle in der industriellen Praxis

Die Bewertung des vorgestellten Verfahrens soll anhand zweier industrieller Praxisfälle vorgenommen werden. Um ein möglichst großes Anwendungsspektrum des Verfahrens aufzuzeigen, wird auf zwei unterschiedliche Problemstellungen eingegangen: die Anwendung des Verfahrens zur Prozessplanung/-verbesserung im Rahmen einer Querschnittanalyse sowie eine Anwendung zur Prozesslenkung in Form einer Längsschnittanalyse.

#### 9.1.1 Querschnittanalyse

##### 9.1.1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Im Rahmen eines Projektes für einen Hersteller von Computer-Druckern sollten alternative Logistikstrategien der mehrstufigen Distribution von Druckerzubehör aus Sicht von Bürobedarf-Fachhändlern untersucht werden. Ein Teilziel des Projektes war die betriebswirtschaftliche Analyse von Direktbelieferungen industrieller Großkunden über Bürobedarf-Großhändler mit Blick auf möglichen Kosteneinsparungen gegenüber der herkömmlichen Distribution (vgl. Abbildung 23). Zur Zielerreichung wurden die Kosten für den Bevorratungs- und Distributionsprozess der Fachhändler den Kosten für die Auftragsabwicklung durch die Großhändler gegenübergestellt. Die Auswahl potenziell geeigneter Artikel wurde durch das in der Arbeit vorgestellte Verfahren unterstützt und in einer anschließenden Potenzialanalyse in ein quantitatives Einsparungspotenzial überführt.

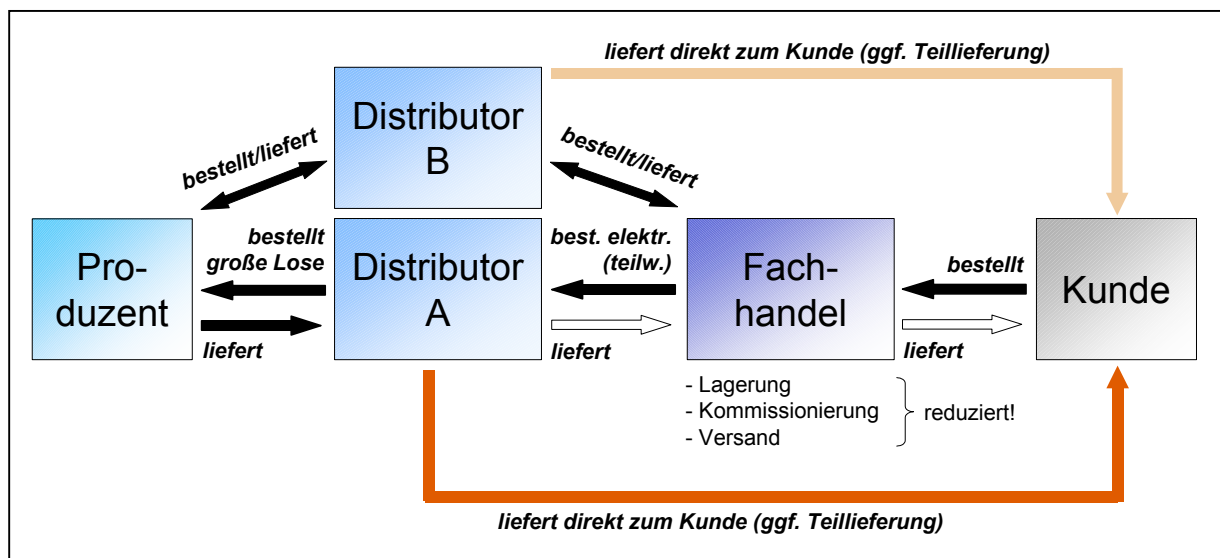


Abbildung 23: Direktbelieferung industrieller Großkunden durch Bürobedarf-Großhändler

##### 9.1.1.2 Leistungsanalyse der „Druckerzubehör-Bevorratung“

#### Zieldefinition

Im Zusammenhang der Untersuchung möglicher Direktbelieferungsstrategien wurde als Ziel einer Prozessleistungsanalyse die Bestimmung von Zubehörartikel im Sinne einer Querschnittanalyse festgelegt, für die bei den Fachhändlern ein geringer Gesamtbestellwert pro Monat (geringe Kundennachfrage bzw. niedriger Verkaufswert) bei vergleichsweise hohem Lagerwert (große Lagermenge bzw. hoher Einkaufswert) identifiziert werden konnte.

Die Zielsetzung resultierte dabei aus der Erkenntnis, dass sich Kosteneinsparungseffekte durch Direktlieferungen für die Fachhändler in erster Linie für „Exotenbestellungen“ realisieren ließen. Die Analyse sollte die Bevorratungsprozesse dieser Artikel vergleichen, um Anhaltspunkte für mögliche alternative Logistikstrategien zu erhalten.

### Leistungsbeschreibung

Zur Klassifizierung wurde der betrachtete Prozess einerseits durch den vorhergehenden Beschaffungsprozess und den nachfolgenden Distributionsprozess und andererseits durch die Identifikation als Teilprozess(e) der Büroartikel-Belieferung insgesamt abgegrenzt. Durch den hohen Marktanteil und der auf das Zubehör fokussierten Preispolitik des Drucker-Herstellers wurde die Bedeutung des betrachteten Prozesses als hoch eingestuft. Aus Fachhändlersicht ließ sich dieser Prozess durch den SCOR-Referenzprozess „Lagerprodukte liefern“ (D1) beschreiben, der zur sinnvollen Charakterisierung in Teilprozesse je Warengruppe (Toner, Tintenpatronen, Speichererweiterungen, Papier und Folien) untergliedert wurde. Der Betrachtungsschwerpunkt sollte zudem auf der Bevorratung und nicht auf der physischen Warendistribution der Zubehörartikel liegen.

Als Ziele des Bevorratungsprozesses wurden möglichst niedrige Lagerhaltungskosten bei möglichst hohem Servicegrad festgelegt und durch Anforderungen wie beispielsweise Mindestbestellwerte für Direktbelieferungen seitens der Büroartikel-Großhändler präzisiert. Als Leistungs- bzw. Prozessobjekte dienten die Artikel, wobei die Ausrichtung an monetären Ergebnisgrößen zu einer wertorientierten und nicht zu einer mengenorientierten Betrachtung der Prozessleistung geführt haben. Als wesentliche Messgrößen zur Bewertung der Bevorratungsprozesse im Hinblick auf die oben beschriebene Zielsetzung wurden die Lagerreichweite als (Input-)Steuerungsgröße, der Lagerwert als (Input-)Steuerungsgröße und den Bestellwert als (Output-)Ergebnismerkmal eines Artikels pro Monat festgelegt, wobei als Leistungsmessgröße lediglich die Lagerreichweite aus dem SCOR-Kennzahlsatz des D1-Referenzprozesses resultierte.

Als Vergleichsbasis für die Querschnittanalyse wurden Bevorratungsprozesse verschiedener Artikel innerhalb der Warengruppen Toner und Tintenpatronen gewählt.

### Leistungsmessung

Die zur Erfassung der Messgrößen notwendigen Daten wurden aus den Lagerbestands- und Lagerbewegungsdaten sowie aus den Kundenaufträgen der Fachhändler gewonnen, in eine MS Access-Datenbank übertragen und dort für die weitere Bearbeitung in drei Tabellen (Lagerbestand (mengen- und wertorientiert) und Auftragsdaten) abgelegt.

### Leistungsbewertung

Im Rahmen der Prozessleistungsanalyse erfolgte keine Plausibilitätsprüfung der Messdaten, da die Kennzahlen (mit Ausnahme des Bestellwertes) zu Steuerungszwecken bereits definiert waren und monatlich erhoben wurden. Auch die Aufbereitung der Daten zur Vorbereitung der Bewertung entfiel, da keine Kennzahlausprägung mit dem Wert Null existierte und mit der Minimierungsregel für die Inputs (Lagerreichweite und Lagerwert) sowie der Maximierungsregel für den Output (Bestellwert) eine zielkonforme Optimierungsrichtung der Leistungsmerkmale vorlag.

Die Bewertung der Prozessleistungsausprägungen und die Analyse des Bewertungsergebnisse soll im folgenden beispielhaft für der Warengruppe „Tintenpatronen“

für den Monat September 2003 erläutert werden (vgl. Tabelle 13). Die Untersuchung des Effizienzniveaus  $\tau$  erbrachte, dass die Tinten Nr. 17, Nr. 49 und Nr. 78 eine ungünstige Lagerbestands-/Nachfragekombination aufwiesen. Dabei blieb Tinte Nr. 49 hinter den Bestellwerten der Nr. 15 und Nr. 26 jeweils nahezu zur Hälfte zurück (s. Spalte „Reference Set“), die Tinten Nr. 17 und Nr. 78 wiesen zusätzlich eine relativ hohe Lagerreichweite auf. Auf den ersten Blick erschien unlogisch, dass Tinte Nr. 17 gegenüber Nr. 78 geringere Schlupfe aufweist und trotzdem mit einem niedrigeren Effizienzniveau bewertet wurde. Der Grund hierfür liegt darin, dass für die Bewertung nicht die Absolutwerte der Schlupfe (wie in der Tabelle aufgeführt), sondern das Verhältnis der mittleren Input- und Outputverbesserungsraten relevant ist (vgl. Abschnitt 6.2.4 und das Rechenbeispiel aus Abschnitt 9.1.2.3). Bei den als effizient bewerteten Lagerbestands-/Nachfragekombinationen profitierten die Tinten Nr. 4 und Nr. 26 von ihren geringen Lagerreichweiten und die Tinten Nr. 15, Nr. 23 und Nr. 26 von den geringen Lagerwerten. Tinte Nr. 45 wies zwar einen hohen Lagerwert und eine mittlere Lagerreichweite auf, stand jedoch mit dem höchsten Bestellwert außerhalb eines „realistischen“ relativen Vergleichs und wurde daher durch den Bewertungsalgorithmus als effizient bewertet.

Data Set					SBM					
DMU	Bezeichnung	(I)Lagerwert	(I)Lagerreichweite	(O)Bestellwert	$\tau^*$	$t^*$	Reference Set	s1-	s2-	s1+
HP51629A	Tinte Nr. 4 schwarz	1,27	1	0,20929	1	1	HP51629A =1	0	0	0
HPC6615D	Tinte Nr. 15 schwarz	1	3,00	0,45291	1	1	HPC6615D =1	0	0	0
HPC6625A	Tinte Nr. 17 farbig	1,52	5,00	0,08817	0,11633	0,15004	HP51645A =0,24631, HPC6615D =0,75369	0	2,25	0,49949
HPC1823D	Tinte Nr. 23 farbig	1,01	2,00	0,23105	1	1	HPC1823D =1	0	0	0
HP51626A	Tinte Nr. 26 schwarz	1,02	1	0,20808	1	1	HP51626A =1	0	0	0
HP51645A	Tinte Nr. 45 schwarz	3,11	2,00	1	1	1	HP51645A =1	0	0	0
HP51649A	Tinte Nr. 49 farbig	1,10	2,00	0,12756	0,35391	0,35391	HP51626A =0,47764, HP51645A =0,04471, HPC6615D =0,47764	0	0	0,23287
HPC6578D	Tinte Nr. 78 farbig	4,21	6,00	0,30807	0,16492	0,30807	HP51645A =1	1,11	4,00	0,69193

Tabelle 13: Auswertung der Querschnittanalyse der Warengruppe „Tintenpatronen“

### Plausibilitätsprüfung Bewertungsgrundlage

Im Rahmen der Plausibilitätsprüfung des Messinstrumentariums wurde eine einseitige Orientierung an monetären Leistungsmerkmalen festgestellt. Mit Blick auf die Zielsetzung des Gesamtprojektes, der betriebswirtschaftlichen Analyse von Direktbelieferungen, wurde die Priorisierung der Finanzkennzahlen gegenüber den Servicekenngrößen jedoch akzeptiert. Die Prüfung der Leistungsstrukturbeschreibung führte zu der Erkenntnis, dass ein Vergleich der Bevorratungsprozesse von Artikeln innerhalb einer Warengruppe sinnvoll und zweckmäßig erschien.

#### 9.1.1.3 Ergebnisse und Bewertung

Aus den Analysen konnten Artikel mit niedrigem Bestellwert bei gleichzeitig hohem Lagerwert und/oder hoher Lagerreichweite identifiziert werden. In einer nachfolgenden Untersuchung wurde für die Abwicklung der drei kritischsten Artikel der Warengruppe „Tintenpatronen“ als Direktlieferung ein Einsparpotenzial von 4,1 Prozent und für die Abwicklung der drei kritischsten Artikel der Warengruppe „Toner“ ein Einsparpotenzial von 3,8 Prozent der gesamten Logistikkosten bei mehrstufiger Distribution ermittelt. Für die

Identifikation von Artikeln, die sich potenziell für die Direktbelieferungen durch den Großhändler eignen, erschien das Verfahren daher als sinnvoll. Die Distributionsprozessplanung bzw.

-verbesserung der Fachhändler konnte somit wirksam unterstützt werden. Aufgrund des direkten Bezuges der Analysen auf einzelne Artikel, mussten jedoch die Ursachen für die Ausprägungen der Leistungskennwerte weiter untersucht und die Bewertung kritisch hinterfragt werden. Dies galt sowohl für die als ineffizient als auch für die als effizient identifizierten Prozesse, da in dem verwendeten (unorientierten) Bewertungsmodell bereits ein optimal ausgeprägter Leistungsfaktor (eine minimale Inputfaktormenge bzw. eine maximale Outputfaktormenge) ausreicht, um die Leistungsausprägung als effizient zu identifizieren (vgl. Tinte Nr. 45 in dem Beispiel). Um ein realistisches Bild über die Beschaffungs- und Nachfragesituation der Artikel zu erhalten, mussten die Querschnittanalyse außerdem für mehrere Zeitperioden durchgeführt werden, um die Schlussfolgerungen zu verifizieren.

## 9.1.2 Längsschnittanalyse

### 9.1.2.1 Problemstellung und Zielsetzung

Für eine Unternehmensgruppe, die weltweit Chemikalien zur Lederbearbeitung produziert und handelt, sollten die bestehenden Organisationsstrukturen zur Warenlieferung von Fertigwaren hinsichtlich Planung, Steuerung und Durchführung aus einem zentralen Warenlager in Frankreich überprüft und optimiert werden. Die Unternehmensgruppe beschäftigt weltweit ca. 900 Mitarbeiter, erwirtschaftet einen Umsatz von ca. 250 Mio. Euro und besteht neben den deutschen Muttergesellschaften aus sechs unternehmenseigenen Produktionsstätten und fünfzehn Vertriebsgesellschaften auf allen Kontinenten der Erde (vgl. Abbildung 24).

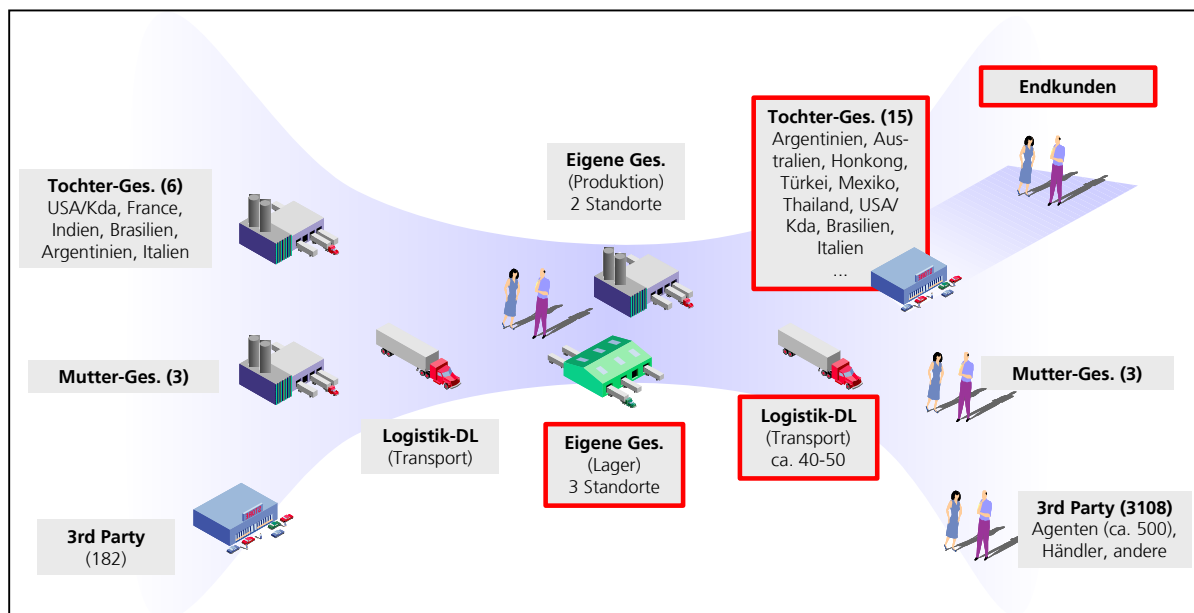


Abbildung 24: Warendistribution eines Chemikalien-Herstellers

Als Schwachstelle wurde unter anderem die Informationsintransparenz über die Materialverfügbarkeit im Zentrallager als wichtiges Steuerelement der Warendistribution zu den Tochtergesellschaften identifiziert. Es sollte überprüft werden, ob sich der Einsatz des

vorgestellten Verfahrens zur Unterstützung der Logistiksteuerung durch eine kontinuierliche Überwachung der Warenverfügbarkeit eignet.

#### 9.1.2.2 Leistungsanalyse der „Materialdisposition“

##### Zieldefinition

Ziel der Prozessleistungsanalyse war in diesem Anwendungsfall, für ausgewählte Artikel die Verfügbarkeit als Ergebnis des Ausgleichs der Beschaffungsaktivitäten und der Kundennachfrage rückblickend zu analysieren um daraus im Sinne einer Längsschnittanalyse Schlüsse für die Disposition der Artikel in der laufenden Periode zu ziehen. Die Identifikation geeigneter Artikel erfolgte nach Einteilung in verschiedene Materialklassen (s.u.) intuitiv durch die Disponenten, da die Verfügbarkeit der Artikel innerhalb dieser Klassen in vielen Fällen als ähnlich gut bzw. ähnlich schlecht bezeichnet wurde und die Disponenten innerhalb dieser Klassen (nach eigenem Empfinden) repräsentative und dem Dispositionsprofil nach vergleichbare Artikel benennen konnten.

##### Leistungsbeschreibung

Zur Abgrenzung des betrachteten Dispositionsprozesses wurden die vorgelagerten Produktionsprozesse der (Lager-)Produkte bei den Lieferanten und der nachgelagerte Distributionsprozess zu den fünfzehn Tochtergesellschaften (als sog. „Intercompany-Lieferprozess“) herangezogen. Als kritische wurden in diesem Zusammenhang die Lieferzeiten der Zulieferer (insbesondere im Wet End-Bereich) und die großen Schwankungen der Abnahmemengen der Tochtergesellschaften identifiziert. Die Aktivitäten der Materialdisposition wurden durch den SCOR-Referenzprozess „Lagerprodukte beschaffen“ (S1) angenähert, zur sinnvollen Beurteilung dieser Aktivitäten wurde die Kundennachfrage in die Betrachtung mit einbezogen.

Als Ziele der Materialdisposition wurden eine möglichst geringe Lagerbestandshöhe bei einer (über alle mindestens monatlich bestellten Artikel im Durchschnitt kalkulierten) Lieferfähigkeit von 94 Prozent bestimmt. Der Artikel bzw. die Artikelnummer (als Kombination eines Materials mit einer bestimmten Verpackung) wurde als Leistungsobjekt vor dem Hintergrund festgelegt, dass dieser sowohl aus Beschaffungssicht (Bestellmenge) als auch aus Nachfragesicht (Liefermenge) zur Leistungsbeschreibung des Dispositionsprozesses herangezogen werden kann. Um den Aufwand zur Datenerfassung einzugrenzen, wurden für alle Analysen einheitlich fünf Leistungsmessgrößen festgelegt: der Warenbestand im Zentrallager (je Artikel und Monat) als (Input-)Steuerungsgröße, die Wiederbeschaffungszeit als (Input-)Nebenbedingung, die Lagerunterdeckung (Summe der nicht lieferbaren Mengen in kg je Artikel und Monat) als (Output-)Erfolgsindikator sowie die Tonnage (Summe der gelieferten Mengen in kg je Artikel und Monat) und der Umsatz (je Artikel und Monat) als (Output-)Ergebnisgrößen. Dabei wurde die Wiederbeschaffungszeit als Leistungsmerkmal direkt aus dem SCOR-Prozess übernommen, und der Warenbestand bzw. die Lagerunterdeckung an der SCOR-Prozessleistungskennzahl „Lagerreichweite“ angelehnt.

Die Vergleichbarkeit der Dispositionsprozesse wurde durch die Auswahl repräsentativer Artikel je Materialklasse sicher gestellt. Die Materialklassifizierung orientierte sich dabei an den verschiedenen Lederbearbeitungsstufen (Beamhouse, Wet End, Finishing) und Materialgruppen (Liquids bulk, Liquids packed, Solid bulk, Solid packed, Packaging, Spareparts).

### Leistungsmessung

Zur Datenkonsolidierung wurde eine proprietäre MS Access-Datenbank erstellt und mit Lieferantenaufträgen, Lagerbestands- und Bewegungsdaten sowie Kundenfaktura-Informationen aus dem ERP-System der Unternehmensgruppe befüllt.

### Leistungsbewertung

Die Plausibilitätsprüfung der Messwerte bezog sich in erster Linie auf die Prüfung der zugrundeliegenden Datenqualität. Die Prüfung ergab dabei, dass insbesondere die Wiederbeschaffungszeiten der Artikel nur unregelmäßig aktualisiert wurden und daher teilweise nicht den realen Beschaffungszeiten entsprachen. Die entsprechenden Artikel wurden aus der Analyse ausgeschlossen. Um die Lagerunterdeckung als Outputfaktor nutzen zu können, wurden im Rahmen der Datenaufbereitung entsprechend der in Abschnitt 7.1.6 festgelegten Regeln die Nullwerte eliminiert und die Optimierungsrichtung durch Verwendung des Reziprok-Wertes korrigiert.

Die Bewertung der Prozessleistungsausprägungen und die Analyse des Bewertungsergebnisse soll beispielhaft für das Produkt „2845 – CORIPOL DX-902, 120KG PDR“ über den Zeitraum 01.01.2003 bis 30.06.2003 mit den (lediglich) drei Leistungsmessgrößen Bestand, Unterdeckung und Tonnage erfolgen (vgl. Tabelle 14 und Abbildung 22, S. 106). Der Entwicklung der Effizienzmessgröße  $\tau$  kann entnommen werden, dass die Materialdisposition ab dem Monat März auf der Basis der ausgewählten Leistungsgrößen als optimal bewertet wird (der Effizienzmesswert  $<1$  des März ist ein Rundungsfehler – alle Schlupfvariablen sind gleich Null). Eine Detailuntersuchung der Ausgangsdaten zeigt, dass dies im März auf die höchste Tonnage beim zweitniedrigsten Bestand, im April und Mai auf die niedrigste Unterdeckung (höchster Reziprokwert) bei moderatem Bestand und im Juni auf den niedrigsten Bestand des Betrachtungszeitraumes zurückzuführen ist. Für die beiden suboptimal bewerteten Monate Januar und Februar kann festgestellt werden, dass für eine verhaltene Nachfrage ein zu hoher Bestand vorgehalten wurde. Nach einer Ursachenanalyse wurde festgestellt, dass es sich dabei um Überbestände aus dem Vorjahr handelt. Der Monat Februar wird dabei quantitativ deutlich besser eingeschätzt, was sich durch die geringere Verbesserungsrate beim Inputfaktor Bestand ( $(4,11-1,53/4,11) < (2,66-0,32/2,66)$ ) und der höheren Verbesserungsrate beim Outputfaktor Tonnage ( $(0,58+0,34/0,58) > (0,44+0,24/0,44)$ ) leicht nachvollziehen lässt.

Data Set				SBM					
DMU	(I)Bestand	(O)Unterdeckung	(O)Tonnage	$\tau^*$	$t^*$	Reference Set	s1-	s1+	s2+
Jan 2003	2,66	0,00017	0,44207	0,00031	0,00035	Apr 2003=1	0,31858	0,99983	0,23797
Feb 2003	4,11	1	0,58200	0,48580	0,77461	Mai 2003=1	1,53	0	0,33868
Mrz 2003	1,49	0,00002	1	0,98937	0,98937	Mrz 2003=1	0	0	0
Apr 2003	2,34	1	0,68004	1	1	Apr 2003=1	0	0	0
Mai 2003	2,58	1	0,92068	1	1	Mai 2003=1	0	0	0
Jun 2003	1	0,00002	0,73886	1	1	Jun 2003=1	0	0	0

Tabelle 14: Auswertung der Längsschnittanalyse des Produkts „2845 – CORIPOL DX-902“

### Plausibilitätsprüfung Bewertungsgrundlage

Die Prüfung des Messinstrumentariums vor dem Hintergrund des Bewertungsergebnisses ergab, dass die Kennzahlen jeweils für sich betrachtet plausibel erschienen, der Aufbau der Kennzahlensätze jedoch zur Absicherung des Bewertungsergebnisses variiert werden



musste (vgl. Abschnitt 9.1.2.3). Aus der Prüfung der Leistungsstrukturbeschreibung resultierte kein Anpassungsbedarf.

### 9.1.2.3 Ergebnisse und Bewertung

Mit Hilfe des Verfahrens konnten Zeitperioden mit gelungenem Ausgleich von Beschaffung und Nachfrage von solchen mit ineffizienter Materialdisposition unterschieden werden. Es konnten Zeitreihenprofile für bis zu vier Leistungsmerkmalen bei einem Betrachtungszeitraum von zwölf Monaten bestimmt werden, für kürzere Betrachtungszeiträume musste die Anzahl der Leistungsmerkmale auf zwei bis drei reduziert werden. Aus den effizienten Perioden konnten Rückschlüsse auf die notwendigen Lagerbestandshöhen bei steigender/fallender Kundennachfrage getroffen werden. Die Disponenten konnten so bei den überwachten Artikeln wesentlich früher auf kritische Veränderungen reagieren. Gegenüber der bisherigen Praxis, der intuitiven Kontrolle einzelner Bestandsverläufe, konnte die durchschnittliche Lagerunterdeckung so über alle Lagerprodukte um bis zu 25 Prozent gesenkt werden.

Kritisch wurde das Verfahren hinsichtlich der eingeschränkten Anzahl der Leistungsmessgrößen und der Sensibilität des Bewertungsergebnisses in Abhängigkeit von den herangezogenen Leistungsmessgrößen bewertet. Wurde für die Modellierung eines Dispositionsprozesses outputseitig Umsatzwerte statt der Tonnage berücksichtigt, ergab sich teilweise ein abweichendes Bewertungsergebnis.

## 9.2 Zusammenfassende Bewertung

Zur Anwendung des Verfahrens sind neben den oben dargestellten Einsatzfeldern eine Vielzahl weiterer Möglichkeiten in der Logistikprozessplanung, -lenkung und -verbesserung denkbar. Aus den bisherigen Erfahrungen mit dem Konzept und der IT-Applikation können die im folgenden dargestellten Charakteristika des Verfahrens zusammengefasst werden.

### 9.2.1 Zielführung der Prozessleistungsbeschreibung und -bewertung

Die Möglichkeit zur Beschreibung und Bewertung mehrdimensionaler Prozessleistung stellt für viele Planungs- und Steuerungsprobleme einen entscheidenden Mehrwert gegenüber anderen Analysemethoden dar. Die Modellierung logistischer Prozessleistung erweist sich dabei als anpassungsfähig und zielorientiert. Durch die Berücksichtigung verschiedener Leistungsmerkmale kann die Prozessleistung umfassend und präzise (ohne Vorab-Normierung auf ein einziges Leistungsmerkmal) abgebildet werden. In der praktischen Anwendung wurden (entsprechend der in der Prozesssteuerung erkennbaren Tendenz zur Konzentration auf wenige aber aussagekräftige Kennzahlen) in der Regel nicht mehr als sechs Merkmale zur vollständigen Beschreibung der Prozessleistung als ausreichend empfunden, was sich positiv auf die notwendige Anzahl vergleichbarer Leistungsausprägungen auswirkte. Die physische Datenerfassung bereitete durch den zwischenzeitlich weit verbreiteten Einsatz von leistungsfähigen ERP- und auch Data Warehouse-Systemen wenig Schwierigkeiten, allerdings war der Schritt der Datenabstraktion von den (physischen) ERP-Daten hin zu kennzahlorientierten (logischen) Datenmodellen häufig mit Diskussionen bzgl. geeigneter Kennzahldefinitionen verbunden.

Durch die nicht a priori-festzulegenden Zielgewichte und das algorithmisch-eindeutige Vorgehen wird die Bewertung im Allgemeinen als objektiv erachtet und mediativ empfunden. Das Vorgehen weist eine hohe Flexibilität hinsichtlich der betrachteten Prozesse und

Leistungsfaktoren auf, da unterschiedlichste Leistungsmerkmale und -messgrößen (bei Existenz einer Input-/Outputorientierung, einer Höhenpräferenzrelation und einer Kardinalskalierung) in die Bewertung integriert werden können.

### **9.2.2 Praktikabilität des Verfahrens**

Die Diskussion der Analyseergebnisse im Rahmen des praktischen Einsatzes des Verfahrens verdeutlichte die Bedeutung der modellbedingten Einschränkungen des Ansatzes. Als wesentliche Herausforderung stellte sich bei den Querschnittanalysen die Identifikation einer genügend großen Anzahl vergleichbarer Prozessleistungsausprägungen bzw. vergleichbarer Prozesse heraus. Um eine relative Bewertung quantitativ vornehmen zu können, werden durch das Modell eine Reihe von Annahmen getroffen, die in der Praxis nur bedingt garantiert werden können. So bedeutet das Zugrundelegen einer gemeinsamen „Technik“ der zueinander in Bezug gesetzten Prozesse, dass die Leistungserstellung der Prozesse unter gleichen Zielen und Randbedingungen erfolgen muss. In der Praxis gleicht bei detaillierter Betrachtung jedoch kaum ein Wertschöpfungsprozess dem andern. In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage nach einem geeigneten Abstraktionsniveau der Prozessklassifizierung, die als solche nur im Einzelfall beantwortet werden kann. Da die Anzahl verfügbarer Vergleichseinheiten häufig sehr gering ist, wird die Möglichkeit zur Berücksichtigung mehrerer Leistungsfaktoren fallweise eingeschränkt.

Als Kritikpunkt erweist sich außerdem die Annahme der freien Verfügbarkeit der Leistungsfaktoren. In der Praxis ist diese Annahme vor allem für Outputfaktoren wenig realistisch, da Outputmengen (z.B. Kundennachfrage operationalisiert durch Artikelumsätze) nicht beliebig gesteigert werden können. Gleichzeitig bestätigte sich jedoch, dass aus Praxissicht ein unorientiertes DEA-Modell einem (input- bzw. output-)orientierten Modell vorzuziehen ist, da bei der Betrachtung mehrerer Input- bzw. Outputfaktoren nahezu alle Leistungsfaktoren durch Kompensationseffekte verringert bzw. gesteigert werden können. Ein möglicher Ausweg aus diesem Dilemma stellt die Definition von Unter- und Obergrenzen für die Input- und Outputschlupfvariablen dar. In das Bewertungsmodell implementiert, können diese die freie Verfügbarkeit von Outputfaktoren nach oben sowie der Inputfaktoren nach unten einschränken und so das Bewertungsergebnis im Hinblick auf vorhandene Faktorengpässe beeinflussen.

Als wenig problematisch erwiesen sich die modellbedingte Anforderung der Kardinalskalierung der Leistungsmerkmale und die Annahme des Verlaufs der Transformationsfunktion von Prozess-Inputs in Prozess-Outputs gemäß dem Verlauf der neoklassischen Produktionsfunktion. Hinsichtlich der Anforderung der Kardinalskalierung der Leistungsmerkmale konnte festgestellt werden, dass viele Standardmessgrößen zur Leistungserfassung bereits auf Kardinalskalen definiert sind (vgl. beispielsweise die SCOR-Prozessleistungsmessgrößen aus Abschnitt 7.1.3.5). Fallweise auftretende ordinal skalierte Leistungsmerkmale wurden in der Anwendung (vor der Leistungsbewertung) auf eine Kardinalskala übertragen. Hinsichtlich des Ertragsverlaufs des Transformationsprozesses konnte die Aussage von Wöhe nachvollzogen werden, nach der viele betriebswirtschaftlichen Produktionsprozesse durch fallende Grenzerträge charakterisiert sind (vgl. Abschnitt 6.2.2.2). So zeigten die bisherigen Anwendungsfälle bei Steigerung des Prozess-Inputs ein unterproportional wachsender Prozess-Output bzw. bei Verringerung des Prozess-Outputs einen überproportional sinkenden Prozess-Input-Bedarf. Die Annäherung prozessualer Logistikleistungserstellung durch den Verlauf der neoklassischen

Produktionsfunktion und die daraus abgeleitete Bewertungsmodell-Eigenschaft der Berücksichtigung variabler Skalenerträge erscheint vor diesem Hintergrund als sinnvoll und praktikabel.

### 9.2.3 Aufwand und Nutzen des Verfahrens

Logistische Prozessleistung wird in der betrieblichen Praxis zwar immer häufiger als wichtiger Bestandteil der betrieblichen Wertschöpfung erkannt und analysiert, meist dient jedoch nur ein einzelner (Schlüssel-)Faktor zur Beschreibung und Bewertung der Leistung. Wird die Bewertung mehrdimensionaler Sachverhalte methodisch unterstützt, kommt in vielen Fällen die Nutzwertanalyse (NWA) zum Einsatz. Das vorliegende Verfahren soll daher hinsichtlich des Aufwandes und des resultierenden Nutzens mit der NWA verglichen werden.

Tabelle 15 zeigt einen Gegenüberstellung zentraler Analyseschritte der beiden Verfahren. Es wird deutlich, dass bei dem in der Arbeit beschriebenen Verfahren ein zusätzlicher **Aufwand** zu Bestimmung der Input-/Output-Orientierung der Leistungsmessgrößen zur Aufstellung des Zielprogramms notwendig ist. Der zusätzliche Aufwand erklärt sich aus dem Anspruch des SBM-Bewertungsmodells, den Leistungserstellungsprozess anhand seiner Effizienz (im Sinne einer Produktivitätskennzahl) zu bewerten. Der Aufwand zur Messung der Zielerreichung durch die Erfassung der Ausprägungen der festgelegten Kennzahlen ist bei beiden Verfahren in etwa gleich. In der NWA werden Zielerträge durch eine explizite Bestimmung des Zielerfüllungsgrades bestimmt und mit Hilfe a priori-festgelegter Zielgewichtungen in (Teil-)Zielwerte überführt. Das SBM-Bewertungsmodell bestimmt die Zielerträge durch Abstandsmessung der betrachteten Einheit zu einer effizienten Vergleichseinheit implizit und gewichtet alle Input- bzw. Outputmerkmale durchschnittlich. Die explizite Festlegung der Zielerfüllungsgrade und Gewichtungsfaktoren bedeutet daher ein zusätzlicher Aufwand der NWA gegenüber des vorgestellten Verfahrens. Die Wertsynthese der (Teil-)Zielwerte erfolgt in beiden Verfahren auf der Basis einfacher Rechenregeln, so dass kein signifikanter Aufwandsunterschied entsteht. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die beiden Verfahren hinsichtlich des Aufwandes zur Umsetzung in etwa vergleichbar sind bzw. dass das vorgestellte Verfahren (nach der initialen Definition des Leistungsmessinstrumentariums) mit einem unter Umständen geringeren Aufwand verbunden ist.

Der größte **Nutzen** des vorgestellten Verfahrens ergibt sich zweifelsohne gegenüber der Situation ohne methodische Unterstützung der Prozessleistungsanalyse. In dieser Situation liegen die Potenziale des Verfahrens in erster Linie in der Schaffung von Transparenz bzgl. der (Mehr-)Dimensionalität der Prozessleistung, der methodischen Leistungsbewertung und der Möglichkeit zur kontinuierlichen, automatisierten Leistungskontrolle. Gegenüber der Situation, in der die Bewertung mehrdimensionaler Sachverhalte bereits durch ein an die Nutzwertanalyse angelehntes Vorgehen unterstützt wird, bietet das vorgestellte Verfahren vor allem drei Vorteile:

1. Durch die implizite Bestimmung der Zielwerte entfällt die in der Nutzwertanalyse notwendige explizite Klassifizierung der Zielerreichung anhand eines einheitlichen Bewertungsmaßstabes. Automatisiert kann das Verfahren so fallweise zu einem Effizienzvorteil in der Bewertung führen.
2. Das Wertmaß des SBM-Bewertungsmodells stellt im Gegensatz zu der dimensionslosen Ergebnisgröße der NWA eine Produktivitätskennzahl dar. Richtig interpretiert ergeben sich konkrete Ansatzpunkte zur Verbesserung der

Prozessleistung im Hinblick auf mögliche Outputsteigerungen und Inputeinsparungsmöglichkeiten.

- Die Quantität des Wertmaßes drückt ein „realisierbares“ Verbesserungspotenzial für die betrachtete Leistungsausprägung aus, da sich die Bewertung an den ausgewählten Vergleichseinheiten orientiert und damit unrealistische Annahmen über mögliche Leistungssteigerungen verhindert werden.

<b>Tätigkeit</b>	<b>Nutzwert-analyse</b>	<b>Eigenes Verfahren</b>	<b>Mehraufwand des eigenen Verfahrens</b>
<b>Aufstellung Zielprogramm</b>	Definition Leistungsmessgrößen	Definition Leistungsmessgrößen Festlegung Input-/Outputorientierung	<b>+</b>
<b>Messung Zielerreichung</b>	Bestimmung Kennzahlausprägung	Bestimmung Kennzahlausprägung	<b>o</b>
<b>Bestimmung Zielwerte</b>	Maß der Zielerfüllung x Zielgewicht (explizite Bestimmung des Zielerfüllungsgrades und des Zielgewichtes)	Maß der Zielverfehlung x 1 (implizite Bestimmung des Zielerfüllungsgrades durch Abstandsmessung zur „besten“ Vergleichseinheit)	<b>-</b>
<b>Bestimmung Gesamtwert</b>	Additive Wertsynthese der Zielwerte	Additiv-mulltiplikative Wertsynthese der Zielwerte	<b>o</b>

**+** höherer Aufwand

**o** gleicher Aufwand

**-** geringerer Aufwand

Tabelle 15: Aufwandsvergleich zwischen der Nutzwertanalyse und dem entwickelten Verfahren

## **10 Zusammenfassung und Ausblick**

### **10.1 Zusammenfassung der erarbeiteten Ergebnisse**

Die Beurteilung prozessorientierter, mehrdimensionaler Logistikleistung gewinnt vor dem Hintergrund des sich stetig intensivierenden Wettbewerbs für viele Unternehmen mehr und mehr an Bedeutung. Besonders in Märkten, die durch ein geringes oder gar rückläufiges Wachstum geprägt sind, stellt die Logistik zunehmend einen entscheidenden Wettbewerbsfaktor, und nicht selten eines der wichtigsten Innovationsfelder zum Erhalt der Marktposition dar. Zeit- und Kostendruck veranlassen die Unternehmen, die betrieblichen Abläufe stärker kundenorientiert zu gestalten sowie deren Effizienz zu steigern. Für die Logistik bedeutet dies vor allem eine Erweiterung des traditionell innerbetrieblich- und kostenorientierten Leistungsverständnisses sowie ein steigender Bedarf zur ganzheitlichen Betrachtung logistischer Wertschöpfungsprozesse.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, ein Verfahren zur Bewertung mehrdimensionaler Prozessleistung in der Logistik zu entwickeln. Es sollte sich besonders durch ein quantitatives, analytisch-exaktes Vorgehen auszeichnen, um ein möglichst hohes Maß an Transparenz und Objektivität zu gewährleisten. Zur Bewertung von Prozessleistungsausprägungen sollten Leistungsmerkmale mit unterschiedlicher Skalierung herangezogen werden können, um eine anschließende Ursachenanalyse besser zu unterstützen.

Zur Erreichung dieses Ziels wurden zunächst existierende Ansätze zur Erfassung und Bewertung von Prozessleistung identifiziert und hinsichtlich ihres Beitrages zu einer umfassenden Leistungsanalyse in der Logistik untersucht. Hierbei wurde festgestellt, dass die untersuchten Ansätze in der Bewertung entweder auf eine einzelne Leistungsdimension fokussieren oder lediglich eine Gegenüberstellung der Merkmale vornehmen. In diesem Zusammenhang wurde eine Lücke zur quantitativen, analytisch-exakten Bewertung mehrdimensionaler Prozessleistung identifiziert, zu deren Schließung die vorliegende Arbeit durch die Entwicklung eines integrierten Beschreibungs- und Bewertungsverfahrens auf Basis der Data Envelopment Analysis (DEA) beiträgt. Die DEA ist eine Methodik, die mittels der Methode der Linearen Programmierung die Effizienz multiattributiv beschriebener Vergleichseinheiten bei optimaler Zielgewichtung relativ zueinander bestimmt und durch die Berechnung eines eindimensionalen Effizienzmesswertes vergleichbar macht.

Ausgehend von einem Anforderungskatalog an ein Verfahren zur Prozessleistungsanalyse wurde in der Arbeit zunächst ein Modell zur Beschreibung logistischer Prozessleistung im Hinblick auf die Bewertung mit Hilfe der DEA entwickelt. Hierzu wurde eine Metastruktur zur Abbildung identifizierender und Leistungswert indizierender bzw. Leistungsmengen indizierender Beschreibungsmerkmale sowie die Parametrisierung der Metastruktur zu spezifischen Beschreibungsmodellen vorgestellt.

In einem zweiten Schritt wurde die Methodik der DEA auf den relativen Vergleich logistischer Prozessleistung durch die Entwicklung eines entsprechenden Bewertungsmodells übertragen. Neben der Auswahl eines geeigneten Grundmodells und der Anpassung des Grundmodells an die speziellen Anforderungen der Logistikleistungsanalyse wurde eine ökonomische Interpretation der Ziel- und Steuerungsgrößen des Modells vorgenommen.

Im Hinblick auf das Ziel der Entwicklung eines integrierten Verfahrens galt es im Anschluss, die Modelle zur Leistungsbeschreibung und -bewertung zur Anwendung zu bringen und ihre

Funktion in den Gesamtkontext der Leistungsanalyse einzuordnen. Im Rahmen einer Vorgehensbeschreibung zur Prozessleistungsanalyse wurden die Einzelschritte des Verfahrens von der Zieldefinition über die Leistungsmodellierung und -erfassung bis zur Leistungsbewertung und Plausibilitätsprüfung der Bewertungsergebnisse festgelegt und vorgestellt. Zur Anwendung des Verfahrens im Rahmen des Logistikprozessmanagements wurden die Bereiche der Prozessplanung, der Prozesslenkung und der Prozessverbesserung identifiziert und auf entsprechende Besonderheiten in dem jeweiligen Bereich eingegangen. Vor dem Hintergrund des praktischen Einsatzes wurden modellbedingte Einschränkungen des Verfahrens bestimmt und erläutert.

Zur Vereinfachung der Anwendung des Verfahrens wurde eine IT-Unterstützung für die rechenintensiven Teilschritte der Leistungsanalyse spezifiziert und implementiert. Das Verfahren und die entwickelte IT-Applikation wurden in zwei industriellen Anwendungsfällen praktisch erprobt. In einer Querschnittanalyse wurde das Verfahren zur Leistungsanalyse von Bevorratungsprozessen im Fachhandel für Druckerzubehör eingesetzt. In dieser Anwendung zur Prozessplanung bzw. -verbesserung sollte die Wirtschaftlichkeit von Direktlieferungen in der mehrstufigen Warendistribution untersucht werden. Der zweite Anwendungsfall analysiert in einer Längsschnittanalyse die Materialdisposition von Chemikalien für die Lederbearbeitung und beschreibt den Einsatz des Verfahrens zur laufenden Prozesssteuerung. Im Rahmen der beiden Praxisbeispiele wurden Vor- und Nachteile des Verfahrens im Hinblick auf den jeweiligen Anwendungsbereich diskutiert.

## **10.2 Kritische Würdigung und Ausblick**

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die in Kapitel 2 gesetzten Ziele der Arbeit erreicht wurden. Das Verfahren ergänzt die existierenden Instrumente zur Prozessleistungsanalyse um eine analytisch-exakte Methode zur quantitativen Bewertung mehrdimensionaler Leistungsbeschreibungen mit Schwerpunkt auf der Identifikation suboptimaler Prozessleistungsausprägungen. Es orientiert sich im Vorgehen am Prozessbenchmarking, in der Leistungsbeschreibung am SCOR- bzw. Prozesskettenmodell und in der Leistungsbewertung an der Nutzwertanalyse; es stellt jedoch durch die Effizienzbewertung des Leistungserstellungsprozesses auf Basis der DEA einen eigenständigen, weitergehenden Analyseansatz dar. Das Verfahren zeichnet sich vor allem durch die Strukturierung der Leistungsmerkmale in Input-/Output-Faktoren, durch die nicht a priori festzulegenden Zielgewichte und die Aussagequalität des Wertmaßes als Produktivitätskennzahl aus. Die Arbeit zeigt in erster Linie die Anwendbarkeit der DEA zur Prozessleistungsanalyse in der Logistik auf, so dass die empirische Relevanz des Ansatzes, speziell im Hinblick auf die modell- und vorgehensbedingten Einschränkungen, noch weiter untersucht werden muss.

Aus den praktischen Erfahrungen lassen sich mögliche Ansatzpunkte zur Weiterentwicklung des Verfahrens ableiten: Bereits genannt wurde die Erweiterung des Bewertungsmodells hinsichtlich Unter- bzw. Obergrenzen für die einzelnen Input- bzw. Outputschlupfvariablen. Dabei steht weniger die Problematik der Adaption des Modells als vielmehr die Frage im Mittelpunkt der Forschung, wie diese Grenzwerte sinnvoll bestimmt bzw. festgelegt werden können. Erfahrungen aus anderen Analyseansätzen wie beispielsweise der statistischen Prozesslenkung zeigen die hohe Praxisrelevanz und den existierenden Forschungsbedarf in dieser Fragestellung auf. Daneben könnte sich eine Anpassung des Bewertungsmodells im Hinblick auf den nicht unmittelbaren Bezug der untersuchten Einheit auf eine einzige

effiziente Vergleichseinheit als sinnvoll erweisen. Diese eher grundsätzliche Fragestellung betrifft die Auswahl des verwendeten Abstandsmaß des Bewertungsmodells und beeinflusst die Sensibilität des Effizienzmaßes auf die Ausprägung der Leistungsfaktoren der Vergleichsbasis.

Darüber hinaus könnten fallspezifisch verschiedene Aspekte des Verfahrens weiter detailliert werden. So ließe sich beispielsweise das zu dem beschriebenen Bewertungsmodell duale lineare Optimierungsmodell – als Gewinnmaximierungsmodell verstanden – heranziehen, um den in der Arbeit vorgestellten Ansatz zur Ursachenanalyse zu erweitern.

## Summary

Logistics Excellence is a key factor for value creation and economic success for most of enterprises. That is the reason why more and more enterprises especially in traditional markets are realizing competitive advantages by optimisation their inner and cross-organisational supply chains. For successful planning, execution and optimisation of logistics activities, it is crucial that the structure and the performance of these activities are transparent and measurable. The measurement and the analysis of today's logistics performance is a big challenge due to the process-oriented view on value creation, the various dimensions of process performance (costs, flexibility, responsiveness, etc.) and the complex mechanism for valuation. Existing instruments focus normally on the valuation of a single performance dimension or transform different performance dimensions to a single performance driver by creation of a single-attribute value measure. The requirement exists for a method to analyse logistics performance that provides the means for describing and evaluating multidimensional, process-oriented logistics performance.

The thesis on hand presents a method for analysing multidimensional logistics process performance. It is characterized by a quantitative, well-defined procedure which will ensure the highest possible degree of transparency and objectivity. For the evaluation of process performance, attribute values of different scales can be applied in order to optimally support a subsequent cause analysis.

In the thesis existing approaches for specification and evaluation of process performance are identified and explored regarding their contribution to a comprehensive logistics performance analysis. It is detected that the major part of the existing approaches focus on the analysis of a single performance dimension or conduct merely a (pairwise) comparison of single attributes. In this connection, a gap in the quantitative, structured evaluation of multidimensional process performance is identified. This gap is filled by the development of an integrated specification and evaluation method based on Data Envelopment Analysis (DEA) as described in this thesis. DEA, based on a linear programming model, is a method for evaluating the relative (technical) efficiency of "producing" units essentially performing the same task. Each of the units uses multiple inputs to produce multiple outputs. The purpose of DEA is to empirically estimate the so-called Efficient Frontier based on the set of available units (input-output-combinations) and to calculate an (one-dimensional) efficiency score for each unit considering the distance of the units to efficient input-output-combinations lying on this frontier.

Upon defining related terms, a model for specification of logistics process performance with regards to an efficiency analysis is developed in the thesis. For this, a meta model for performance specification is presented which indicates identification attributes as well as performance quality related attributes and performance quantity related attributes. In addition a procedure to parameterise the meta model is proposed.

In a second step, an appropriate DEA model is applied to the relative comparison of logistics process performance by generating the respective valuation pattern. Besides the selection of a suitable basic model and its adjustment to the special requirements of the logistics performance analysis, an interpretation of the model's target and control values with respect to efficiency score is provided.



Subsequently, with regards to the objective of developing an integrated method, the models for performance specification and evaluation are implemented and positioned within the overall context of logistics management. Step-by-step proceedings from the target definition, the performance modelling and recording, to the performance evaluation, and validation of the evaluation findings are defined and presented. In applying this method within the scope of logistics process management, the areas of process planning, process control and process optimisation, are identified and specific features are attended to in the respective areas. Based on practical implementation, model-related restrictions are defined and explained.

In order to facilitate the application of this method, IT support for calculation-intensive partial steps of the performance analysis is developed and presented. The method and the IT application developed are tested in practice in two industrial use cases. The method is applied in a cross-sectional analysis for assessing process performance of stockage processes in the printing supplies trade. In this application for process planning and optimisation, cost effectiveness of direct shipments in multiple-stage distribution is investigated. In the second application case, the availability of chemicals for leather processing is analysed in a longitudinal analysis and the application of the method for ongoing process control is described. In presenting both practical examples, benefits and disadvantages of the method are discussed in view of the particular application area.

In conclusion, it is determined that the intended objectives of the thesis were achieved. The method supplements existing analysis instruments with a structured method for the quantitative evaluation of performance specifications when multiple inputs and multiple outputs need to be taken into account. It focus on the identification of sub-optimal (inefficient) producing units. As far as performance specification is concerned, it is partly based on the Supply Chain Operations Reference (SCOR) model, and in performance evaluation it follows the principle of the utility value analysis. By calculating the efficiency score, however, it represents an independent, advanced analysis approach for evaluation business process performance based on the DEA. The method excels by the structuring of performance attributes in input/output factors, the not a priori defined target values, and the information value of the efficiency score as productivity measure. The thesis presents primarily the applicability of DEA for process performance analysis. The empiric relevance of the approach in logistics will have to be investigated further with special attention to the model and procedural limits.

## Anhang A: Übersicht über gängige Business Intelligence-Anwendungen und deren Funktionsumfang

Tabelle 16 zeigt eine Übersicht über gängige IT-Werkzeuge zur Unterstützung betrieblicher Datenintegration und -aufbereitung, die derzeit im Sinne von „Business Intelligence“ zur Schaffung von Informationstransparenz und Entscheidungsunterstützung unter anderem in der Logistik eingesetzt werden (zum Begriff Business Intelligence vgl. Gluchowski /49/ S. 6). Eine ausführliche Darstellung der Werkzeuge und ihrer Komponenten bzw. Funktionalitäten zur Datenerfassung und -aufbereitung, Datenspeicherung, Datenauswertung und -präsentation findet sich bei Spath /118/.

Anbieter	Produktname	spezielles Logistik-Modul	ETL-Funktionalität	Data Warehouse Funktionalität	OLAP	What-if Analyse	Analysen der multivariaten Statistik	Sensitivitätsanalyse	ABC-Analysen	Benchmarking	Wertketten-Analyse	Ursache-Wirkungsanalyse
Business Objects GmbH Deutschland	Business ObjectsTM2000	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Cognos GmbH	Cognos Series 7	●	●	●	●	●	○	○	●	○	○	○
Cubeware GmbH	Cubeware Analysesystem	○	●	●	●	●	○	○	●	○	○	○
Hyberion Solutions Deutschland GmbH	Business Performance Management Suite	○	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●
MicroStrategy Deutschland GmbH	MicroStrategy 7i	●	●	●	●	●	●	○	●	○	○	○
MIS AG	MIS DecisionWare 5.0	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Oracle Deutschland GmbH	Oracle Business Intelligence	○	●	●	●	●	○	●	●	●	●	●
SAP AG	mySAP Business Intelligence	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
SAS Institute GmbH	Supply Chain Intelligence	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Legende: ● verfügbar ○ nicht verfügbar

Tabelle 16: Übersicht über gängige IT-Werkzeuge zur betrieblichen Datenintegration und -aufbereitung

## Anhang B: Interpretation des SBM-Modells als Produkt von Input- und Output-Ineffizienz

Durch folgende Umformungen des Koeffizienten aus Formel 12 resultiert Formel 23:

$$\frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{i0}}{1 + \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{r0}} =$$

Formel 19

$$\frac{1 - \sum_{i=1}^m s_i^- / mx_{i0}}{1 + \sum_{r=1}^s s_r^+ / sy_{r0}} =$$

Formel 20

$$\frac{\sum_{i=1}^m 1/m - s_i^- / mx_{i0}}{\sum_{r=1}^s 1/s + s_r^+ / sy_{r0}} =$$

Formel 21

$$\frac{\sum_{i=1}^m x_{i0} / mx_{i0} - s_i^- / mx_{i0}}{\sum_{r=1}^s y_{r0} / sy_{r0} + s_r^+ / sy_{r0}} =$$

Formel 22

$$\left( \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{x_{i0} - s_i^-}{x_{i0}} \right) \left( \frac{1}{s} \sum_{r=1}^s \frac{y_{r0} + s_r^+}{y_{r0}} \right)^{-1}$$

Formel 23

In der Darstellung nach Formel 23 kann der Koeffizient als Produkt der gemischt-technischen Input- und Output-Ineffizienz bzw. als Quotient der mittleren Inputverbesserungsrate (Inputverbesserungsrate entspricht der anteiligen Inputverwendung einer effizienten Vergleichseinheit) und der mittleren Outputverbesserungsrate (Outputverbesserungsrate entspricht der anteiligen Outputerreichung einer effizienten Vergleichseinheit) verstanden werden (vgl. Tone /131/).

## Anhang C: Algorithmische Beschreibung der Datenaufbereitung und -bewertung in Xpress Mosel

```
model SBM_Primal
  uses "mmxprs"

declarations
  DMU: set of string
  Input: set of string
  Output: set of string
  x: array(Input, DMU) of real
  y: array(Output, DMU) of real
  m: integer
  s: integer
  xmin: array(Input) of real
  xtemp: real
  ymax: array(Output) of real
  ymin: array(Output) of real
  ytemp: real
end-declarations

! Einlesen der Ausgangsdaten
initializations from 'Sample3.dat'
  x y
end-initializations
  finalize(DMU); finalize(Input); finalize(Output)

declarations
  sm: array(Input, DMU) of mpvar
  sp: array(Output, DMU) of mpvar
  l: array(DMU, DMU) of mpvar
  t: mpvar
  SBM: real
  scalar: real
  lambda: array(DMU, DMU) of real
  Inputslack: array(Input, DMU) of real
  Outputslack: array(Output, DMU) of real
end-declarations

! Bestimmung Anzahl Inputs bzw. Outputs
m := getsize(Input)
s := getsize (Output)

! Eliminierung Null-Werte
forall(i in Input) xmin(i) := min(d in DMU) x(i,d)
forall(i in Input) do
  xtemp := max(d in DMU) x(i,d)
  if xmin(i) = 0 then
    forall(d in DMU) do
      if (x(i,d) < xtemp and x(i,d) > 0) then
        xtemp := x(i,d)
      end-if
    end-do
    forall(d in DMU) do
      if x(i,d) = 0 then
        x(i,d) := xtemp / 10
      end-if
    end-do
  end-if
end-do

forall(r in Output) ymin(r) := min(d in DMU) y(r,d)
forall(r in Output) do
  ytemp := max(d in DMU) y(r,d)
  if ymin(r) = 0 then
    forall(d in DMU) do
      if (y(r,d) < ytemp and y(r,d) > 0) then
        ytemp:= y(r,d)
      end-if
    end-do
  end-if
end-do
```

```
        end-do
        forall(d in DMU) do
            if y(r,d) = 0 then
                y(r,d) := ytemp / 10
            end-if
        end-do
    end-if
end-do

! Normierung der Ausgangsdaten
forall(i in Input) xmin(i) := min(d in DMU) x(i,d)
forall(r in Output) ymax(r) := max(d in DMU) y(r,d)
forall(n in DMU) do
    forall(i in Input) x(i,n) := x(i,n) / xmin(i)
    forall(r in Output) y(r,n) := y(r,n) / ymax(r)
end-do

! n-fache Lösung des LP-Problems und Ergebnisausgabe
forall(n in DMU) do

    ! Nebenbedingungen (Teil 1)
    forall(i in Input) sm(i,n) >= 0
    forall(r in Output) sp(r,n) >= 0
    forall(d in DMU) l(n,d) >= 0
    t >= 0

    ! Nebenbedingungen (Teil 2)
    t = 1 - (sum(r in Output) sp(r,n) / y(r,n)) / s
    forall(i in Input) t * x(i,n) = sum(d in DMU) (x(i,d) * l(n,d)) + sm(i,n)
    forall(r in Output) t * y(r,n) = sum(d in DMU) (y(r,d) * l(n,d)) - sp(r,n)
    sum(d in DMU) l(n,d) = t

    ! Zielfunktion
    Effizienz := t - (sum(i in Input) sm(i,n) / x(i,n)) / m

    ! Lösung des LP-Problems
    minimize(Effizienz)

    ! Bestimmung der Zielvariablen
    SBM := getobjval
    scalar := getsol(t)

    ! Rücktransformation der Zielvariablen
    forall (d in DMU) do
        lambda(n,d) := getsol(l(n,d))
        lambda(n,d) := lambda(n,d) / scalar
    end-do
    forall(i in Input) do
        Inputslack(i,n) := getsol(sm(i,n))
        Inputslack(i,n) := Inputslack(i,n) / scalar
    end-do
    forall(r in Output) do
        Outputslack(r,n) := getsol(sp(r,n))
        Outputslack(r,n) := Outputslack(r,n) / scalar
    end-do

    ! Ausgabe der Zielvariablen
    write(n,"; SBM=",SBM,"; t=",scalar,"; ")
    forall (d in DMU) do
        if lambda(n,d) <> 0 then write("l(",d,")=",lambda(n,d),"; ")
        end-if
    end-do
    forall(i in Input) write(Inputslack(i,n),"; ")
    forall(r in Output) write(Outputslack(r,n),"; ")
    writeln("\n")
end-do

end-model
```

## Literaturverzeichnis

- /1/ Aichtert, Werner: Kein Weg führt an ihr vorbei: Die Unified Modeling Language (UML). In: Objekt Fokus 7/8 (1998), S.16-23.
- /2/ Aichele, Christian: Kennzahlenbasierte Geschäftsprozessanalyse. Wiesbaden: Gabler, 1997. Zugl.: Saarbrücken, Univ., Diss., 1996.
- /3/ Akao, Yoji: QFD: quality function deployment. Wie die Japaner Kundenwünsche in Qualität umsetzen. Landsberg u.a.: Moderne Industrie, 1992.
- /4/ Backhaus, Klaus (Hrsg.): Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung. 9. Aufl., Berlin u.a.: Springer, 2000.
- /5/ Bamberg, Günter: Statistik. 8., überarb. und erw. Aufl., München u.a.: Oldenbourg, 1993.
- /6/ Bamberg, Günter; Coenenberg, Adolf: Betriebswirtschaftliche Entscheidungslehre. 7. überarb. Aufl. München: Verlag Franz Vahlen, 1992.
- /7/ Banker, R. D.; Charnes, A.; Cooper, W. W.: Some models for estimating technical and scale inefficiencies in Data Envelopment Analysis. In: Management Science 30 (1984) 9, S. 1078-1092.
- /8/ Becker, Fred G.: Grundlagen betrieblicher Leistungsbeurteilungen. Leistungsverständnis und -prinzip, Beurteilungsproblematik und Verfahrensprobleme. 3., überarb. und erw. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1998.
- /9/ Benz, Axel: Entwicklung einer softwareunterstützten Methode für die statistische Prozesssteuerung beim Produktionsanlauf. Heimsheim: Jost Jetter Verlag, 2004. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2004.
- /10/ Blankenburg, Dido A.: Evaluation von Performance Measurement Systemen. Eine empirische Analyse. St. Gallen: Hochschule für Wirtschafts-, Rechts- und Sozialwissenschaften, Diss., 1999.
- /11/ Bowersox, Donald J.; Closs, David J.: Logistical Management. The Integrated Supply Chain Process. New York: Mc Graw-Hill, 1996.
- /12/ Bowlin, William F.: Measuring Performance: An Introduction to Data Envelopment Analysis (DEA). Department of Accounting, University of Northern Iowa, Cedar Falls, Beitrag Nr. 50614-0127, o.J.
- /13/ Bullinger, Hans-Jörg; Kühner, Michael: Stand und Entwicklungsrichtungen des Supply Chain Managements. In: ZWF- Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb Ausgabe 97 (2002) Nr. 5, S. 254-258.
- /14/ Bullinger, Hans-Jörg; Kühner, Michael; van Hoof, Antonius: Analysing supply chain performance using a balanced measurement method. In: International Journal of Production Research 40 (2002) Nr. 15, S. 3533-3543.
- /15/ Camp, Robert C.: Benchmarking. Milwaukee: ASQC Quality Press, 1989.
- /16/ Charnes, Abraham; Cooper, William W.; Golany, B.; Seiford, Lawrence M.; Stutz, J.: Foundation of data envelopment analysis and Pareto-Koopmans empirical production functions. In: Journal of Econometrics 30 (1985), S. 91-107.

- /17/ Charnes, Abraham; Cooper, William W.; Lewin, Arie Y.; Seiford, Lawrence M.: Data Envelopment Analysis. Theory, Methodology, and Application. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- /18/ Charnes, Abraham; Cooper, William W.; Rhodes, Eduardo: Measuring the efficiency of decision making units. In: European Journal of Operational Research, (1978) No. 2, S. 429-444.
- /19/ Chen, Peter P.: The Entity Relationship Model: Towards a Unified View of Data. In: ACM Transactions on Database Systems Vol. 1 (1976) No. 1, S. 9-36.
- /20/ Colman, Robin: Prozessorientierung als Qualitätsprinzip der Logistik. In: Wiendahl, Hans-Hermann (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung. 2. Aufl. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2002, S. 31-35.
- /21/ Cooper, William W.; Seiford, Lawrence; Tone, Kaoru: Data Envelopment Analysis. A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software. Boston, Dordrecht, London: Kluwer Academic Publishers, 2000.
- /22/ Corsten, Hans: Einführung in das Supply Chain Management. München: Oldenbourg Verlag, 2001.
- /23/ Davenport, Thomas H.: Process innovation: Reengineering work through Information technology, Boston: Harvard Business School Press, 1993.
- /24/ Dehler, Markus; Weber, Jürgen: Der Einfluss der Logistik auf den Unternehmenserfolg. WHU-Forschungspapier Nr. 79., Koblenz: Wissenschaftliche Hochschule für Unternehmensführung, 2001.
- /25/ Delfmann, Werner; Reihlen, Markus: Prozessanalyse und -bewertung als Kernelement integrierter Prozessmanagements. In: Delfmann, Werner; Reihlen, Markus (Hrsg.): Controlling von Logistikprozessen – Analyse und Bewertung logistischer Kosten und Leistungen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2003, S. 3-15.
- /26/ Deutsches Institut für Normung e.V. (Hrsg.): Geschäftsprozessgestaltung – Typisierung und Modellierung, Berlin: Beuth Verlag, 2000.
- /27/ Deutsches Institut für Normung e.V. 19221 – Regelungstechnik und Steuerungstechnik – Formelzeichen. Berlin: Beuth Verlag, 1993.
- /28/ Deutsches Institut für Normung e.V. 19222 – Leittechnik – Begriffe. Berlin: Beuth Verlag, 2001.
- /29/ Deutsches Institut für Normung e.V. ISO 9001 – Qualitätsmanagementsysteme – Modell zur Qualitätssicherung/QM-Darlegung in Design, Entwicklung, Produktion, Montage und Wartung. Berlin: Beuth Verlag, 1994.
- /30/ Dreher, Dirk: Logistik-Benchmarking in der Automobil-Branche. Ein Führungsinstrument zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Lohmar, Köln: Josef Eul Verlag, 1997. Zugl.: Augsburg, Univ., Diss., 1997.
- /31/ Dyckhoff, Harald: Betriebliche Produktion. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1993.

- /32/ Dyckhoff, Harald: Grundzüge der Produktionswirtschaft. Einführung in die Theorie betrieblicher Wertschöpfung. 3., überarb. Aufl. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2000.
- /33/ Dyckhoff, Harald; Allen, Katrin: Theoretische Begründung einer Effizienzanalyse mittels Data Envelopment Analysis (DEA). In: zfbf – Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung 51 (1999), S. 411-436.
- /34/ Eisenführ, Franz; Weber, Martin: Rationales Entscheiden. 3., Neubearb. u. erw. Aufl. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1999.
- /35/ Engelhard, Corinna: Balanced Scorecard in der Beschaffung. 2. Aufl. München u.a.: Hanser-Verlag, 2002.
- /36/ Epstein, Marc J.; Manzoni, Jean-Francois: Performance Measurement and Management Control: A Compendium of Research. Oxford: Elsevier Science, 2002.
- /37/ Fahrmeir, Ludwig; Hamerle, Alfred; Tutz, Gerhard (Hrsg.): Multivariate statistische Verfahren. 2., überarb. Aufl. Berlin: Walter de Gruyter, 1996.
- /38/ Fahrwinkel, Uta: Methode zur Modellierung und Analyse von Geschäftsprozessen zur Unterstützung des Business Process Reengineering. Paderborn: HNI-Verlagsschriftenreihe, 1995. Zugl.: Paderborn, Univ.-GH, Diss., 1995.
- /39/ Farrell, Michael J.: The measurement of productive efficiency. In: Journal of the Royal Statistical Society. Nr. 120 Series A (1957), S.253-290.
- /40/ Fink, Andreas; Schneiderei, Gabriele; Voß, Stefan: Grundlagen der Wirtschaftsinformatik. Heidelberg: Physica Verlag, 2001.
- /41/ Fries, Stefan; Seghezzi, Hans Dieter: Entwicklung von Messgrößen für Geschäftsprozesse. In: Controlling 6 (1994) 6, S. 338-345.
- /42/ Gaitanides, Michael; Scholz, Rainer; Vrohling, Alwin; Raster, Max: Prozeßmanagement. Konzepte, Umsetzungen und Erfahrungen des Reengineering. München u.a.: Hanser-Verlag, 1994.
- /43/ Gallasch, Andreas; Götte, Hubert: Bausteine eines logistischen Qualitätsmanagementsystems – Durchsetzung auf operativer Ebene. In: Wiendahl, Hans-Hermann (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung. 2. Aufl. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2002, S.215-234.
- /44/ Ganeshan, Ram; Jack, Eric; Magazine, Michael; Stephens, Paul: A Taxonomic Review of Supply Chain Management Research. In: Tayur, Sridhar R.; Ganeshan, Ram; Magazine, Michael (Hrsg.): Quantitative models for supply chain management, Boston: Kluwer Acad. Press, 1999, S. 839-879.
- /45/ Giehl, Helmut: Weiterentwicklung des Logistik-Controlling zum Prozessketten-Controlling in der BMW-AG, in: Weber, Jürgen (Hrsg.): Praxis des Logistik-Controlling, Stuttgart: Schäffer-Poeschel, 1993, S. 291-307.
- /46/ Gierhake, Olaf: Integriertes Geschäftsprozessmanagement. Effektive Organisationsgestaltung mit Workflow, Workgroup und Dokumentenmanagement-Systemen. Braunschweig u.a.: Vieweg, 1998.



- /47/ Gladen, Werner: Kennzahlen- und Berichtssysteme: Grundlagen zum Performance Measurement. 2., überarb. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 2003.
- /48/ Gleich, Ronald: Das System des Performance Measurement. Theoretisches Grundkonzept, Entwicklungs- und Anwendungsstand. München: Verlag Franz Vahlen, 2001.
- /49/ Gluchowski, Peter: Semantische Struktur- und Prozessmodellierung multidimensionaler Informationssysteme. Bochum: Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik, Diss., 2001.
- /50/ Gollwitzer, Michael; Karl, Rudi: Logistik-Controlling. Wirkungszusammenhänge – Leistung, Kosten, Durchlaufzeiten und Bestände. München: Wirtschaftsverlag Langen Müller/Herbig, 1998.
- /51/ Göpfert, Ingrid: Logistik der Zukunft – Logistics for the Future. 3. akt. und erw. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2001.
- /52/ Göpfert, Ingrid: Logistik: Führungskonzeption. Gegenstand, Aufgaben und Instrumente des Logistikmanagements und -controllings, München: Verlag Franz Vahlen, 2000.
- /53/ Hackman, Steven T.; Frazelle, Edward H.; Griffin, Susan O.; Vlasta, Dimitra A.: Benchmarking Warehousing and Distribution Operations: An Input-Output Approach. In: Journal of Productivity Analysis 16 (2001), S. 79-100.
- /54/ Händle, Frank (Hrsg.): Systemtheorie und Systemtechnik: 16 Aufsätze. München: Nymphenburger Verlagshandlung, 1974.
- /55/ Hansmann, Karl-Werner: Industrielles Management. 7., überarb. und erw. Aufl. München: Oldenbourg Verlag, 2001.
- /56/ Hartmann, Horst; Lorenzen, Klaus Dieter: Logistik-Kostenrechnung. Die vergessene Grundlage eines effektiven Logistik-Managements. Gernsbach: Deutsche Betriebswirte-Verlag, Praxisreihe Einkauf/Materialwirtschaft Band 7, 1998.
- /57/ Herden, Olaf: Eine Entwurfsmethodik für Data Warehouses. Oldenburg, Carl von Ossietzky Universität, Diss., 2001.
- /58/ Hirsch, Bernd; Gühring, Tilman; Kuhlmann, Thorsten; Andersen, Bjorn: The European Network of Advanced Performance Studies: An infrastructure for benchmarking. Working Paper, SINTEF Industrial Management, 1998.
- /59/ Homburg, Carsten; Eichin, Rüdiger: Aggregierte Prozeßanalysen als Instrument des Prozeßmanagements. In: DBW 58 (1998) Nr. 5, S. 634-643.
- /60/ Horváth, Péter: Controlling. 7., vollst. überarb. Aufl. München: Verlag Franz Vahlen, 1998.
- /61/ Horváth, Péter: Unternehmenscontrolling. In: Bullinger, Hans Jörg; Warnecke, Hans Jürgen (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1996, S. 937-945.
- /62/ Horváth, Péter; Gleich, Ronald: Prozeß-Benchmarking in der Maschinenbaubranche. Konzept und Anwendungserfahrungen. In: ZWF - Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb, Ausgabe 93 (1998) Nr. 7-8, S. 325-329.

- /63/ Horváth, Péter; Mayer, Reinhold: Prozesskostenrechnung – Konzeption und Entwicklungen. In: krp – Kostenrechnungspraxis, Ausg. 2 (1993), S. 15-28.
- /64/ Jacoby, J.: Untersuchung zur Bedeutung und Methodik zeitorientierter logistischer Leistungs-Zielgrößen. Berlin: Huss Verlag, 1994. Zugl.: Berlin, Technische Universität, Diss., 1994.
- /65/ Kanitz, Frieder: Logistik FMEA für die Produktion. In: Wiendahl, Hans-Hermann (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung. 2. Aufl. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2002, S. 112-118.
- /66/ Kaplan, Robert S.; Norton, David P.: The Balanced Scorecard. Translating Strategy into Action. Boston: Harvard Business School Press, 1996.
- /67/ Kerner, Axel: Modellbasierte Beurteilung der Logistikleistung von Prozessketten. Hannover, Univ., Diss., 2002.
- /68/ Klaus, Peter (Hrsg.): Gabler-Lexikon Logistik. 2. vollst. überarb. Aufl. Wiesbaden: Gabler, 2000.
- /69/ Klee, Paul Holger: Prozessorientiertes Distributionscontrolling. Wiesbaden: Gabler, 1999. Zugl.: Köln, Univ., Diss., 1997.
- /70/ Klingebiel, Norbert: Integriertes Performance Measurement. Wiesbaden: Gabler, 2000.
- /71/ Klopp, Gerald Allan: The Analysis of the Efficiency of Productive Systems with Multiple Inputs and Outputs. Illinois, University of Illinois at Chicago, PhD., 1985.
- /72/ Klöpffer, Heinz-Jürgen: Logistikorientiertes strategisches Management: Erfolgspotentiale im Wettbewerb. Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1991.
- /73/ Kotzab, Herbert: Zum Wesen von Supply Chain Management vor dem Hintergrund der betriebswirtschaftlichen Logistikkonzeption – erweiterte Überlegungen. In: Wildemann, Horst (Hrsg.): Supply Chain Management, München: TCW Fachverlag für Management-Wissen, 2000, S. 21-47.
- /74/ Kruse, Christian: Referenzmodellgestütztes Geschäftsprozessmanagement. Ein Ansatz zur prozessorientierten Gestaltung vertriebslogistischer Systeme. Wiesbaden: Gabler, 1996.
- /75/ Kuhn, Axel (Hrsg.); Quint, Michael; Winz, Gerald: Prozesskettenmanagement. Leitfaden für die Praxis. Dortmund: Verlag Praxiswissen, 1997.
- /76/ Kuhn, Axel; Hellingrath, Bernd: Supply Chain Management. Optimierte Zusammenarbeit in der Wertschöpfungskette. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2002.
- /77/ Kühner, Michael: Benchmarking logistics process performance. In: 17th International Conference on Production Research 2003, 3.-7.8.2003, Blacksburg, Virginia, USA. CD-ROM. Blacksburg, Va.: Virginia Tech, 2003.

- /78/ Kühner, Michael: Wesen und Werkzeuge des Supply Chain Controlling. In: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation u.a.: Supply Chain Controlling – Logistikprozesse bewerten und verbessern. Tagungsbeiträge Supply Chain Management Network Jahrestagung, 3.12.2002. Stuttgart: Fraunhofer IAO, 2002, Getr. Zählung, 23 S.
- /79/ Kummer, Sebastian; Weber, Jürgen: Praxis des Logistik-Controlling. Schriftenreihe der Wissenschaftlichen Hochschule für Unternehmensführung Koblenz. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1993.
- /80/ Kunesch, Hermann: Grundlagen des Prozessmanagements. Wien: Wirtschaftsverl. Ueberreuter, 1993.
- /81/ Küpper, Hans-Ulrich: Controlling-Konzept für die Logistik. In: Männel, Wolfgang (Hrsg.): Logistik-Controlling, Wiesbaden: Gabler, 1993
- /82/ Lamla, Joachim: Prozeßbenchmarking dargestellt an Unternehmen der Antriebstechnik. München: Verlag Franz Vahlen, 1995.
- /83/ Luczak, Holger; Weber, Jürgen; Wiendahl, Hans-Peter (Hrsg.): Logistik-Benchmarking. Praxisleitfaden mit LogiBEST. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2001.
- /84/ Mai, Christoph: Effiziente Produktplanung mit Quality Function Deployment. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1998. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 1997.
- /85/ Malik, Fredmund: Strategie des Managements komplexer Systeme: ein Beitrag zur Management-Kybernetik evolutionärer Systeme. 5., erw. und erg. Aufl. Bern: Haupt, 1996.
- /86/ Marca, David; Mc Gowan, Clement, L.: SADT Structured Analysis and Design Technique. New York: Mc Graw-Hill, 1988.
- /87/ Mauermann, Helmut: Leitfaden zur Erhöhung der Logistikqualität durch Analyse und Neugestaltung von Versorgungsketten. Paderborn: Heinz-Nixdorf-Institut, 2001. Zugl.: Paderborn, Univ., Diss., 2001.
- /88/ Mellerowicz, Konrad: Kosten und Kostenrechnung, Band 1. 4. durchges. Aufl., Berlin u.a.: de Gruyter, 1963.
- /89/ Mertins, Kai; Edeler, Hermann; Schallock, Burkhard: Reengineering auf der Basis von Geschäftsprozessen. In: Mertins, Kai (Hrsg.): Benchmarking: Praxis in deutschen Unternehmen. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1995, S. 1-17.
- /90/ Moscoso, Philip G.: Managementsysteme für die Shop-Floor Logistik: Eine modellbasierte Gestaltungsmethodik. Zürich, ETH, Diss., 1999.
- /91/ Neher, Axel: Logistik-Benchmarking. Arbeitspapier Nr. 17 des Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre und Logistik. Marburg, Philipps-Universität, Diss., 1999.
- /92/ Neumann, Klaus: Operations Research. München u.a.: Hanser-Verlag, 1993.
- /93/ Otto, Andreas: Methoden zur Prozessbewertung. In: Delfmann, Werner; Reihlen, Markus (Hrsg.): Controlling von Logistikprozessen – Analyse und Bewertung logistischer Kosten und Leistungen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2003, S. 119-149.

- /94/ Pfohl, Hans-Christian: Logistikmanagement. Funktionen und Instrumente. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1994.
- /95/ Pfohl, Hans-Christian: Logistiksysteme. Betriebswirtschaftliche Grundlagen. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1985.
- /96/ Pfohl, Hans-Christian: Problemorientierte Entscheidungsfindung in Organisationen. Berlin u.a.: de Gruyter, 1977.
- /97/ Pfohl, Hans-Christian; Zöllner, Werner: Effizienzmessung der Logistik. DBW 51 (1991) Nr. 3, S. 323-339.
- /98/ Pielok, Thomas: Prozeßkettenmodulation. Management von Prozeßketten mittels Logistic Function Deployment. Dortmund: Verlag Praxiswissen, 1995. Zugl.: Dortmund, Univ., Diss., 1994.
- /99/ Porter, Michael E.: Wettbewerbsvorteile. Spitzenleistungen erreichen und behaupten. Frankfurt u.a.: Campus Verlag, 1986.
- /100/ Reichmann, Thomas: Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten. 5. Aufl. München: Verlag Franz Vahlen, 1997.
- /101/ Reinsch, Steffen; Ruta, Andreas: Statistische Prozesslenkung – SPC. In: Wiendahl, Hans-Hermann (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logisitkleistung. 2. Aufl. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2002, S. 130-136.
- /102/ Rockart, John F.: Chief executives define their own data needs. HBR 57 (1979) 3/4, S. 81-92.
- /103/ Saaty, Thomas L.: How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process. In: European Journal of Operational Research, 48 (1990) 1, S. 9-26.
- /104/ Scheel, Holger: Undesirable outputs in efficiency valuations. Diskussionsbeiträge des Fachgebietes Operations Research und Wirtschaftsinformatik, Dortmund: Univ., Wirtschafts- und Sozialwiss. Fakultät, 1998.
- /105/ Scheer, August-Wilhelm: ARIS: Vom Geschäftsprozess zum Anwendungssystem. 3. Aufl. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1998.
- /106/ Scheer, August-Wilhelm: Wirtschaftsinformatik: Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. 7. Aufl. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1997.
- /107/ Schefczyk, Michael: Data Envelopment Analysis. Eine Methode zur Effizienz- und Erfolgsschätzung von Unternehmen und öffentlichen Organisationen. In: DBW, Ausgabe 56 (1996) Nr. 2, S. 167-183.
- /108/ Schlichtherle, Otto: Prozesskosten der Logistik. In: Zeitschrift für Logistik (1997) Nr.1, S. 40-42.
- /109/ Schmelzer, Hermann J.; Sesselmann, Wolfgang: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis. Kunden zufriedenstellen – Produktivität steigern – Wert erhöhen. 2., vollst. überarb. Aufl. München u.a.: Hanser-Verlag, 2002.
- /110/ Schmidt, Günter: Informationsmanagement. Modelle, Methoden, Techniken, 2. überarb. und erw. Aufl., Berlin u.a.: Springer Verlag, 1999.

- /111/ Schönsleben, Paul: Integrales Logistikmanagement. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1998.
- /112/ Schrank, Randolph: Neukonzeption des Performance Managements. Der GOPE Ansatz. Sternenfels: Verlag Wissenschaft und Praxis, 2002.
- /113/ Schuh, Günther: Wohin bewegt sich das Kostenmanagement? Methoden zur verursachungsgerechten Zuweisung von Gemeinkosten auf die einzelnen Produkte. In: krp – Kostenrechnungspraxis, Ausgabe 41 (1997), S. 34-39.
- /114/ Schulte, Christoph: Logistik. Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses. 3., überarb. Aufl. München: Verlag Franz Vahlen, 1999.
- /115/ Seiford, Lawrence M.: Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978-1995). In: Journal of Productivity Analysis 7 (1996), S. 99-137.
- /116/ Seuring, Stefan: Supply Chain Costing. München: Verlag Franz Vahlen, 2001. Zugl.: Oldenburg, Univ., Diss., 2001.
- /117/ Siebert, Gunnar: Prozeß-Benchmarking – Methode zum branchenunabhängigen Vergleich von Prozessen. Berlin: Fraunhofer Institut für Produktionsanalgen und Konstruktionstechnik, Diss., 1997.
- /118/ Spath, Dieter (Hrsg.): Corporate Performance Management. Marktstudie; Bausteine, Konzepte, Produkte; mit einer ausführlichen Darstellung von 35 Business-Intelligence-Anwendungen. Stuttgart: Fraunhofer-IRB-Verl., 2003.
- /119/ Spur, Günther; Mertins, Kai; Jochem, Roland: Integrierte Unternehmensmodellierung. Berlin: Beuth Verlag, 1993.
- /120/ Steinaecker, Jörg v.: Ein Informationsmodell zur Modellierung und Planung von netzwerkartigen Produktionsstrukturen. Heimsheim: Jost Jetter Verlag, 2000. Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2000.
- /121/ Steinaecker, Jörg v.; Kühner, Michael: Supply Chain Management - Revolution oder Modewort? In: Lawrenz, Oliver; Hildebrand, Knut; Nenninger, Michael: Supply Chain Management. Strategien, Konzepte und Erfahrungen auf dem Weg zu E-Business Networks. Braunschweig u.a.: Vieweg, 2000, S. 33-63.
- /122/ Steven, Marion: Produktionstheorie. Wiesbaden: Gabler, 1998.
- /123/ Stickel, Eberhard; Groffmann, Hans-Dieter; Rau, Karl-Heinz: Gabler Wirtschaftsinformatik-Lexikon. Wiesbaden: Gabler, 1997.
- /124/ Strigl, Thomas: Bewertung der Logistikeffizienz von Produktionsunternehmen durch datenbankgestütztes Benchmarking. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2 Nr. 567. Düsseldorf: VDI Verlag, 2001.
- /125/ Supply Chain Council: Supply-Chain Operations Reference-model. Version 5.0. Pittsburgh: Supply Chain Council, 2001.
- /126/ Süssenguth, Wolfram: Methoden zur Planung und Einführung rechnerintegrierter Produktionsprozesse. München u.a.: Hanser-Verlag, 1992. Zugl.: Berlin, Techn. Univ., Diss., 1991.

- /127/ Syska, Andreas, Kennzahlen für die Logistik. Schriftenreihe FIR/IAW Forschung für die Praxis. Band 31. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1990. Zugl.: Aachen, Techn. Hochschule, Diss., 1990.
- /128/ TCW Transfer-Centrum: Logistik als Wertschöpfungsfaktor. In: TCW Transfer-Centrum: Logistik-News. München: TCW Transfer-Centrum Verlag, 26.10.2004.
- /129/ Teufel, Peter: Der Prozess der ständigen Verbesserung (KAIZEN) und dessen Einführung. In: Bullinger, Hans Jörg; Warnecke, Hans Jürgen (Hrsg.): Neue Organisationsformen im Unternehmen. Ein Handbuch für das moderne Management. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1996, S. 526-548.
- /130/ Thaler, Klaus: Supply Chain Management. Prozessoptimierung in der logistischen Kette. Köln: Fortis-Verlag FH, 1999.
- /131/ Tone, Kaoru: A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. In: European Journal of Operational Research 130 (2001), S. 498-509.
- /132/ Verein Deutscher Ingenieure e.V.: 3330 – Kostenuntersuchungen zum Materialfluss. VDI-Richtlinie. Berlin: Beuth Verlag, 1965.
- /133/ Verein Deutscher Ingenieure e.V.: 4402 – Benchmarking. VDI-Richtlinie. Berlin: Beuth Verlag, 2000.
- /134/ Verein Deutscher Ingenieure e.V.: 4405 – Prozessorientierte Kostenanalyse in der innerbetrieblichen Logistik. VDI-Richtlinie. Berlin: Beuth Verlag, 2003.
- /135/ Vollmuth, Hilmar: Kennzahlen. Planegg: STS Verlag, 2000.
- /136/ Warnecke, Hans Jürgen: Die Fraktale Fabrik. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1992.
- /137/ Weber, Jürgen (Hrsg.): Kennzahlen für die Logistik. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1994.
- /138/ Weber, Jürgen: Logistik- und Supply Chain Controlling. 5., überarb. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 2002.
- /139/ Weber, Jürgen: Logistik-Controlling. Leistungen – Prozeßkosten – Kennzahlen. 4., überarb. Aufl. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1995.
- /140/ Weber, Jürgen: Logistikkostenrechnung. Kosten-, Leistungs- und Erlösinformationen zur erfolgsorientierten Steuerung der Logistik. 2. überarb. und erw. Aufl. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2002.
- /141/ Weber, Jürgen; Bacher, Andreas; Groll, Marcus: Konzeption einer Balanced Scorecard für das Controlling von unternehmensübergreifenden Supply Chains. In: krp – Kostenrechnungspraxis 46 (2002) 3, S. 133-141.
- /142/ Weber, Jürgen; Blum, Hannes: Logistik-Controlling – Konzept und empirischer Stand. In: krp – Kostenrechnungspraxis, 45 (2001) 5.
- /143/ Weber, Jürgen; Kummer, Sebastian: Logistikmanagement. Führungsaufgaben zur Umsetzung des Flussprinzips im Unternehmen. Stuttgart: Schäffer-Poeschel Verlag, 1994.

- /144/ Wild, Sandra: Stellenwert des Benchmarkings in der Logistik – Chancen und Risiken. In: Mertins, Kai; Siebert, Gunnar; Kempf, Stefan (Hrsg.): Benchmarking. Praxis in deutschen Unternehmen. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1995, S. 83-102.
- /145/ Wildemann, Horst: Bausteine eines logistischen Qualitätsmanagementsystems – Integriertes Qualitäts-Controlling logistischer Leistungen. In: Wiendahl, Hans-Hermann (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung. 2. Aufl. Berlin u.a.: Springer Verlag, 2002, S. 172-187.
- /146/ Wildemann, Horst: Logistikstrategien, In: Eversheim, Walter; Schuh, Günther (Hrsg.): Produktion und Management. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1999.
- /147/ Wildemann, Horst: Prozeß-Benchmarking. Leitfaden zur Erreichung von Quantensprüngen in Geschäftsprozessen. 5. Aufl. München: TCW Transfer-Centrum Verlag, 1999.
- /148/ Wöhe, Günter (Hrsg.): Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. 18., überarb. und erw. Aufl. München: Verlag Franz Vahlen, 1993.
- /149/ Wolfram, Gerd: Wirtschaftlichkeitsverfahren zur Bewertung von integrierten Informationstechnikkonzepten. In: Bullinger, Hans-Jörg (Hrsg.): Handbuch des Informationsmanagements im Unternehmen in 2 Bänden: Technik, Organisation, Recht, Perspektiven. München: C. H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 1991, S. 1063-1097.
- /150/ Zangemeister, Christof: Nutzwertanalyse in der Systemtechnik. Eine Methodik zur multidimensionalen Bewertung und Auswahl von Projektalternativen. München: Wittemannsche Buchhandlung, 4. Aufl., 1976.
- /151/ Zäpfel, Günther; Bartoz, Piekarz: Supply Chain Controlling. Interaktive und dynamische Regelung der Material- und Warenflüsse. Wien: Ueberreuter, 1996.
- /152/ Zimmermann, Hans-Dieter; Gutsche, Lothar: Multi-Criteria Analyse. Einführung in die Theorie der Entscheidungen bei Mehrfachzielsetzungen. Berlin u.a.: Springer Verlag, 1991.





# Lebenslauf

## PERSÖNLICHE DATEN

Name: Michael Martin K ü h n e r  
Geburtsdatum: 27. Mai 1970  
Geburtsort: Karlsruhe  
Familienstand: verheiratet, zwei Kinder

## SCHULBILDUNG

1976 - 1981 Grund- und Hauptschule, Sasbach  
1981 – 1990 Gymnasium «Heimschule Lender», Sasbach  
1990 Abitur

## WEHRDIENST

1990 – 1992 Ausbildung zum Transportoffizier

## HOCHSCHULSTUDIUM

1992 – 1998 Studium Wirtschaftsingenieurwesen an der Universität Karlsruhe und der Universität Salamanca (Spanien) mit Fachrichtung Unternehmensplanung  
Schwerpunkte: Informatik, Operations Research, Logistik  
1998 Diplomarbeit am Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme zum Thema «Optimierung der Planungsgrundlage von Stahlhandelslägern»  
1998 Diplom-Wirtschaftsingenieur

## BERUFSTÄTIGKEIT

1998 – 2004 Wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Arbeitswissenschaft und Technologiemanagement (IAT) der Universität Stuttgart  
Schwerpunkte: Supply Chain Management und Customer Relationship Management  
seit 2001 Lehrbeauftragter der Fachhochschule Frankfurt am Main – University of Applied Sciences zu den Themen «Allgemeine Betriebswirtschaftslehre» und «Supply Chain Management»  
seit 2004 Wissenschaftlicher Angestellter am Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation (IAO) der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.  
Schwerpunkte: Supply Chain Management und Controlling

