

**Kennzahlenbasierte Positionierung
der Logistik von Lieferketten**

Dem Fachbereich Maschinenbau
der Universität Hannover
zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur
genehmigte Dissertation

von

Steffen Reinsch M.Sc.

geboren am 12.04.1973 in Mannheim

2003

1. Referent: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. sc. h.c. H.-P. Wiendahl

2. Referent: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Hans Kurt Tönshoff

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. habil. Günter Merker

Tag der Promotion: 21. Januar 2004

Vorwort

Die vorliegende Arbeit entstand im Rahmen meiner Tätigkeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IPH – Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH.

Bei Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Dr. sc. h.c. Hans-Peter Wiendahl, geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Instituts für Integrierte Produktion Hannover gGmbH und Emeritus des Instituts für Fabrikanlagen der Universität Hannover, möchte ich mich bedanken, insbesondere für die wohlwollende Förderung dieser Arbeit, die zahlreichen Anregungen und die großen Unterstützung bei der Anfertigung. Durch die Zusammenarbeit habe ich fachlich und persönlich sehr viel gelernt.

Ebenso danke ich Herrn Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Hans Kurt Tönshoff, geschäftsführender Gesellschafter des IPH – Instituts für Integrierte Produktion Hannover gGmbH und Emeritus des Instituts für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen der Universität Hannover, für die kritische Durchsicht der Arbeit sowie das entgegengebrachte Interesse.

Ich danke Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Günter Merker, Leiter des Instituts für Technische Verbrennung der Universität Hannover, für den Vorsitz der Prüfungskommission.

Weiterhin gilt mein Dank meinen Kollegen, insbesondere aus der Abteilung Logistik für ihre kollegiale und fachliche Unterstützung sowie meinen Freunden. Mein besonderer Dank gilt den Herren Dipl. Wi.-Ing. Arne Jacobsen, Dr.-Ing. Frieder Kanitz und Dipl.-Wirtsch.-Ing. Dirk Nofen für ihre kritische Durchsicht und konstruktiven Hinweise, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben. Den Herren Marcello Urgo und Dipl.-Wirtsch.-Ing. Michael Kolakowski MBA danke ich für die Unterstützung im Rahmen ihrer Diplomarbeiten. Frau Liudmila Lis danke ich für ihre tatkräftige Mitwirkung bei der Erstellung der Grafiken und der Literaturrecherche. Herrn Dieter Schnittger danke ich für das engagierte Lektorat.

Ein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir meine Ausbildung ermöglichten und damit die Fundamente für diese Arbeit gelegt haben. Wenn auch an letzter Stelle genannt, gilt mein größter Dank meiner Partnerin Franziska für ihre mentale Unterstützung, für das entgegengebrachte Verständnis sowie für die stete Aufmunterung.

Hannover, im Januar 2004

Steffen Reinsch

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IX
Abkürzungsverzeichnis	XII
Kurzfassung.....	XIV
Abstract.....	XV
1 Einleitung.....	1
1.1 Problemstellung.....	1
1.2 Integrierte Lieferkettenbetrachtung als Grundlage für eine anforderungsgerechte Positionierung der Logistik.....	3
1.3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit.....	4
2 Grundlagen.....	8
2.1 Aufgaben und Ziele der Produktionslogistik.....	8
2.2 Zielgrößen der Logistik	9
2.3 Modellierung der logistischen Zielgrößen	11
2.3.1 Trichtermodell und Durchlaufdiagramm.....	12
2.3.2 Produktionskennlinien	14
2.3.3 Lagerkennlinie	18
2.4 Kennzahlen als Grundlage zur Bewertung der Logistik	22
2.4.1 Kennzahlenarten	22
2.4.2 Kennzahlensysteme	23
2.4.3 Kennzahlensysteme zur Bewertung der Logistik.....	24
2.4.4 Grundlegende Kennzahlen der Logistik von Lieferketten	27
2.5 Klassifizierung von Artikeln	32
2.6 Grundlagen des Qualitätsmanagements	33
2.6.1 Begriffe des Qualitätsmanagements.....	34
2.6.2 Statistische Prozesslenkung – SPC	36
2.6.3 Methoden zur Bewertung von Ursachen-Wirkzusammenhängen.....	38
2.6.4 Quality Function Deployment (House of Quality).....	41

2.6.5	Zusammenfassende Bewertung der Methoden des Qualitätsmanagements.....	44
2.7	Zusammenfassung	44
3	Lieferketten: Stand der Technik.....	45
3.1	Grundlagen des Supply Chain Managements (SCM).....	45
3.1.1	Zielstellung des Supply Chain Managements.....	46
3.1.2	Gestaltung und Planung von Lieferketten.....	50
3.1.3	Supply Chain Controlling	52
3.1.4	SCOR-Modell	56
3.1.5	Nachfrageschwankungen in der Lieferkette	58
3.2	Methoden zur Bewertung der Effizienz von logistischen Prozessen.....	61
3.2.1	Bestimmung von Soll-Werten mittels logistischer Kennlinien	61
3.2.2	Logistisches Monitoring	63
3.2.3	Bestimmung von Soll-Werten mittels Benchmarking.....	63
3.2.4	Bestimmung von Soll-Werten im Rahmen des Controllings	64
3.3	Parameter der Positionierung der Logistik von Lieferketten	66
3.3.1	Bestandsmanagement.....	66
3.3.2	Kapazitätsflexibilität	67
3.3.3	Informationsfluss	69
3.4	Fazit und Schlussfolgerung für die zu entwickelnde Methode	70
4	Methode zur kennzahlenbasierten Positionierung der Logistik von Lieferketten	72
4.1	Methodenkonzept	73
4.2	Modellierung der Lieferkette	75
4.2.1	Prozessorientierte Modellierung der Lieferkette	75
4.2.2	Produktbezogene Modellierung der Lieferkette	77
4.3	Logistisches Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio	80
4.3.1	Ermittlung der logistischen Beanspruchung	81
4.3.2	Ermittlung der logistischen Belastbarkeit.....	84

4.3.3	Entwicklung des logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios	88
4.4	Entwicklung des Kennzahlensystems für die Positionierung der Logistik von Lieferketten	94
4.4.1	Entwicklung eines logistischen Zielsystems für Lieferketten	95
4.4.2	Eingangskennzahlen	99
4.4.3	Interne Logistik-Kennzahlen	101
4.4.4	Ausgangskennzahlen	103
4.5	Entwicklung eines Schemas des logistischen Lieferketten-Assistenzsystems	105
4.5.1	Ermittlung des Prognosewertes	108
4.5.2	Eingriffsgrenze und Warngrenze	109
4.5.3	Visualisierung der Kennzahlen	110
4.6	Entwicklung des Wirkgefüges für die Logistik von Lieferketten	112
4.7	Zusammenfassung	116
5	Validierung und Diskussion der Methode am Beispiel	117
5.1	Ausgangssituation	118
5.1.1	Beschreibung der untersuchten Lieferkette	119
5.1.2	Beschreibung der untersuchten Produkte	121
5.2	Analysephase	122
5.2.1	Logistisches Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio	122
5.2.2	Entwicklung eines logistischen Zielsystems für die Lieferkette	124
5.2.3	Auswertung der ersten Analyse	124
5.2.4	Auswertung der zweiten Analyse	127
6	Zusammenfassung und Ausblick	129
7	Literaturverzeichnis	131
8	Anhang	150
	Anhang A – Verfahren der exponentiellen Glättung 2. Ordnung nach Brown	150
	Anhang B – Ermittlung des logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios	152

Anhang B.1 – Logistische Beanspruchung.....	152
Anhang B.2 – Logistische Belastbarkeit	156
Anhang C – Kennzahlensystem des Praxisbeispiels.....	159

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1:	Zielsystem der Logistik [WIE97].....	9
Abbildung 2-2:	Gewichtung logistischer Zielgrößen bei unterschiedlichen Bevorratungsstrategien (Eidenmüller, ergänzt durch Nyhuis [NYH03])	10
Abbildung 2-3:	Trichtermodell und abgeleitetes Durchlaufdiagramm [NYH03] ...	12
Abbildung 2-4:	Ableitung der Produktionskennlinie aus dem Durchlaufdiagramm [NYH03].....	15
Abbildung 2-5:	Verlauf einer idealen und einer realen Produktionskennlinie (Quelle: IFA).....	17
Abbildung 2-6:	Berechnung von Lagerkennzahlen aus dem Durchlaufdiagramm [GLÄ95].....	19
Abbildung 2-7:	Ableitung der Lagerkennlinie aus dem Lagerdurchlaufdiagramm [GLÄ95, NYH03]	20
Abbildung 2-8:	Darstellung der realen und der idealen Lagerkennlinie [NYH03] .	21
Abbildung 2-9:	Kennzahlenarten [STR00].....	23
Abbildung 2-10:	Anwendungsgrad von Kennzahlen in Unternehmen (Darstellung enthält nur die 15 wichtigsten Nennungen) [WEB02].....	25
Abbildung 2-11:	Struktur des Kennzahlensystems nach LogiBEST [COL02].....	26
Abbildung 2-12:	Kennzahlen der Produktionslogistik (nach VDI [VDI00])	27
Abbildung 2-13:	Methoden der logistischen Klassifizierung von Artikeln und Lieferanten [NYH03].....	33
Abbildung 2-14:	Qualitätsverständnis im Wandel (in Anlehnung an Pfeifer [PFE96], [KAN02])	34
Abbildung 2-15:	Funktionen des Qualitätsmanagements in der Logistik [REI02]..	35
Abbildung 2-16:	Leistungsmerkmale der Qualitätsregelkartentechnik [REI02a]....	37
Abbildung 2-17:	Exemplarisches Ishikawa-Diagramm zur Darstellung einer Ursachen-Wirkungskette für Terminabweichungen [REI02b, RUT99]....	39
Abbildung 2-18:	House of Quality in der Logistik (Beispiel nach [REI02c])	42

Abbildung 3-1:	Entwicklungsstufen der Logistik und Fabriktypen [WIE03].....	45
Abbildung 3-2:	Schematische Darstellung des Supply Chain Managements [SCC01].....	47
Abbildung 3-3:	Integration der Unternehmensfunktionen in der Lieferkette [COL02].....	48
Abbildung 3-4:	Kosten- und wertsteigernde Aktivitäten entlang der Lieferkette [GLE02, CHR98]	49
Abbildung 3-5:	Ebenen und Funktionen der Planung von Lieferketten [PIL99] ...	51
Abbildung 3-6:	Hierarchische Ebenen des SCOR-Modells [nach SCC01].....	57
Abbildung 3-7:	Peitscheneffekt entlang der Lieferkette (in Anlehnung an Gleich [GLE02])	59
Abbildung 3-8:	Portfolio der Nachfragedynamik [GLE02b].....	60
Abbildung 3-9:	Elemente und Ergebnisse der engpassorientierten Logistik analyse (nach [NYH03])	62
Abbildung 3-10:	Darstellung von Kapazitätsflexibilität mit Hilfe von Hüllkurven (nach Wiendahl [WIE00])	68
Abbildung 3-11:	Möglichkeiten des Informationsflusses in der Lieferkette	69
Abbildung 4-1:	Bausteine der Methode zur kennzahlenbasierten Positionierung der Logistik von Lieferketten	73
Abbildung 4-2:	Prozessmodell der Lieferkettenhierarchie	76
Abbildung 4-3:	Produktbezogene Modellierung der Aufbaustruktur von Lieferketten und relevante Kennzahlentypen der Lieferkettenstufen ...	78
Abbildung 4-4:	Hauptkriterien und Kriterien für die logistische Beanspruchung..	82
Abbildung 4-5:	Hauptkriterien und Kriterien für die logistische Belastbarkeit	85
Abbildung 4-6:	Schematische Darstellung der Ermittlung der logistischen Belastbarkeit	89
Abbildung 4-7:	Logistisches Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolio (BBP _{log}) und Strategien für die logistische Positionierung.....	91

Abbildung 4-8:	Ungleichgewicht von logistischer Beanspruchung und Belastbarkeit	92
Abbildung 4-9:	Schematische Darstellung der Kennzahlenebenen für eine Lieferkette (in Anlehnung an Weber [WEB02])	96
Abbildung 4-10:	Differenzierung und Zuordnung von Kennzahlen zur Bewertung der Logistik in Lieferketten	97
Abbildung 4-11:	Zielsystem der Eingangskennzahlen der Lieferkettenlogistik	99
Abbildung 4-12:	Zielsystem der internen Kennzahlen der Lieferkettenlogistik	101
Abbildung 4-13:	Zielsystem der Ausgangskennzahlen der Lieferkettenlogistik	104
Abbildung 4-14:	Exemplarischer Kennzahlenverlauf	107
Abbildung 4-15:	Exemplarische Darstellung der Eingriffs- und Warngrenze für die Kennzahl Liefermengentreue	109
Abbildung 4-16:	Matrix zur Ermittlung der Zielgrößenzustände (nach [KAN02]) ..	110
Abbildung 4-17:	Visualisierung des Status der logistischen Kennzahlen	111
Abbildung 4-18:	Anwendung des Wirkgefüges für die Logistik von Lieferketten ..	113
Abbildung 4-19:	Schema für das Wirkgefüge der Logistik von Lieferketten	114
Abbildung 5-1:	Versuchsaufbau zur Validierung der Methode	117
Abbildung 5-2:	Produktbezogene Modellierung der Aufbaustruktur des betrachteten Praxisfalls (Beispiel Aluminiumtopf A)	119
Abbildung 5-3:	Logistisches Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio für die betrachtete Lieferkette	123
Abbildung 5-4:	Beispielhafte Auswertung, Prognose und Analyse des Status der Kennzahl Durchlaufzeit im Umformbetrieb	124
Abbildung 5-5:	Ergebnisse der Simulationsuntersuchung der Ausgangs situation für die Lieferkette des Praxisbeispiels	126
Abbildung 5-6:	Ergebnisse der zweiten Analyse (Beispiel: Artikel A)	128

Abkürzungsverzeichnis*Dimensionsangaben*

<i>Einheit</i>	<i>Bedeutung</i>
BKT	Betriebskalendertag
GE	Geldeinheit
ME	Mengeneinheit
Std	Stunde
%	Prozent

Abkürzungen

BAHK	logistische Beanspruchung für das Hauptkriterium
BAHK	logistische Beanspruchung für das Hauptkriterium
BAK	logistische Beanspruchung für das Kriterium
$BA_{\log, \max}$	maximal mögliche logistische Beanspruchung
BBHK	logistische Belastbarkeit für das Hauptkriterium
BBHK	logistische Belastbarkeit für das Hauptkriterium
BBK	logistische Belastbarkeit für das Kriterium
$BB_{\log, \max}$	maximal mögliche logistische Belastbarkeit
BBP_{\log}	Logistisches Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolio
BFBA	Bewertungsfaktor der Beanspruchung von Kriterium i
BFBB	Bewertungsfaktor der logistischen Belastbarkeit
ELB	Einhaltung Lagerbandbreite
EMB	Einhaltung Mindestbestand
FE	Fehlerhafte Erzeugnisse
FIFO	First in – First out

GF	Gewichtungsfaktor
i	Laufvariable
LKE	Lieferkettenelement
LTT	Liefertermintreue
n	Laufvariable
NF	Nachfrage
NF _m	Mittlere Nachfrage
NF _s	Standardabweichung der Nachfrage
PA	Planauslastung
PA _m	Mittlere Planauslastung
PA _s	Standardabweichung der Planauslastung
PB _{MA}	Mengenabweichung Primärbedarfsplan
TV	Technische Verfügbarkeit
UMH	Umschlagshäufigkeit
VDA	Verband der deutschen Automobilindustrie
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
VK _{KA}	Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Kundenaufträge
VK _{Pa}	Variationskoeffizient der Auftragszeiten der Produktionsaufträge
ZDL _m	Mittlere Durchlaufzeit
ZLP _m	Mittlere Plan-Lieferzeit
ZWB _m	Mittlere Wiederbeschaffungszeit
ZWBP _m	Mittlere Plan-Wiederbeschaffungszeit

Kurzfassung

Bedingt durch die zunehmende Komplexität der Produkte sowie ansteigende Anforderungen der Kunden hinsichtlich der logistischen Leistungsfähigkeit ganzer Lieferketten ist eine anforderungsgerechte und unternehmensübergreifende logistische Positionierung der Lieferkettenelemente notwendig, um Optimierungspotenziale zu realisieren. Diese Potenziale lassen sich nicht durch technische Komponenten des Internets oder e-Commerce realisieren, die oft als umfassende Lösungen für derart komplexe Aufgaben dargestellt werden. Es müssen vielmehr nach der entsprechenden logistischen Positionierung im Kontext der Lieferkette relevante Zielgrößen und Stellhebel identifiziert werden sowie ein funktionierendes Controlling etabliert sein, damit diese Werkzeuge erfolgreich eingeführt werden können.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es deshalb, eine Methode zu entwickeln, mit der die logistische Beanspruchung einer Lieferkette und ihrer Elemente systematisch aufgenommen und deren Belastbarkeit gemäß dieser Anforderung erreicht werden kann. Damit die Übereinstimmung von Belastbarkeit und Beanspruchung gewährleistet ist, werden mit der entwickelten Methode relevante Kennzahlen identifiziert, die eine kontinuierliche Erreichung der Zielvorgaben gewährleisten. Mit Hilfe des entwickelten Lieferketten-Assistenzsystems werden die Kennzahlen kontinuierlich erhoben und deren Entwicklung mit mathematischen Methoden prognostiziert, damit Abweichungen reaktionsschnell erkannt werden können. Identifiziert das Assistenzsystem eine Abweichung oder entspricht die Leistungsfähigkeit einzelner Lieferkettenelemente nicht den Anforderungen, so kann mit Hilfe eines logistischen Wirkgefüges zielgerichtet und durch eine modifizierte Positionierung nachhaltig in die Lieferkettenlogistik eingegriffen werden.

Stichworte: logistische Belastbarkeit, logistische Beanspruchung, Logistikmonitoring, logistisches Kennzahlensystem für Lieferketten, logistische Positionierung von Lieferkettenelementen

Abstract

Due to the demand for complex and high-variety products as well as the requirement to continuously increase the logistic performance of multi-company supply-chains, the logistics of all elements of the supply chain need to be positioned according to the actual logistic demands to realize the logistic potential for every element and especially for the complete supply chain. Those logistic potentials cannot be realized just by implementing e-commerce or internet-based solutions, which are often offered as comprehensive solutions such complex tasks. To implement those tools successfully after positioning the supply chain elements, relevant logistic parameters and control levers need to be identified and a well-balanced logistic controlling is required to be established.

To position the logistic capacity of supply chain elements according to logistic demand, it is necessary to analyze market demands as well as the logistic performance of the supply chain elements systematically and carefully with the method developed in this thesis. Based on the results of this analysis, relevant logistic key performance indicators are identified and monitored to ensure that the requested performance is achieved. The assistance system continuously monitors the actual values of the identified key performance indicators and forecasts the development of those values with the help of mathematical methods of approximation. In case the actual value for a relevant key performance indicator does not comply with the target value, the assistance system enables a quick and sustainable intervention. For identified deviations, options of action are derived using the logistic interaction component of the developed method. This component is applied as well for the positioning of supply chain elements if they do not meet the identified logistic demands.

Keywords: monitoring of supply chain logistics, key performance indicators, dimensioning of supply chain elements, supply chain oriented production.

1 Einleitung

1.1 Problemstellung

Produzierende Unternehmen müssen sich Entwicklungen stellen, die grundlegende Auswirkungen auf die Gestaltung der unternehmensinternen sowie unternehmensübergreifenden Logistikprozesse haben. Dynamische und sich beständig wandelnde Märkte, zunehmend komplexere Produkte und steigende Anforderungen der Kunden hinsichtlich der Lieferzeiten und Liefertreue [WIE98] haben zur Folge, dass Unternehmen nicht mehr in traditionellen Unternehmensgrenzen denken und handeln können, sondern in unternehmensübergreifenden Produktionsverbänden agieren müssen. Eine zentrale Herausforderung für die involvierten Unternehmen ist dabei die unternehmensübergreifende Gestaltung, die anforderungsgerechte Positionierung der Logistik von Lieferketten sowie das Management der gesamten Lieferkette mit dem Ziel, mögliche Optimierungspotenziale zu realisieren [GER99, WEB02a].

Durch die Forderung des Marktes nach kundenindividuellen Produkten mit der damit einhergehenden Vergrößerung des Produktspektrums und gleichzeitigen Reduktion der Stückzahlen pro Artikel ist die gezielte Konzentration aller beteiligten Unternehmen in der Lieferkette auf ihre jeweiligen Kernkompetenzen notwendig geworden [WIE98]. Dadurch hat sich in der produzierenden Industrie eine zunehmende Verlagerung der Wertschöpfung von den Endproduzenten hin zu den Komponentenherstellern sowie deren Teilelieferanten vollzogen [GRA02, SCH99a, WEB98a, WIL00]. Dieser Trend gilt nicht nur für Großunternehmen, sondern ebenso für die kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), die sich zunehmend flexibler aufstellen müssen, um den veränderten Marktanforderungen gerecht zu werden. Im Vergleich zu Großunternehmen, die aufgrund komplexer und schwerfälliger Strukturen oftmals sehr unflexibel sind, stellt für KMU die geringe Unternehmensgröße und deren häufig bereits vorhandene Spezialisierung auf wenige Produktvarianten eine große Chance dar, auf die sich verändernden Marktanforderungen reagieren und sich erfolgreich im wandelnden Umfeld positionieren zu können [WEB98a].

Durch die Reduzierung der Fertigungstiefe sowie den damit verbundenen größeren Anteil an Fremdbezugsteilen erhöhen sich die Materialkosten im Verhältnis zu den Gesamtkosten signifikant. Teilweise liegt dieses Verhältnis schon bei Werten deutlich über 50 % [GÖP99], wobei sich dieser Trend kontinuierlich fortsetzt [PFE96, SES00]. In der Automobilindustrie wird bereits etwa 70 % der Wertschöpfung bei den Zulieferern erreicht [GRA02]. A.T. Kearney erwartet, dass die Beschaffung bis zu 80 % zu der Wertschöpfung eines Unternehmens beitragen wird [WIT01]. Optimierungen innerhalb einzelner Unternehmen alleine reichen deshalb häufig nicht mehr aus, um den veränderten Rahmenbedingungen zu genügen. Um nachhaltige Verbesserungs-

potenziale zu realisieren, ist somit die schon erwähnte unternehmensübergreifende Gestaltung und das integrierte Management der gesamten Wertschöpfungskette notwendig [WEB02].

Diese Notwendigkeit ist auch von vielen Unternehmen erkannt worden. In einer Studie, die im Jahre 2001 von der Wissenschaftlichen Hochschule für Unternehmensführung (WHU) mit 500 Unternehmen aus Schlüsselbranchen in Deutschland durchgeführt wurde, gaben 57 % der Unternehmen an, dass sie in den nächsten fünf Jahren ein integriertes Supply Chain Management einführen wollen. Zum Zeitpunkt der Befragung befanden sich allerdings erst sieben Prozent der Unternehmen bereits auf dieser Entwicklungsstufe [DEH01]. Auch wenn viele Software-Hersteller, Berater und Publikationen propagieren, dass hauptsächlich technische Komponenten des Internets und e-Commerce beim Supply Chain Management der „Schlüssel zum Erfolg“ sind, wird dies inzwischen zunehmend kritisch bewertet [WEB02]. Vor einer möglichen erfolgreichen Einführung einer EDV-Unterstützung müssen die relevanten Zielgrößen und Stellhebel identifiziert und ein funktionierendes Controlling etabliert sein, damit Verbesserungspotenziale überhaupt realisiert werden können [OTT02, WEB02]. EDV-Systeme können nur die Informationen abbilden und auswerten, die zuvor hinterlegt wurden.

Die mit der integrierten Betrachtung einer ganzen Lieferkette einhergehenden Veränderungen der Anforderungen an die logistische Leistungsfähigkeit aller involvierten Lieferkettenelemente bedeuten für die Zulieferer aller Branchen eine neue Herausforderung. Damit Unternehmen der zunehmenden Variantenvielfalt mit der damit verbundenen Komplexitätssteigerung gerecht werden und gleichzeitig Einsparungspotenziale realisieren können, verfolgen sie verschiedene Einkaufsstrategien (Sourcing-Strategien) zur Gestaltung ihrer Kunden-Lieferantenbeziehungen. Ein Resultat der Umsetzung dieser Strategien ist für viele Unternehmen der Zulieferindustrie die Notwendigkeit zur Restrukturierung und Neupositionierung [KÖH99]. Die erwähnten grundlegenden Beschaffungsstrategien sollen im Folgenden kurz beschrieben werden (vgl. [WIL99a, FRI98]).

Um der steigenden Produktvarianz und der damit einhergehenden größeren Anzahl an zugelieferten Einzelteilen von verschiedenen Lieferanten entgegenzuwirken, nutzen Unternehmen *Modular-Sourcing-Strategien*. Systeme und Baugruppen werden dabei direkt von den vorgelagerten Unternehmen – teilweise bereits vormontiert – bezogen. Damit wird die Verantwortung für diese Produkte auf die Lieferanten verlagert und im Regelfall eine Reduzierung der vorzuhaltenden Lagerbestände bei den Unternehmen erreicht. Gleichzeitig muss gegebenenfalls aber auch Prozess-Know-how mit Lieferanten geteilt werden, die dieses wiederum anderen Kunden zur Verfügung stellen können [ECK99].

Durch die Konzentration auf eine Bezugsquelle wird bei der Anwendung der *Single-Sourcing-Strategie* die Komplexität der Lieferbeziehungen signifikant reduziert. Bei Verfolgung dieser Strategie werden möglichst viele Produkte von einem Schlüssellieferanten bezogen. Eine enge Zusammenarbeit mit diesen Zulieferern ermöglicht eine gezielte Verbesserung der Produktqualität sowie eine anforderungsgerechte Positionierung der logistischen Leistung, beispielsweise als Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung von Just-in-Time-Konzepten [KAN02]. Im Gegenzug steigt aber auch die Abhängigkeit von diesem Lieferanten stark; gerät dieser in eine wirtschaftliche Notlage, ist auch der Kunde wesentlich davon betroffen.

Mit dem Hauptziel der Kosteneinsparung werden *Global-Sourcing-Strategien* angewendet. Dabei werden von den Unternehmen nicht nur nationale, sondern vermehrt auch internationale Anbieter als Lieferanten in die Lieferkette integriert. Diese Lieferanten können teilweise, aufgrund der global unterschiedlichen ökonomischen Randbedingungen, günstigere Preise für vergleichbare Produkte anbieten. Jedoch müssen durch die längeren Lieferwege und die damit direkt verbundenen längeren Lieferzeiten zusätzliche Unsicherheiten bezüglich der Liefertreue berücksichtigt werden [KAN02].

Die genannten drei Strategien verfolgen zudem das Ziel, die unternehmensinternen Bestände - insbesondere in den Eingangslagern – zu senken. Das Problem wird hierbei aber im Wesentlichen nur auf die Zulieferer verlagert, die verpflichtet werden, die Bedarfe reaktionsschnell und termingerecht direkt an den Verbauort in der Produktion des Kunden zu liefern. Durch die Verlagerung werden die Bestände jedoch häufig nicht über die Gesamtheit der Lieferkette reduziert [LUT02]. Deshalb ist es notwendig, die gesamte Lieferkette unter logistischen Gesichtspunkten zu analysieren, die kritischen Schnittstellen zwischen Lieferkettenelementen zu identifizieren sowie im Anschluss anforderungsgerecht zu gestalten und zu positionieren. Bei der Betrachtung der gesamten Lieferkette erweisen sich insbesondere die logistischen Problemfelder Dynamik, Komplexität und Transparenz als erfolgskritisch für die gesamte logistische Leistungsfähigkeit der Lieferkette [STÖ01, WEB02].

1.2 Integrierte Lieferkettenbetrachtung als Grundlage für eine anforderungsgerechte Positionierung der Logistik

Durch die Errichtung von modernen Fabrikstrukturen werden auf der Seite der Unternehmen die Voraussetzungen zur Erfüllung der veränderten Marktanforderungen nach einer hohen Geschwindigkeit der Leistungserbringung und der damit verbundenen hohen logistischen Leistungsfähigkeit geschaffen [COL03]. Um aber in der Gesamtheit der Liefer- oder Logistikkette, d.h. bei einer Reihe von Unternehmen, die in einem engen Kunden-Lieferantenverhältnis zueinander stehen, den oben beschrie-

benen veränderten Anforderungen gerecht zu werden, ist es notwendig, dass sich jedes Lieferkettenelement den logistischen Anforderungen stellt. In diesem Kontext kann ein Lieferkettenelement je nach Betrachtungsgegenstand sowohl ein einzelnes Arbeitssystem, ein Produktionsbereich oder ein Unternehmen sein, das mit anderen Arbeitssystemen, Bereichen oder Unternehmen in einem durchgängigen Kunden-Lieferantenverhältnis steht.

Bedingt durch die bekannte Gegenläufigkeit der logistischen Zielgrößen ist eine reine Optimierung der Logistik nicht möglich. In Abhängigkeit von den gestellten Anforderungen müssen sich die einzelnen Lieferkettenelemente nämlich in dem Spannungsfeld zwischen kurzen Lieferzeiten, einer hohen Liefertreue, geringen Beständen und einer hohen Auslastung der Kapazitäten strategisch positionieren. Bei der Betrachtung der Produktionslogistik wird dieser Sachverhalt als „Dilemma der Logistik“ bezeichnet [NYH03]. Übertragen auf den Kontext der Arbeit wird in Analogie zu der Betrachtung der Produktionslogistik die Betrachtung der Logistik der Lieferkette als Lieferkettenlogistik bezeichnet. Dabei ist bei der Positionierung der einzelnen Lieferkettenelemente gleichzeitig auch immer die Wechselwirkung mit den nachfolgenden Lieferkettenelementen in der Lieferkette zu betrachten und in Einklang mit den logistischen Leistungsanforderungen der gesamten Lieferkette zu bringen.

1.3 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Um den zuvor beschriebenen Entwicklungen erfolgreich zu begegnen und die betroffenen Lieferkettenelemente entsprechend den unternehmensübergreifenden Anforderungen logistisch zu positionieren, fehlt es derzeit an einfach zu handhabenden Methoden, mit deren Hilfe sowohl die logistische Beanspruchung sowie die logistische Belastbarkeit untersucht werden können. Die logistische Beanspruchung ist definiert durch die Umgebungsbedingungen bzw. Kontextfaktoren, aus denen die notwendige Leistungsfähigkeit der einzelnen Lieferkettenelemente resultiert. Die logistische Belastbarkeit ergibt sich aus der Fähigkeit des Lieferkettenelements, auf diese Beanspruchung zu reagieren, Veränderungen zu ermöglichen und störende Einflüsse auszugleichen. Abhängig von der Beanspruchung und Belastbarkeit der einzelnen Lieferkettenelemente müssen diese anforderungsgerecht logistisch positioniert werden. Eine einfache und effiziente Anwendbarkeit einer Methode ermöglicht es sowohl Großunternehmen und insbesondere deren Zulieferern, die häufig kleine und mittlere Unternehmen sind, die Methode anzuwenden. Ziel ist daher die Erarbeitung einer Methode, die eine logistische Positionierung von Lieferketten und deren Elemente im Spannungsfeld der logistischen Zielgrößen ermöglicht.

Neben der Bewertung der Lieferkettenelemente hinsichtlich ihrer Beanspruchung und Belastbarkeit ist die Messung der erbrachten Leistung mit Hilfe von Kennzahlen

Grundlage für eine Validierung der logistischen Positionierung sowie für eine kontinuierliche Verbesserung der Logistik der Lieferketten. Dabei ist es wichtig, mittels eines Kennzahlensystems sowohl die relevanten übergeordneten logistischen Zielgrößen der Lieferkette zu identifizieren als auch die lokalen Zielgrößen zu betrachten und mit dem Ziel der ganzheitlichen Optimierung in Kontext zueinander zu setzen. Je nach Konstellation der Lieferkette und deren logistischer Positionierung können dabei verschiedene logistische Zielgrößen wichtige Aussagen für die Gesamtheit der Lieferkettenelemente besitzen. Zentraler Aspekt ist dabei die Vermeidung einer übermäßigen Informationsflut, damit die Verantwortlichen der Lieferkette eine solide Basis für Entscheidungen erhalten [WET01].

Die in den einzelnen Unternehmen vorzufindenden Controllinginstrumente sind im Regelfall auf die Unternehmen an sich und nicht auf die Gesamtheit der Lieferkette ausgerichtet [WEB02]. Sie fokussieren auf die Bewertung von Bereichen sowie Leistungszentren oder Kostenstellen und ermöglichen häufig nur die Bewertung dieser organisatorischen Einheiten allein, ohne deren Interdependenzen und Abhängigkeiten mit den anderen Lieferkettenelementen zu berücksichtigen. Darüber hinaus werden die einzelnen Zielgrößen vielfach nur isoliert berücksichtigt, obwohl diese teilweise starken Wechselwirkungen zueinander unterliegen. Dies bedeutet, dass Abweichungen von Soll-Vorgaben für Zielgrößen unter Umständen aus Fehlern resultieren, die durch andere Lieferkettenelemente verursacht werden und somit in einem separaten (organisatorischen) Bereich stattfinden. Gleichwohl können lokale Veränderungen durch logistische Positionierungsmaßnahmen und daraus resultierende Veränderungen in einer nachhaltigen Beeinflussung der logistischen Zielgrößen der anderen Lieferkettenelemente resultieren.

Es ist aber nicht ausreichend, die angestrebte Logistikleistung nur durch ein Kennzahlensystem zu verfolgen; gleichzeitig muss bei Abweichungen von den Soll-Vorgaben die Möglichkeit gegeben sein, reaktionsschnell reagieren zu können. Erfolgt die Einleitung von Maßnahmen nur anhand von vergangenheitsbasierten Kennzahlen, können die Störungen erst nach dem eigentlichen Auftreten identifiziert werden. Daher ist das frühzeitige Erkennen von Bereichen mit einer hohen Beanspruchung sowie die präventive Betrachtung und Bewertung von möglichen Fehlerquellen von großer Bedeutung, denn nur durch das frühzeitige Erkennen von kritischen Situationen und möglichen Fehlern können negative Beeinflussungen sowie Beeinträchtigungen der Lieferkettenlogistik vermieden werden.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine Methode zu entwickeln, die es ermöglicht, für bestehende oder entstehende komplexe Lieferketten aus mehreren Lieferkettenelementen die logistische Beanspruchung zu ermitteln. Darauf aufbauend muss für die einzelnen Lieferkettenelemente die logistische Belastbarkeit beurteilt

werden, die unter Nutzung eines Portfolios auf die Übereinstimmung mit der vorgegebenen Beanspruchung überprüft wird. Stimmen die logistische Beanspruchung und Belastbarkeit nicht überein, so müssen Maßnahmen zur logistischen Positionierung ergriffen werden. Die Wahl der geeigneten Maßnahmen hängt wesentlich davon ab, ob die erbrachte Leistung bereits das vorhandene Leistungspotenzial ausnutzt und welche Stellhebel identifiziert werden können.

Basierend auf den Ergebnissen zur Untersuchung der logistischen Belastbarkeit und Beanspruchung müssen die Kennzahlen identifiziert werden, die für die gesamte Lieferkette sowie die einzelnen Elemente der Lieferkette relevant sind. Ist ein Lieferkettenelement erfolgskritisch für die nachfolgenden Lieferkettenelemente, müssen die Kennzahlen identifiziert werden, die für diese relevant sind. Diese Kennzahlen können dann im Sinne eines Lieferkettenmonitorings erhoben werden, damit die Möglichkeit besteht, im Falle von Abweichungen reaktionsschnell zu reagieren. Je nach Verhältnis zwischen Beanspruchung und Belastbarkeit müssen unterschiedliche Kennzahlen für das betreffende Lieferkettenelement erhoben werden, da diese eine unterschiedliche Bedeutung für die gesamte Lieferkette haben. Nachdem die relevanten internen sowie externen Kennzahlen identifiziert wurden, müssen diese von den einzelnen Lieferkettenelementen kontinuierlich mittels eines Monitorings nachverfolgt werden, damit mögliche Abweichungen von den Soll-Werten und somit mögliche Fehlerquellen für die Qualität der gesamten Lieferkettenlogistik frühzeitig erkannt werden. Weichen die Ist-Werte von den Soll-Werten der Kennzahlen in unzulässigem Maße ab, müssen Stellhebel identifiziert werden, die helfen, die Abweichungen zu beseitigen und ggf. eine neue logistische Positionierung zu ermöglichen.

Hierzu werden im Kapitel 2 zunächst die wichtigen Grundlagen im Kontext der vorliegenden Arbeit erläutert. Dabei wird auf die Aufgaben, Ziele sowie Zielgrößen der Produktionslogistik eingegangen. Darüber hinaus werden Methoden zur Modellierung von logistischen Zusammenhängen und Kennzahlen zur Bewertung von logistischen Prozessen vorgestellt. Nachfolgend wird ein kurzer Überblick über die im Rahmen dieser Arbeit relevanten Methoden des Qualitätsmanagements und deren Einsatzmöglichkeit im Bereich der Logistik gegeben.

Im Kapitel 3 wird der Stand der Technik hinsichtlich des Supply Chain Managements dargestellt. Nach einer Erläuterung der Zielstellung des Supply Chain Managements, der Gestaltung und Planung der Lieferketten sowie des Lieferkettencontrollings und –monitorings wird auf das SCOR-Modell und die Problematik von Nachfrageschwankungen in Lieferketten eingegangen. Nach einer Beschreibung von Methoden zur Positionierung der logistischen Prozesse werden mögliche logistische Stellgrößen in der Lieferkette erläutert.

In Kapitel 4 wird die Methode erarbeitet, mit der, gemäß den oben beschriebenen Anforderungen, die logistische Belastbarkeit und Beanspruchung aufgenommen werden kann. Ziel ist dabei die anforderungsgerechte Dimensionierung und logistische Positionierung der Lieferkette sowie die Identifizierung der relevanten Kennzahlen. Die praktische Anwendung der Methode, deren Einsatzvoraussetzungen sowie die erzielten Ergebnisse werden in Kapitel 5 aufgezeigt. Abschließend werden in Kapitel 6 die Ergebnisse diskutiert und es erfolgt ein Ausblick hinsichtlich des weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarfs.

2 Grundlagen

2.1 Aufgaben und Ziele der Produktionslogistik

Die ursprüngliche Bedeutung des Begriffs „Logistik“ stammt aus dem militärischen Bereich, da er sich vermutlich von dem Begriff „loger“ (frz.: Einquartierung und Versorgung der Truppen durch den Quartiermeister) ableitet. Man verstand darunter die systematische Planung und Durchführung der Versorgung der Truppen sowie die schnelle Verlegung sowohl der Truppen als auch des benötigten Geräts. Bedingt durch die Anfang des 19. Jahrhunderts übliche Verlegung der Truppen mit der Eisenbahn wurden hohe qualitative Anforderungen an die logistische Planung, Vorbereitung und Durchführung der Operationen gestellt [GLE02, SES00].

Nach dem Zweiten Weltkrieg wurden die Erkenntnisse aus dem militärischen Bereich zunehmend auf den wirtschaftlichen Bereich übertragen [BOW86, KAN02, GLE 02]. Wurde der Begriff der Logistik ursprünglich für die Beschreibung des Distributionsprozesses von Handelsunternehmen eingesetzt, so betrifft heute die Logistik nahezu alle betrieblichen Bereiche und wird als Querschnittsfunktion über die gesamte Auftragsabwicklung betrachtet. Der Begriff Logistik wird jedoch in der wissenschaftlichen Literatur unter Nutzung zahlreicher Definitionsansätze diskutiert und unterliegt gleichzeitig einem kontinuierlichen Bedeutungswandel [GLE02, PFO00, WEB99]. Diese Ansätze unterscheiden sich aber weniger inhaltlich als mehr durch ihre jeweilige Sicht auf die Logistik [WIE02]. Allen Definitionen gemein ist das grundlegende Verständnis, dass die Logistik alle notwendigen Aktivitäten umfasst, um zeitlich und räumlich getrennte Prozesse sowohl der Herstellung als auch des Verbrauchs miteinander zu verbinden, ohne dass eine Eigenschaftsänderung der Güter erfolgt [WIL99]. Ziel ist es dabei, die inner- und überbetrieblichen Waren- und Materialflussprozesse derart zu koordinieren, dass die richtigen Produkte im richtigen Zustand zur richtigen Zeit am richtigen Ort zu möglichst geringen Kosten bereitgestellt werden [PFO00]. Die wesentlichen Sichtweisen auf die Logistik sind die flussorientierte, dienstleistungsorientierte sowie die lebenszyklusorientierte Sichtweise [WIE02]. Im Rahmen dieser Arbeit wird der flussorientierte Ansatz zur Definition der Produktionslogistik herangezogen, da sich dieser Ansatz weniger an Unternehmensfunktionen oder an der Lebensdauer logistischer Systeme orientiert, sondern die Gedanken der prozessorientierten Produktion aufgreift, die auch Grundlage für die betrachtete Positionierung der Lieferkette ist.

Nach allgemeinem Verständnis (s. auch VDI-Richtlinie 4400) wird die Logistik in Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik unterteilt. Die Abgrenzung der Produktionslogistik erfolgt aus der Sicht des Materialflusses einerseits durch das Beschaffungslager beziehungsweise durch die Warenübergabe an den Beschaf-

fungsprozess (Lieferpunkt) und andererseits durch das Absatzlager beziehungsweise die Warenübergabe an den Distributionsprozess (Lieferpunkt) [PFO00, VDI00].

2.2 Zielgrößen der Logistik

Die Zielgrößen der Logistik lassen sich in die Oberziele hohe Logistikleistung und geringe Logistikkosten (Abbildung 2-1) unterteilen [WIE97, WEB95, VDI00].

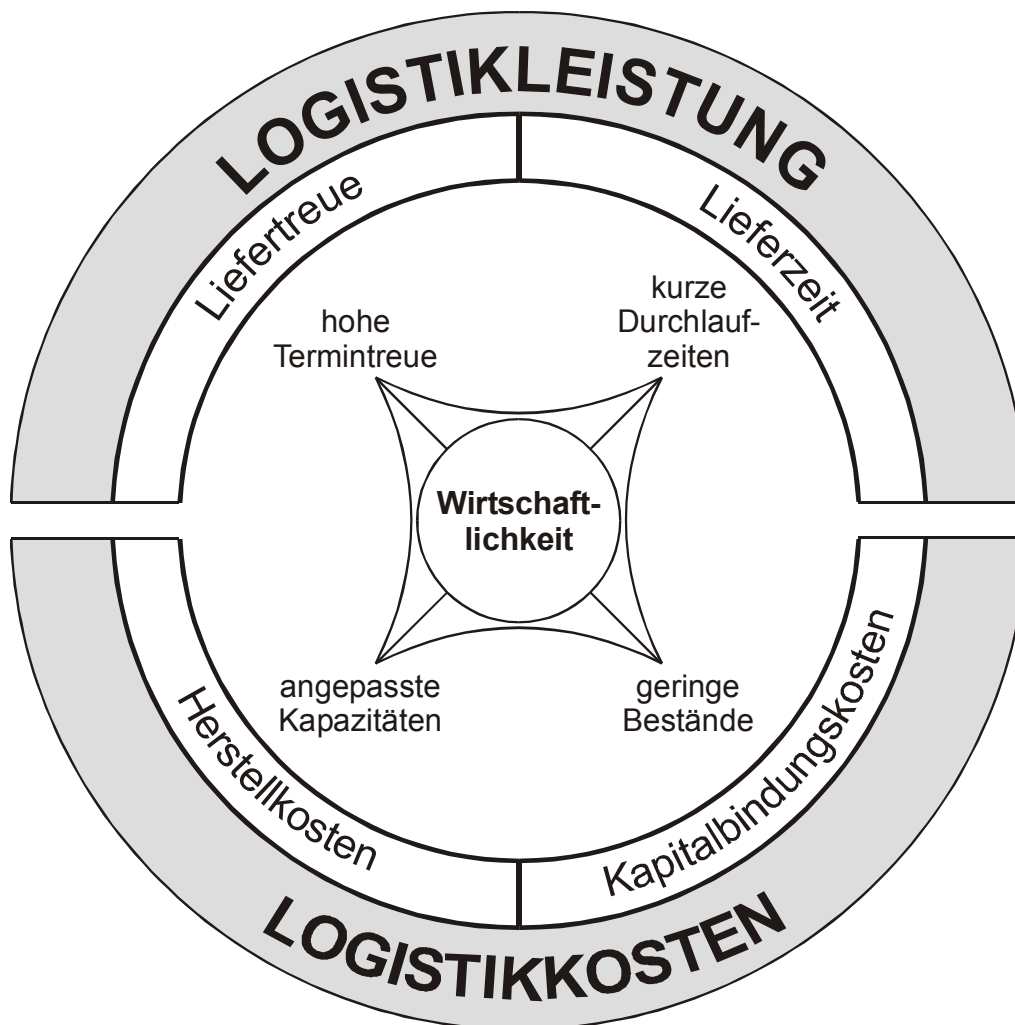


Abbildung 2-1: Zielsystem der Logistik [WIE97]

Der logistischen Leistungsfähigkeit (Logistikleistung) eines Produktionsunternehmens kommt dabei eine zentrale Bedeutung zu. Als Differenzierungsmerkmal am Markt gilt die von den Kunden unmittelbar wahrgenommene termin- und mengengerechte Erfüllung der geordneten Bedarfe und somit die Gewährleistung einer hoher Liefertreue. Weiterhin ist eine kurze Lieferzeit ein charakteristischer Erfolgsfaktor [KAN02, TRA02, WIE03].

Bezüglich der Logistikkosten werden die Ziele wiederum in zwei Gruppen unterteilt. Man unterscheidet in Kosten, die durch den Logistikprozess an sich induziert werden (im Wesentlichen Bestandskosten und somit Kapitalbindungskosten, Leerkosten etc.), sowie den Kosten, die durch die Logistikprozesse selbst entstehen (Prozesskosten). Hauptaufgabe der Logistik ist es nun, sich zwischen den teilweise gegensätzlichen Zielgrößen zu positionieren, da ein Optimum nicht definierbar ist. Insbesondere die Konkurrenz zwischen den niedrigen Bestandskosten auf der einen Seite und einer hohen Termin- und Mengentreue auf der anderen Seite gilt als wesentlicher Zielkonflikt und wird in der Literatur auch als „Dilemma der Logistik“ [GUT51, COL03, NYH03] bezeichnet.

Die Gewichtung der logistischen Ziele hängt, zumindest bei einer unternehmensinternen Betrachtung, von dem Kundenentkopplungspunkt ab (Abbildung 2-2). Wird die Produktion nicht auf Basis von Kundenaufträgen durchgeführt, verfolgen die Unternehmen primär das Ziel der Logistikkostenreduzierung. Erfolgt die Produktion hingegen kundenauftragsbezogen, rückt eine hohe Logistikleistung in den Betrachtungsfokus [COL03, NYH03].

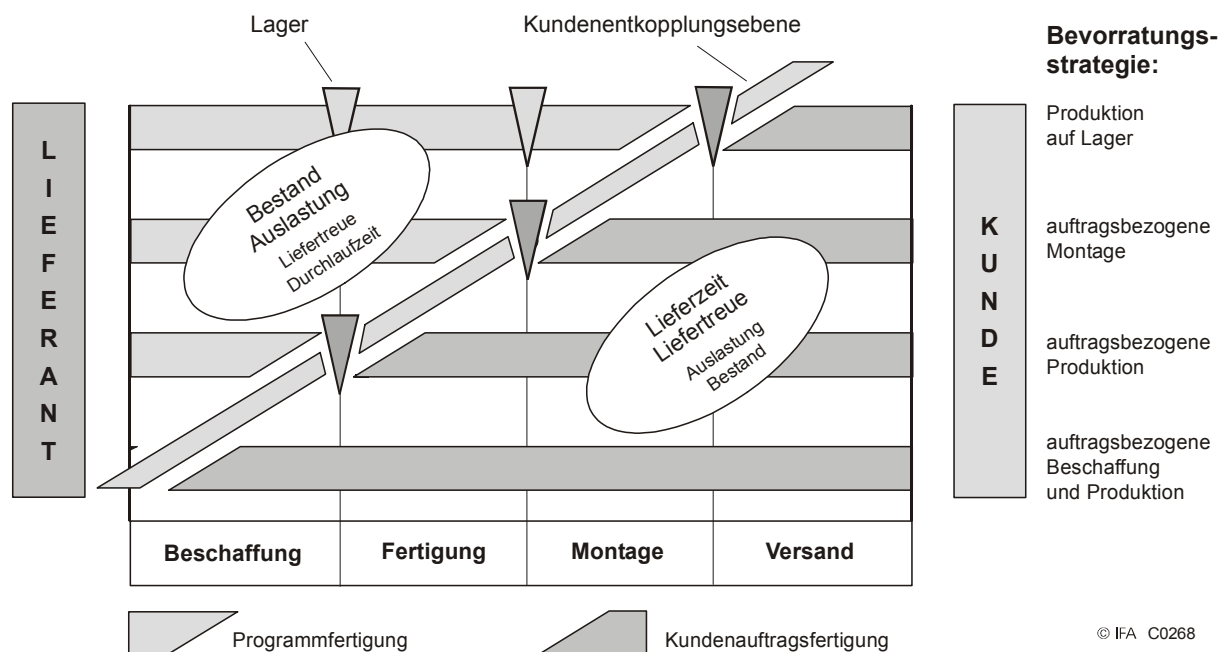


Abbildung 2-2: Gewichtung logistischer Zielgrößen bei unterschiedlichen Bevorratungsstrategien (Eidenmüller, ergänzt durch Nyhuis [NYH03])

Die Tatsache der Gegenläufigkeit der logistischen Zielgrößen sowie die unterschiedliche Gewichtung der Zielgrößenbedeutung je nach Unternehmensstrategie zeigt, dass in einem Lieferkettenverbund von mehreren Unternehmen die Bedeutung der Zielgrößen für die gesamte Lieferkette definiert werden muss. Zusätzlich sind, abhängig von der Beanspruchung der einzelnen Lieferkettenelemente, die Zielgrößen

zu identifizieren, die eine anforderungsgerechte Belastbarkeit gewährleisten. Nach deren Identifikation ist es notwendig, sie durch ein kontinuierliches Monitoring zu verfolgen und bei einer möglichen Abweichung durch gezielte Eingriffe reaktions-schnell einzugreifen.

2.3 Modellierung der logistischen Zielgrößen

In den folgenden Abschnitten sollen die grundlegenden Modelle, die im Rahmen von logistischen Analysen Verwendung finden, erläutert werden. Unter einem Modell wird die – unter Umständen vereinfachte – Nachbildung eines existierenden oder gedachten Systems verstanden. Die untersuchungsrelevanten Eigenschaften der Nachbildung unterscheiden sich, je nach Zielstellung der Untersuchung, nur im Rahmen eines akzeptablen Toleranzfeldes [VDI96]. Zusammenfassend sollen Modelle

- allgemein dem Verständnis der Realität sowie deren Probleme und Erscheinungsformen,
 - dem grundlegenden Verständnis des statischen und dynamischen Verhaltens des Systems,
 - der Ergründung der Problemursachen und deren Wirkungen,
 - als Informationsbasis für die Maßnahmenableitung sowie
 - der Auslegung bzw. der gezielten Beeinflussung des Systems
- dienen [NYH03].

Durch die Übertragung von konkreten Problemen auf das Modell sowie dessen Anwendung bzw. Nutzung zur Lösung können verschiedene Handlungsalternativen mit deren Auswirkungen auf die Realität überprüft und anschließend bewertet werden.

Grundsätzlich lassen sich Modelle in Beschreibungs- und Erklärungsmodelle unterscheiden [NYH03]. Die Ansätze der Beschreibungsmodelle basieren häufig auf einer an die Systemtechnik angelehnten Black-Box-Betrachtung, bei der die zu untersuchenden Bereiche als Systemeinheiten mit genau definierten Schnittstellen voneinander abgegrenzt werden. Eine Beschreibung und ggf. eine Bewertung erfolgt durch die Festlegung der Eingangs- und Ausgangsbeziehungen (vgl. [KUH95, MEI96, SCH95]). Mit Beschreibungsmodellen lassen sich der tatsächliche sowie der geplante Zustand unterschiedlicher Systeme abbilden. Durch einen Vergleich der Soll- mit den Ist-Werten können Abweichungen festgestellt und bei Bedarf weitergehend untersucht werden. Beschreibungsmodelle liefern keine Erklärungen für die Ursachen möglicher Abweichungen oder gar Hypothesen über Wirkzusammenhänge und deren mögliche Gesetzmäßigkeiten. Dies ist hingegen mit Erklärungsmodellen möglich, da

diese Wirkzusammenhänge und wahrscheinliche Auswirkungen von Entscheidungen durch deren Nutzung darstellen [KAN02, LOE01].

Im Rahmen dieser Arbeit sollen nun Modelle vorgestellt werden, die Wirkzusammenhänge zwischen den logistischen Zielgrößen Durchlaufzeiten, Termintreue, Bestand und Auslastung erklären und somit Möglichkeiten zu deren gezielter Beeinflussung, respektive der logistischen Positionierung aufzeigen. Diese Möglichkeiten können im Rahmen einer Konfiguration oder Positionierung der Logistik von Lieferketten genutzt werden, um die einzelnen Lieferkettenelemente gemäß den übergeordneten Unternehmenszielen zu positionieren.

2.3.1 Trichtermodell und Durchlaufdiagramm

Am Institut für Fabrikanlagen der Universität Hannover wurden unter anderem die logistischen Kennlinien zur Modellierung von Produktions- und Lagerprozessen entwickelt. Theoretische Basis der Kennlinien ist das Beschreibungsmodell Durchlaufdiagramm, das auf dem Trichtermodell basiert (Abbildung 2-3) [NYH03].

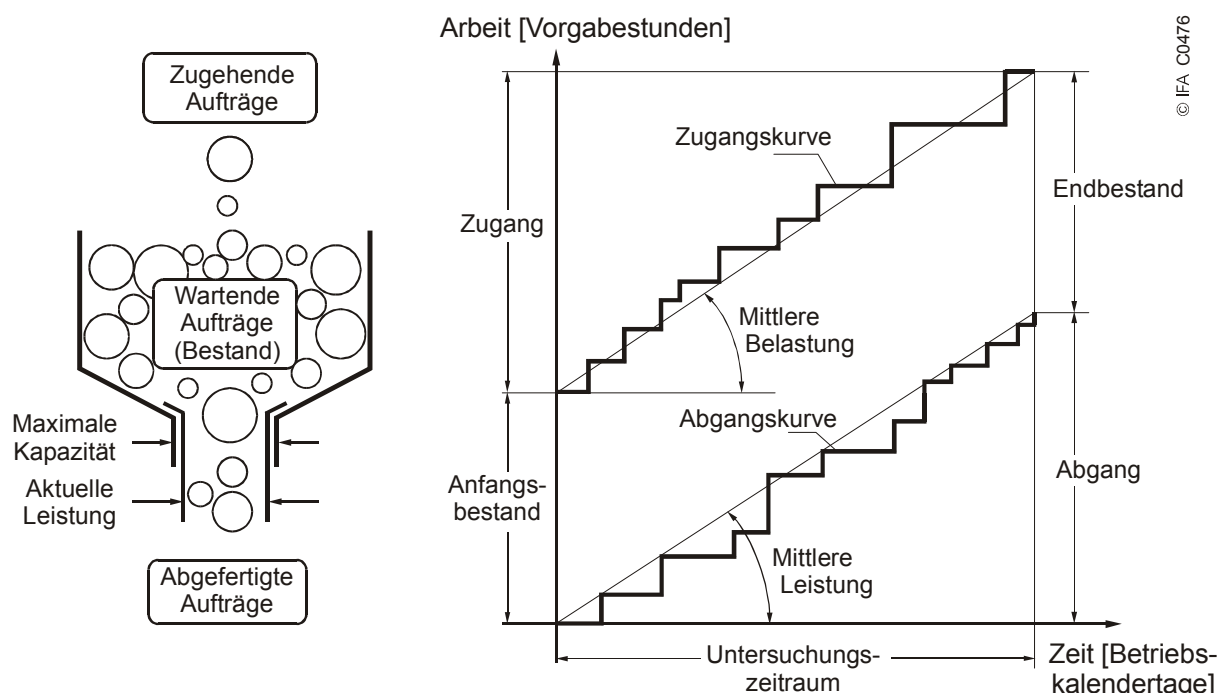


Abbildung 2-3: Trichtermodell und abgeleitetes Durchlaufdiagramm [NYH03]

In Analogie zur Abbildung von Fließprozessen geht man bei dem Trichtermodell davon aus, dass jede beliebige Kapazitätseinheit einer Fertigung durch die Größen Zugang und Abgang sowie dem daraus resultierenden Bestand in ihrem Durchlaufverhalten vollständig beschrieben werden kann. Diese Größen lassen sich in das

sogenannte Durchlaufdiagramm übertragen, bei dem die Zugänge und Abgänge an einem Produktionssystem in zwei separaten Kurven dargestellt werden. Dazu werden die Aufträge mit ihrem Arbeitsinhalt zum jeweiligen Buchungszeitpunkt im Zugang oder entsprechend dem Abgang kumuliert aufgetragen [BEC84]. Der Startpunkt der Abgangskurve ist im Koordinatenursprung, während der Ursprung der Zugangskurve den Bestand des Systems zu Anfang des Untersuchungszeitraums widerspiegelt.

Der vertikale Abstand zwischen der Zugangs- und der Abgangskurve entspricht dem Bestand am betrachteten System zu dem entsprechenden Zeitpunkt. Der horizontale Abstand zwischen der Zugangs- und der Abgangskurve entspricht der Reichweite des Systems und gibt somit Auskunft darüber, wie lange ein Arbeitssystem mit Arbeit versorgt werden kann. Werden die Aufträge in der Reihenfolge des Eingangs abgearbeitet (FIFO-Prinzip), entspricht die mittlere Reichweite gleichzeitig der mittleren Durchlaufzeit der zugehenden Aufträge [LOE01, WIE97].

Verbindet man die Anfangs- und Endpunkte der jeweiligen Zu- bzw. Abgangskurven, so erhält man den Idealverlauf der entsprechenden Kurven. Mittels dieser Idealverläufe lassen sich für den Untersuchungszeitraum die logistischen Kenngrößen mittlerer Bestand, mittlere Durchlaufzeit und mittlere Abgangsrate (auch Leistung oder Durchsatz genannt) bestimmen. Dividiert man den Abgangswert bzw. den Zugangswert durch die Anzahl der Betriebskalendertage (Arbeitstage) im Untersuchungszeitraum, erhält man die mittlere Leistung bzw. die mittlere Belastung des betrachteten Systems.

Das Durchlaufdiagramm wird als Hilfsmittel für das Produktionscontrolling genutzt, um beispielsweise Materialflussabrisse im Untersuchungszeitraum (resultierender Bestand entspricht 0) zu identifizieren oder die Abstimmung zwischen Belastung und Leistung des betrachteten Systems zu analysieren. Unter Anwendung der Trigonometrie kann aus dem Durchlaufdiagramm eine Beziehung zwischen dem mittleren Bestand, der mittleren Reichweite und der mittleren Leistung errechnet werden:

$$\frac{AB}{P} = L_m = \frac{B_m}{R_m} \quad \text{Gl. 2-1}$$

mit: AB : Abgang [Std]
P : Untersuchungszeitraum [BKT]
L_m : mittlere Leistung [Std/BKT]
B_m : mittlerer Bestand [Std]
R_m : mittlere Reichweite

Diese Gleichung ist auch als Trichterformel bekannt, die direkt in die Formel des Little's Law umgewandelt werden kann, die im englischsprachigen Raum häufig angewendet wird [NYH03]. Sie sagt aus, dass die Reichweite beziehungsweise die Durchlaufzeit eines Arbeitssystems durch das Verhältnis von Bestand und Leistung bestimmt wird.

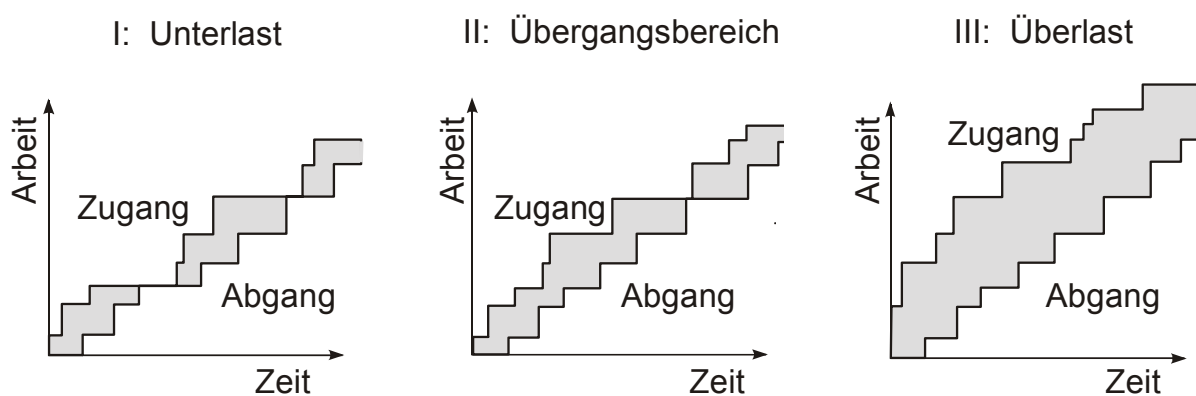
Durchlaufdiagramme können zur logistischen Beschreibung von Arbeitsstationen, Lagerungsvorgängen und Transportvorgängen genutzt werden [GLÄ95, WIE98a] und ermöglichen so eine durchgängige Beschreibung auf jeder Stufe der Lieferkette von der Bestellung beim Lieferanten bis zur Ablieferung beim Kunden. Die Erstellung von auftragsbezogenen und artikelbezogenen Durchlaufdiagrammen [WAH97, FAS97] ermöglicht verschiedene Sichtweisen. Obwohl Durchlaufdiagramme Unterstützung beim Aufzeigen von Abweichungsursachen bieten, werden die Wirkzusammenhänge zwischen den logistischen Zielgrößen nicht derart ausreichend beschrieben, dass damit eine gezielte Beeinflussung und somit das Aufdecken von logistischen Verbesserungspotenzialen möglich ist [NYH96]. Insbesondere zum Vergleich des gemessenen Zustands mit einem idealer- oder realistischerweise bestmöglichen Zustand bietet das Durchlaufdiagramm keine fundierte Unterstützung. Somit kann es nicht aktiv bei der Gestaltung und Bewertung von Logistikketten im Hinblick auf erschließbare logistische Verbesserungspotenziale unterstützen.

2.3.2 Produktionskennlinien

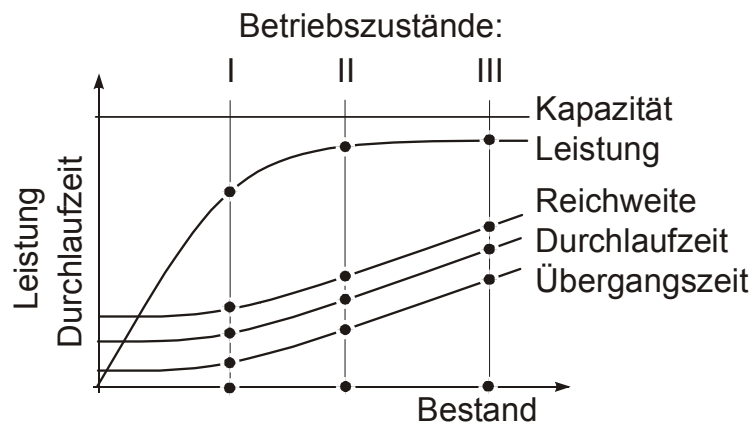
Ein grundlegendes Erklärungsmodell für die Produktionslogistik sind die Produktionskennlinien, die auf dem Trichtermodell und dem Durchlaufdiagramm aufbauen. Sie zeigen den Zusammenhang zwischen den logistischen Zielgrößen Leistung (beziehungsweise Auslastung), Durchlaufzeit, relative Terminabweichung und Termintreue als Funktion des Bestands an einem Arbeitssystem auf. Im Unterschied zu dem Durchlaufdiagramm lassen sich mit den Produktionskennlinien Aussagen über einen, an den logistischen Zielgrößen orientierten, „angemessenen“ Bestand treffen, um sich logistisch zu positionieren [BEC84, NYH03]. Ausgehend von einer idealisierten Kennlinie hat Nyhuis unter Nutzung eines deduktiv-experimentellen Ansatzes eine Näherungslösung zur Errechnung einer realen Kennlinie erarbeitet [NYH91]. Gemeinsam mit Ludwig hat er die Kennlinien für die Übergangs- und Durchlaufzeit erarbeitet [LUD94]. Die logistischen Kennlinien für die relative Terminabweichung sowie die Termintreue wurden durch Yu entwickelt [YU01].

Die Herleitung der Produktionskennlinie kann mittels des Durchlaufdiagramms für ein Arbeitssystem erläutert werden, indem man verschiedene stationäre Betriebszustände betrachtet. Jeder dieser Betriebszustände ist durch ein bestimmtes Bestandsni-

veau charakterisiert (vgl.: Abbildung 2-4 a). Zustand I repräsentiert den Unterlastbereich. Durch einen zu geringen Bestand, das heißt fehlende Aufträge, treten zeitweise Arbeitsunterbrechungen auf und führen im Mittel zu einem Leistungsverlust des Systems. Das Arbeitssystem ist in diesem Bereich nur gering ausgelastet und der gesamte Bestand befindet sich in Bearbeitung. Im Zustand II sind Zu- und Abgang aufeinander abgestimmt. Bestandsbedingte Leistungseinbußen treten in diesem Übergangsbereich kaum auf. Mit zunehmendem Bestand konkurrieren die Aufträge um das Arbeitssystem und es bilden sich Pufferbestände. Der Zustand III beschreibt den Überlastbereich. Mit dem Ziel der Erreichung einer maximal möglichen Leistung wird ein extrem hohes Bestandsniveau in Kauf genommen.



a) Typische Betriebszustände an einem Arbeitssystem



© IFA C0880B

b) Darstellung der Betriebszustände in Produktionskennlinien

Abbildung 2-4: Ableitung der Produktionskennlinie aus dem Durchlaufdiagramm [NYH03]

Die resultierenden Leistungen und Reichweiten in Abhängigkeit vom Bestand sind in Abbildung 2-4 b dargestellt. Ergänzt man diese Betriebspunkte um weitere Messpunkte und verbindet diese, so erhält man den grundlegenden Verlauf einer Produktionskennlinie. Die Wechselwirkung zwischen Bestand und Leistung des Arbeitssystems

tems wird durch die Reichweitenkennlinie abgebildet. Dieser Zusammenhang wird mathematisch durch die bereits oben erläuterte Trichterformel beschrieben (Gleichung 2-1). Oberhalb des Übergangsbereichs (Zustand II) steigt die Reichweite proportional zu dem Bestandsniveau an (Zustand III), unterhalb des Übergangsbereichs strebt die Reichweite gegen einen Minimalwert. Dieser wird durch die Durchführungszeit (Auftragszeit dividiert durch die verfügbare Kapazität) sowie eventuell prozessbedingte Liegezeiten und die Transportzeit gebildet.

Der Verlauf der Leistungskennlinie nähert sich einem Grenzwert, der die maximal mögliche Leistung eines Arbeitssystems angibt. Im Idealfall ist dies die maximale Kapazität des betrachteten Systems, die aber nur unter bestimmten Ausgangsvoraussetzungen erreicht werden kann. Dieser Leistungsgrenzwert wird bereits bei einem bestimmten Bestandsniveau nahezu erreicht (Zustand II). Erhöht sich der Bestand weiter, ändert sich die Leistung nur noch marginal (Zustand III). Reduziert sich der Bestand, kann es zu Arbeitsunterbrechungen und somit zu Leistungseinbußen kommen, die durch fehlende Arbeitsinhalte verursacht werden (Zustand I). Die Leistung sinkt dann gegebenenfalls auf den Wert Null. Mit steigendem Bestand vor dem Arbeitssystem kann die Leistung bis zur maximalen Auslastung ansteigen. Ist die maximale Auslastung erreicht, steigt nicht nur der Bestand, sondern auch die Reichweite (respektive die Durchlaufzeit) proportional an.

Die Kurve kann durch eine mathematische Näherung bestimmt werden. Im Folgenden soll nun auf die Berechnung der Leistungs- und Reichweitenkennlinie eingegangen werden, die von einer idealisierten Betrachtung der Abläufe an einem Arbeitssystem ausgeht. Dabei wird ein Arbeitssystem kontinuierlich über einen eigenen Bestandspuffer mit Arbeit versorgt, die vom Arbeitssystem direkt nach der Ankunft abgearbeitet wird. Sobald ein Auftrag das System nach der Bearbeitung verlassen hat, wird das System umgehend mit einem neuen Fertigungsauftrag versorgt. Bei dieser idealisierten Betrachtung befindet sich zur Erhaltung der Vollaustattung nur genau der Fertigungsauftrag im Bestand des Arbeitssystems, der gerade bearbeitet wird. Über eine hinreichend lange Periode betrachtet ergibt sich aus dem Mittelwert der Arbeitsinhalte der ideale mittlere Bestand mittels Gleichung 2-2, der auch als idealer Mindestbestand (MB_{\min}) bezeichnet wird. Der ideale Mindestbestand wird alternativ durch den Mittelwert und die Standardabweichung der Auftragszeit errechnet [NYH03]:

$$MB_{\min} = \frac{\sum_{i=1}^n (ZAU_i \cdot ZAU_i)}{\sum_{i=1}^n ZAU_i} + ZTR_m = ZAU_m + \frac{ZAU_s^2}{ZAU_m} + ZTR_m \quad \text{Gl. 2-2}$$

- mit: MB_{\min} : idealer Mindestbestand [Std]
 n : Anzahl Arbeitsvorgänge [-]
 ZAU_i : Auftragszeit je Arbeitsvorgang [Std]
 ZAU_m : mittlere Auftragszeit der Arbeitsvorgänge [Std]
 ZAU_s : Standardabweichung der Auftragszeit [Std]
 ZTR_m : mittlere Transportzeit zwischen zwei Arbeitsvorgängen [Std]

Die mittlere Transportzeit (ZTR_m) wird nur dann in der Gleichung berücksichtigt, wenn der Transportvorgang grundsätzlich in der Kennlinie abgebildet werden soll und während des Transportvorgangs Bestand gebunden wird.

Neben dem idealen Mindestbestand, das heißt dem Betriebspunkt des Arbeitssystems, in dem die Vollauslastung mit einem möglichst geringen Bestand erreicht werden kann, muss die größtmögliche Leistung (L_{\max}) des Arbeitssystems ermittelt werden. Diese wird durch Subtraktion der einschränkenden Kapazitätsfaktoren (wie beispielsweise Störungszeiten, Wartung, Urlaub, Krankheit usw.) von der theoretisch möglichen Leistung gebildet [NYH03]. Diese verbleibende Kapazität wird durch bestandsbedingte Verluste weiter eingeschränkt.

Mit den Werten für die maximale Leistung sowie dem idealen Mindestbestand kann nun die ideale Kennlinie erstellt werden. Sobald der mittlere Bestand größer ist als der ideale Mindestbestand (MB_{\min}) entspricht die Leistung konstant der maximalen Leistung des Arbeitssystems. Bei Bestandswerten kleiner als der ideale Mindestbestand treten proportional zur Bestandsveränderung Leistungseinbußen auf.

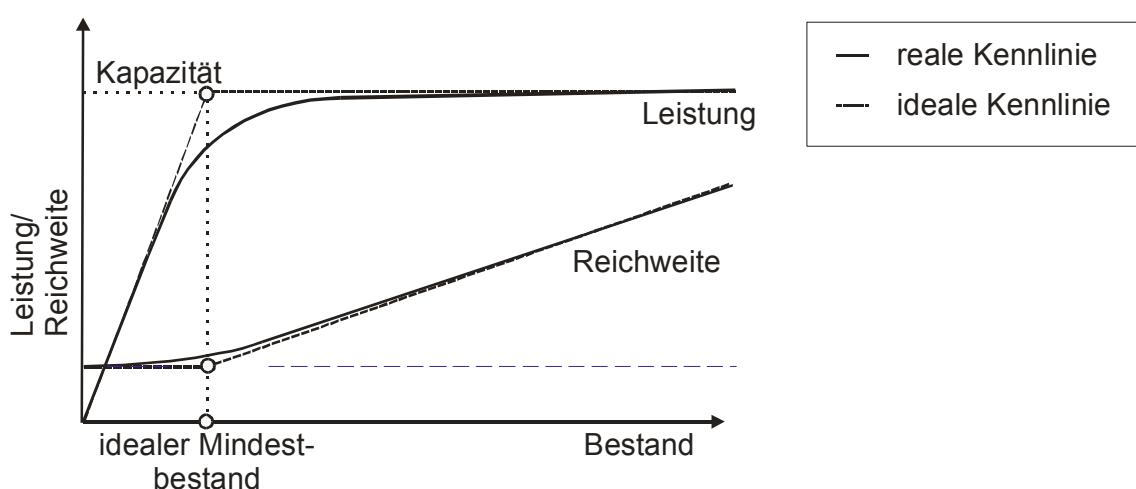


Abbildung 2-5: Verlauf einer idealen und einer realen Produktionskennlinie (Quelle: IFA)

Die bei der Herleitung der idealen Kennlinie (Abbildung 2-5) angenommenen Rahmenbedingungen sind in der Praxis nicht alle gegeben, sie geben jedoch den Rahmen vor, in dem sich die reale Kennlinie bewegt [YU01]. Die spezifische Ausprägung der realen Kennlinien hängt von Einflussfaktoren, wie beispielsweise dynamisch entstehenden Engpässen bei miteinander verbundenen Arbeitssystemen und daraus resultierenden ungleichmäßigen Auftragszugängen, ab. Zusätzlich existiert bei der realen Kennlinie kein klar definierter Abknickpunkt, sondern ein fließender Abknickbereich. Für die Praxis resultiert daraus, dass ein höheres Niveau für den Mindestbestand notwendig ist, um mögliche Leistungseinbußen zu vermeiden.

Die Berechnung der realen Kennlinie erfolgt nach Nyhuis mittels einer affinen Transformation einer C-Norm-Funktion und wird in der parametrisierten Form in Gleichung 2-3 dargestellt. Für eine detaillierte Herleitung der Gleichung und ihrer Parameter wird auf die einschlägige Literatur von Nyhuis [NYH91, NYH03] verwiesen.

$$\begin{aligned} B_m(t) &= BI_{\min} \cdot \left(1 - \left(1 - \sqrt[4]{t}\right)^4\right) + MB_{\min} \cdot \alpha \cdot t \\ L_m(t) &= L_{\max} \cdot \left(1 - \left(1 - \sqrt[4]{t}\right)^4\right) \end{aligned} \quad \text{Gl. 2-3}$$

mit: $B_m(t)$: Mittlerer Bestand [Std]
 MB_{\min} : idealer Mindestbestand [Std]
 α_1 : Streckfaktor [-] (in den meisten Fällen 10)
 $L_m(t)$: mittlere Leistung [Std/BKT]
 L_{\max} : maximal mögliche Leistung [Std/BKT]
 t : Laufvariable [-] ($0 \leq t \leq 1$)
 AB : Abgang [h]

Durch die Visualisierung der Wirkzusammenhänge zwischen dem Bestand, der Durchlaufzeit (Reichweite) sowie der Auslastung an einem betrachteten Arbeitssystem können Kennlinien einen wesentlichen Beitrag zur Bestimmung von Soll-Werten liefern. Einerseits wird das Leistungspotenzial bezogen auf die einzelnen Kennzahlen dargestellt und andererseits werden die bestehenden Zusammenhänge zwischen konkurrierenden logistischen Zielgrößen abgebildet. So wird beispielsweise deutlich, welchen Einfluss ein geplanter Soll-Wert für den Bestand auf die Durchlaufzeit (Reichweite) sowie die Auslastung hat.

2.3.3 Lagerkennlinie

Das Lagerdurchlaufdiagramm ist ein weiteres grundlegendes Beschreibungsmodell der Logistik, das bei Beschaffungs- und Lagerhaltungsprozessen den Zusammen-

nien werden als Grundlage nicht auftragsinhaltspezifische, sondern artikelspezifische Durchlaufdiagramme für das Lager verwendet.

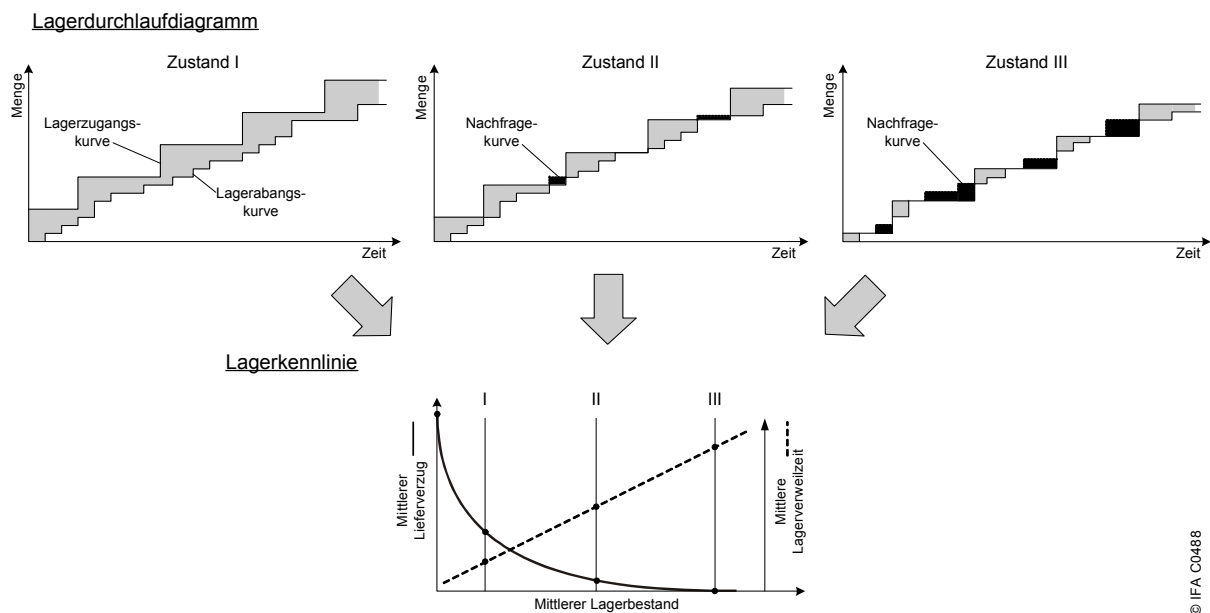


Abbildung 2-7: Ableitung der Lagerkennlinie aus dem Lagerdurchlaufdiagramm [GLÄ95, NYH03]

Zur Herleitung werden verschiedene stationäre Betriebszustände aufgetragen und durch eine Kurve verbunden. Nachfolgend sollen drei exemplarische Betriebszustände näher erläutert werden. Nähert sich der Lagerbestand gegen das Bestandsniveau Null, können die meisten Nachfragen nicht bedient werden und es treten häufig Fehlmengen auf (Zustand I). Verlaufen Zugangs- und Abgangskurve annähernd parallel, werden die meisten Nachfragen bedient und es treten nur gelegentlich Fehlmengen auf (Zustand II). Ist der Lagerbestand so hoch, dass alle Nachfragen unmittelbar bedient werden können, treten keinerlei Lieferverzögerungen auf (Zustand III). Auf eine mathematische Herleitung wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit verzichtet und auf die Literatur von Gläßner [GLÄ95] und Nyhuis [NYH03] verwiesen.

Als Randbedingung für die mathematische Herleitung der idealen Lagerkennlinie wird von einem kontinuierlichen Lagerabgang in diskreten und endlichen Losen sowie einem störungsfreien Lagerzugang ohne Planabweichungen ausgegangen. Diese idealen Rahmenbedingungen sind in der industriellen Praxis nicht vorzufinden. Reale Prozesse werden durch Störungen wie Mengen- und Terminabweichungen sowohl im Lagerzugang, beispielsweise durch eine nicht ausreichende logistische Leistung der Lieferanten (z. B. durch Lieferverzug, Unterlieferung etc.), als auch im Lagerabgang, (z. B. durch Termin- und Mengenveränderungen der Kunden) beeinflusst. Diese ungeplanten Einflüsse können sowohl einzeln als auch in Kombination auftre-

ten. Ein weiterer signifikanter Einflussfaktor ist die Tatsache, dass Lagerzugänge und Lagerabgänge nicht kontinuierlich, sondern in diskreten Losen erfolgen. Deshalb werden mit dem Ziel der Sicherstellung der Lieferfähigkeit und der Vermeidung von Lieferverzügen Sicherheitsbestände vorgehalten. Die reale Lagerkennlinie ist in Abbildung 2-8 im Vergleich zu der idealen Kennlinie dargestellt.

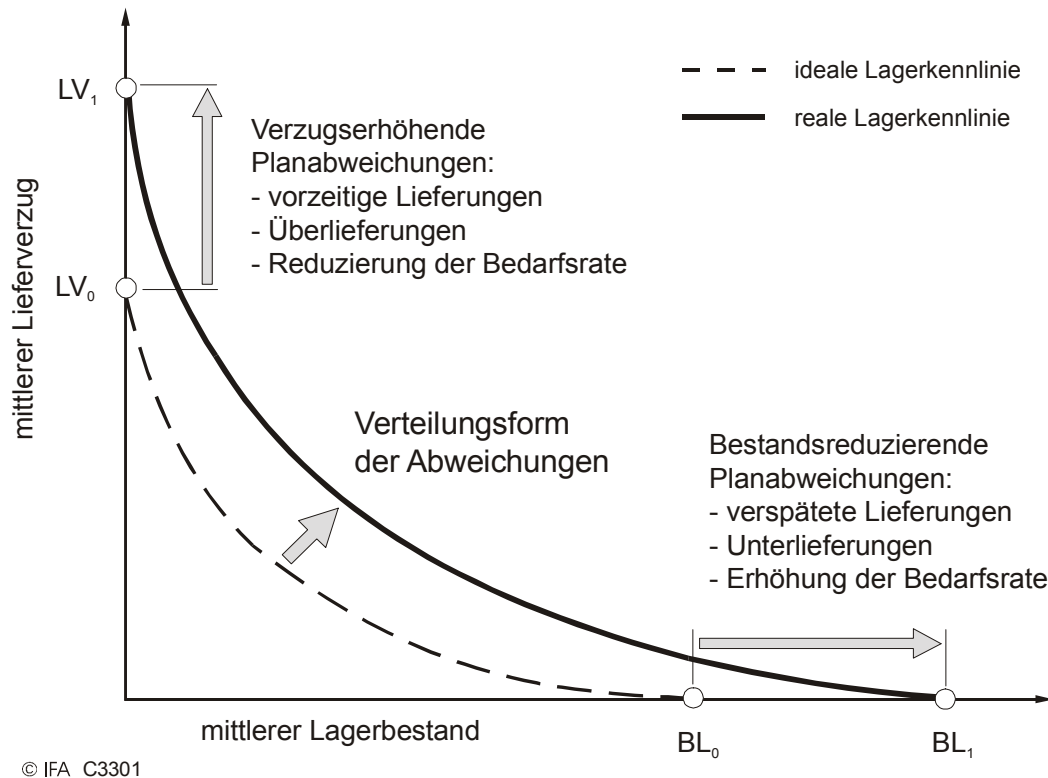


Abbildung 2-8: Darstellung der realen und der idealen Lagerkennlinie [NYH03]

Die beschriebenen Planabweichungen verursachen eine Erhöhung der entsprechenden Sicherheitsbestände, die reale Kennlinie wird deshalb im Vergleich zu der idealen Kennlinie in die positive x-Richtung gestreckt. Eine Streckung der Kennlinie in die positive y-Richtung tritt auf, wenn trotz der bestandserhöhenden Maßnahmen der Bestand gleich Null wird und Lieferverzüge eintreten. Es muss allerdings erwähnt werden, dass der berechnete Bestand BL_1 den Fall abbildet, bei dem alle möglichen negativen Einflüsse zum gleichen Zeitpunkt eintreten.

Der Berührungspunkt der idealen Kennlinie mit der Abszisse ist die mittlere Lagerzugangsmenge oder Lagerzugangsmenge (BL_0), die den Grenzwert repräsentiert, bei dem gerade keine Lieferverzüge mehr auftreten. Der Berührungspunkt der idealen Kennlinie mit der Ordinate ist der sogenannte Grenzlieferversuch (LV_0).

Mittels der Lagerkennlinie und der damit gewonnenen Kenntnisse über die Zusammenhänge der Zielgrößen Lieferverzug und Lagerbestand können das logistische

Potenzial eines Lagers abgeschätzt und mögliche Maßnahmen bewertet werden. Abhängig von den logistischen Anforderungen an einen Kunden, kann somit durch eine maßvolle Erhöhung oder Senkung des Bestandes zwischen zwei Lieferketten-elementen auf die geforderte logistische Leistungsfähigkeit hinsichtlich der Lieferzeit und Liefertreue reagiert werden.

2.4 Kennzahlen als Grundlage zur Bewertung der Logistik

Mit Hilfe von Kennzahlen kann die Leistungsfähigkeit von Unternehmen und Lieferketten hinsichtlich der Erfüllung der Kundenwünsche gemessen und damit die Grundlage für eine kontinuierliche Verbesserung gelegt werden. In der Literatur wird eine Vielzahl von Kennzahlen zur Messung der Kundenwünscherfüllung diskutiert und vorgestellt [VDI00, SCH95, SYS90, HOR98, WEB02, WIL97, ZVE88], wobei im Rahmen dieser Arbeit nur eine zielführende Auswahl im Hinblick auf die Bewertung von Lieferketten berücksichtigt wird.

In diesem Abschnitt erfolgt zunächst eine Erläuterung der grundlegenden Kennzahlenarten. Im Anschluss wird auf wichtige Kennzahlensysteme eingegangen, wobei ein Schwerpunkt auf Kennzahlensysteme zur Bewertung der Logistikleistung liegt. Abschließend werden die wesentlichen Kennzahlendefinitionen im Kontext von Lieferketten dargestellt.

2.4.1 Kennzahlenarten

Grundsätzlich untergliedert man Kennzahlen, wie in Abbildung 2-9 dargestellt, in Absolut- und Relativzahlen [SYS90, STR00]. Eine Absolutzahl benennt den Wert einer bestimmten Kenngröße, ohne diese im Vergleich zu anderen Kenngrößen zu bewerten. Sie können aus Einzelzahlen, Summen oder Differenzen dargestellt werden. Ein Beispiel dafür ist die Anzahl termintreuer Lieferungen eines Unternehmens.

Relativzahlen treten hingegen als Gliederungs-, Beziehungs- und Indexzahlen auf. Gliederungszahlen geben den Anteil einer Größe (z. B. termintreue Lieferungen) an einer Gesamtmenge (z. B. Gesamtzahl der Lieferungen) an. Beziehungszahlen setzen zwei verschiedenartige, jedoch sachlich zusammenhängende Größen zueinander in Verhältnis (z. B. Kosten des Wareneingangsbereiches zur Gesamtanzahl der Wareneingänge). Indexzahlen setzen gleichartige, aber zeitlich oder örtlich verschiedene Größen zueinander in Beziehung (z. B. Preisindex als Verhältnis von aktuellem Preis zum Basispreis).

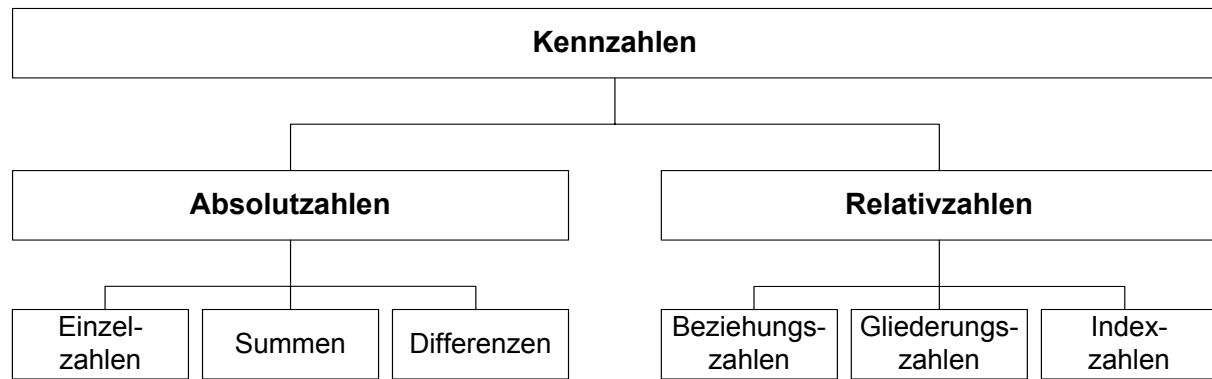


Abbildung 2-9: Kennzahlenarten [STR00]

Im Rahmen einer innerbetrieblichen Kennzahlenerhebung können alle genannten Kennzahlenarten verwendet werden. Beim unternehmensübergreifenden Vergleich hingegen werden Relativzahlen und hierbei vor allem Gliederungs- und Beziehungszahlen bevorzugt angewandt [STR00]. Durch den Bezug auf eine definierte Basisgröße lassen sich über Relativzahlen unterschiedliche Unternehmen besser miteinander vergleichen. Die Absolutzahl „Anzahl liefertreuer Lieferungen“ hat beispielsweise gegenüber der Gliederungszahl „Anteil der liefertreuen Lieferungen an der Gesamtzahl der Lieferung“ nur einen geringen Aussagewert.

2.4.2 Kennzahlensysteme

Mit Einzelkennzahlen alleine lässt sich ein gesamter Prozess nicht umfassend bewerten, da es in der Logistik mehrere, zum Teil konkurrierende Ziele gibt (vgl. Abschnitt 2.2), die sich auch nur schwer quantitativ darstellen lassen [STR00]. Daher werden zur Bewertung von logistischen Prozessen immer mehrere Kennzahlen betrachtet und in einem Kennzahlensystem im Kontext bewertet. Ein Kennzahlensystem ist nach Reichmann die „Zusammenstellung von quantitativen Variablen, wobei die einzelnen Kennzahlen in einer sachlich sinnvollen Beziehung zueinander stehen, einander ergänzen oder erklären und insgesamt auf ein gemeinsames, übergeordnetes Ziel ausgerichtet sind. Durch die Ordnung und systematische Struktur der Kennzahlen wird ihre Beziehung zueinander wiedergegeben und die Möglichkeit zur individuellen Interpretation eingeschränkt“ [REI95]. Bei Kennzahlensystemen werden von einem übergeordneten Oberziel operationale Unterziele abgeleitet, die miteinander in verschiedenen Beziehungen stehen. Abhängig von der Struktur lassen sich Kennzahlensysteme in Rechen-, Ordnungs- und Zielsysteme unterscheiden, die nun kurz erläutert werden sollen (vgl. u. a. [REI95, SYS90]).

Bei *Rechensystemen* werden Basiskennzahlen durch die Anwendung von mathematischen Regeln und Transformationen so miteinander verknüpft, dass alle erhobenen Komponenten in einer Spitzenkennzahl resultieren. Durch die Verknüpfung der

Kennzahlen können der Einfluss bzw. die Auswirkungen der Veränderung einer Kennzahl auf diese Spitzenkennzahl erkannt werden. Beispiele für typische Spitzenkennzahlen sind der Return on Investment (ROI) oder die Eigenkapitalrendite. Die Anwendbarkeit der Rechensysteme beschränkt sich auf weniger komplexe Sachverhalte, bei denen qualitative Aspekte eine untergeordnete Rolle spielen.

Mit *Ordnungssystemen* können Kennzahlen in Beziehung zueinander gesetzt werden, um Sachverhalte systematisch und möglichst vollständig zu erfassen. Um dies zu erreichen, wird oftmals eine große Anzahl an Kennzahlen erhoben, wobei es nicht notwendig ist, dass zwischen den Kennzahlen eine mathematische Beziehung oder hierarchische Struktur besteht. Bedingt durch die große Anzahl der benötigten Kennzahlen ist die Datenerhebung und Handhabung von Ordnungssystemen unter Umständen sehr aufwändig.

Zielsysteme werden als Erweiterung der Ordnungssysteme betrachtet, da eine Strukturierung der Kennzahlen nach übergeordneten Zielen erfolgt. Dieses übergeordnete Ziel wird in untergeordnete, quantifizierbare Teilziele zerlegt. Wenngleich grundsätzlich eine Wechselbeziehung zwischen den Kennzahlen zweier benachbarter Ebenen besteht, muss die Verknüpfung nicht notwendigerweise quantifizierbar sein. Bedingt durch die Hierarchie der Kennzahlen ist eine Top-Down Analyse mit der einhergehenden Reduzierung der betrachteten Kennzahlen möglich. Obwohl eine genaue Aussage über den potenziellen quantitativen Einfluss einer Kennzahlenveränderung auf die Zielerreichung nicht möglich ist, können doch systematische Ansatzpunkte identifiziert werden.

2.4.3 Kennzahlensysteme zur Bewertung der Logistik

In einer Studie der WHU wurden etwa einhundert Unternehmen zu dem Realisierungsstand ihrer Logistikkennzahlen befragt. Die Befragung ergab folgende Ergebnisse [WEB02]:

- Fast alle Unternehmen haben den Wunsch nach einem Logistik-Kennzahlensystem.
- Etwa 20 % der Unternehmen gaben an, ein in sich geschlossenes Logistik-Kennzahlensystem anzuwenden, wobei fast alle dieser Anwender einen Veränderungs- und Weiterentwicklungsbedarf identifiziert haben.
- Die von den Unternehmen identifizierte Bedeutung der Kennzahlen stimmt nicht mit der tatsächlichen Erhebung überein. In Abbildung 2-10 repräsentiert die Reihenfolge der Kennzahlen (von links nach rechts) die Relevanz, die der jeweiligen

Kennzahl von den Unternehmen beigemessen wurde. Es wird dabei deutlich, dass sich die Erhebung der Kennzahlen eher an der Einfachheit der Erhebung als an deren Relevanz orientiert [WEB02].

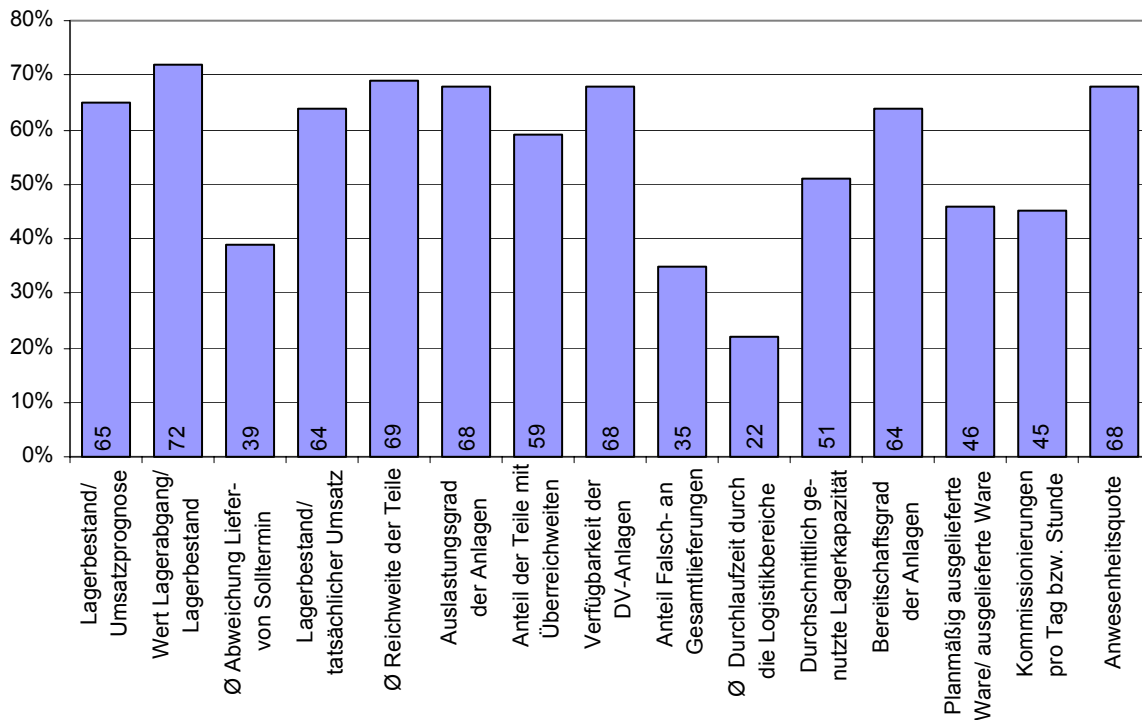


Abbildung 2-10: Anwendungsgrad von Kennzahlen in Unternehmen (Darstellung enthält nur die 15 wichtigsten Nennungen) [WEB02]

Kennzahlen zur Bewertung der Logistik wurden verstärkt seit dem Beginn der 80er-Jahre entwickelt [LOO96, PFO00, STA85, SYS90, ULL94, VDI00, WEB95, WOL97]. Die Ansätze decken häufig neben rein produktionslogistischen Aspekten auch Bereiche der Materialwirtschaft und Qualitätserreichung ab. Die nachfolgend vorgestellten Kennzahlen nach Reichmann [REI95], Schulte [SCH95], LogiBEST [VDI00] sowie dem SCOR-Modell [SCC01] haben einen bereichsübergreifenden Charakter.

Reichmann entwickelte 1985 Kennzahlen zur Wirtschaftlichkeitskontrolle der Logistik. Als zentrale Kenngrößen für das Logistik-Controlling führt er die Umschlagshäufigkeit, die Gesamtlogistikkosten pro Umsatzeinheit und den Lieferbereitschaftsgrad an [REI95]. Diese zentralen Kenngrößen werden auf einer zweiten Stufe in die Bereiche Materialwirtschaft, Fertigungslogistik und Absatzlogistik differenziert. Die Kennzahlen von Reichmann entsprechen einer stark funktional orientierten Sichtweise der Logistik. Durch die Festlegung von Spitzenkennzahlen und die Hierarchisierung der Kennzahlen in drei Ebenen haben die Kennzahlen prinzipiell den Charakter eines Zielsystems. Bei der Festlegung der Kennzahlen wurde auf eine detaillierte Definition der einzelnen Kennzahlen verzichtet. Als Folge müssen zur Erhebung der Kennzahlen

noch Festlegungen bezüglich der einzelnen Kennzahlen (z. B. Abgrenzung der Transportkosten, Festlegung von Soll-Terminen etc.) direkt im Unternehmen erfolgen.

Schulte strukturiert seine Logistikkennzahlen zur Bewertung der Logistikleistung in Form einer Matrix [SCH95]. Diese Matrix gliedert er nach Kennzahlenarten (Produktivitätskennzahlen, Wirtschaftlichkeits- und Qualitätskennzahlen) und nach Logistikfunktionen (Beschaffung, Materialfluss, Transport, Produktionsplanung und -steuerung). Weiterhin werden Struktur- und Rahmenkennzahlen voneinander unterschieden. In dem von Schulte vorgeschlagenen Ordnungssystem existiert keine Spitzenkennzahl oder eine zielorientierte Hierarchisierung der Kennzahlen. Aufgrund der hohen Anzahl an Kennzahlen (ca. 150) können interessierte Unternehmen häufig nur eine Auswahl der Kennzahlen umsetzen. Zur Implementierung ist, vergleichbar dem Ansatz von Reichmann, eine detaillierte Definition der Kennzahlen durchzuführen.

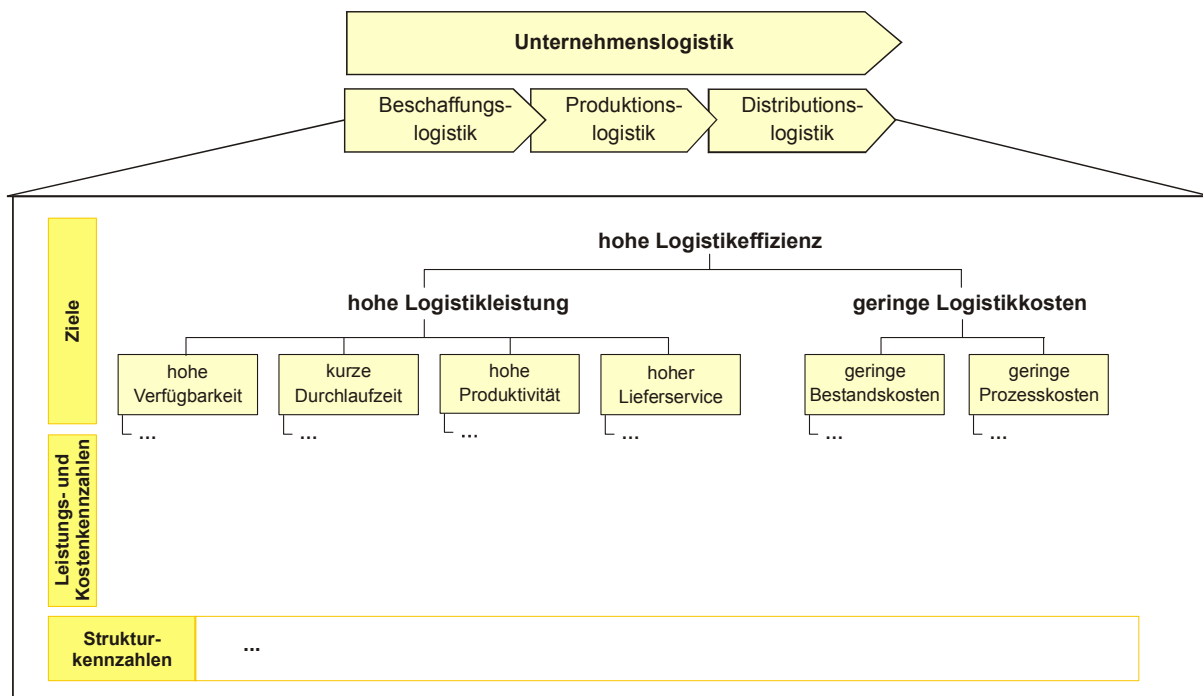


Abbildung 2-11: Struktur des Kennzahlensystems nach LogiBEST [COL02]

Die Kennzahlen nach *LogiBEST* orientieren sich an einem prozessorientierten Ansatz und sind in die Bereiche Beschaffung, Produktion und Distribution (vgl. Abbildung 2-11) gegliedert. Sie decken somit die komplette logistische Kette eines Produktionsunternehmens ab [COL03, STR00, VDI00]. Die Kennzahlen sind in einem Zielsystem strukturiert, wobei den Kosten- und Leistungszielen der Logistik jeweils die wichtigsten Kennzahlen zugeordnet werden. Im Wesentlichen werden Kennzahlen zur Messung des Lieferservice, der Durchlaufzeit, der Produktivität, der

Prozesskosten sowie zur Messung der Bestände definiert. Am Beispiel der Produktionslogistik sind die Kennzahlen in Abbildung 2-12 dargestellt.

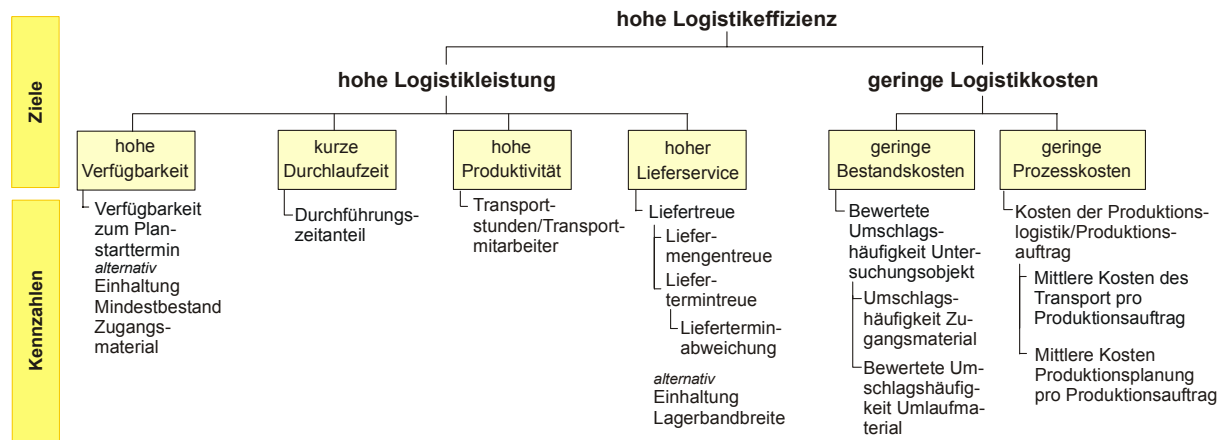


Abbildung 2-12: Kennzahlen der Produktionslogistik (nach VDI [VDI00])

Fokus der Entwicklung des Kennzahlensatzes ist die Eignung für branchenübergreifende Benchmarkinguntersuchungen. Demzufolge wurden die Kennzahlen, mit Ausnahme der Strukturkennzahlen, als Relativzahlen definiert. Bezeichnend ist einerseits die hohe Anzahl an Kennzahlen und andererseits ein sehr hoher Detaillierungsgrad bei der Definition der Kennzahlen – die allerdings eine gute Vergleichbarkeit der Partner beim Benchmarking sichergestellt. LogiBEST vernachlässigt Kennzahlen aus anderen betroffenen Unternehmensbereichen, wie z. B. finanzwirtschaftliche oder technologische Kennzahlen (Ausschuss, Nutzgrad der Anlagen, Auslastung etc.). Die Ergebnisse von LogiBEST sind die Grundlage der VDI-Richtlinie 4400 [VDI00].

Das SCOR-Modell (Supply Chain Operations Reference Model) ist ein Prozessreferenzmodell zur Abbildung und Analyse von Wertschöpfungsketten [SCC01, SCC03], das in Abschnitt 3.1.4 näher dargestellt wird. Zur Analyse der Leistungsfähigkeit wird ein umfangreicher Kennzahlenkatalog auf verschiedenen Betrachtungsebenen zur Verfügung gestellt. Die Kennzahlen lassen sich einer der fünf Zielkategorien Liefertreue, Durchlaufzeit, Flexibilität, Kosten und eingesetztes Vermögen zuordnen. Der Schwerpunkt des SCOR-Modells liegt auf der Bewertung von Geschäftsprozessen in der Lieferkette. Es ist anzumerken, dass die Definitionen der Kennzahlen des SCOR-Modells nur sehr allgemein definiert sind und deshalb im Anwendungsfall noch detailliert ausformuliert werden müssen, um ihre Vergleichbarkeit gewährleisten zu können.

2.4.4 Grundlegende Kennzahlen der Logistik von Lieferketten

Die im Rahmen dieser Arbeit verwendeten logistischen Kennzahlen orientieren sich im Wesentlichen an den LogiBEST-Kennzahlen sowie der VDI-Richtlinie 4400

[VDI00], die in Abschnitt 2.4.3 beschrieben wurden. Diese Kennzahlen können in Abhängigkeit von der Aufgabenstellung dann gegebenenfalls um Kennzahlen des SCOR-Modells (vgl. Abschnitt 2.4.3 und Abschnitt 3.1.4) oder um andere Kennzahlen ergänzt werden.

Wesentliches Ziel bei der Betrachtung der Logistik von Lieferketten ist die bedarfsgerechte und wirtschaftliche Versorgung der einzelnen Lieferkettenelemente, die sich durch eine hohe Lieferbereitschaft bei gleichzeitig möglichst geringen Logistikkosten definiert. Dabei beschreibt die Lieferbereitschaft die Fähigkeit des Lieferanten, die Kundenbedarfe zu erfüllen, und wird durch die Kennzahlen Liefertreue und Lieferzeit quantifiziert. Die Logistikkosten errechnen sich aus den Kosten für die Kapitalbindung der Bestände sowie den Prozesskosten der Logistikprozesse. Diese grundlegenden Kennzahlen werden im Folgenden näher erläutert.

Liefertreue

Die Liefertreue ist die Fähigkeit eines Lieferanten, die kundenseitig geforderte Ware zum gemeinsam vereinbarten Liefertermin in der geforderten Menge und Qualität bereitzustellen (anzuliefern). Als Kunde kann bei dieser Definition sowohl ein unternehmensexterner als auch ein unternehmensinterner Prozess beliefert werden [LUC00, STR00].

Die Liefertreue wird folgendermaßen definiert:

$$LT = \frac{LS}{ML_N} \cdot 100 \quad \text{Gl. 2-4}$$

mit: LT : Liefertreue [%]
LS : Menge der liefertreuen Lieferungen im Auswertungszeitraum [ME]
ML_N : Gesamtliefermenge im Auswertungszeitraum [ME]]

Im Zusammenhang mit der Liefertreue ist die Definition des Zeitlimits, ab dessen Überschreitung eine Lieferung als nicht mehr liefertreu gilt, kritisch zu betrachten. Dieses Zeitlimit ist in vielen Unternehmen unterschiedlich definiert und muss vor einer vergleichenden Untersuchung einheitlich definiert werden.

Lieververzug

Mit der oben beschriebenen Kenngröße Liefertreue lassen sich keine Aussagen über die zeitliche und mengenmäßige Größenordnung der nicht liefertreuen Bereitstellungen

gen (Lieferungen) treffen. Um diese Bewertung zu ermöglichen, wird der mittlere oder gewichtete Lieferverzug verwendet. Der Lieferverzug beschreibt die zeitliche Verzögerung der tatsächlichen Lieferung (Ist-Termin) gegenüber dem Soll-Termin. Der mittlere Lieferverzug (LV_m) berechnet sich dabei durch die Summe der Produkte aus der Verzögerung einer Lieferung (Fehlzeit) und der Losgröße der Lieferung (Fehlmenge), das durch die Gesamtliefermenge des betrachteten Produkts im Untersuchungszeitraum dividiert wird [LUT02]:

$$LV_m = \frac{\sum_{i=1}^n (MLF_i \cdot ZF_i)}{ML_N} \quad \text{Gl. 2-5}$$

- mit: LV_m : mittlerer Lieferverzug [BKT]
 MLF_i : Fehlmenge einer Lieferung [ME]
 ZF_i : Fehlzeit einer Lieferung [BKT]
 ML_N : Gesamtliefermenge im Auswertungszeitraum [ME]
 n : Anzahl verspäteter Lieferungen

Der Lieferverzug ist gemäß der Berechnungsgleichung eine kombinierte mengen- und zeitbezogene Größe, die somit eine Beschreibung der Auswirkungen von Fehlmengensituationen auf die nachfolgenden Stufen in einer Lieferkette ermöglicht [FAS97, LUT02].

Lieferzeit

Die Lieferzeit ermittelt sich aus dem Zeitraum, der nach der Erteilung eines Auftrags (Bestellauslösung) vergeht, bis die Ware beim Kunden (Wareneingang) verfügbar ist. In diesem Zusammenhang sind auch noch die Kennzahlen Durchlaufzeit und Wiederbeschaffungszeit relevant. Die Durchlaufzeit ist die Zeitspanne vom Wareneingang eines Prozesses bis zur frühestmöglichen Bereitstellung für den nachfolgenden Prozess in der Lieferkette. Die Wiederbeschaffungszeit beschreibt die Zeitspanne zwischen der Bedarfserkennung und der tatsächlichen Verfügbarkeit des Materials [WIE97].

Servicegrad

Der Servicegrad beschreibt die Lieferfähigkeit eines Lieferkettenelements an das nachfolgende Lieferkettenelement, das heißt die Lieferfähigkeit eines Lieferanten an seinen Kunden. Der Servicegrad ist der Prozentsatz termin- und mengengerecht

erfüllter Kundenauftragspositionen bezogen auf alle Kundenaufträge. Diese Definition des Servicegrads berücksichtigt keine Gewichtung der Nachfragen sowie deren Mengen und wird deshalb als der ungewichtete Servicegrad bezeichnet [LUT02].

$$SG = \frac{MLG}{ML_N} \cdot 100 \quad \text{Gl. 2-6}$$

mit: SG : Servicegrad [%]
MLG : Anzahl der termin- und mengengerechten Lieferungen an das nachfolgende Lieferkettenelement [ME]
ML_N : Gesamtliefermenge im Auswertungszeitraum [ME]

Reichweite

Die Kennzahl mittlere Reichweite beschreibt, wie lange der durchschnittliche Bestand eines Lieferkettenelements bzw. eines Arbeitssystems oder Lagers ausreicht, um die durchschnittliche Nachfrage zu bedienen.

$$RL_m = \frac{BL_m}{BR_m} \quad \text{Gl. 2-7}$$

mit: RL_m : mittlere Reichweite des Lagers [BKT]
BL_m : mittlerer Lagerbestand [ME]
BR_m : mittlere Bedarfsrate [ME/BKT]

Wird in die obige Gleichung der vorhandene Lagerbestand und die erwartete zukünftige Nachfrage eingesetzt, so ergibt sich die aktuelle Reichweite. Da bei dieser Betrachtung der zukünftige Bedarf mit berücksichtigt wird, handelt es sich um eine zukunftsbezogene Größe.

Prozesskosten

Die Prozesskosten für die Logistik erfassen die monetären Aufwände der Logistikprozesse in der Lieferkette. Eine Ermittlung dieser Kosten erfolgt durch eine Zuweisung der Logistikkosten zu den entsprechenden Prozessen, wobei sich die Kosten im Wesentlichen aus den Lager- und Kommissionierkosten, Transportkosten und Kosten für die Logistikplanung und –steuerung zusammensetzen. Anschließend müssen die Logistikkosten auf die entsprechenden Kostentreiber bezogen werden. Hierbei ist es gegebenenfalls notwendig, die verschiedenen Arten von Logistikprozessen voneinander abzugrenzen und mittels eines entsprechenden Verrechnungsschlüssels

den entsprechenden Logistikprozessen zuzuordnen [HOR95, KAN02, STR00]. Die Prozesskosten werden durch folgende Gleichung beschrieben:

$$PK_m = \frac{KLP}{MLP} \quad \text{Gl. 2-8}$$

mit: PK_m : mittlere Prozesskosten [GE]
 KLP : Logistikkosten im Untersuchungszeitraum [GE]
 MLP : Anzahl der Logistikprozesse im Untersuchungszeitraum

Bestandskosten

Der Bestand eines Lieferkettenprozesses ist die Differenz zwischen den Materialzu- und -abgängen unter Berücksichtigung des Anfangsbestands (vgl. Abbildung 2-3). Der mittlere Bestand ergibt, multipliziert mit dem artikelspezifischen Verrechnungspreis, die artikelspezifischen mittleren Bestandskosten:

$$BK_{m,Art} = BL_{m,Art} \cdot PV_{Art} \quad \text{Gl. 2-9}$$

mit: $BK_{m,Art}$: artikelspezifische mittlere Bestandskosten [GE]
 $BL_{m,Art}$: mittlerer Bestand des betrachteten Artikels [ME]
 PV_{Art} : artikelspezifischer Verrechnungspreis [GE/ME]

Die daraus resultierenden mittleren Bestandskosten für einen betrachteten Prozess ergeben sich dann aus folgender Gleichung:

$$BK_m = \sum_{i=1}^n BK_{m,Art} \quad \text{Gl. 2-10}$$

mit: BK_m : mittlere Bestandskosten [GE]
 $BK_{m,Art}$: artikelspezifische mittlere Bestandskosten [GE]
 n : Anzahl an gelagerten Artikeln

In der Literatur werden noch weitere Kennzahlen beschrieben, die im Kontext der Lieferkettenlogistik einen Stellenwert haben. Insbesondere die Kennzahlen, die zur Beschreibung der Dynamik verwendet werden, werden in Abschnitt 4.4 näher erläutert.

2.5 Klassifizierung von Artikeln

Aufgrund der häufig vorzufindenden Teilevielfalt und des damit verbundenen Aufwands bei der Betrachtung und Analyse von Produktionssystemen sowie ganzer Lieferketten ist es notwendig; die Produkte zu identifizieren, die einen großen Einfluss auf die Logistik des Gesamtsystems haben. Vor diesem Hintergrund ist eine Gliederung des Artikelspektrums nach logistischen oder betriebswirtschaftlichen Klassifikationsmerkmalen hilfreich [FAS97, LUT02, NYH03]. Die Klassifizierung der Artikel kann unter verschiedenen kontextspezifischen Kriterien erfolgen, die sich beispielsweise an den folgenden Kriterien orientieren:

- Bedarfs- oder Abgangsrate,
- Nachfrage- oder Zugangstermintreue,
- Streuung der Terminabweichung sowie
- Umsatzanteil.

Ein häufig verwendeter Ansatz ist die *ABC-Klassifizierung*, mit deren Hilfe die Artikel gemäß ihres relativen Anteils an der Gesamtmenge oder ihres Umsatzanteils am Gesamtumsatz segmentiert werden [NYH03, BUL88]. Bei der Visualisierung dieser Anteile ergibt sich typischerweise ein Kurvenverlauf, der als Pareto- oder Lorenzkurve (vgl. Abbildung 2-13, links oben) bezeichnet wird [LUT02]. Die ABC-Klassifizierung wird häufig auch zur Gruppierung von Lieferanten eingesetzt; man unterscheidet dann, abhängig vom Umsatzanteil, zwischen A-, B- und C-Lieferanten.

Darüber hinaus können auch andere Methoden helfen, relevante Artikel für logistische Positionierungen zu identifizieren. So ist beispielsweise eine Segmentierung der Artikel hinsichtlich der Lieferzuverlässigkeit der Lieferanten möglich. Diese Unterteilung wird als *UVW-Klassifizierung* bezeichnet und ist exemplarisch im rechten oberen Teil der Abbildung 2-13 dargestellt. Bei dieser Darstellung wird dem relativen Anteil an Artikeln die Streuung der Lieferterminabweichung zugeordnet. U-Artikel zeichnen sich durch pünktliche Lieferungen und W-Artikel durch überwiegend unpünktliche Lieferungen aus, die deshalb ein stetiges Risiko für die Versorgungssicherheit bedeuten [NYH03].

Eine Methode zur Klassifizierung der Lagerabgänge bzw. der Konstanz oder Streuung der Bedarfsrate ist die *RUS-Klassifizierung*, wobei R-Artikel einen regelmäßigen, U-Artikel einen unregelmäßigen und S-Artikel einen sporadischen Lagerabgang repräsentieren (vgl. Abbildung 2-13, links unten). Eine Klassifizierung nach der Vorhersagegenauigkeit des Bedarfs bzw. der Streuung der Bedarfsterminabweichung wird *XYZ-Klassifizierung* genannt (vgl. Abbildung 2-13, rechts unten).

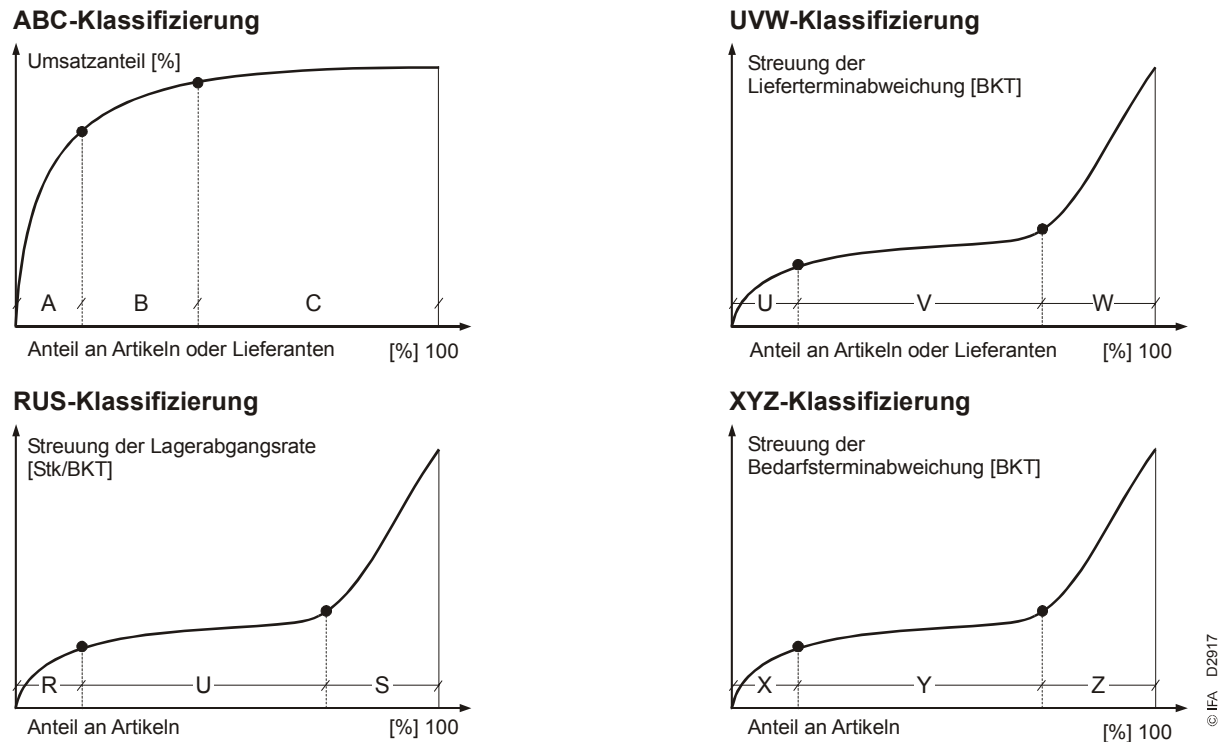


Abbildung 2-13: Methoden der logistischen Klassifizierung von Artikeln und Lieferanten [NYH03]

Damit beispielsweise Maßnahmen zur Prozessverbesserung vorgenommen werden können, kann jede der beschriebenen Methoden einzeln angewandt werden. Abhängig von der Zielstellung und den Analysemethoden für die Durchführung der eigentlichen Logistikanalyse können die oben genannten Methoden aber auch zu einer mehrdirektionalen Klassifizierung kombiniert werden, um etwa die Dispositionsstrategie zu bestimmen [NYH03].

Die verschiedenen Methoden der Klassifizierung von Artikeln können also verwendet werden, um das Artikelspektrum für eine logistische Analyse auszuwählen, welches eine große strategische Relevanz für die gesamte Lieferkette und gleichzeitig ein möglichst großes Potenzial bietet.

2.6 Grundlagen des Qualitätsmanagements

In dem nachfolgenden Abschnitt werden die Grundlagen sowie ausgewählte Methoden des Qualitätsmanagements dargestellt. Diese Verfahren sind hier von Bedeutung, um systematisch Fehlerursachen und Fehlerquellen aufzufinden und deren Auswirkungen auf Wechselwirkungen mit anderen Zielgrößen zu ermitteln. Dies ist insbesondere bei der Betrachtung von komplexen Systemen hilfreich, wenn eine Vielzahl von Faktoren in Wechselwirkung zueinander stehen, wie dies beispielsweise bei der Betrachtung der logistischen Zusammenhänge einer Lieferkette der Fall ist.

2.6.1 Begriffe des Qualitätsmanagements

In der DIN EN ISO 8402 ist der Begriff der Qualität definiert als „Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“. Aus dieser Definition resultiert, dass Qualität keine absolute oder physikalische Größe, sondern die Beschaffenheit einer Einheit hinsichtlich vorgegebener Anforderungen darstellt. Diese Anforderungen sind die Summe vieler Merkmale und Eigenschaften. Abhängig von der Betrachtungseinheit spricht man von der Prozessqualität bei der Betrachtung eines Herstellungsprozesses bzw. von der Produktqualität bei einem Produkt. Die Tätigkeiten, die zur Wahrung eines Qualitätsniveaus notwendig sind, bezeichnet man als Qualitätsmanagement.

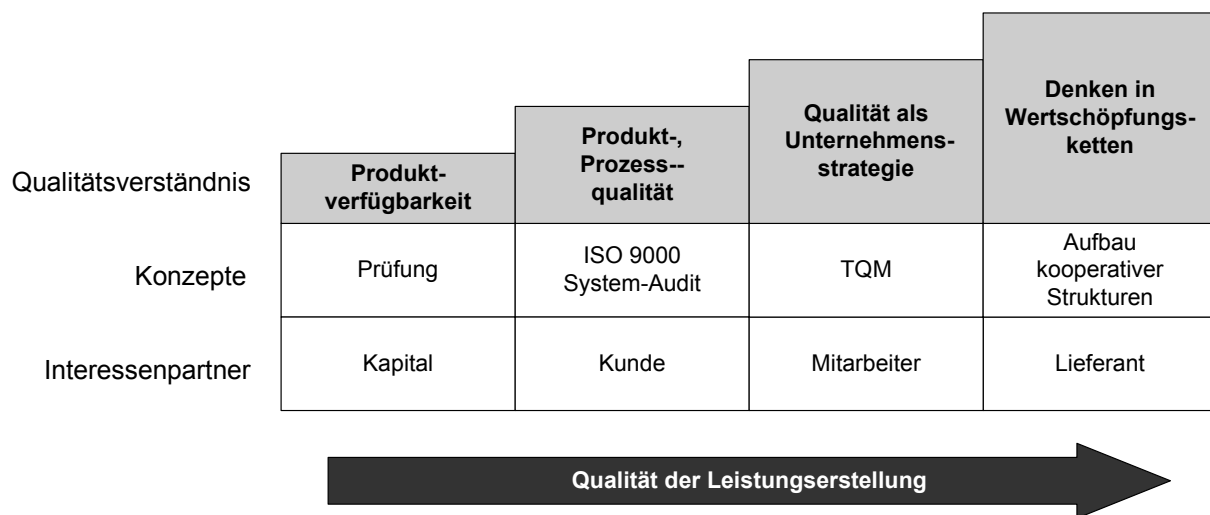


Abbildung 2-14: Qualitätsverständnis im Wandel (in Anlehnung an Pfeifer [PFE96], [KAN02])

Die Entwicklung von einer reinen Produktorientierung der Unternehmen hin zu unternehmensübergreifenden Wertschöpfungssystemen hat auch eine kontinuierliche Erweiterung des Qualitätsverständnisses bewirkt (vgl. Abbildung 2-14). Wurde anfangs hauptsächlich die Sicherstellung der Qualität von materiellen und immateriellen Produkten verfolgt, so gewinnt zunehmend die Berücksichtigung von technologischen und ökonomischen Randbedingungen in den Strukturen der Wertschöpfungskette an Bedeutung. Hierzu zählen die Ziele der Kostenreduzierung, der Einhaltung von definierten Produktmerkmalen, die generelle Verbesserung der Produkteigenschaften sowie des Produktionsprozesses und die Identifikation der Mitarbeiter, Kunden und Lieferanten mit dem Produkt [PFE96].

Die Übertragung der Gedanken des Qualitätsmanagements auf das ganze Unternehmen ist die Basis für die Führungsstrategie des Total Quality Managements (TQM), die Mitarbeiter aller Unternehmensbereiche und Hierarchieebenen einbindet

(vgl. [FEI91, GEI98, MAS88, PFE96]). Bei dieser Managementmethode ist das Erreichen einer hohen Qualität das Hauptziel, an dem alle unternehmensinternen und ggf. auch unternehmensexternen organisatorischen Abläufe ausgerichtet sind. Ziel ist es, durch diese Ausrichtung eine hohe Kundenzufriedenheit zu erreichen, die eine solide Basis für einen langfristigen Geschäftserfolg bildet [ZOL01].

Mit einer zunehmenden Integration der Unternehmen in unternehmensübergreifende Lieferketten gewinnt die Ausweitung der Leitgedanken des Total Quality Managements auf Kunden sowie Lieferanten zunehmend an Bedeutung. Kernidee des Supply-Chain-Managements (SCM) ist die Bildung und der Ausbau vertrauensvoller unternehmensübergreifender Partnerschaften. Im Rahmen des Qualitätsmanagements werden Instrumente zur Verfügung gestellt, die eine standardisierte, international einheitliche Bewertung von Kunden und Lieferanten ermöglichen. Ein Qualitätssaudit unter Nutzung von genau definierten einheitlichen Kriterien mit abschließender Zertifizierung soll sicherstellen, dass Lieferanten den gestellten Kundenanforderungen gerecht werden [CHR95, VDA98]. Betrachtungsgegenstand sind dabei die Produkt-, Prozess sowie die Systemqualität.

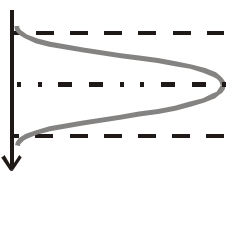
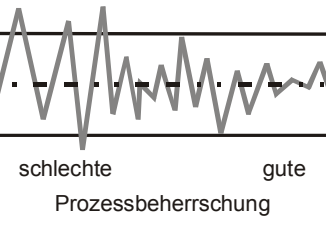
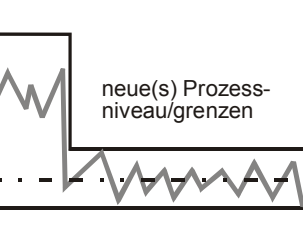
Funktion	<i>Planen</i>	<i>Lenken/Sichern</i>	<i>Verbessern</i>
Definition	Identifikation, Klassifikation und Gewichtung von Qualitätsmerkmalen sowie Festlegung ihrer Grenzwerte und Toleranzbereiche	Überwachung des Prozesses und Beseitigung von Ursachen nicht zufrieden stellender Leistung zur Schaffung von Vertrauen	Erhöhung der Effektivität und Effizienz der Prozesse zur Erzielung von Nutzen für das Unternehmen und den Kunden
Ziel	<p style="text-align: center;">Prozessplanung</p> 	<p style="text-align: center;">Prozessdurchführung</p> 	<p style="text-align: center;">Prozessverbesserung</p> 
Methoden	<ul style="list-style-type: none"> • Kundenorientierte Produkt- und Prozessplanung • Fehlermöglichkeits- und -einflussanalyse • Versuchsplanung • Modellierung von Prozessketten 	<ul style="list-style-type: none"> • Statistische Prozesslenkung • Logistikaudits • Logistikmonitoring • Störungsmanagement 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitätszirkel • Sieben Werkzeuge (Ishikawa-Diagramm, Paretoanalyse, ...) • Kontinuierlicher Verbesserungsprozess

Abbildung 2-15: Funktionen des Qualitätsmanagements in der Logistik [REI02]

Die prinzipiellen Gedanken des Qualitätsmanagements, nämlich die Einhaltung von Toleranzen und Grenzwerten, lassen sich auch auf die Produktionslogistik übertragen. In Anlehnung an die oben erwähnte DIN EN ISO 8402 wurde der Begriff der Logistikqualität als die „Eignung eines Logistikprozesses, die vom Kunden geforderte

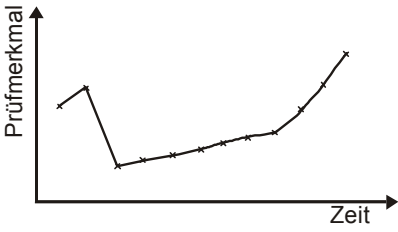
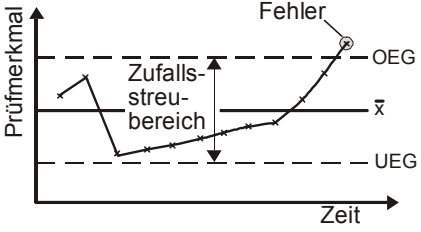
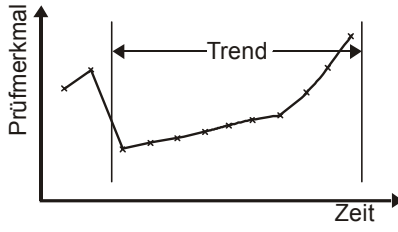
Logistikleistung zu erbringen“, definiert [WIE02]. Diese Anforderung gilt immer dann als erfüllt, wenn der Kunde die richtigen Erzeugnisse in der vorausgesetzten Qualität zum vereinbarten Preis in der richtigen Menge am richtigen Ort sowie zum richtigen Zeitpunkt geliefert bekommt. Um die Einhaltung der Logistikqualität, beispielsweise hinsichtlich der Durchlaufzeiten oder der Liefertreue, sicherzustellen, werden die entsprechenden Kennzahlen des Controllings ausgewertet und analysiert. Die Methoden der Logistikqualität bauen also auf dem logistischen Controlling und Monitoring auf (vgl. Abschnitt 3.2) und erweitern diese um die Prinzipien des Qualitätsmanagements mit dem Ziel, eine hohe Logistikqualität zu erlangen (vgl. [DOM88, KAN02, STR00]). Entsprechend der Qualitätstrilogie nach Juran [JUR88] erfolgt der Aufbau eines Qualitätsmanagements in der Logistik nach den Grundfunktionen Planen, Lenken/Sichern und Verbessern, deren Definitionen, Ziele und Methoden in Abbildung 2-15 dargestellt sind.

Um Fehler, die zu Qualitätsdefiziten führen, nachhaltig zu vermeiden, ist es notwendig, nicht nur die Einhaltung von Qualitätsvorgaben zu prüfen, sondern auch präventive Maßnahmen zur Fehlervermeidung anzuwenden [TRA97]. Hierzu wurden im Rahmen des Qualitätsmanagements eine Reihe von Methoden erarbeitet, von denen im Folgenden die für die Logistik relevanten kurz vorgestellt werden sollen.

2.6.2 Statistische Prozesslenkung – SPC

Die statistische Qualitätssicherung wurde in den 1930er Jahren von dem Amerikaner Sheward entwickelt und hat sich mit großem Erfolg unter dem Begriff SPC (Statistical Process Control) in der Industrie verbreitet [KAM93]. Die Methodik basiert auf mathematisch-statistischen Grundlagen und verwendet als Hilfsmittel beispielsweise Qualitätsregelkarten (QRK) zur Beschreibung des statistischen Verhaltens eines Prozesses.

Zusammenfassend kann nach Pfeifer mit Hilfe der Qualitätsregelkarte der Verlauf der Prüfmerkmalsausprägung über die Zeit (Abszisse) grafisch dargestellt und somit Prozessstörungen identifiziert bzw. systematische Einflüsse durch statistische Testverfahren aufgespürt werden [PFE96]. Auf Basis einer Prozessfähigkeitsuntersuchung werden die Parameter für die Prozessregelkarte wie der Mittelwert, die Standardabweichung sowie die oberen und unteren Eingriffsgrenzen (OEG/UEG) ermittelt. Diese werden in die Regelkarte eingetragen und ermöglichen durch die grafische Darstellung der Werte der Prüfmerkmale eine einfache visuelle Kontrolle des betrachteten Prozesses (Abbildung 2-16) [REI02, FOR85]. Veränderungen und Trends werden leicht erkannt und im Bedarfsfall kann somit kurzfristig in den Prozess eingegriffen werden [REI02a].

Leistungsmerkmal	Darstellung in der Qualitätsregelkarte
Grafische Darstellung des Prozessverlaufs über der Zeit	 <p>The graph shows a line with data points (marked with 'x') plotted against 'Zeit' (Time) on the x-axis and 'Prüfmerkmal' (Inspection characteristic) on the y-axis. The line starts at a high point, drops sharply, and then fluctuates around a lower level before rising again.</p>
Aufzeigen von Prozessstörungen mit den Eingriffsgrenzen	 <p>The graph shows a line with data points (marked with 'x') plotted against 'Zeit' (Time) on the x-axis and 'Prüfmerkmal' (Inspection characteristic) on the y-axis. Horizontal dashed lines represent the upper control limit (OEG) and lower control limit (UEG). A horizontal line represents the mean value (\bar{x}). A vertical double-headed arrow indicates the 'Zufallsstreuungsbereich' (random variation range). A data point is circled and labeled 'Fehler' (defect) because it has exceeded the OEG.</p>
Aufdecken von systematischen Einflüssen durch Testverfahren (Beispiel: Trend)	 <p>The graph shows a line with data points (marked with 'x') plotted against 'Zeit' (Time) on the x-axis and 'Prüfmerkmal' (Inspection characteristic) on the y-axis. The line shows a clear, consistent upward slope over time, labeled as 'Trend'.</p>

OEG = obere Eingriffsgrenze X = Prozesswert
 UEG = untere Eingriffsgrenze x = Mittelwert

Abbildung 2-16: Leistungsmerkmale der Qualitätsregelkartentechnik [REI02a]

Die Kennwerte eines stabilen und störungsfreien Prozesses schwanken nur geringfügig und statistisch verteilt innerhalb der Eingriffsgrenzen. Ändern sich im Betrachtungszeitraum die Rahmenbedingungen des Prozesses, so kann dies zu Verschiebungen des Prozessniveaus sowie zu Erhöhungen der statistischen Streuung führen. Werden dabei die Eingriffsgrenzen überschritten, sollte in den Prozess eingegriffen werden.

Zusätzlich zu der Prozessanalyse mittels der Eingriffsgrenzen werden Prozesse häufig noch mit statistischen Testverfahren untersucht, um systematische Prozesseinflüsse zu identifizieren. In Abbildung 2-16 ist bei der Darstellung der Regelkarte im unteren Drittel ein starker Anstieg der Werte des Prüfungsmerkmals zu erkennen. Dieses Verhalten bezeichnet man als „Trend“. Befinden sich mehr als sieben aufeinander folgende Werte entweder oberhalb oder unterhalb des Mittelwerts oder sind periodisch wiederkehrende, charakteristisch ausgeprägte Prozessverläufe erkennbar, spricht man von einem „Run“.

Bei der Übertragung der SPC in den Bereich der Logistik sind einige Besonderheiten zu beachten, welche die Prozessfähigkeit, ausgewählte Prüfparameter, das Datenaufkommen sowie die Datenqualität betreffen [REI02a]. Zahlreiche Untersuchungen ergeben, dass Logistikprozesse häufig instabil sind und einer signifikanten Streuung unterliegen. Da ein Einsatz der SPC in der Logistik einen qualitätsfähigen Logistikprozess voraussetzt, empfiehlt sich vorab die Durchführung einer Analyse der Logistikprozesse zur Erkennung möglicher Störgrößen [KAN02, DOM88]. Dabei wird das Ziel verfolgt, einen logistisch homogenen Prozess mit einem gleichmäßig fließenden Auftragsstrom, der bspw. durch eine Standardisierung der Durchlaufzeit, eine Segmentierung der Fertigung nach Auftragsstypen oder flexible Kapazitäten zu erreichen [WIE02b].

Hinsichtlich der Prüfparameter muss aus den vier teilweise gegenläufigen Zielgrößen Termintreue, Durchlaufzeit, Bestand und Auslastung eine Führungsgröße ermittelt und als Prüfmerkmal festgelegt werden. Die Liefertreue bietet sich an, da sie zunehmend als bestimmende Größe für Unternehmen in Lieferketten gilt. Aber auch der Bestand ist zur Verwendung als Prüfmerkmal geeignet, da er relativ einfach zu messen ist und darüber hinaus bei einigen Fertigungssteuerungsverfahren (BOA, Fortschrittszahlen, Kanban) als Regelgröße genutzt wird.

Eine weitere Besonderheit der Logistik betrifft das Datenaufkommen. Im Vergleich zur technischen Qualitätssicherung fallen in der Logistik eher selten und außerdem meist zu unregelmäßigen Zeitpunkten Rückmeldungen an. Reicht für die Anwendung der Karten der Stichprobenumfang nicht aus, muss gegebenenfalls die Rückmeldefrequenz erhöht werden. Dies kann beispielsweise mit der Rückmeldung von Teilloosen erreicht werden. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass mit der höheren Datendichte auch ein erhöhter Arbeitsaufwand verbunden ist.

Die Qualität der Rückmeldungen stellt ein zusätzliches Problem dar. In der Praxis fehlen häufig Rückmeldungen oder die Angaben sind falsch. Auch erfolgen Rückmeldungen ohne eine tatsächliche Fertigung oder Rückmeldebelege werden gebündelt abgegeben [DOM88]. Werden Rückmeldedaten durch diese Fehler verzerrt, sind die nachfolgenden Auswertungen und damit auch die SPC in ihrer Aussagekraft eingeschränkt.

2.6.3 Methoden zur Bewertung von Ursachen-Wirkzusammenhängen

Um die Zusammenhänge, die zwischen verschiedenen Kenngrößen bestehen, zu identifizieren und darzustellen, ist es hilfreich, die Ursachen und deren Wirkzusammenhänge zu identifizieren und zu visualisieren. Somit können Fehler vorab vermieden oder Veränderungen bestehender Systeme zielgerichtet durchgeführt sowie der

Einfluss der Veränderungen dargestellt werden. Zur Ermittlung von Ursache-Wirkzusammenhängen wird im Folgenden auf die Methoden des Ursache-Wirkungs-Diagramms und der FMEA eingegangen.

Mit Hilfe des *Ursache-Wirkungs-Diagramms* (Abbildung 2-17), das auch Ishikawa- oder Fischgrätendiagramm genannt wird, können die Ursachen von (Prozess-) Abweichungen systematisch ermittelt und analysiert werden [WIL96]. Das Ishikawa-Diagramm eignet sich insbesondere zur Diskussion und strukturierten Analyse von Problemen, deren Lösung hierarchieebenenübergreifend gefunden werden soll. Es wird zur strukturierten Darstellung der Eigenschaften von Prozessen oder Situationen und aller relevanten Faktoren verwendet, welche diese beeinflussen [IMA92, REI02b]. Nach der Identifizierung und Dokumentation von möglichen Einzelfehlerursachen werden diese zur Strukturierung in kennzeichnende Gruppen unterteilt und in das Diagramm eingetragen. Im Allgemeinen lassen sich die Ursachen für technische Probleme auf die Gruppen Material, Maschine, Methode, Mensch und Mitwelt (5Ms) zurückführen, wobei die Ursachenanalyse dabei nicht quantitativ, sondern qualitativ erfasst wird.

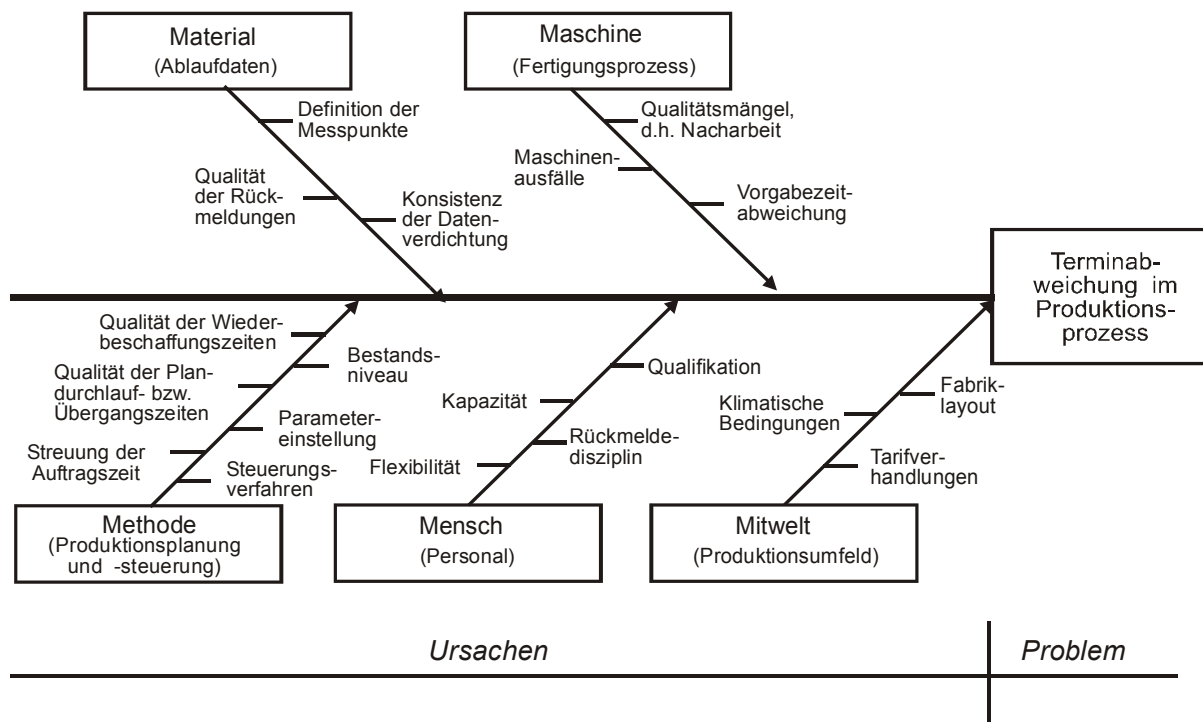


Abbildung 2-17: Exemplarisches Ishikawa-Diagramm zur Darstellung einer Ursachen-Wirkungskette für Terminabweichungen [REI02b, RUT99]

Mit dem Ishikawa-Diagramm können beispielsweise Ursachen für Terminabweichungen im Produktionsprozess ermittelt werden. Dazu sind in Abbildung 2-17 mögliche Ursachen für die Terminabweichung eingetragen. So kann u. a. eine schlecht para-

metrierte oder ungeeignete Methode der Produktionsplanung und -steuerung eine mögliche Fehlerursache sein. Die Produktionsplanung und -steuerung wird wiederum durch die Auftragsstruktur, gekennzeichnet durch Mittelwert und Streuung der Auftragszeit, sowie das Bestandsniveau direkt beeinflusst [REI02b].

Ein wesentlicher Nachteil des Ishikawa-Diagramms besteht darin, dass bei komplexen Problemen die Darstellung sehr umfangreich und unübersichtlich wird. Weiterhin können die Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Ursachen nicht visualisiert werden.

Die *Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse (FMEA)* gehört zu den Methoden der präventiven Qualitätssicherung. Sie wird zum systematischen und frühzeitigen Erkennen und Lokalisieren von möglichen Fehlern und kritischen Komponenten sowie der Analyse der Fehlerursachen eingesetzt [WIL96]. Die FMEA wird hauptsächlich bei der Entwicklung eines Produktes oder Fertigungsverfahrens angewendet, um bereits bei der Planung mögliche Fehler zu identifizieren und nachfolgend weitestgehend zu vermeiden [VDA98]. Ferner kann die FMEA genutzt werden, um das Erfahrungswissen der Mitarbeiter hinsichtlich von Fehlerzusammenhängen und Einflüssen auf die Qualität zu sammeln und allgemein zugänglich zu machen [PFE96].

Abhängig vom Betrachtungsschwerpunkt und der Zielrichtung der Untersuchung wird von der Konstruktions-, Prozess- sowie System- oder Produkt-FMEA gesprochen. Bei der *Konstruktions-FMEA* wird das Ziel verfolgt, ein Produkt zu entwerfen, das möglichst wenige potenzielle Fehlerursachen enthält. Darauf methodisch aufbauend wird die *Prozess-FMEA* durchgeführt, mit deren Hilfe Schwachstellen sowohl bei den Herstellungsprozessen als auch in den Fertigungsplänen erkannt und bewertet werden können. Die System- oder Produkt-FMEA versucht das Zusammenwirken zwischen den Bauteilen und dem Gesamtsystem hinsichtlich ihrer funktionsgerechten Interaktion zu bewerten. Die einzelnen Komponenten werden hierbei nicht betrachtet. Mittels der beschriebenen FMEA-Typen können nach der Identifizierung und Validierung notwendige Maßnahmen zur Beseitigung der Fehlerquellen erarbeitet und die Auswirkungen der Maßnahmen wiederum bewertet werden [RUT99].

Die Vorgehensweise bei der Durchführung der FMEA ist bei den beschriebenen Ansätzen weitestgehend identisch und wird beispielsweise durch ein Formblatt des Verbandes der deutschen Automobilindustrie (VDA) unterstützt [VDA98]. Nach der Bestimmung des Analysegegenstandes sowie des Bearbeitungsteams wird für jeden möglichen Fehler die Auftretenswahrscheinlichkeit, die Bedeutung des Fehlers für den Kunden sowie die Wahrscheinlichkeit des Erkennens des Fehlers durch den Kunden dargestellt. Diese Faktoren werden jeweils mit einer Zahl zwischen 1 und 10 bewertet, wobei der Zahlenwert 1 eine geringe und der Zahlenwert 10 eine große

Bedeutung respektive eine große Wahrscheinlichkeit repräsentiert. Die Faktoren werden nach der Bewertung für jede Fehlerart miteinander multipliziert. Das resultierende Produkt wird als Risikoprioritätszahl (RPZ) bezeichnet. Je höher die Risikoprioritätszahl ist, desto dringender ist die Notwendigkeit, Abhilfemaßnahmen einzuleiten. Diese Maßnahmen müssen mittels einer iterativen Durchführung der FMEA durch eine erneute Ermittlung der Risikoprioritätszahl auf deren Wirksamkeit untersucht werden.

Die Vorgehensweise der FMEA lässt sich prinzipiell auch bei logistischen Problemstellungen anwenden. Sowohl Ruta [RUT99] für die Produktionslogistik als auch Kanitz [KAN02] für die Beschaffungslogistik haben dies in ihren Arbeiten dargelegt. Der Betrachtungsschwerpunkt dieser Vorgehensweisen liegt auf der Untersuchung der Material- und Informationsflüsse bestehender Systeme sowie deren Steuerung [KAN02a]. Wesentlicher Unterschied zwischen der Anwendung der FMEA auf logistische Problemstellungen und der „konventionellen“ Anwendung ist die Betrachtung mehrerer, teilweise konkurrierender Ziele (vgl. Abschnitt 2.2). Um diesen Abhängigkeiten Rechnung zu tragen, wurde bei den entwickelten Methoden eine Kennzahl, vergleichbar der RPZ, entwickelt, die den Einfluss jeder Fehlerursache auf die zuvor definierten und teilweise unterschiedlich gewichteten logistischen Zielgrößen berücksichtigt [KAN02].

Um eine repräsentative Erfassung von möglichst vielen Fehlermöglichkeiten zu ermöglichen, müssen bei der FMEA Mitarbeiter aus den Bereichen einbezogen werden, die am Prozess entweder direkt oder indirekt beteiligt sind. Deshalb bindet die Durchführung der FMEA große Mitarbeiterkapazitäten bei der Zusammenführung und Strukturierung des relevanten Wissens und der benötigten Informationen. Darüber hinaus wird durch die FMEA keine methodische Unterstützung bei der Fehleranalyse angeboten. Potenzielle Fehler und deren Fehlerfolge müssen bei jeder Untersuchung erneut hinterfragt werden und die Ergebnisse hängen neben der Kompetenz der Mitarbeiter in großem Maße von deren Bereitschaft zur Kooperation ab.

2.6.4 Quality Function Deployment (House of Quality)

Mit dem Ziel, Kundenwünsche unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Randbedingungen umsetzen und gleichzeitig die Abhängigkeiten zwischen verschiedenen Kenngrößen darzustellen, wurde in den siebziger Jahren in Japan das Quality Function Deployment (QFD) entwickelt. Bei dieser methodischen Vorgehensweise werden die Kundenanforderungen quantifiziert, gewichtet und systematisch in Vorgaben für die Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen sowie bei der anschließenden Auswahl der Produktionsmittel, Methoden, Kontrollmechanismen und der involvierten

Prozesse umgesetzt. Sinngemäß übersetzt bedeutet QFD eine „kundenorientierte Produktentwicklung“. QFD ist deshalb ein wichtiger Bestandteil der vorbeugenden Qualitätssicherung und erfüllt damit die Anforderungen moderner Qualitätsmanagementsysteme [AKA92, HER02, REI02c, LEI99].

Aufgrund der vielfältigen Wechselwirkungen und Vernetzungen zwischen den Zielgrößen der Logistik und den vielschichtigen Kundenanforderungen bietet es sich an, die Methode der QFD auf Problemstellungen der Logistik zu übertragen. Die QFD-Methode ermöglicht es, die Planungsergebnisse übersichtlich darzustellen, Expertenwissen zu konzentrieren und somit frühzeitig Hürden sowie kritische Merkmale aufzuzeigen. Dies führt zu einer Verringerung von Fehlentscheidungen und wenig zielführenden Maßnahmen, die aufgrund nur eingeschränkter Informationsstrukturen getroffen werden [HER02, LEI99].

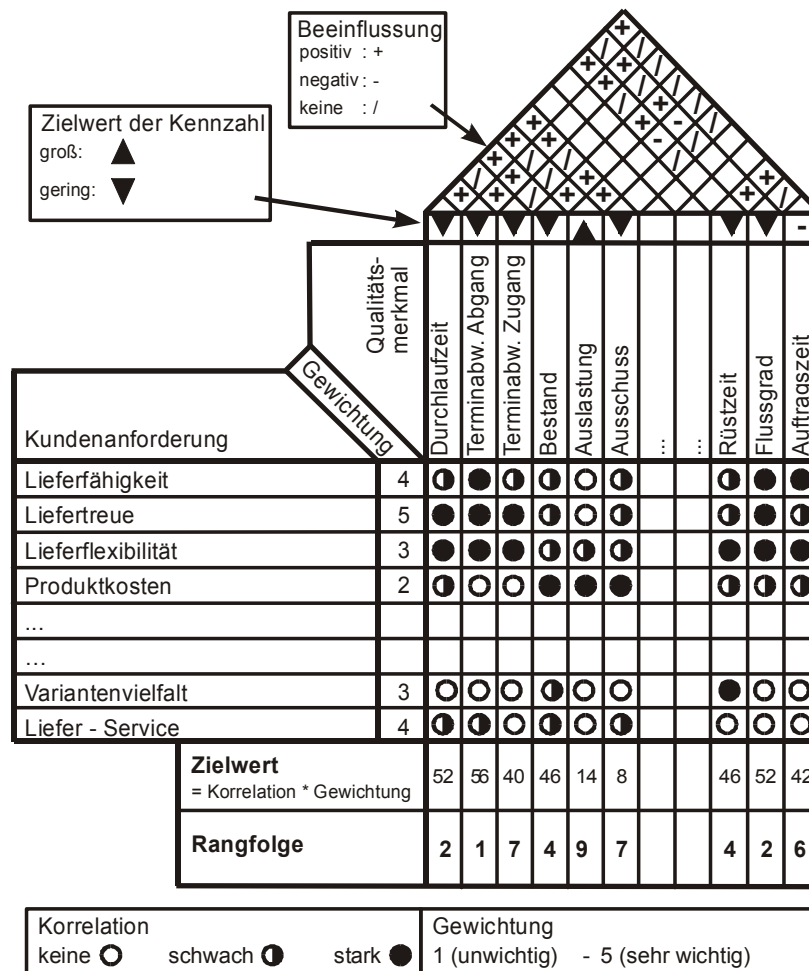


Abbildung 2-18: House of Quality in der Logistik (Beispiel nach [REI02c])

Das House of Quality ist ein Hilfswerkzeug der QFD, das aufgrund seiner einem Haus ähnlichen Darstellung diese Bezeichnung trägt [REI02c]. Die wichtigsten Qualitätsmerkmale aus der Sicht des Kunden werden mit der Methode ermittelt und in

dem House of Quality dargestellt (vgl. Abbildung 2-18). Um bei der Analyse strukturiert vorzugehen, sind die wesentlichen Bestandteile eine Liste mit Kundenanforderungen, eine Liste der Qualitätsmerkmale sowie eine Korrelationsmatrix. Mit Hilfe einer Matrix können dann die Wechselbeziehungen zwischen den Elementen der beiden Listen bewertet und somit die kritischen Qualitätsmerkmale ermittelt werden. In dem Beispiel aus Abbildung 2-18 wurden die Aspekte Terminabweichung des Abgangs, Durchlaufzeit und Flussgrad als kritische Kenngrößen erkannt. Das „Dach“ des House of Quality enthält Aussagen über die Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Merkmalen. So wird in dem in Abbildung 2-18 dargestellten Beispiel die Terminabweichung positiv durch eine Verringerung der Durchlaufzeit beeinflusst, das heißt, die Terminabweichung wird mit kürzerer Durchlaufzeit geringer [REI02c]. Die Wechselwirkungen, die mittels des House of Quality identifiziert werden, können unter Nutzung der logistischen Kennlinien (vgl. Abschnitt 2.3) auf ihre Konsistenz geprüft werden.

Der Aufbau des House of Quality ist nicht starr vorgegeben, sondern kann entsprechend der Anwendungssituation und -aufgabe variabel gestaltet werden. Welche Analyseergebnisse in die Planung mit einbezogen und in der Tabelle der Qualitätsmerkmale dokumentiert werden sollen, ist dem Anwender überlassen [HER02]. Das Vorgehen zur Erstellung des House of Quality unterliegt aber einer fundierten, methodischen Vorgehensweise, die hier kurz erläutert werden soll.

Nach der Erfassung der Kundenbedürfnisse in Bezug auf das Betrachtungsobjekt mit den oben genannten Listen werden diese aus Sicht des Kunden gewichtet sowie das Wettbewerbsumfeld analysiert. Ausgehend von den somit ermittelten Bedürfnissen der Kunden erfolgt die Ableitung der Merkmale des Betrachtungsobjekts. Zum internen Verständnis werden dann die gegenseitigen Abhängigkeiten dieser technischen Merkmale ermittelt sowie nachfolgend die Zusammenhänge und gegenseitigen Einflüsse zwischen den technischen Merkmalen und Kundenbedürfnissen aufgezeigt und bewertet [HER02].

Um im Spannungsfeld des Wettbewerbs Abgrenzungsmerkmale zu erkennen, kann das Mitbewerberumfeld hinsichtlich der Erfüllung der technischen Merkmale und Zielsetzungen analysiert und in das House of Quality mit einbezogen werden. Unter Berücksichtigung der Wettbewerber sowie der bestehenden gegenseitigen Abhängigkeiten der technischen Merkmale kann im letzten Schritt der QFD die Bedeutung der technischen Merkmale in Abhängigkeit zu den Kundenbedürfnissen ermittelt werden. Dazu werden die Ergebnisse der Bewertungen mit dem jeweiligen Gewichtungsfaktor multipliziert und spaltenweise addiert. Das Ergebnis ist eine Prioritätenbildung der technischen oder logistischen Merkmale, die mit absteigender Priorität (geringerer Zahlenwert) anschließend untersucht werden müssen.

2.6.5 Zusammenfassende Bewertung der Methoden des Qualitätsmanagements

Die Methode der statistischen Prozesslenkung hat sich bereits in der Praxis bewährt (vgl. Gallasch [GAL02], Nippel [NIP95]). Hinsichtlich der Verfahren des Qualitätsmanagements wird lediglich die quantitative Bewertung von qualitativen Fehler- oder Prozesseigenschaften kritisiert. Als Folge des Mangels an Entscheidungskriterien werden häufig subjektive Entscheidungen getroffen, die dann teilweise wiederum mit Gewichtungskriterien multipliziert werden, die durch die individuellen Ansichten der Bearbeiter geprägt sind. Schon geringe Unterschiede bei der Einschätzung der Bewertungskriterien und der Gewichtung können zu signifikant unterschiedlichen Bewertungen führen [KAN02]. Zusätzlich ist ein sehr großer Koordinations-, Personal- und somit Zeitaufwand erforderlich, da zu einer aussagekräftigen Durchführung der Methoden des Qualitätsmanagements alle an den Prozessen beteiligten Personen und Bereiche eingebunden werden müssen.

2.7 Zusammenfassung

In den vorangegangenen Abschnitten wurde zunächst auf die wichtigen Grundlagen der Logistik eingegangen. Die Aufgaben, Ziele sowie Zielgrößen der Logistik wurden erläutert und Methoden zur Modellierung der logistischen Wirkzusammenhänge sowie Kennzahlen zur Bewertung von logistischen Prozessen vorgestellt. Die vorgestellten Methoden sind auch für Lieferketten ein geeignetes Mittel für eine quantitative Bewertung der Logistik. Wichtig ist dabei aber nicht die erfolgreiche Positionierung einzelner Lieferkettenelemente hinsichtlich der lokalen Zielstellung, sondern die Erreichung der übergeordneten logistischen Ziele für die Gesamtheit der Lieferkette.

Nachfolgend wurde ein kurzer Überblick über die im Rahmen dieser Arbeit relevanten Methoden des Qualitätsmanagements und deren Einsatzmöglichkeit im Bereich der Logistik gegeben. Diese Methoden bieten prinzipiell die Möglichkeit, Lieferketten und deren Elemente präventiv zu bewerten sowie mögliche Fehler bei komplexen Sachverhalten zu identifizieren und somit zu vermeiden. Aus diesem Grund ist eine Übertragung der Methoden auf die komplexen Aufgaben der Konfigurierung und anforderungsgerechten Positionierung der Logistik von Lieferketten grundsätzlich denkbar. Bisher fehlt es allerdings an methodischen Weiterentwicklungen für diese modifizierte Aufgabenstellung.

3 Lieferketten: Stand der Technik

3.1 Grundlagen des Supply Chain Managements (SCM)

Stabile und gut prognostizierbare Märkte führten in der Vergangenheit zur Bildung von funktionalen Fabriken, die nach dem Verrichtungsprinzip organisiert waren (Abbildung 3-1). Im Vordergrund stehen bei funktionalen Fabriken die Bündelung von Kompetenzen in den Abteilungen, eine große Ressourcenflexibilität sowie lokale Kostenoptimierungen, die häufig durch die Fertigung von großen Stückzahlen erzielt werden [TAN01, WIE01a, WIE03, WIL99]. Mit dem Beginn der neunziger Jahre hat sich in der industriellen Praxis die Prozessorientierung etabliert. Dabei wird das Ziel verfolgt, die Aufbau- und Ablauforganisation eines Unternehmens an den Produkt- und Marktanforderungen zu orientieren [EVE95]. Im Rahmen dieser Entwicklung entstand die Idee der segmentierten Fabrik, die durch eine Unterteilung in eigenständig agierende sowie prozessorientierte Einheiten zu einer Effizienzerhöhung des Gesamtunternehmens beiträgt [WIE01a, WIL99].

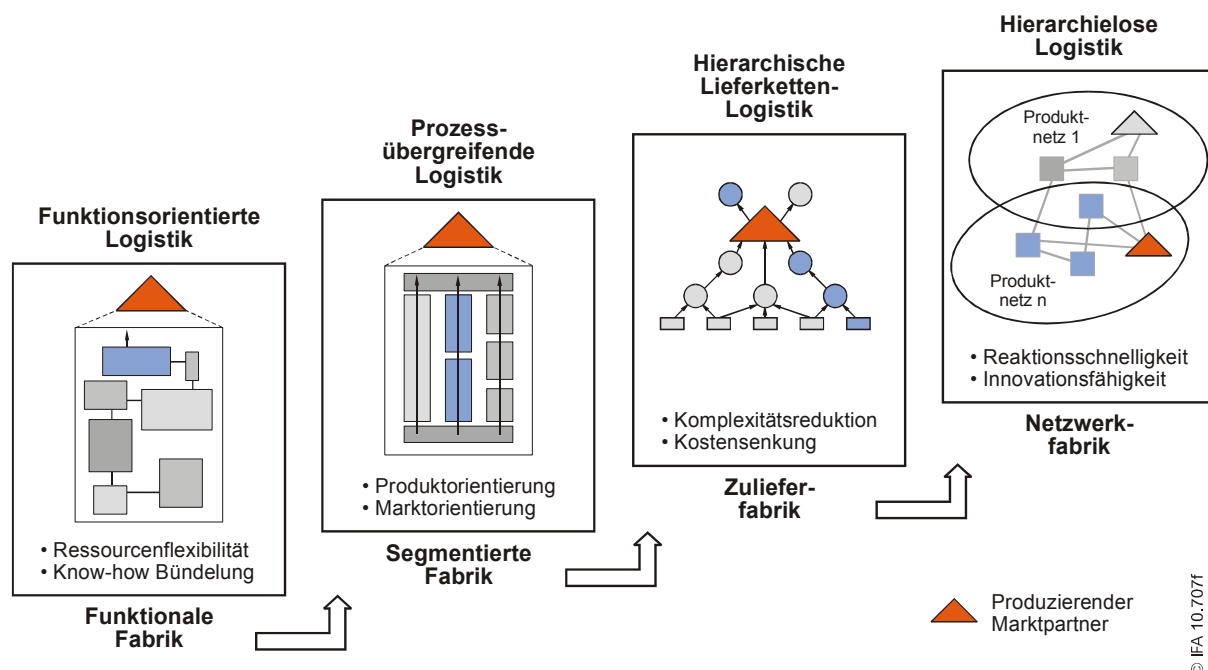


Abbildung 3-1: Entwicklungsstufen der Logistik und Fabriktypen [WIE03]

Durch die Konzentration auf die Kernkompetenzen der Unternehmen mit einer Reduzierung der Fertigungstiefe und der damit einhergehenden Minimierung der Kosten entwickelt sich der Trend von der funktionalen über die segmentierte Fabrik zunehmend in Richtung von hierarchischen strategischen Lieferketten (Zulieferfabriken). Zur Verringerung der unternehmerischen Komplexität werden Prozesse, die außerhalb der Kernkompetenzen liegen, konsequent fremdvergeben (Outsourcing) [JUN02, WIE03]. Dabei werden die Produktionsstrukturen der segmentierten Fabrik aufgelöst

und durch unternehmensübergreifende, prozessorientierte Wertschöpfungsketten auf Basis dezentraler Einheiten ersetzt (Abbildung 3-1). Diese objektorientierten Einheiten sind über Kunden-Lieferanten-Beziehungen miteinander zu Prozessketten verbunden. [GUE03, MUE01, RUF91, SUR98, WIL99]. Der Wettbewerb findet also nicht mehr zwischen einzelnen Unternehmen, sondern zunehmend zwischen konkurrierenden strategischen Lieferketten statt [GEI01].

Mit dem Ziel, weiterhin der kontinuierlich ansteigenden Komplexität gerecht zu werden, wird zukünftig eine Entwicklung in Richtung von hierarchielosen Produktionsnetzwerken erwartet, die sich durch eine unternehmensübergreifende, temporäre Vernetzung von Fabriken auszeichnen [WIR00, WIR03, WIR03a]. Für diese Netzwerke ist ein hohes Maß an Wandlungsfähigkeit kennzeichnend, das heißt, die Strukturen können sich schnell auftrags- und problemlösungsbezogen konfigurieren und ebenso schnell wieder auflösen [WIR00a]. Somit können Unternehmen den stetig steigenden Anforderungen des Marktes nach einer großen Geschwindigkeit der Leistungserbringung bei einem generell hohen Leistungsvermögen unter sich ständig ändernden Rahmenbedingungen gerecht werden [WIE01a, WIE02a].

Die industrielle Praxis zeigt, dass es sich bei den Arbeiten hinsichtlich der hierarchielosen Produktionsnetzwerke derzeit in vielen Fällen noch um rein konzeptionelle Ideen handelt. Das Konzept der strategischen Lieferketten findet dagegen bereits in vielen Industriebetrieben Anwendung zur Bewältigung der derzeitigen und zukünftigen Anforderungen. Deshalb sind die strategischen Lieferketten Betrachtungsgegenstand der vorliegenden Arbeit. Diese Fokussierung lässt sich zusätzlich damit rechtfertigen, dass sich derzeit noch deutliche Verbesserungspotenziale im Rahmen der logistischen Positionierung von Lieferketten erkennen lassen.

Der nachfolgende Abschnitt stellt den Stand der Technik im Kontext des Supply Chain Managements vor. Zuerst wird auf die generelle Zielstellung des Supply Chain Managements, dann auf die Gestaltung und Planung von Lieferketten sowie das Supply Chain Controlling eingegangen. Nachfolgend wird das SCOR-Modell als ein grundlegendes Modell für die Lieferkettenbetrachtung erläutert und abschließend die Problematik der Nachfrageschwankungen in Lieferketten geschildert.

3.1.1 Zielstellung des Supply Chain Managements

Unter einer Lieferkette (engl.: Supply Chain) versteht man die Wertschöpfung entlang des gesamten Güterflusses eines Produktes, angefangen beim Hersteller des Rohmaterials über Teile- und Baugruppenlieferanten, den Produzenten, den Handel bis hin zum Endverbraucher [HAN99]. Im Gegensatz zu Betrachtungsweisen, die lediglich unternehmensinterne Prozesse oder die unmittelbare Anbindung von Kunden

oder Lieferanten berücksichtigen, schließt die Betrachtung der Lieferkette den Kunden des Kunden und den Lieferanten des Lieferanten mit ein (Abbildung 3-2) [WAG02, WIE01].

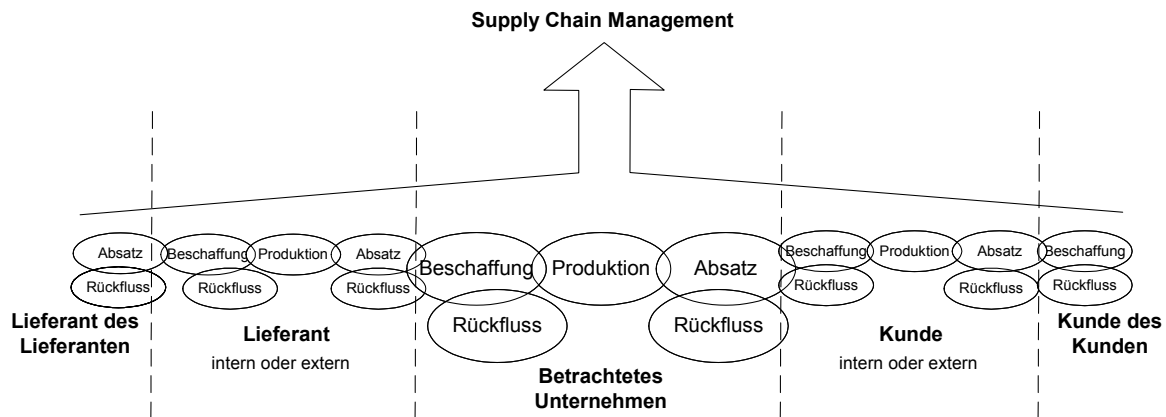


Abbildung 3-2: Schematische Darstellung des Supply Chain Managements [SCC01]

Eine Lieferkette besteht somit in der Regel aus verschiedenen Fertigungs- oder Montagetagestufen, die – teilweise über Lagerstufen – miteinander verknüpft sind. Lagerstufen sind immer dann notwendig, wenn die einzelnen Prozesse nicht synchronisiert sind, das heißt, wenn die verfügbaren Ressourcen und die Bestände in der Produktion und im Lager nicht aufeinander abgestimmt werden können. Ein vollständiger Verzicht auf Zwischenlagerstufen ist deshalb nur schwer möglich, da das Vormaterial in anderen Mengen hergestellt als verbraucht wird. Auch der Transport der Waren von einer Wertschöpfungsstufe zur nächsten wird zukünftig in wirtschaftlichen Transportlosen erfolgen, die häufig nicht den Bearbeitungslosen entsprechen werden und auch Prozessunsicherheiten können weiterhin auftreten. [LUT02].

Aus logistischer Sicht ist es Ziel der Gestaltung von Lieferketten, die Produktions- und Logistikprozesse so aufeinander abzustimmen, dass möglichst kurze Durchlaufzeiten und geringe Bestände in der gesamten Lieferkette erreicht werden können. Gleichzeitig sollen durch eine Integration der Unternehmensfunktionen entlang der Lieferkette Kommunikationsbarrieren zwischen den einzelnen Lieferkettenelementen beseitigt werden, um einen verbesserten Produktionsablauf zu ermöglichen (vgl. Abbildung 3-3). Dieses Problem wurde in der Literatur erstmals in den sechziger Jahren von Forrester [FOR62] geschildert und wird seitdem unter dem Begriff Supply Chain Management (SCM) detailliert untersucht und beschrieben [LUT02]. Die Betrachtung der gesamten Lieferkette ist somit eine Erweiterung des konventionellen Logistikbegriffes [TEM03] von einer einfachen Unternehmensfunktion hin zu einem unternehmensübergreifenden Leitungskonzept [PFO00a]. Supply Chain Manage-

ment ist also ein strategisches, kooperationsorientiertes und organisationsübergreifendes Logistik-Management-Konzept mit dem Ziel der Verbesserung der Logistikleistung auf verschiedenen Ebenen des Logistiknetzwerks [BUL02]. Alternative Ansätze gehen von einer weitergehenden Bedeutung des Begriffes Supply Chain Management aus. Die Logistik ist aber immer ein bedeutender Teil des Supply Chain Managements [GLE02].

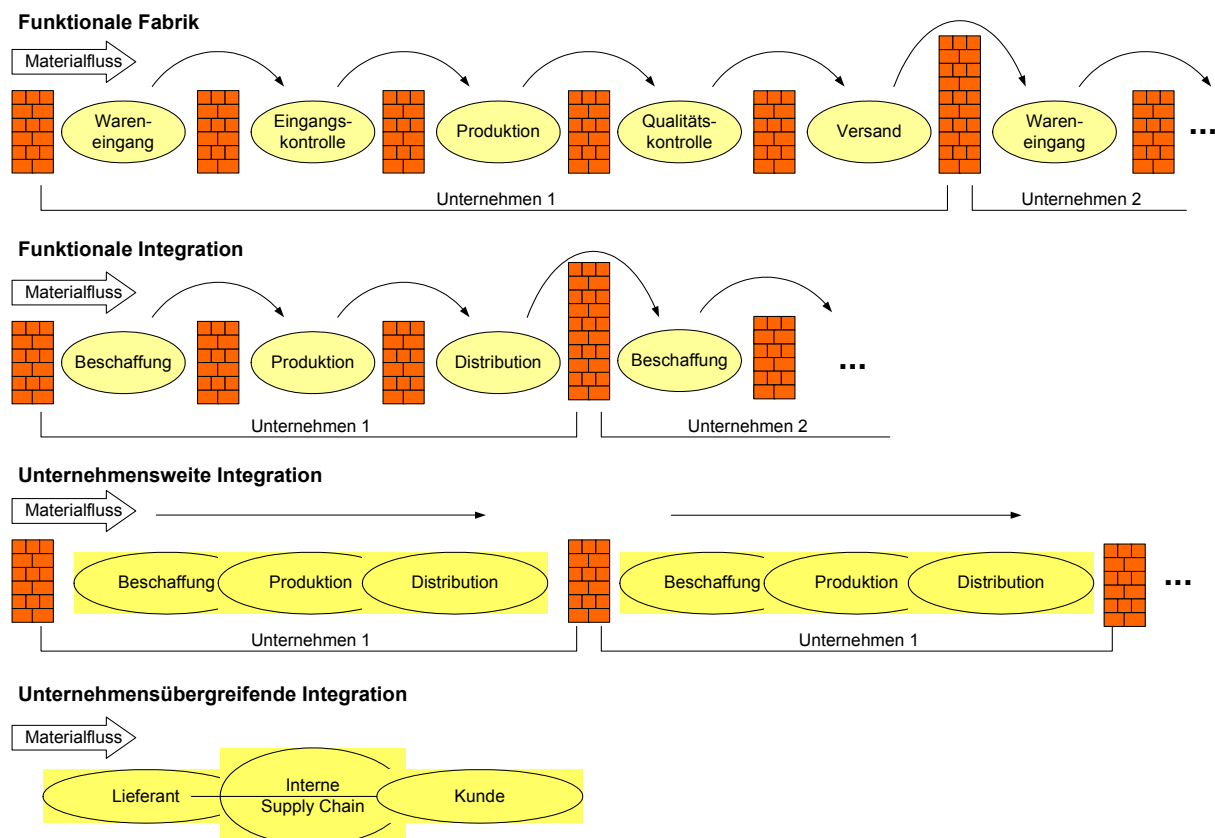


Abbildung 3-3: Integration der Unternehmensfunktionen in der Lieferkette (In Anlehnung an Colzman [COL02])

Die Optimierung der Logistik über alle Wertschöpfungsstufen hinweg erfordert von allen Gliedern der Kette eine enge Zusammenarbeit mit dem Ziel der Erfüllung einer hohen Logistikqualität, da logistische Unzuverlässigkeiten durch eine Anhebung der Bestände oder Verlängerung der Sicherheitszeiten kompensiert werden müssen [LUT02]. Dabei ist die Positionierung der eigenen Prozesse innerhalb der Lieferkette von gleichrangiger Bedeutung wie die Positionierung der Prozesse der Kunden und Lieferanten, mit denen die eigenen Prozesse eng verzahnt sind. Insbesondere für die kleinen und mittelständischen Unternehmen, die sich häufig in den ersten Stufen komplexer Lieferketten befinden, ergeben sich veränderte und gleichzeitig hohe Anforderungen an Prozesse, Technologien und Organisation. Gelingt die unternehmensübergreifende Abstimmung und Integration der Prozesse, so ergeben sich

große Optimierungspotenziale durch eine Verbesserung der Qualität der Produkte, Dienstleistungen und Logistik sowie eine Reduktion der Kosten durch eine zeitliche Verkürzung der gesamten Lieferkette mit einhergehenden geringeren Lagerbeständen [GLE02].

Abbildung 3-4 veranschaulicht qualitativ, wie allein durch den Verbrauch von Zeit mit nichtwertschöpfenden Prozessen und Tätigkeiten vermeidbare Kosten entstehen. Können diese Prozesse, beispielsweise durch eine Reduktion vermeidbarer Liegezeiten von Roh-, Halbfertig- und Fertigerzeugnissen, optimiert werden, gelingt eine Effizienzsteigerung der gesamten Lieferkette. Aus logistischer Sicht ist dies vor allem durch die Reduzierung von Bestandsmengen und Lagerstellen zu realisieren, indem Unsicherheiten durch ein kontinuierliches Monitoring wichtiger logistischer Zielgrößen sowie einen verbesserten Informationsfluss innerhalb der Lieferkette beseitigt werden. Durch unternehmensübergreifende Logistikkonzepte für die Planung und Steuerung von Logistikprozessen entlang der Lieferkette können Lagerbestände reduziert werden, da die Einzelprozesse der Lieferkettenelemente besser aufeinander abgestimmt werden.

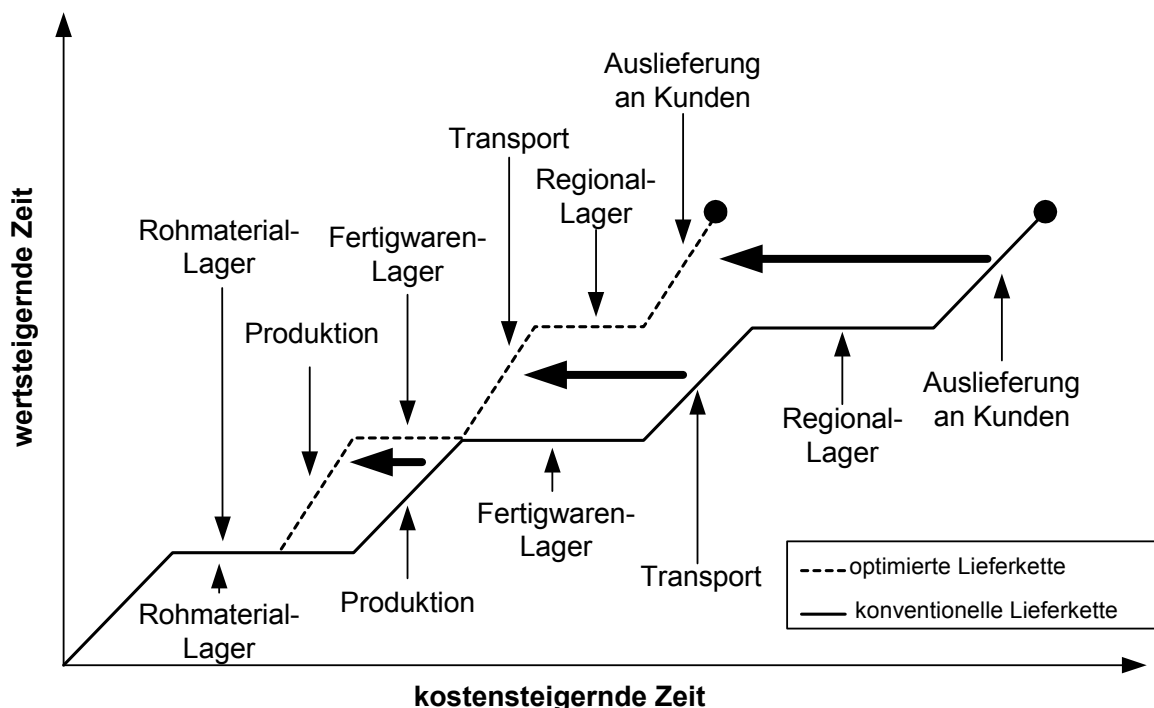


Abbildung 3-4: Kosten- und wertsteigernde Aktivitäten entlang der Lieferkette [GLE02, CHR98]

In einer Studie, die im Jahr 1997 von der Firma PRTM durchgeführt wurde, gaben Unternehmen an, welche logistischen Erfolgsfaktoren in besonderem Umfang durch die integrative Wirkung des SCM positiv beeinflusst werden können. An erster Stelle

wurde die Erhöhung der Planungsgenauigkeit, also eine Zielgröße der Logistikqualität, noch vor kostenorientierten Zielgrößen genannt. Nachfolgend wurden dann in der Reihenfolge der abnehmenden Bedeutung die Steigerung der Produktivität, Verminderung der Lagerbestände, Verminderung der Supply-Chain-Kosten, Verkürzung der Auftragsdurchlaufzeiten sowie die Erhöhung der Liefertreue aufgezählt [BEC99].

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass durch eine gemeinsame, abgestimmte und unternehmensübergreifende Planung, Steuerung und Kontrolle der Wertschöpfungsprozesse in Lieferketten erhebliche Verbesserungspotenziale erschlossen werden können, die bei einer isolierten Betrachtung der einzelnen Unternehmen oder Unternehmensteile nicht erreichbar sind [KIL02]. Kritisch für ein erfolgreiches Supply Chain Management sind die Problemfelder Dynamik, Komplexität und Intransparenz [STÖ01, Web02].

3.1.2 Gestaltung und Planung von Lieferketten

Um dem Ziel der kurzen Lieferzeiten und hoher Lieferflexibilität bei gleichzeitig hoher Wirtschaftlichkeit gerecht zu werden, ist es notwendig, die Lieferkettenelemente durch eine angepasste Gestaltung und Planung entsprechend zu positionieren. Während sich herkömmliche Ansätze hauptsächlich auf lokale, unternehmensinterne Verbesserungen konzentrieren, verfolgen Supply-Chain-Management-Konzepte eine vollständige logistische Integration aller Aktivitäten entlang der Lieferkette [JUN02, WEB02]. Dies beinhaltet insbesondere neben der Planung des Materialflusses auch den Informationsfluss sämtlicher beteiligter Unternehmen sowie die angepasste Dimensionierung der Lager, um eine hohe logistische Prozessfähigkeit und Prozesssicherheit sowie eine hohe Liefertreue und Lieferfähigkeit zu erreichen.

Die Planungsaufgaben des Supply Chain Managements untergliedern sich in drei Ebenen, die sich hinsichtlich des betrachteten Planungszeitraums und der Planungsobjekte unterscheiden [LUC01, SUC02]. Die drei Ebenen – die Supply-Chain-Konfiguration, die Supply-Chain-Auslegung sowie die Supply-Chain-Abwicklung – sind hierarchisch untergliedert und interagieren direkt miteinander. Sie sind in Abbildung 3-5 dargestellt und sollen im Folgenden näher beschrieben werden.

Die *Supply-Chain-Konfiguration*, auch Supply Chain Configuration oder SCC genannt, umfasst die langfristige Planung der einzelnen Lieferkettenelemente sowie die strategische Modellierung der Supply Chain und bildet somit die Voraussetzung für die taktische und operative Planung [ROH00]. Aufgabe der Supply-Chain-Konfiguration ist die Umsetzung der Unternehmensstrategie durch die Dimensionierung der Produktions-, Lager- und Transportbereiche unter Einbindung aller in der Lieferkette involvierten Unternehmen. Dabei werden die Materialflüsse von den Rohmaterialien-

Lieferanten bis zu den Endkunden auf Basis der Jahresabsatz- und Produktionsmengen, der Lagerbestände sowie der Marktprognosen analysiert und modelliert. Neben diesen quasi statischen Einflussgrößen werden bei der Auslegung der Lieferkette auch kapazitäts- und terminbezogene Informationen, wie beispielsweise Produktions- und Lagerkapazitäten, berücksichtigt, die sich je nach Betrachtungsweise auf einzelne Standorte oder Fertigungsstufen beschränken können. Zusätzlich zu der Auswahl und Lokalisierung der einzusetzenden Ressourcen sind Entscheidungen bezüglich der in die Lieferkette zu integrierenden Unternehmen zu treffen [PIB01]. Häufig werden als Entscheidungsgrundlage für verschiedene Konfigurationsalternativen neben den logistischen Kenngrößen zusätzlich Kostendaten, wie Produktions-, Lager- und Transportkosten, berücksichtigt [PIL99]. In der Literatur findet bei der Betrachtung der Supply-Chain-Konfiguration häufig keine eindeutige Unterscheidung zwischen den Aufgaben der Gestaltung und der Planung der Lieferkette statt, deshalb soll für die beiden Begriffe im Rahmen dieser Arbeit der Begriff Lieferkettengestaltung verwendet werden.

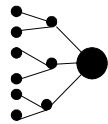
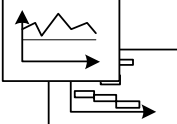
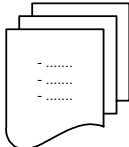
Ebene	Beschreibung	Funktionen
Supply-Chain-Konfiguration 	Auslegung von Produktions- und Logistikstrukturen	<ul style="list-style-type: none"> - Lieferkettenmodellierung - Auslegung von Lieferkettenelementen (Lager-, Produktions- und Transportkapazitäten) - Langfristige strategische Planung für Lieferkettenelemente
Supply-Chain-Planung 	Planung von Beständen, Mengenflüssen und Kapazitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li style="width: 50%;">- Absatzplanung <li style="width: 50%;">- Kundenauftrags-simulation <li style="width: 50%;">- Distributionsplanung <li style="width: 50%;">- Transportplanung <li style="width: 50%;">- Masterplanung <li style="width: 50%;">- Störungsmanagement <li style="width: 50%;">- Produktionsplanung <li style="width: 50%;">- Controllingfunktionen <li style="width: 50%;">- Belegungsplanung
Supply-Chain Ausführung 	Veranlassung und Rückmeldung von Aufträgen	<ul style="list-style-type: none"> - Kundenauftragsabwicklung - Fertigungsauftragsabwicklung - Bestellauftragsabwicklung - Transportauftragsabwicklung

Abbildung 3-5: Ebenen und Funktionen der Planung von Lieferketten [PIL99]

Die *Supply-Chain-Planung* (SCP oder Supply Chain Planning) baut auf der Supply-Chain-Konfiguration, respektive der dort definierten Struktur der Lieferkette und den prognostizierten bzw. realen Kundenbedarfen auf. Auf dieser Ebene werden die betroffenen Elemente der Supply Chain planerisch vernetzt. Ziel ist die Synchronisation der mittel- bis langfristigen Programmplanung über die gesamte Lieferkette unter Berücksichtigung der kapazitäts- und terminbedingten Abhängigkeiten. Die Bedarfsplanung auf Endproduktebene, die Produktions- und Belegungsplanung sowie die Bestandsplanung für die Glieder der Logistikkette sowie die Distributions- und Trans-

portplanung repräsentieren dabei die wesentlichen Hauptfunktionen dieser Ebene. Sie dienen gemeinsam mit den Bedarfsprognosen als Basis für abgestimmte Bestell-, Produktions- und Distributionsmengen sowie die Transportaufträge [SUC02, ZÄP01].

Die *Supply-Chain-Ausführung* (auch SCE oder Supply Chain Execution genannt) fasst die Aufgaben zusammen, die eine unternehmensübergreifende Steuerung und Kontrolle der Lieferkette ermöglichen. Sie basiert auf der Programmplanung der SCP und berücksichtigt kurzfristige Nachfrageentwicklungen und sich ändernde Rahmenbedingungen [PIB01]. Um auf die aktuelle betriebliche Situation sowie veränderte externe Rahmenbedingungen bei der operativen Entscheidung eingehen zu können, muss die Struktur der Lieferkette fähig sein, sehr flexibel auf kurzfristige Veränderungen reagieren zu können. Ziel der Supply-Chain-Ausführung ist es, die Kundenzufriedenheit über das Beherrschen der Komplexität zu verbessern [KLO99, STE00, BEC99a].

3.1.3 Supply Chain Controlling

Ein wichtiger Aspekt bei der Lieferkettenbetrachtung ist das Supply Chain Controlling. Der ursprüngliche Sinn des englischen Wortes „to control“ ist „regeln“. Es bedeutet den Vergleich von Vorgaben (Soll-Werten) mit den tatsächlich gemessenen Ist-Werten und die Möglichkeit eines sofortigen (oder gemäß einer Reglercharakteristik verzögerten) Eingreifens und Beeinflussens des betrachteten Prozesses [ZEU02]. Dieser Aussage liegt die Überlegung zugrunde, dass ein Prozess nur dann kontrollierbar ist, wenn er auch messbar ist.

In der Supply-Chain-Management-Literatur wird der Begriff häufig in der Bedeutung von „etwas im Griff haben“ benutzt. Gemeint ist damit dann die Bereitstellung von notwendigen Informationen, um den Erreichungsgrad eines vereinbarten Ziels zu bewerten. In diesem Sinne ist Controlling ein Managementinstrument zur Erreichung eines langfristigen und nachhaltigen Unternehmenserfolgs, das bei der Nichterreichung bestimmter Zielvorgaben eine schnelle Eingreifmöglichkeit gewährleistet [SCH99a].

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen einem strategischen und einem operativen Controlling [SCH99a]. Das strategische Controlling hat einen „visionären“ Charakter und verfolgt die Aufgabe, die langfristige Sicherung von Wettbewerbsvorteilen mittels analysierender und planender Tätigkeiten zu sichern. Werkzeuge für das strategische Controlling sind unter anderem die Potenzialanalyse, das Benchmarking oder die Konkurrenzanalyse, Portfolio- oder Szenariotechniken sowie Investitionsrechnungen [SCH99a]. Das operative Controlling fokussiert hingegen auf das aktuelle Tagesgeschäft und verfolgt dabei die Umsetzung der strategischen Vorgaben.

Durch laufende Analysen werden Abweichungen identifiziert und prognostiziert, welche möglichen Auswirkungen eintreten können, wenn nicht korrigierend eingegriffen wird. Für das operative Controlling werden Methoden der Losgrößenoptimierung, Wert- und ABC-Analyse verwendet [SCH99a]. Prinzipiell lassen sich die Methoden des Controllings auch auf die Bereiche der Logistik übertragen, wie z. B. bei der engpassorientierten Logistikanalyse (vgl. Abschnitt 3.2.1).

Das Logistikcontrolling befasst sich mit dem Management von Logistikprozessen sowie der Gewährleistung der Umsetzung der strategischen und operativen Logistikplanung. Die strategischen Ziele des Logistikcontrollings sind die Ableitung und Messung von Zielen für das operative Logistikcontrolling sowie die Festlegung der strategischen Bedeutung der Logistik im Kontext der Unternehmensziele. Aufgaben des operativen Logistikcontrollings sind die Aufzeichnung und Analyse von Logistikleistung und –kosten, die Unterstützung der operativen Logistikplanung sowie die Erstellung von Logistikbudgets [SCH99a].

Die Fokussierung der Unternehmen auf Kernkompetenzen und die damit einhergehende sinkende Fertigungstiefe bei gleichzeitig zunehmend intensiveren Warenströmen erfordern eine möglichst große Transparenz aller Prozesse in der Lieferkette [SCH99a]. Diese Transparenz kann durch die Etablierung eines Controllings in der Lieferkette erreicht werden und führt so zu engeren Kunden-Lieferanten Beziehungen, die wiederum eine Optimierung des Gesamtsystems Lieferkette und nicht nur die isolierte Betrachtung der Lieferkettenelemente ermöglichen [SUC02]. Auf der Stufe des Supply Chain Management Controllings ist der Betrachtungsgegenstand das logistische Zusammenspiel mehrerer Unternehmen [WEB02].

Während bei einer unternehmensinternen Betrachtung die Fluss- bzw. Prozessorientierung im Unternehmen im Mittelpunkt steht, ist bei einer unternehmensübergreifenden Lieferkettenbetrachtung die Abstimmung der verschiedenen internen Lieferketten in unterschiedlichen Unternehmen und deren Wechselwirkungen von großer Bedeutung. Ein Schwerpunkt muss also bei der zielorientierten Koordination zeitlich und räumlich verteilter Aktivitäten entlang der gesamten Lieferkette liegen, wobei ein ganzheitlicher Controllingansatz verfolgt werden muss [GER99]. Durch den Einsatz von Controlling-Werkzeugen können diese Zusammenhänge, Wechselwirkungen sowie Querverbindungen sowohl unternehmensintern als auch –übergreifend visualisiert und auf Basis der erhobenen Informationen fundierte Entscheidungen getroffen werden [SCH99a].

Im Folgenden sollen nun verschiedene Ansätze des Controllings in Lieferketten und Produktionsnetzwerken – die hier gleichbedeutend betrachtet werden – beschrieben und bewertet werden. Hierbei wird dann insbesondere auf die Eignung der Ansätze

für die Positionierung und Auslegung der Logistik von Lieferketten eingegangen. Schwerpunkt der Darstellung sind Ansätze, die auch logistische Aspekte in die Methoden integrieren. Neben den hier beschriebenen Ansätzen gibt es noch eine Reihe von weiteren Arbeiten (vgl. Weber [WEB02]), die sich aber im Wesentlichen auf einen betriebswirtschaftlichen Ansatz stützen und als Betrachtungsfokus ein Kostencontrolling vorschlagen – produktionslogistische Aspekte werden bei diesen Ansätzen nur wenig beachtet. Häufig sind diese Ansätze auch nur eine Übertragung der unternehmensinternen Controllingansätze auf die Lieferkette, die den spezifischen Eigenschaften der Lieferkette nicht gerecht werden, da nur wenige Elemente direkt und ohne Anpassung für eine Verwendung in der Lieferkette übernommen werden können.

Pfohl [PFO98, PFO00a] beschreibt einen unternehmensübergreifenden Controllingansatz, bei dem der Schwerpunkt auf der Informationsversorgung sowie der Wandlungsfähigkeit und Flexibilität der Planung und Kontrolle liegt, um kurzfristigen Änderungen in den Lieferketten gerecht zu werden. Ziel ist hierbei die unternehmensübergreifende Koordination der Produktions- und Logistikplanung, um beispielsweise eine ausgeglichene Auslastung der Lieferkettenelemente zu erreichen. Das Controlling von Lieferketten beschränkt sich also auf eine eingeschränkte operative Ebene, um die Komplexität möglichst gering zu halten. Nach Pfohl sind viele Informationen hinsichtlich der Logistikkosten und –leistung insbesondere bei den kleineren Unternehmen der Lieferkette nur selten verfügbar. Welche Informationen für die Gestaltung, Dimensionierung sowie das Controlling der Lieferkette notwendig sind, wird von Pfohl nicht beschrieben.

Weber stellt hingegen als Voraussetzung für ein effektives Supply Chain Controlling ein funktionierendes eigenes Controlling aller beteiligten Unternehmen dar [WEB02]. Die Herausforderung für ein Supply Chain Controlling in der nächsten Entwicklungsstufe ist die Abstimmung und Kommunikation zwischen den Partnern unter Berücksichtigung der rechtlichen und wirtschaftlichen Eigenständigkeit der verschiedenen Elemente der Lieferkette. Beim Ausweiten des Controllings auf die Lieferkette sollen die erhobenen Kennzahlen und Informationen mit den anderen Partnern der Lieferkette ausgetauscht und durch eine sogenannte „Synchronisation“ bei der Erhebung und Definition aneinander angepasst werden [KUM01]. Weber beschreibt unternehmensübergreifende allgemeine Kosten-, Erlös- und Leistungsdaten als Grundlage für ein Supply Chain Controlling. Diese Kennzahlen sollen durch eine Bewertung der Qualität und Intensität der Beziehungen in der Lieferkette ergänzt werden. Für diese Bewertung der Beziehung werden beispielsweise die Anzahl gemeinsamer Projekte oder die Häufigkeit von Abstimmungssitzungen als wichtiges Erfolgskriterium genannt. Welche Erfolgsfaktoren in der Lieferkette relevant sind und mittels welcher

Kennzahlen diese konkret überprüft werden können, wird im Rahmen des Ansatzes nicht beschrieben. Auch die Bedeutung der produktionslogistischen Wechselwirkungen und der Auswirkungen auf die Lieferkette werden bei diesem Ansatz nur allgemein gültig betrachtet und nicht explizit thematisiert.

Bei dem *NetProM*-Ansatz der Forschergruppe um Wiendahl werden logistische Informationen zwischen Kunden und Lieferanten für beide Seiten über ein eigens im Rahmen des Projekts entwickeltes Softwaresystem (FAST/net von gtt - Gesellschaft für Technologietransfer) verfügbar gemacht [LUT00]. Hauptschwerpunkt des NetProM-Ansatzes ist die klassische technologische sowie kapazitätsbedingte Fremdvergabe von Aufträgen, die methodisch durch ein logistisches Controlling und Monitoring unterstützt wird [WIE98b, WIN01]. Ziel ist die Erhöhung der Transparenz in Produktionsnetzwerken, um eine unternehmensübergreifende Planung und Steuerung von Aufträgen zu ermöglichen und eine bestmögliche Abstimmung der Produktionsabläufe der einzelnen Elemente des Netzwerks zu erreichen. Den Nutzern wird ein Methodenbaukasten zur Verfügung gestellt, mit dem den Elementen des Netzwerks Informationen hinsichtlich der aktuellen und zukünftiger Bestellungen und Bedarfe, verfügbarer, benötigter und verplanter Kapazitäten, Lagerbestände, aber auch Informationen über den Fortschritt von Aufträgen sowie Belegungsdaten in Form von Kennzahlen, Durchlaufdiagrammen und Produktionskennlinien (vgl. Abschnitt 2.3) hinzugefügt werden. Kunden wird durch die Methode beispielsweise die Möglichkeit gegeben, zu beurteilen ob die Kapazität des Zulieferers ausreicht, bestimmte anstehende Aufträge zu bearbeiten, ob Alternativen gesucht werden müssen oder welche Liefertermine zugesagt werden können. Ein wesentliches Problem der Methode ist die notwendige Vertrauensbasis zwischen den Vertragspartnern, die bei den wenigsten Unternehmen erreichbar erscheint. Ist ein derartiges Vertrauen nicht gegeben, so müssen komplexe Vertragswerke geschaffen werden, die eine Kooperation u. U. sehr schwierig machen. Bezieht ein Unternehmen eine große Anzahl an Komponenten und ist es in mehrere Lieferketten eingebunden, ergibt sich eine sehr große Anzahl an Informationen, die nur schwer handhabbar ist.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich die Entwicklung eines Controllings für Lieferketten noch am Anfang der Entwicklung befindet [HES99, HES02, WEB02]. Die ersten Arbeiten versuchen unternehmensinterne Controllingansätze auf die Lieferkette zu übertragen. Häufig werden diese Ansätze den spezifischen Eigenschaften der Lieferkette nicht gerecht, da nur wenige Elemente direkt und ohne Anpassung für eine Verwendung in der Lieferkette übernommen werden können [HES99, HES02]. Weiterhin liegt der Schwerpunkt der meisten Controlling-Ansätze für Lieferketten überwiegend auf finanzwirtschaftlichen Aspekten, wobei die produktionslogistischen Gesichtspunkte vernachlässigt werden. Gerade aber die finanzwirt-

schaftlichen Bereiche und deren direkte Verknüpfung zur Kostengestaltung reduzieren die Bereitschaft der Unternehmen zur offenen Kooperation in der Lieferkette. Darüber hinaus sind die Selbstorganisation und der Wunsch nach Entscheidungsautonomie wesentliche Hemmnisse für die Bereitschaft der Unternehmen, sich bei einem unternehmensübergreifenden Controlling zu integrieren.

3.1.4 SCOR-Modell

Bedingt durch die oft international und teilweise auch branchenübergreifend ausgeprägten Lieferketten kommt der Standardisierung von Begriffen und Prozessen eine große Bedeutung zu. Deshalb hat sich das Supply Chain Council (SCC) – als offene, globale sowie nichtkommerzielle Vereinigung von heute über 750 Unternehmen (Stand: 2002) – im Jahre 1996 das Ziel gesetzt, Prozessstandards für die Lieferkette zu definieren und kontinuierlich weiterzuentwickeln [JUN02]. Das Resultat dieser Tätigkeit ist das normierte, branchenunabhängige, weltweit verbreitete [WEB02] SCOR-Modell (Supply Chain Operations Reference Model), das einen Rahmen für die Gestaltung von Wertschöpfungsketten bildet [ZÄP01] und versucht die Konzepte der Geschäftsprozessmodellierung, des Benchmarkings und der Best-Practice-Analyse zu kombinieren. Bei diesem Modell handelt es sich um ein Standard-Prozess-Referenzmodell, das Kundeninteraktionen (vom Auftragseingang bis zur Zahlungsabwicklung), physische Materialströme (vom Lieferanten des Lieferanten bis zum Kunden des Kunden), Marktinteraktionen (von der Aggregation der Nachfrage bis zur Auftragserfüllung) sowie Rückführungsprozesse erfasst [SCC03]. Durch die definierten Standardprozesse, Kennzahlen und Best-Practice-Empfehlungen kann das SCOR-Modell für eine prozessorientierte Lieferkettengestaltung und als Basis für die Kommunikation zwischen den Partnern in der Lieferkette genutzt werden. Das Supply Chain Council wirbt damit, dass keine der Implementierungen des SCOR-Modells einen negativen Return of Investment (ROI) erbracht hat [JUN02].

Nach dem Konzept der hierarchischen Modellierung (Top-Down-Modellierung) unterscheidet das SCOR-Modell drei Modellierungsebenen (Abbildung 3-6) mit ansteigendem Detaillierungsgrad. Die erste Ebene (Level I / Top Level - Prozessebene) dient der Beschreibung von Inhalt und Einsatzgebieten des Modells sowie der Definition der Standardprozesse (Top Level Processes) Beschaffung (source), Herstellung (make), Liefern (deliver), Rückführung (return) sowie dem Planungsprozess (plan). Der Standardprozess Rückführung (return) bezieht sich zum einen auf die Rückführung verbrauchter Produkte, zum anderen auf Rückflüsse aus dem Produktionsprozess, wie bspw. Verschnitt, Ausschuss und Abfall.

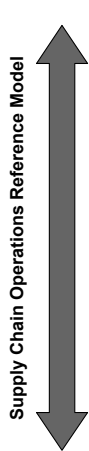
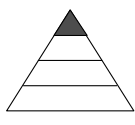
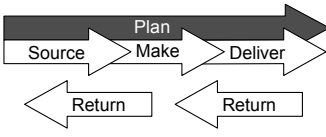
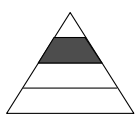
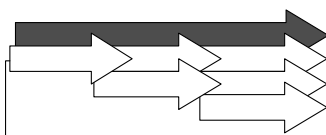
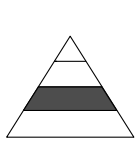
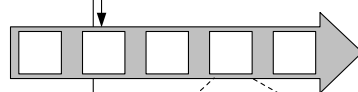


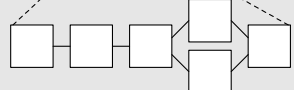
	Ebene		Schema	Anmerkungen
	Nummer	Beschreibung		
	1	 Top-Level-Ebene <i>(Prozessebene)</i>		Ebene 1 definiert den Umfang und Inhalt der Supply Chain. Hier werden die Grundbausteine für wettbewerbsfähige Leistungsziele gelegt.
	2	 Konfigurationsebene <i>(Prozesskategorien)</i>		Die Supply Chain eines Unternehmens kann in Ebene 2 durch 30 Kern-Prozesskategorien gemäß der Unternehmensstrategie konfiguriert werden.
	3	 Gestaltungsebene <i>(Prozesselemente)</i>		Ebene 3 beinhaltet: • Prozesselementdefinitionen • Prozesselementdefinitionsinput und -output • Diagnosekennzahlen • Best Practices • Systemfähigkeiten • IT-Systemunterstützung
nicht Bestandteil des SCOR-Modells 	4	 Implementierungsebene <i>(Detaillierung der Prozesselemente)</i>		Auf Ebene 4 werden Methoden zum Erreichen von Wettbewerbsvorteilen und zur Anpassung an sich ändernde Rahmenbedingungen angepasst, definiert und implementiert.

Abbildung 3-6: Hierarchische Ebenen des SCOR-Modells [nach SCC01]

Die zweite Ebene (Level II - Konfigurationsebene) – unterscheidet 30 Prozesskategorien und beschreibt die Konfiguration der Lieferkette gemäß den Anforderungen und der strategischen Zielsetzung der Unternehmen. Für den Kernprozess Produktion (M – Make) werden beispielsweise die Kategorien Lagerproduktion (M1 – Make to Stock), Auftragsproduktion (M2 – Make to Order) sowie die kundenindividuelle Einzelherstellung (M3 – Engineer to Order) unterschieden.

Die abschließende Gestaltung und Feinabstimmung auf Basis der standardisierten Prozesselemente erfolgt auf der dritten Ebene (Level III - Gestaltungsebene). [JUN02]. Auf dieser Ebene werden die Prozesse entsprechend ihrer regulären Reihenfolge aufgeführt und mittels Input- und Output-Beziehungen mit den anderen Prozesselementen verknüpft.

Die Überführung der standardisierten, branchenübergreifenden Prozesselemente in branchen- und unternehmensspezifische Prozessschritte, die an die Randbedingungen des Unternehmens angepasst wurden, erfolgt auf der vierten Ebene (Level IV – Implementierungsebene). Auf dieser Ebene werden die Prozesse beispielsweise gemäß den Anforderungen nach ISO dokumentiert und Tätigkeitsbeschreibungen sowie die resultierenden Arbeitsanweisungen erstellt. Die Prozesse auf der vierten Ebene liegen außerhalb des SCOR-Modellumfangs, da sie sehr unternehmensspezifisch sind und somit eine Standardisierung über Firmen und Branchen nicht realisierbar erscheint [GEI01].

Die Definition der Prozesse auf allen Ebenen erfolgt in Formblättern, die auch Best-Practices zur Gestaltung sowie Kennzahlen zur Bewertung der entsprechenden Prozesse enthalten. Die Kennzahlen werden für jeden Prozess in die folgenden fünf Ordnungskriterien gegliedert:

- Zuverlässigkeit (Reliability),
- Reaktionsfähigkeit (Responsiveness),
- Flexibilität (Flexibility),
- Kosten (Cost) und
- Bestand (Assets).

Die Beschreibung der Kennzahlen erfolgt nur in Worten und nicht unter Nutzung mathematischer Definitionen. Da somit teilweise die Möglichkeit zur freien Interpretation der Kennzahlen besteht, müssen partiell Kennzahlen exakter definiert werden, bevor sie in der industriellen Praxis angewendet werden können. Eine Festlegung der Messpunkte sowie der benötigten Messdaten, wie das beispielsweise bei der LogiBEST-Methode (vgl. Abschnitt 2.4.3) gegeben ist, erfolgt ebenfalls nicht. Darüber hinaus wird eine große Anzahl von Kennzahlen zur Bewertung einzelner Prozesse vorgeschlagen, die sich teilweise nur unwesentlich voneinander unterscheiden. Für den Kernprozess Produktion (M - Make) enthält das Modell beispielsweise 54 Kennzahlen, die auf mehrere Ebenen verteilt sind. Aber auch die Kennzahlen, die zur Bewertung von verschiedenen Prozesselementen vorgeschlagen werden, sind häufig identisch oder differenzieren sich nur geringfügig [COL03].

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass das SCOR-Modell zur Abbildung der vollständigen Lieferkette genutzt werden kann, um diese auf verschiedenen Ebenen und Verdichtungsstufen zu beschreiben. Die Konsistenz der hierarchischen Prozessbeschreibung und die daraus resultierende Anschaulichkeit des Modells bei unterschiedlichen Graden der Detaillierung gilt als eine signifikante Stärke des SCOR-Modells [GLE02]. Zur Bewertung der einzelnen Prozesse und Prozesselemente sind die Kennzahlen diesen direkt zugeordnet. Allerdings ist hier eine sehr große Anzahl von Kennzahlen gegeben, die bedingt durch die Zuordnung zu Prozessen teilweise redundant sind und nur allgemein beschrieben werden [COL03]. Dies führt insbesondere bei der Implementierung des SCOR-Modells zu Schwierigkeiten, da seitens des Modells keine detaillierte Unterstützung bei der Einführung geboten wird.

3.1.5 Nachfrageschwankungen in der Lieferkette

Eine besondere Herausforderung bei der Gestaltung, Planung und Steuerung der Lieferkette und ihrer Glieder ist der Umgang mit Nachfrageschwankungen. Hierbei ist

zwischen den Nachfrageschwankungen, die durch nachfolgende Lieferstufen verursacht werden, das heißt zwischen der fremdinduzierten Dynamik, und der durch unternehmensinterne Ursachen bedingten, das heißt der selbstinduzierten Dynamik zu unterscheiden [GLE02].

Die fremdinduzierte Dynamik ist nur eingeschränkt beeinflussbar und um ihr zu entgegen, müssen Unternehmenskapazitäten flexibel gestaltet werden. In der wissenschaftlichen Literatur wird im Zusammenhang mit der Fortsetzung der Nachfrageschwankungen über mehrere Stufen der Lieferkette der Peitscheneffekt oder Bullwhip Effect erwähnt (vgl.: Abbildung 3-7). Diese Erscheinung wurde erstmals von Forrester in den 1960er Jahren beschrieben und ist in der Zwischenzeit in zahlreichen empirischen Untersuchungen und durch Simulationsexperimente belegt worden. Eine kleine Änderung des Primärbedarfs verursacht unter Umständen durch die Bedarfszusammenfassungen der Planungssysteme in den einzelnen Unternehmen einen immer größeren Ausschlag in den vorgelagerten Unternehmen, je weiter die Lieferkette zurückverfolgt wird [FOR62, PHI99]. Die verzerrte Weitergabe der Nachfrageinformationen entlang der logistischen Kette führt also zu Ineffizienzen und einer Zunahme der Auftragsschwankungen entlang der Lieferkette [WIL00].

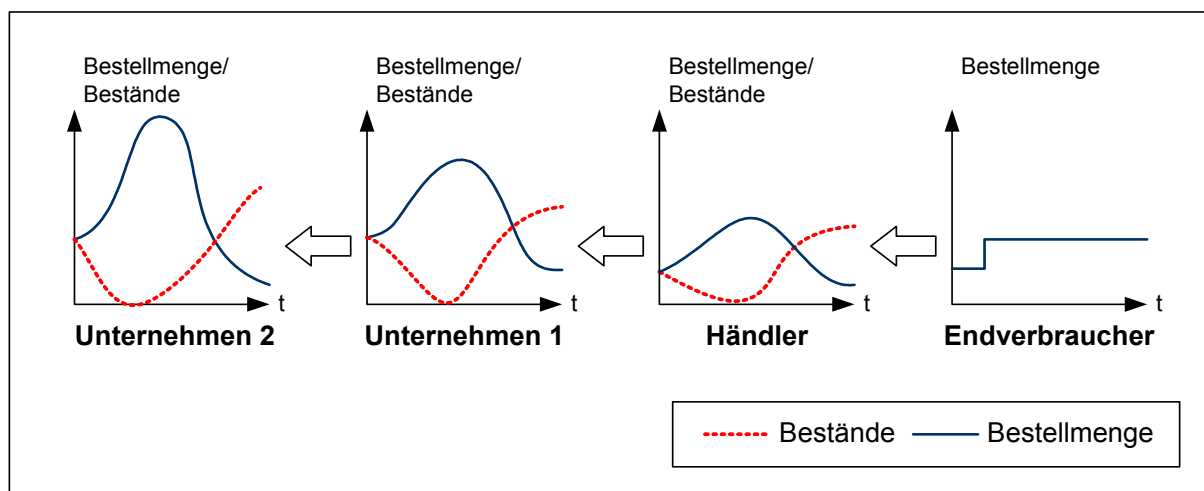


Abbildung 3-7: Peitscheneffekt entlang der Lieferkette (in Anlehnung an [GLE02])

Um den Peitscheneffekt in seiner Ausprägung zu reduzieren, ist es die Aufgabe eines jeden Unternehmens, den Ausschlägen, beispielsweise durch logistische Qualitätsregelkreise, dämpfend entgegenzuwirken [GLE02]. Dies gilt im gleichen Maße für die unternehmensinterne Dynamik, die durch die Unternehmen direkt beeinflussbar ist und deshalb Gegenstand von internen Verbesserungsmaßnahmen sein soll.

Um mit der fremdinduzierten Dynamik möglichst gut umgehen zu können, ist es notwendig, die Dynamik der Nachfrage, d. h. die Veränderungen im Bestellverhalten

der Kunden hinsichtlich Menge und Zeit, darzustellen und zu messen [GLE02a]. Ein grundlegender erster Ansatz zur Klassifizierung der Nachfrageschwankung ist die XYZ-Analyse zur Beschreibung der Verbrauchskonstanz (vgl. Abschnitt 2.5). Dieser Ansatz ist aber hauptsächlich zur Auswahl von Dispositionsmethoden für die Sekundärbedarfsermittlung sowie Lagerbestandsoptimierungen und weniger für die Beschreibung von Nachfrageschwankungen in Lieferketten geeignet. Bei einer Betrachtung der Nachfrageschwankungen in der Lieferkette muss die Vorhersagegüte der Planung mit berücksichtigt werden. Starke Nachfrageschwankungen eines Artikels (Z-Artikel) sind für eine Produktion u. U. relativ unproblematisch, wenn diese Schwankungen mit einem langen Zeitvorlauf bekannt und einplanbar sind. Um eine Positionierung der Unternehmen in Bezug auf das Nachfrageverhalten ihrer Kunden zu ermöglichen, kann die Stetigkeit der Nachfrage und die Güte der Vorhersage der betrachteten Artikel in einem Portfolio (Abbildung 3-8) dargestellt werden.

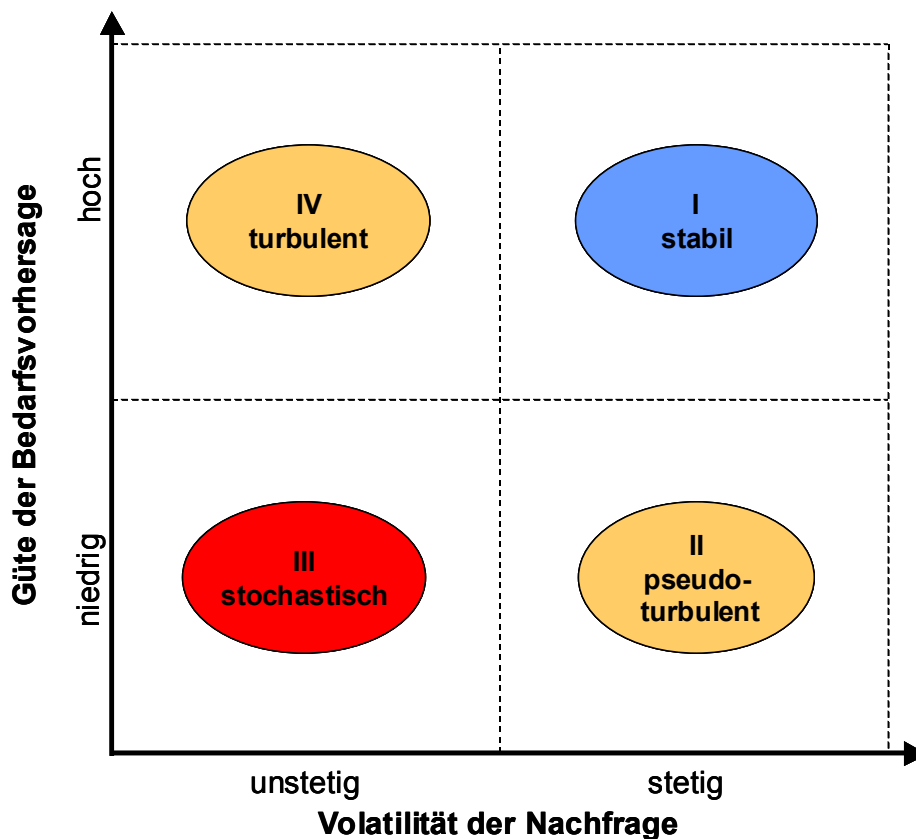


Abbildung 3-8: Portfolio der Nachfragedynamik [GLE02b]

Die Produkte im rechten oberen Sektor (Sektor I) des Portfolios weisen eine hohe Verbrauchskonstanz auf und die Bedarfe des Kunden werden dem Lieferanten mit einer großen Zuverlässigkeit mitgeteilt. Das Nachfrageverhalten kann als „stabil“ und aus Sicht des Zulieferers als unkritisch bezeichnet werden. Bei diesen Produkten besteht in der Regel kein Handlungsbedarf.

Die Produkte des rechten unteren Sektors (Sektor II) hingegen werden zwar stetig bestellt, die Vorhersagen der Lieferabrufe unterliegen jedoch großen Unsicherheiten. Die Abrufe schwanken viel stärker als der tatsächliche Verbrauch. Diese Situation kann als „pseudo-turbulent“ bezeichnet werden. Im linken oberen Sektor (Sektor IV) liegt der umgekehrte Fall vor. Die Verbrauchskonstanz ist relativ gering, der Kunde ist jedoch in der Lage, den Bedarf recht genau vorherzusagen. Dieser Umstand wird als „turbulent“ bezeichnet. Die Produkte im Sektor III, deren Nachfrageverhalten sich als „stochastisch“ beschreiben lässt, stellen die größten Problemfälle dar. Die Teile werden mit einer unzureichenden Vorhersagegenauigkeit in unregelmäßigen Mengen oder Intervallen abgerufen [GLE02b]. Insbesondere bei Produkten im vierten Sektor müssen Maßnahmen ergriffen werden, damit die Vorhersagegenauigkeit an Qualität gewinnt oder die Nachfrageschwankungen geglättet werden können.

3.2 Methoden zur Bewertung der Effizienz von logistischen Prozessen

Im nachfolgenden Abschnitt sollen Methoden vorgestellt werden, mit deren Hilfe die Effizienz von logistischen Prozessen ermittelt werden kann. Kern dieser Bewertung ist die Ermittlung von Soll-Werten und Vorgaben. Hierzu werden im Rahmen dieser Arbeit zuerst die Methode der Soll-Wert-Ermittlung mittels der logistischen Kennlinien, dann das logistische Monitoring und Benchmarking sowie die Methoden des Controlling vorgestellt.

3.2.1 Bestimmung von Soll-Werten mittels logistischer Kennlinien

Die bislang vorgestellten logistischen Kennlinien zeigen die Zusammenhänge von Bestand, Leistung, Durchlaufzeit sowie Termintreue auf. Sie bilden somit eine wichtige Basis für die engpassorientierte Logistikanalyse, bei deren Durchführung sämtliche Arbeitssysteme eines betrachteten Bereichs logistisch positioniert werden. Unter Berücksichtigung der Materialflüsse in der Fertigung kann mit der engpassorientierten Logistikanalyse eine Abschätzung des Bestands- und Durchlaufzeitsenkungspotenzials ermittelt werden. Dies erfolgt durch einen Vergleich der Ist- mit den Soll-Werten des mittleren Bestands, der Leistung und der Durchlaufzeit der Arbeitssysteme. Die verschiedenen Module, die bei der Durchführung der engpassorientierten Logistikanalyse angewandt werden, sind in Abbildung 3-9 skizziert. Sie setzen sich im Wesentlichen aus Matrizen für die Analyse der Materialflüsse, aus Durchlaufdiagrammen zur Bestands- und Durchlaufzeitanalyse, aus Methoden für die Klassifizierung der verschiedenen Engpässe sowie den Produktionskennlinien zur Potenzialanalyse zusammen.

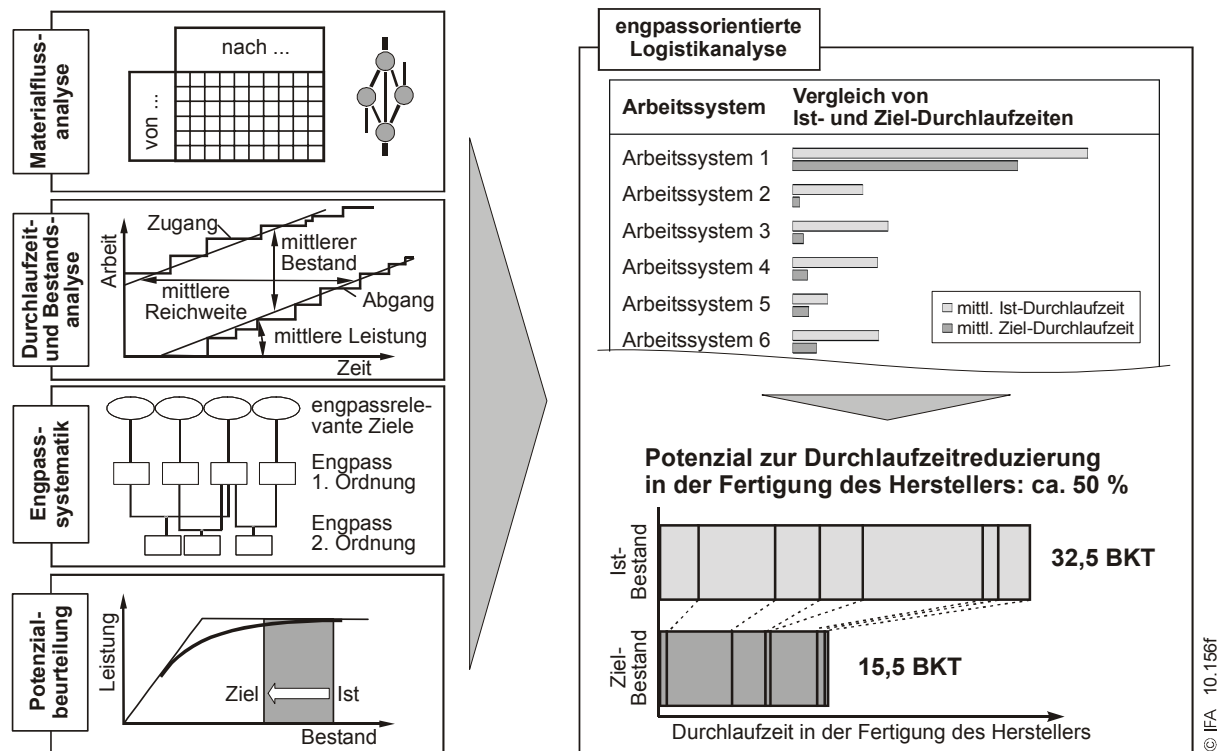


Abbildung 3-9: Elemente und Ergebnisse der engpassorientierten Logistikanalyse (nach [NYH03])

Die Methode der engpassorientierten Logistikanalyse kann für Bewertungen der logistischen Betriebszustände (Ist-Werte) der Arbeitssysteme des Betrachtungsbereichs durch die Verwendung der Produktionskennlinien eingesetzt werden. Darüber hinaus können auf Basis der einer kennliniengestützten Positionierung Zielwerte (Soll-Werte) für die logistischen Zielgrößen der Arbeitssysteme ermittelt werden. Aus dem Vergleich der Ist- und Soll-Werte des mittleren Bestands, der Leistung und der Durchlaufzeit der Arbeitssysteme lassen sich das logistische Potenzial einer Fertigung abschätzen und die Wirkzusammenhänge aufzeigen. Hierbei sind insbesondere die in Abschnitt 2.3 bereits aufgezeigten Zusammenhänge zwischen Beständen, Durchlaufzeiten, Durchlaufzeitstreuungen sowie Abgangsterminabweichungen zu nennen.

Gelingt es beispielsweise, die Bestände zu senken und somit die Durchlaufzeiten zu reduzieren, erreicht man gleichzeitig eine Verringerung der Lieferterminabweichungen [YU01]. Die reduzierte Durchlaufzeit sowie die geringere Lieferterminabweichung führen zu einer möglichen Reduzierung der Sicherheitsbestände in den nachfolgenden Lieferkettenelementen, da sie die Berechnungsgrundlage für die Sicherheitsbestände positiv beeinflussen.

Ausführlich wird die Methode der engpassorientierten Logistikanalyse bei Nyhuis und Wiendahl [NYH03] sowie bei Windt [WIN01] dargestellt.

3.2.2 Logistisches Monitoring

Grundlage der kontinuierlichen Verbesserung ist die Messung der erbrachten Leistung mit Hilfe von Kennzahlen. Die Erkennung der Notwendigkeit zur Durchführung von Verbesserungsmaßnahmen sowie die Auswahl der geeigneten Methode hängt wesentlich davon ab, inwiefern die erbrachte Leistung bereits das bestehende Leistungspotenzial ausnutzt und noch nicht ausgenutzte Leistungsreserven vorliegen.

Hauptaufgabe des Monitorings ist es, mittels der periodisch erhobenen Rückmelde- daten der Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme definierte Kennzahlen eines oder mehrerer logistischer Systeme zu berechnen und diese möglichst transparent zu visualisieren [STR00]. Somit ist ein Monitoringsystem ein Hilfsmittel der Fertigungssteuerung, durch das eine permanente Analyse der Logistikabläufe ermöglicht wird [KAN02, STR00, WIE97]. Bedingt durch die Tatsache, dass die Berechnung der Kennzahlen auf Basis der Daten des Betriebsdatenerfassungssystems erfolgt, ist ein funktionierendes und gut gepflegtes Rückmeldesystem für Betriebsdaten zwingende Voraussetzung für ein funktionierendes Monitoring. Ist dies gegeben, lassen sich durch das regelmäßige Erfassen und Speichern der Daten, die Aggregation zu Kennzahlen und deren Visualisierung fundierte Aussagen über die logistischen Prozesse treffen.

Prinzipiell erscheinen die Aufgaben des Controllings und des Monitorings (vgl. Abschnitt 3.1.3) ähnlich, sie unterscheiden sich aber bezüglich des Einsatzgebiets. Bei übergeordneten, vornehmlich strategischen und taktischen Betrachtungen wird das Logistikcontrolling verwendet. Auf der operativen Steuerungsebene wird dem gegenüber das Logistikmonitoring angewendet [KAN02, STR00]. Beide Methoden erheben Kennzahlen für einen Betrachtungsbereich, mit deren Hilfe die Logistikleistung beurteilt werden kann. Dazu werden die erhobenen Kennzahlen der jeweiligen Berichtsperioden mit den vorgegebenen Sollwerten oder alternativ mit den Kennzahlen aus anderen Berichtsperioden zueinander in Bezug gesetzt. Von großer Bedeutung für die Aussagekraft des Monitorings und Controllings ist die Vorgabe von Soll-Werten (vgl. Abschnitt 3.2), an denen sich die Bewertung des Betrachtungsbereichs orientiert.

3.2.3 Bestimmung von Soll-Werten mittels Benchmarking

Der Begriff Benchmarking leitet sich von der englischen Bezeichnung für einen Referenz- beziehungsweise Orientierungspunkt für Höhenniveau- oder Richtungsmessungen aus der Topographie ab. Übertragen in den betriebswirtschaftlichen logistischen Bereich wird er als Zielgröße oder Richtwert verstanden, der einen kritischen Erfolgsfaktor charakterisiert und sowohl für unternehmensinterne als auch unternehmensübergreifende Vergleiche genutzt werden kann [TÖN01]. Es gibt unterschiedli-

che Benchmarking-Arten, wobei sich hier auf das kennzahlengestützte Benchmarking beschränkt werden soll. Bei dieser Art des Benchmarking werden Kennzahlen herangezogen, um die Leistungsunterschiede, die zwischen den Vergleichspartnern bestehen, zu messen. Dazu werden die gemessenen eigenen Ist-Werte denen der Partner gegenübergestellt. Somit kann der Leistungsunterschied und ggf. das bestehende Potenzial bestimmt werden. Wesentliche Voraussetzung hierfür ist die Vergleichbarkeit der gemessenen Kennzahlen. Als Benchmarkingpartner können sowohl interne Unternehmensbereiche, andere Unternehmen, aber auch direkte Konkurrenten ausgewählt werden. Die Methode kann daher nach Camp als Suche nach dem besten industriellen Verfahren, das eine hervorragende Entwicklung garantiert, verstanden werden [CAM94, KEM95, WEB98, WEB99a]. Dabei wird der beste Kennzahlenwert bei den direkten Vergleichen als Benchmark bezeichnet.

Bichler, Horvath und Wildemann [BIC94, HOR98, WIL97] beschreiben Benchmarking auch als eine Methode, bei der auf Basis der Soll-Werte (Benchmarks) Kennzahlen für das eigene Controlling abgeleitet werden können. Vorteil dieser Methode ist es, dass die Ermittlung von Soll-Werten nicht das Ergebnis einer unter Umständen subjektiven und unternehmensindividuellen Bewertung ist, sondern sich an einer eher objektiven, übergeordneten Beurteilung orientiert.

Die Übertragbarkeit der Vergleichswerte aus dem Benchmarking als Soll-Werte für das eigene Controlling hängt jedoch von der Vergleichbarkeit der jeweiligen Benchmarkingobjekte ab. Eine Methode, welche die Voraussetzungen beschreibt, die erfüllt sein müssen, um die Benchmarks auf das eigene Unternehmen zu übertragen, konnte in der einschlägigen Literatur nicht gefunden werden. Genauso wenig wird beschrieben, wie die Vergleichswerte angepasst werden müssten, damit sie übertragbar sind. Daher stellt Benchmarking in erster Linie eine Methode dar, mit der man von anderen Unternehmen lernt, die eigene Leistung zu verbessern. Darüber hinaus können die Benchmarks einen wesentlichen Beitrag zur strategischen Positionierung des eigenen Unternehmens liefern. Eine gesicherte Methode zur Ermittlung von Soll-Werten liefert das Verfahren jedoch nicht.

3.2.4 Bestimmung von Soll-Werten im Rahmen des Controllings

Die Ermittlung von Soll-Werten erfolgt im Rahmen des Controllings während der Planungsphase [HOR98]. Während der Kontrollphase werden die zuvor ermittelten Soll-Werte den Ist-Werten gegenübergestellt und somit wird die Leistungsfähigkeit beurteilt.

Horvath stellt zur Soll-Wert-Ermittlung verschiedene qualitative und quantitative Prognoseverfahren vor. Als Anwendungsfeld für die qualitativen Verfahren beschreibt

er die Beantwortung komplexer, strategischer und auch politischer Fragestellungen und weniger die Bestimmung von Soll-Werten für einzelne Kennzahlen. Die quantitativen Prognoseverfahren basieren darauf, dass ausgehend von der Vergangenheit mittels verschiedener Extrapolationsverfahren und entsprechender Annahmen auf die Zukunft geschlossen wird [BAM01, DOM93, TEM03]. Die auf diesem Wege ermittelten Soll-Werte basieren dementsprechend maßgeblich auf den in der Vergangenheit erreichten Ist-Werten.

Wildemann [WIL97] beschreibt die Methode des Zero-Base-Budgeting, um Soll-Werte für das Controlling zu bestimmen. Bei dieser Methode wird versucht, bestehende Geschäftsprozesse losgelöst vom Ist-Zustand zu betrachten und im Sinne einer Idealvorstellung neu zu gestalten („Grüne-Wiese-Planung“). Diese Idealvorstellung ist die Grundlage für die Bestimmung der Soll-Werte. Wildemann stellt das Zero-Base-Budgeting als allgemeine Vorgehensweise dar und bezieht sich nicht explizit auf die Ermittlung von Sollwerten einzelner Logistikkennzahlen. Bei Anwendung dieser Methode wäre es beispielsweise denkbar, für die Vergleichswerte des Servicegrades den definitionsbedingten Grenzwert von 100 % und für den Sicherheitsbestand den definitionsbedingten Grenzwert von 0 Stunden Arbeitsinhalt (oder Stück) anzunehmen. Diese Kombination von Vorgaben ist aber in der betrieblichen Praxis von Produktionsunternehmen oftmals nicht realistisch. Eine Vorgehensweise, wie dieser Zielkonflikt aufzulösen ist, wird durch Wildemann jedoch nicht vorgeschlagen.

Reichmann [REI95] ermittelt einen optimalen Lieferbereitschaftsgrad aus dem Minimum von Fehlmengen- und Bestandskosten. Bei dieser Methode wird vorausgesetzt, dass die Fehlmengenkosten mit dem Lieferbereitschaftsgrad abnehmen und die Bestandskosten zunehmen. Es bleibt jedoch offen, welche funktionalen Zusammenhänge zwischen den Kosten und dem Lieferbereitschaftsgrad bestehen, so dass im Ergebnis auf Annahmen zurückgegriffen werden muss und damit die Aussagekraft der ermittelten Soll-Werte nicht objektiv zu bewerten ist.

Eine wesentliche Schwäche der in der Literatur zum Controlling vorgestellten Methoden zur Bestimmung von Soll-Werten ist insbesondere die mangelnde Berücksichtigung der Wirkzusammenhänge. Damit bleibt offen, wie beispielsweise der ermittelte Soll-Wert für die Liefertreue im Verhältnis zu dem durch die logistischen und technologischen Rahmenbedingungen vorgegebenen Leistungspotenzial steht. Dadurch wird die Interpretation der Ergebnisse beim Soll-Ist-Vergleich erschwert. Es besteht die Gefahr, durch zu niedrige Soll-Werte, beispielsweise für Durchlaufzeiten und Bestände das vorhandene Potenzial nicht auszunutzen beziehungsweise Soll-Werte vorzugeben, die über das Leistungspotenzial hinaus gehen und damit keinen Beitrag zur kontinuierlichen Leistungsverbesserung leisten können. Darüber hinaus kommt dem Soll-Wert auch unter Motivations- und Personalführungsaspekten eine zentrale

Bedeutung zu. Sind die Soll-Zielvorgaben nicht erreichbar, so führt dies zu einer Demotivation, sind sie zu niedrig, wird das vorhandene Potenzial nicht ausgeschöpft [LOO96].

3.3 Parameter der Positionierung der Logistik von Lieferketten

Damit die einzelnen Lieferkettenelemente der Beanspruchung gerecht werden, gibt es verschiedene Stellhebel, mit deren Hilfe logistische Prozesse gemäß den Anforderungen positioniert werden können. In Lieferketten sind insbesondere Einflüsse hinsichtlich der Termintreue relevant, aber auch Rückstände hinsichtlich der Soll-Planung sowie Nachfrageschwankungen beeinflussen die Qualität der Lieferkettenlogistik signifikant. In den folgenden Abschnitten wird nun auf ausgewählte Stellhebel eingegangen, die eine logistische Positionierung der Lieferkettenelemente ermöglichen.

3.3.1 Bestandsmanagement

Der Bestand übernimmt bei einigen Fertigungssteuerungsprinzipien eine zentrale Rolle als primäre Regelgröße [LOE01]. Dies trifft insbesondere auf die Steuerungsverfahren nach dem Pull-Prinzip (beispielsweise Kanban-, Polca, Conwip-Steuerung) zu, bei denen ein definiertes Bestandsniveau in einer Lagerstufe eines Lieferkettenelements Bestellungen bei einem vorgelagerten Lieferkettenelementen auslöst. Anhand der Produktionskennlinie (vgl. Abschnitt 2.3.2) kann gezeigt werden, dass schon kleine Änderungen der logistischen Leistung zu signifikanten Veränderungen des Bestands und somit der Reichweite führen können. Im Umkehrschluss kann das Bestandsniveau wesentlich besser verändert bzw. positioniert werden, ohne dass es zu starken Beeinflussungen der anderen logistischen Zielgrößen kommt.

Nach der VDI-Richtlinie 2411 wird „jedes geplante Liegen von Arbeitsgegenständen im Materialfluss“ als Lagerung oder Vorhalten von Beständen bezeichnet. Der Begriff Bestands- oder Lagermanagement umfasst alle Aufgaben, die das Lagern von Gütern betreffen [SCH02]. Grundsätzlich erfüllen Lager die Aufgabe der zeitlichen und mengenmäßigen Entkopplung von Prozessen [WIL97].

In der Praxis ist der Begriff der Lagerhaltung häufig mit einem negativen Konnotat wie „Trägheit“, „Kosten“ und „Platzverbrauch“ belegt. In einer maßvollen, geplanten Lagerhaltung liegt jedoch die Chance, sich wirtschaftlich erfolgreich in einer Lieferkette zu positionieren [LUT02]. Das negative Bild von Beständen ist hauptsächlich durch die hohe Kapitalbindung verursacht, die im deutschen Maschinenbau durchschnittlich 24 % des Umsatzes beträgt [AND93, ABE94, EVE95]. Zusätzlich ist aber noch zu berücksichtigen, dass der Bestand, im Gegensatz zu den logistischen Zielgrößen

Durchlaufzeit und Termintreue, vergleichsweise einfach finanziell bewertbar ist und deshalb auch als Grundlage für viele Unternehmensentscheidungen dient.

Durch anforderungsgerechte Bestände lassen sich kurze Lieferzeiten zum Kunden realisieren sowie eine Abkopplung des eigenen Unternehmens gegen externe Einflüsse, wie beispielsweise Nachfrageschwankungen oder eine nur unzureichende Termintreue der Lieferanten, erreichen [LUT02]. Wichtig ist dabei, durch ein umfassendes Bestandsmanagement das Maß der Bestände zu ermitteln, das für die Erreichung der logistischen Ziele ausreichend ist. Hierzu kann beispielsweise die Methode zum kennliniengestützten Lagermanagement nach Lutz verwendet werden, die eine problemorientierte Analyse und nachfolgende Dimensionierung der Lagerbestände ermöglicht [LUT02].

Bei der Betrachtung einer gesamten Lieferkette kann es nicht das Ziel von einzelnen Elementen der Lieferkette sein, die Bestände im eigenen Unternehmen zu reduzieren, indem diese auf den Zulieferer verlagert werden und dieser verpflichtet wird, bestimmte Artikelmen gen unter vorgegebenen Rahmenbedingungen vorzuhalten. Derartige Strategien reduzieren zwar die Bestände im Lager des Kunden signifikant und können deshalb als eine Maßnahme zur Bestandsreduzierung betrachtet werden, jedoch handelt es sich hierbei nur um eine reine Verlagerung des Problems. Die Bestände in der gesamten Lieferkette sind immer noch in gleicher Höhe vorhanden. Im Gegenzug ist durch eine übergreifende Planung die Möglichkeit gegeben, Planungsunsicherheiten zu reduzieren. Ganz auf Bestände zu verzichten ist aber nur im Falle einer idealen, bedarfssynchronen Anlieferung oder innerhalb synchronisierter Produktionsprozesse möglich [LUT02, HOL00].

3.3.2 Kapazitätsflexibilität

Eine weitere Möglichkeit, auf die komplexen Anforderungen der Lieferkette einzugehen, ist die Flexibilisierung der Kapazität. Bedingt durch steigende Lohnkosten bei gleichzeitig sinkender Wochenarbeitszeit, stärkeren Nachfrageschwankungen und zugleich größeren Anforderungen an die logistische Leistungsfähigkeit gewinnt eine flexible Kapazitätsgestaltung zunehmend an Bedeutung [BRE01, BRE02, WIE00]. Dies ist insbesondere in Lieferketten von großer Wichtigkeit, damit eingebundene Unternehmen die eigenen Kapazitäten schnell an sich ändernde Kundenwünsche anpassen können und somit die Entstehung des in Abschnitt 3.1.5 beschriebenen Bullwhip-Effekts weitestgehend vermieden werden kann.

Ziel ist es dabei, durch eine flexible Gestaltung sowohl der Arbeitssystem- als auch der Personalkapazität den marktseitigen Anforderungen gerecht zu werden. Somit kann ein wesentlicher Beitrag zur termin- und mengengerechten Kundenwunscherfüll-

lung geleistet werden. Problematisch ist dabei, dass Produktionssysteme meist schon technisch ausgereizt sind und die teuren Humanressourcen, die häufig zu einer Steigerung der Produktionskapazität notwendig sind, durch die stetig steigenden Lohnkosten zunehmend kritisch betrachtet werden sowie maximal ausgelastet sein müssen [WIE00]. Zur Beschreibung von flexiblen Kapazitäten und als Grundlage für fundierte Entscheidungen bei der Produktionsplanung stellen Wiendahl und Breithaupt mit den sogenannten Kapazitätshüllkurven einen Modellierungsansatz vor, mit dessen Hilfe die Auswirkungen verschiedener Arbeitszeitmodelle auf die Kapazitätsflexibilität visualisiert werden können [WIE98c]. Die Kapazitätshüllkurven zeigen die wesentlichen Einflussgrößen wie Reaktionszeit, Mindestinstallationszeit und die daraus verfügbaren veränderten Kapazitäten auf und beschreiben beispielsweise, mit welcher Verzögerung oder Vorlaufzeit ein bestimmter Betrag an zusätzlicher Kapazität bereitgestellt werden kann (Abbildung 3-10) [WIE00]. Jede Zusatzkapazität bildet mit der notwendigen Reaktionszeit eine Treppenstufe der Hüllkurve und ermöglicht so eine Visualisierung der Kapazitätsflexibilität. In der Abbildung 3-10 bildet jede Stufe der Hüllkurve durch die Länge der Stufe auf der Zeitachse (Abszisse) die Vorlaufzeit ab, die benötigt wird eine bestimmte Kapazitätsveränderung zu realisieren. Die Höhe der Stufe (Ordinate) repräsentiert den maximal möglichen Betrag einer Kapazitätsänderung. Daraus folgt, dass jede Treppenstufe die Zusatzkapazität mit der notwendigen Reaktionszeit abbildet.

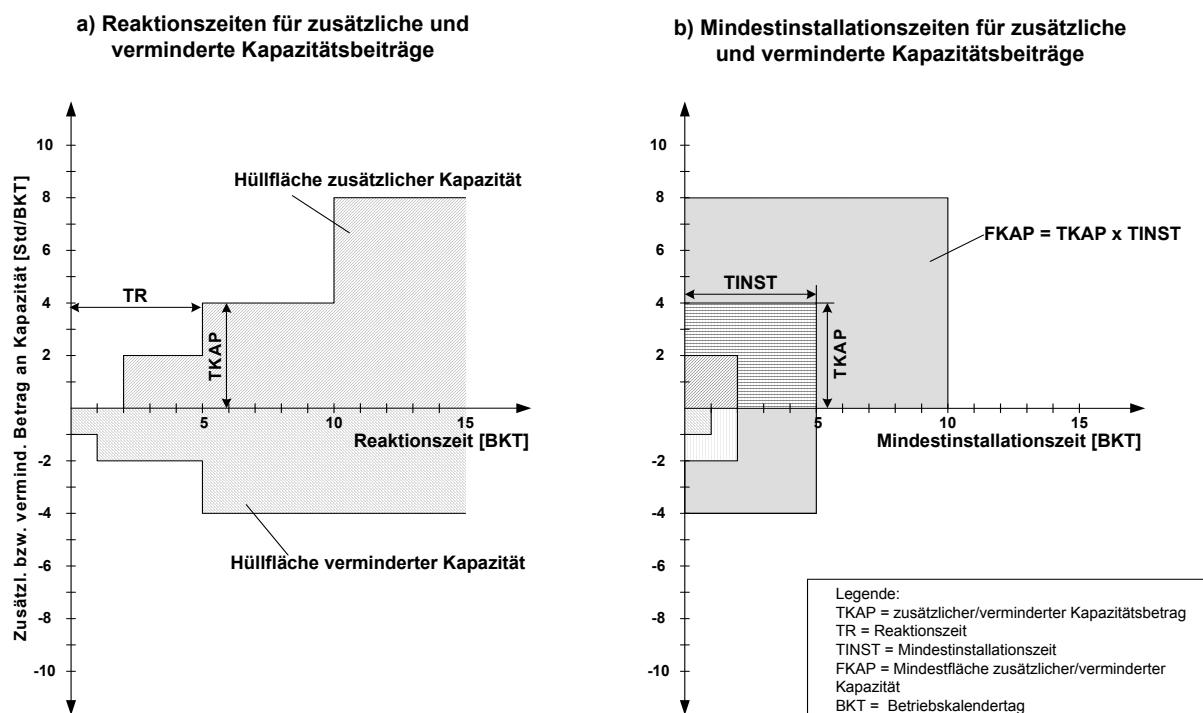


Abbildung 3-10: Darstellung von Kapazitätsflexibilität mit Hilfe von Hüllkurven (nach Wiendahl [WIE00])

Neben der möglichen Kapazitätsflexibilität kann durch eine kombinierte Anwendung der Kapazitätshüllkurven und der Produktionskennlinien auch die Rückwirkung der Kapazitätsveränderungen auf die logistischen Zielgrößen Bestand, Durchlaufzeit und Ausbringung dargestellt werden [WIE00]. Um Bestände in Lieferketten nachhaltig senken zu können und gleichzeitig den kontinuierlich steigenden logistischen Anforderungen gerecht zu werden, ist eine hohe Kapazitätsflexibilität notwendig.

3.3.3 Informationsfluss

Um eine möglichst große Reaktionsschnelligkeit der Logistik von Lieferketten zu erreichen, ist es notwendig, über Plandaten mit einer hohen Qualität zu verfügen, die im Idealfall allen involvierten Lieferkettenelementen zum gleichen, möglichst frühen Zeitpunkt zur Verfügung stehen (vgl. Abbildung 3-11). Dies ist eine wichtige Voraussetzung, damit in der Lieferkette der Bullwhip-Effekt in seiner Entstehung gehemmt werden kann und es den Lieferkettenelementen im Falle einer Umplanung ermöglicht wird, reaktionsschnell auf Änderungen einzugehen.

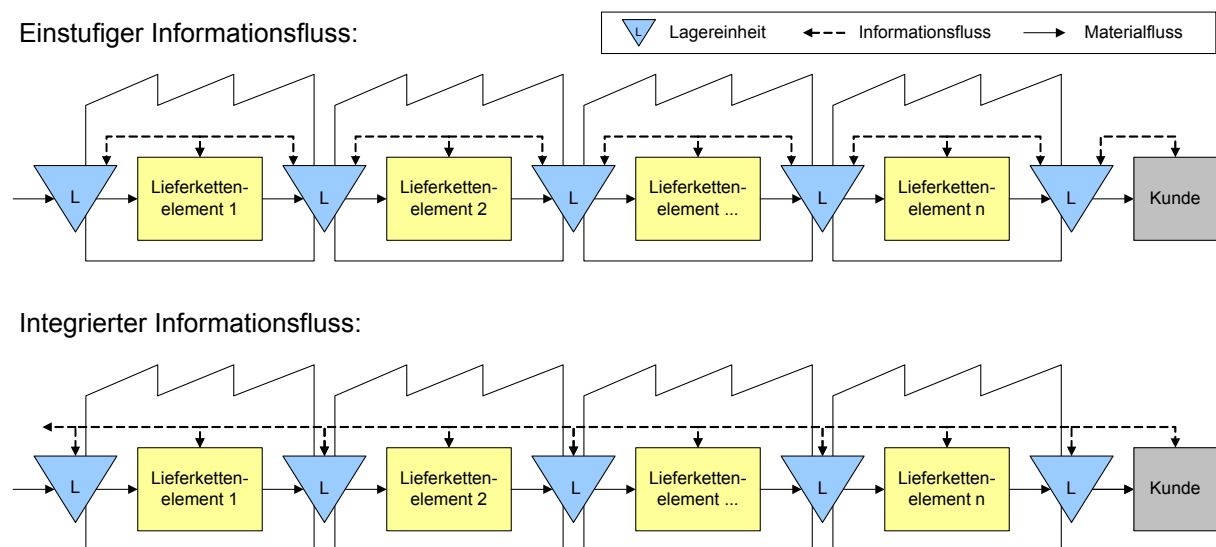


Abbildung 3-11: Möglichkeiten des Informationsflusses in der Lieferkette

Sind die Endkundenbedarfe auf allen Stufen der Lieferkette verfügbar, können bspw. durch eine Stücklistenauflösung die entsprechenden, lokalen Bedarfe ermittelt werden. Diese Informationen ermöglichen dezentrale Entscheidungen nach dem verbrauchsgesteuerten Prinzip. Allerdings basieren diese nicht auf den lokalen Beständen und Nachfragen, sondern auf den Beständen und Nachfragen der gesamten Lieferkette. Bestell- oder Produktionsvorgänge werden nicht mehr aufgrund eines lokalen Bedarfs ausgelöst, sondern basierend auf den Abrufen des Kunden der Lie-

ferkette. Diese Verfahren werden mehrstufige, echelon-basierte (englisch = Echo), aber auch base-stock Verfahren genannt.

Voraussetzung für das Funktionieren der mehrstufigen Verfahren ist ein permanenter oder periodischer Abgleich des Bedarfs mit dem Bestand der Artikel in der gesamten Lieferkette. Die Verfügbarkeit dieser Informationen über Unternehmensgrenzen hinweg kann aber nicht als selbstverständlich vorausgesetzt werden, auch wenn dies durch die Entwicklungen in der Informationstechnologie möglich wäre [DIK96]. Insbesondere bei kleineren und mittleren Unternehmen treten Probleme bezüglich der Inkompatibilität von Informationssystemen und Datenstrukturen auf. Weitere Probleme können durch fehlende Datensicherheit, Misstrauen zwischen den Partnern in der Supply Chain und die Anforderungen an die Austauschbarkeit der einzelnen Lieferkettenelemente entstehen.

3.4 Fazit und Schlussfolgerung für die zu entwickelnde Methode

Das Gesamtsystem der Lieferkette, mit einer unter Umständen großen Anzahl an Lieferanten, Produzenten und Kunden, die häufig nicht nur in eine Lieferkette, sondern in ein ganzes Netzwerk verschiedener Lieferketten eingebunden sind, beinhaltet eine derart große Anzahl von Einzelelementen und damit verknüpften Informationen, dass eine Modellierung aller betroffenen Elemente unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten nicht realisierbar ist [SCH99]. Wie oben beschrieben, kommt deshalb den Schnittstellen zwischen den Unternehmen, aber auch den Schnittstellen innerhalb der Unternehmen eine große Bedeutung zu. Sie sind potenzielle Quellen von Ineffizienz und Intransparenz und führen zu Zeitverlusten durch unterbrochene Informationsflüsse und dem daraus resultierenden zusätzlichem Abstimmungsbedarf. Es ist deshalb notwendig, diese Schwachstellen durch eine strukturierte Vorgehensweise beherrschbar zu machen und sie als Kontrollinstanz für ein kontinuierliches Lieferkettencontrolling zu nutzen. Wichtig ist aber anzumerken, dass ein logistisches Monitoring oder Controlling nur Schwachstellen aufdecken, aber keine Hilfestellung bei der Ermittlung der Fehlerursachen und -quellen geben kann. Häufig wird versucht, unternehmensinterne Ansätze auf Lieferketten zu übertragen, ohne die Spezifika der Lieferketten und insbesondere ihrer Logistik zu beachten.

Im Rahmen der Positionierung der Logistik von Lieferketten gilt es nun, die kritischen Schnittstellen zu erkennen und dort die erfolgsrelevanten Kenngrößen zu identifizieren und sie anhand von standardisierten Kennzahlen zu bewerten. Hierbei ist insbesondere die Logistikleistung aus der Sicht der Kunden in einer komplexen Lieferkette von großer Bedeutung für eine erfolgreiche Gesamtleistung. Dabei spielen neben den konventionellen Kauf- und Entscheidungskriterien Preis und Produktqualität die logistischen Merkmale Liefertreue, Lieferzeit und speziell die Flexibilität eine signifi-

kante Rolle [NYH03, WIE02]. Wichtig ist dabei nicht nur die lokale Verbesserung und Positionierung von Lieferkettenelementen anhand lokaler Entscheidungskriterien, sondern auch die Berücksichtigung der Gesamtheit der Lieferkette und deren logistischer Leistungsfähigkeit. Eine gute Logistikleistung mit kurzen Lieferzeiten und einer hohen Liefertreue stellt für die Summe der Lieferkettenelemente einen entscheidenden Wettbewerbsvorteil dar.

4 Methode zur kennzahlenbasierten Positionierung der Logistik von Lieferketten

Verschärfte Wettbewerbsbedingungen und gestiegene Marktanforderungen führen dazu, dass Prozessoptimierungen innerhalb einzelner Unternehmen allein nicht mehr ausreichen, um weitere Verbesserungspotenziale zu realisieren. Daher ist es notwendig, die Gestaltung und das Management sowohl der unternehmensinternen als auch der unternehmensübergreifenden Lieferkette zu betrachten.

Um trotz der hohen Komplexität und der vielfältigen Wechselwirkungen innerhalb der Lieferkette eine zielgerichtete logistische Positionierung zu ermöglichen, muss dem Management der Lieferkettenelemente eine methodische Unterstützung bei deren strukturellen und organisatorischen Gestaltung zur Verfügung gestellt werden. Diese Methode muss den beteiligten Unternehmen die Möglichkeit geben, durch die Steuerung der einzelnen Lieferkettenelemente einen Einklang der einzelnen Prozesse mit den Zielen der gesamten Lieferkette zu erreichen. Eine Integration der so positionierten Prozesse in eine mögliche EDV-Umgebung ist im Nachgang möglich, allerdings muss zuvor ein funktionierendes Lieferkettencontrolling etabliert sein [OTT01, WEB02]. Darüber hinaus müssen auch Entscheidungen bei der Auswahl der Lieferkettenpartner unterstützt werden [WEB02].

In einer Studie, die im Jahr 2000 vom Bundesverband für Materialwirtschaft, Einkauf und Logistik e. V. durchgeführt wurde, ist festgestellt worden, dass nur wenige Unternehmen eindeutige logistische Zielvorgaben nutzen und deren Einhaltung auch entsprechend kontrollieren. Falls in den Unternehmen doch Zielvorgaben genutzt werden, so beinhalten diese häufig Kriterien hinsichtlich möglicher Kostensenkungen und Bestandsreduktionen. Diese Kenngrößen lassen sich aber nur eingeschränkt auf die Problematik der Lieferketten anwenden, da sie unter Umständen zu operativen Fehlentscheidungen hinsichtlich der Leistungsfähigkeit der Lieferkette durch die Realisierung von lokalen Kostenvorteilen führen.

Bei der Studie wurde allerdings, neben den oben genannten Zielgrößen, insbesondere die logistische Leistungsfähigkeit als wesentlicher Erfolgsfaktor in der Lieferkette genannt [VOE02, ZEU02]. Ziel dieser Arbeit ist es daher, eine Methode zur kennzahlenbasierten Positionierung der Lieferkettenelemente in einer komplexen Lieferkette zu erarbeiten. Zunächst wird in einem Überblick das Gesamtkonzept der Methode erläutert, die einzelnen Bestandteile folgen dann in den nachfolgenden Abschnitten in einer detaillierten Darstellung.

4.1 Methodenkonzept

Mit der Methode wird die Lieferkette sowohl aus produktbezogener als auch aus prozessorientierter Sicht visualisiert (Abschnitt 4.2), die erforderliche logistische Leistungsfähigkeit bewertet sowie die erfolgskritischen Lieferkettenelemente identifiziert (Abschnitt 4.3). Diesen Lieferkettenelementen und ihren Prozessen werden Kennzahlen zugeordnet (Abschnitt 4.4). Deren Ausprägung und historische Entwicklung soll unter Nutzung des in Abschnitt 4.5 beschriebenen logistischen Lieferketten-Assistenzsystems kontinuierlich nachverfolgt sowie der weitere Verlauf prognostiziert werden. Weichen die Kennzahlen von den Soll-Werten ab, können Stellhebel identifiziert werden, die ein zielgerichtetes Eingreifen ermöglichen. Wesentliches Merkmal der Methode und ihrer Instrumente ist eine einfache Anwendbarkeit, die besonders auf eine Verwendung in kleinen und mittleren Unternehmen abzielt [KRA97].

Im Folgenden wird die Grundstruktur der Methode erläutert. Sie besteht aus fünf Bausteinen, die teilweise aufeinander aufbauen und miteinander interagieren (Abbildung 4-1).

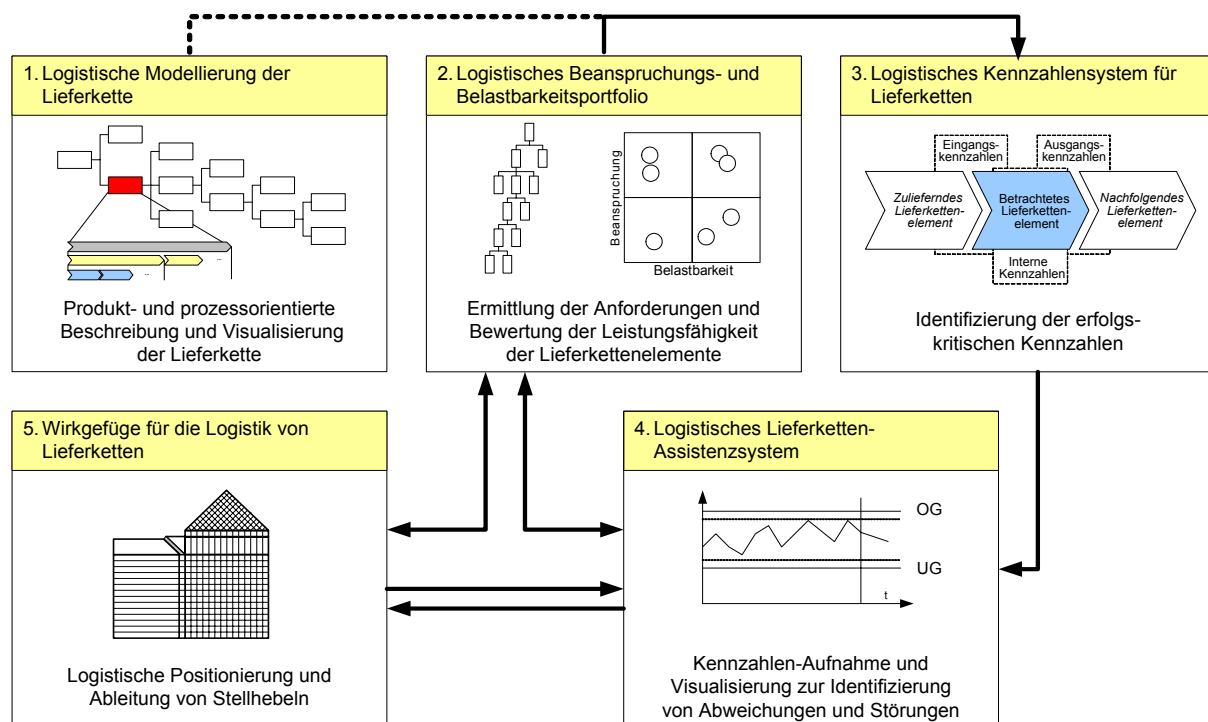


Abbildung 4-1: Bausteine der Methode zur kennzahlenbasierten Positionierung der Logistik von Lieferketten

Damit sowohl unternehmensübergreifende als auch unternehmensinterne Prozesse von Lieferketten, unabhängig von der Aufbauorganisation der einzelnen Lieferkettenelemente, einheitlich beschrieben und visualisiert werden können, werden in dem ersten Baustein Methoden zur logistischen Modellierung von Lieferketten vorgestellt.

Diese Modellierungsmethoden dienen der Abgrenzung des Betrachtungsbereichs für die zu untersuchenden Produkte und somit als Basis für die Bewertung komplexer Lieferketten und ihrer Elemente.

Mit dem Ziel, die Lieferkette und ihre Elemente hinsichtlich ihrer logistischen Positionierung zu analysieren und zu bewerten, wird in dem zweiten Baustein der Methode ein logistisches Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio entwickelt. Grundlage für das Portfolio ist einerseits die Analyse der logistischen Umgebungsbedingungen bzw. Kontextfaktoren oder externe Einflüsse, die in der Notwendigkeit einer bestimmten Leistungsfähigkeit der einzelnen Lieferkettenelemente resultiert. Sie wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit in Anlehnung an die Arbeitswissenschaft als logistische Beanspruchung bezeichnet. Andererseits wird die Fähigkeit eines Lieferkettenelements ermittelt, mit der logistischen Beanspruchung umzugehen, Veränderungen zu ermöglichen und eintretende Störungen auszugleichen. Hierfür wird der Begriff der logistischen Belastbarkeit geprägt. Durch die Identifizierung der logistischen Beanspruchung einzelner Lieferkettenelemente können erfolgskritische Prozesse in der Lieferkette ermittelt werden und somit die ganze Lieferkette sowie ihr dynamisches Zusammenspiel hinsichtlich der logistischen Zielgrößen positioniert werden. Ziel einer logistischen Positionierung von Lieferkettenelementen muss das Erreichen der Übereinstimmung von logistischer Beanspruchung mit der Belastbarkeit sein.

Mit dem dritten Baustein wird ein Zielsystem für die Lieferkette und deren Elemente erstellt. Die Zielgrößen der Lieferkette werden auf die Zielgrößen der einzelnen Elemente und deren Prozesse übertragen. Anschließend werden, abhängig von der Position im logistischen Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio, die relevanten Kennzahlen der Lieferkette identifiziert und den Elementen der Lieferkette zugeordnet.

Der vierte Baustein – das logistische Lieferketten-Assistenzsystem – berechnet in periodischen Abständen die zuvor identifizierten Kennzahlen und stellt diese grafisch dar. Das Frühwarnsystem des Lieferketten-Assistenzsystems wird genutzt, um zu überprüfen, ob sich die aktuellen Werte der Kennzahlen innerhalb einer Bandbreite von zuvor definierten Eingriffs- und Warngrenzen befinden (Soll-Ist-Abgleich). Zusätzlich zu den gemessenen Werten werden auf Basis dieser Werte zukünftige Werte prognostiziert. Diese Prognosewerte dienen einer frühzeitigen Erkennung von möglichen Planabweichungen und bieten somit die Gelegenheit, präventiv in den Prozess einzugreifen. Turbulenzen in der Lieferkette können somit in einem frühen Entstehungsstadium erkannt und mögliche schadhafte Auswirkungen auf nachfolgende Lieferkettenelemente vermieden werden.

Eine methodische Unterstützung bei Abweichungen der gemessenen (Ist-) Werte von den Soll-Vorgaben bietet das Wirkgefüge für die Logistik von Lieferketten des fünften Bausteins. Mit Hilfe dieses Bausteins können Stellhebel identifiziert bzw. Handlungsempfehlungen abgeleitet werden, um reaktionsschnell und zielführend in den betrachteten Prozess einzugreifen. Ziel ist dabei, die aktuellen Ist-Werte der Prozesse des Lieferkettenelements zu beeinflussen und ein erneutes Abweichen von den Soll-Werten nachhaltig zu vermeiden.

Die nachfolgenden Abschnitte erläutern die hier kurz beschriebenen Komponenten ausführlich.

4.2 Modellierung der Lieferkette

Im Allgemeinen versteht man unter einem Modell die Abbildung eines Ausschnitts der Realität (vgl. Abschnitt 2.3). Basis für die kennzahlenbasierte logistische Positionierung von Lieferketten ist die Modellierung der Struktur der einzelnen Lieferkettenelemente sowie deren Prozesse. Unter einem Lieferkettenelement werden die kleinsten betrachteten Bestandteile einer Lieferkette verstanden. Dabei kann es sich je nach Betrachtungsschwerpunkt sowohl um ein ganzes Unternehmen, aber auch um einzelne Unternehmensbereiche oder einzelne Prozesse in einem Unternehmen handeln. Die einzelnen Lieferkettenelemente sind durch Schnittstellen miteinander verbunden. Als Prozess wird hier eine inhaltlich abgeschlossene zeitliche und logische Abfolge von Funktionen verstanden, die zur Bearbeitung eines Objektes ausgeführt werden [ROS96].

Im Rahmen dieser Arbeit werden zwei Modellierungsmethoden als Basis für Analysen mit unterschiedlichen Sichtweisen vorgestellt und hinsichtlich einer Anwendung in Lieferketten modifiziert. Im Abschnitt 4.2.1 wird ein Modellierungswerkzeug beschrieben, mit dem eine prozessorientierte Sicht auf die Lieferkette möglich ist. Die Modellierung der Prozessstruktur ist eine wichtige Grundlage für die Zuordnung von Kennzahlen zu den entsprechenden Lieferkettenelementen und deren Prozesse. Im Abschnitt 4.2.2 wird danach eine produktbezogene Modellierung vorgestellt. Diese Modellierung orientiert sich an der Produktstruktur der betrachteten Produkte sowie an den zur Herstellung benötigten Lieferkettenelementen und ist die Basis für die Erstellung des logistischen Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolios.

4.2.1 Prozessorientierte Modellierung der Lieferkette

Um eine prozessorientierte Sicht auf die Lieferkette zu ermöglichen, ist ein Grundmodell erforderlich, mit dem die verschiedenen Ebenen der Lieferkette abgebildet werden können (Abbildung 4-2). Mit dem Ziel die Methode unternehmensunabhängig

einzusetzen und eine eindeutige Abgrenzung der relevanten Prozesse zu ermöglichen, wird ein modulares Prozessmodell definiert. Es ermöglicht den beteiligten Unternehmen deren spezifische Lieferketten mittels generischer Prozessbausteine abzubilden. Dabei muss der Abstraktionsgrad des Modells so grob sein, dass eine Anwendung in unterschiedlichen Unternehmen möglich ist, auch wenn in diesen unter Umständen verschiedene Aufgaben und Anforderungen anzutreffen sind. Gleichzeitig muss ein so feiner Detaillierungsgrad erreicht werden können, dass eine eindeutige Differenzierung der unterschiedlichen Aufgaben gewährleistet ist [KAN02].

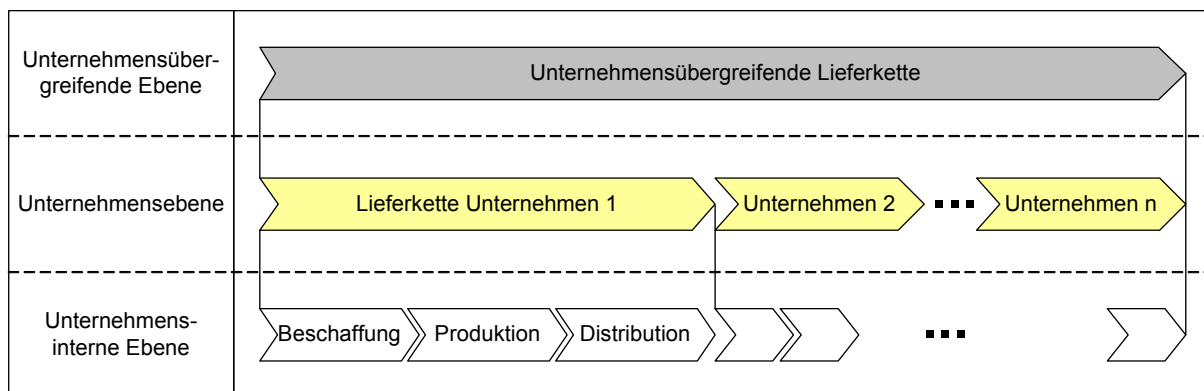


Abbildung 4-2: Prozessmodell der Lieferkettenhierarchie

Mit dem Prozessmodell der Lieferkettenhierarchie aus Abbildung 4-2 werden logistische Prozesse abgebildet und in unterschiedliche Ebenen gegliedert. Vergleichbar dem SCOR-Modell (Abschnitt 3.1.4) wird bei der unternehmensübergreifenden Ebene begonnen, auf der die gesamte Lieferkette als eine Einheit abgebildet ist. Diese Ebene wird in die Ebene der verschiedenen involvierten Unternehmen unterteilt, die sich dann innerhalb der Unternehmen wiederum in die Prozesse Beschaffung, Produktion sowie Distribution untergliedern. Je nach angestrebtem Detaillierungsgrad der Betrachtung kann die Sicht auf die Prozesse weiter nach innen gelenkt werden.

Auf jeder dieser Hierarchieebenen gelten Kunden-Lieferanten-Beziehungen. Bei der unternehmensübergreifenden Lieferkette ist der Endabnehmer der Kunde der gesamten Lieferkette. Auf der untergeordneten Ebene ist beispielsweise das Unternehmen 2 Kunde von Unternehmen 1. Es ist auch möglich, dass mehrere Unternehmen parallel ein nachfolgendes Unternehmen sowohl mit gleichen als auch mit verschiedenen Produkten beliefern. Betrachtet man nun das Unternehmen 1 und dessen interne Prozesse, so ist beispielsweise die Distribution Kunde der Produktion. Abhängig von der Betrachtungsebene sind unterschiedliche Kennzahlen von Bedeutung. Diese Kennzahlen sollen im Abschnitt 4.4 näher erläutert werden.

4.2.2 Produktbezogene Modellierung der Lieferkette

Zur transparenten Darstellung der Wechselwirkungen für einzelne betrachtete Produkte zwischen den einzelnen Unternehmen respektive zwischen den Lieferkettenelementen in der Lieferkette, ist es notwendig, die logistische Struktur der Lieferkette aus Sicht des Produktaufbaus und der an der Herstellung des Produktes beteiligten Lieferkettenelemente abzubilden (Abbildung 4-3, links). Grundlage für die Visualisierung ist die sogenannte Supply Chain Map, die von Kaufmann und Germer entwickelt wurde, um dem Management der Unternehmen einer Lieferkette einen Überblick über alle wichtigen Partner und deren Beziehungen zueinander zu geben [KAU01]. Mit diesem Ziel werden die Beziehungen in dem Kunden-Lieferanten-Verhältnis dargestellt und anschließend bewertet. Kriterien für diese Bewertung sind bei Kaufmann und Germer die Anzahl der Lieferanten, die vertraglichen Bindungen, bezogen auf die verschiedenen Kunden und Lieferanten sowie deren Bedingungen (wie beispielsweise Rahmenabkommen, Laufzeiten, Kündigungsfristen etc.), die Bewertung der zugelieferten Produkte (Individualität, spezifisches oder standardisiertes Produkt bzw. Material usw.) sowie die strategische Relevanz der Beziehungen für die eigenen Produkte [WEB02]. Die Darstellung berücksichtigt also im Wesentlichen betriebswirtschaftliche Aspekte und soll nun im Rahmen dieser Arbeit auf logistische Aspekte übertragen und entsprechend angepasst werden.

Ausgangspunkt für die logistische Supply Chain Map ist die Betrachtung eines Lieferkettenelements (vgl. Abschnitt 4.2), das in die Lieferkette zur Herstellung des zu untersuchenden Produktes eingebunden ist (vgl. Abbildung 4-3). Dieses betrachtete Lieferkettenelement wird als Stufe 0 bezeichnet, die Stufen der nachgelagerten (downstream) Lieferkettenelemente werden mit positiven Ziffern (Stufe 1 bis n) bezeichnet, während die vorgelagerten (upstream) Lieferkettenelemente mit negativen Ziffern bezeichnet werden. Soll eine Lieferkette mit einem stärkeren Detaillierungsgrad untersucht werden, so kann die logistische Supply Chain Map ebenfalls genutzt werden, um neben den externen auch interne Kunden-Lieferanten-Beziehungen darzustellen. Die einzelnen Lieferkettenelemente werden zur leichteren Identifizierung auf jeder Stufe durchnummeriert. Auf der Stufe -1 sind das z.B. die Lieferkettenelemente -1.1, -1.2 und -1.3.

Um das Modell leichter zugänglich zu machen, soll es nun an einem Beispiel erläutert werden. Betrachtet man ein komplexes Produkt wie etwa einen Automotormotor, der in einem Motorenwerk (Stufe 1) endmontiert wird, so kann das betrachtete Lieferkettenelement (Ausgangspunkt) beispielsweise der Hersteller der Motorelektronik (Stufe 0, Lieferkettenelement 0.1) sein. Dieser Hersteller beliefert, neben den weiteren Lieferanten für die anderen benötigten Komponenten (0.2 Kolben, 0.3 Motorblock, 0.4 Zündkerzen usw.), das Motorenwerk (Stufe 1). Selbst wird er von Zulieferern

(Stufe -1), wie beispielsweise Chipherstellern (-1.1), Platinenlieferanten (-1.2), Kunststoffformgebern (-1.3) u.a. beliefert. Der Motor wird wiederum an die Montagelinie eines Automobilherstellers (Stufe 2) geliefert. Prinzipiell ist auch die Lieferung des gleichen Motors an mehrere Standorte oder sogar an mehrere Unternehmen denkbar. Fehlt eine der notwendigen Komponenten, so ist eine Montage des Motors nicht möglich und der Materialfluss wird somit unterbrochen. Der Ausfall oder eine signifikant verspätete Lieferung einzelner Komponenten ist also als erfolgskritisch einzustufen.

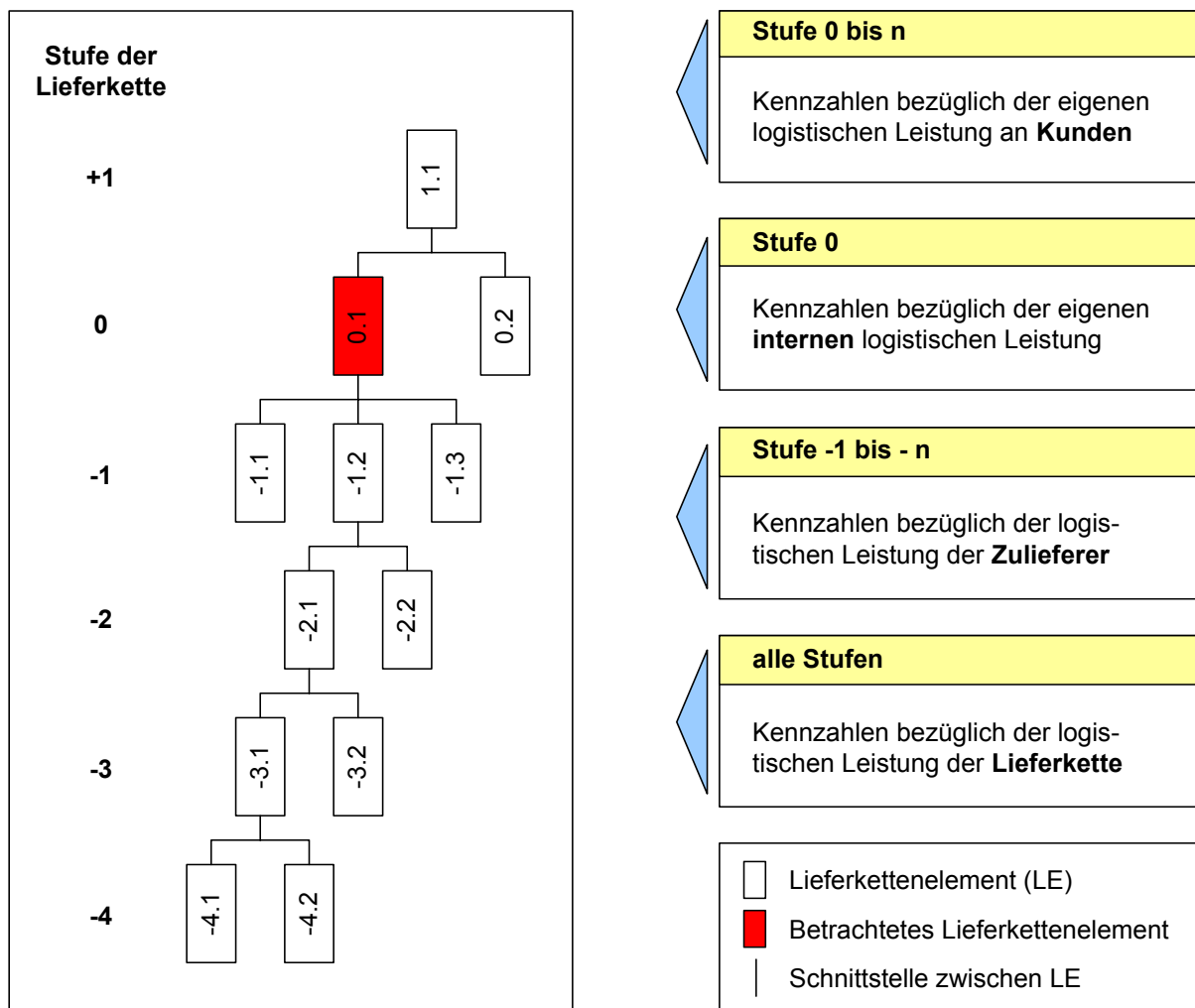


Abbildung 4-3: Produktbezogene Modellierung der Aufbaustruktur von Lieferketten und relevante Kennzahlentypen der Lieferkettenstufen

Wesentliche Aufgabe der Modellierung ist die strukturierte Darstellung der beteiligten Unternehmen in der Lieferkette, wobei den vorgelagerten Unternehmen (Stufe -1 bis -n) des betrachteten Lieferkettenelements (Stufe 0) eine größere Bedeutung zugemessen wird. Je nach Abstand des betrachteten Lieferkettenelements von den

Elementen auf den anderen Stufen wirken sich die Einflüsse auf das betrachtete Lieferkettenelement unterschiedlich stark aus.

Werden die Lieferkettenelemente und die Einflüsse auf die Lieferkettenelemente mit Kennzahlen bewertet (vgl. Abschnitt 4.4), gewinnen, je nach Abstand der Lieferkettenelemente zueinander, unterschiedliche logistische Kennzahlen an Bedeutung für die Bewertung (Abbildung 4-3). Für das Lieferkettenelement auf Stufe 0 wäre hier beispielsweise die Kennzahl Eingangsbestand zu nennen, die für die nachfolgenden Lieferkettenelemente in der Lieferkette keine wesentliche Relevanz besitzt. Für das Lieferkettenelement selbst ist der Eingangsbestand wichtig hinsichtlich der Produktionskosten, die durch eine Kapitalbindung beeinflusst werden. Für die nachfolgenden Lieferkettenelemente hat die Kennzahl Lieferzeit hingegen eine große Bedeutung. Im Regelfall wird eine möglichst kurze Lieferzeit gewünscht. Ob diese mit einem hohen Bestandsniveau oder einer reaktionsschnellen Produktion erreicht wird, ist für die nachgelagerten Lieferkettenelemente von untergeordneter Bedeutung.

Es ist nicht Ziel, mit der Modellierung alle verbundenen Lieferkettenelemente sowie alle möglichen Materialflüsse darzustellen, da sonst die Darstellung an Übersichtlichkeit verlieren würde. Vielmehr müssen in einem vorhergehenden Arbeitsschritt die Produkte in Gruppen (Cluster) untergliedert sowie nachfolgend die erfolgskritischen Produkte identifiziert werden. Hier bietet sich die ABC-Analyse (vgl. Abschnitt 2.5) an, damit etwa die Materialflüsse von Büromaterial und dergleichen bei einem produzierenden Industrieunternehmen nicht mit in eine Betrachtung eingeschlossen werden.

Abhängig vom Betrachtungsschwerpunkt und der Detaillierungsebene können sich beide Sichten, d. h. die produktbezogene und die prozessorientierte Sicht, überschneiden. Die produktbezogene Modellierung gewährt einen Überblick über die Struktur der Lieferkette und die beteiligten Lieferkettenelemente, die benötigt werden, um ein Produkt herzustellen. Die prozessorientierte Modellierung ermöglicht einen detaillierten Blick auf die einzelnen Lieferkettenelemente und deren Prozesse. Abhängig vom notwendigen Detaillierungsgrad und den identifizierten Schwachstellen in einer Lieferkette, kann die prozessorientierte Modellierung sehr detailliert erfolgen. Insbesondere kritische Prozesse können bei Bedarf in ihre Teilprozesse zerlegt und weiter analysiert werden.

Ein prozessorientiertes Modell kann sich beispielsweise aus Lieferkettenelementen 0.1, -1.2, -2.1 und -3.2 zusammensetzen, die bei Bedarf mit der prozessorientierten Modellierung noch weiter detailliert werden können.

4.3 Logistisches Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio

Damit die Elemente einer Lieferkette der geforderten logistischen Leistungsfähigkeit entsprechen und diese möglichst wirtschaftlich positioniert werden können, müssen die Anforderungen an die Lieferkettenelemente sowie deren Leistungsfähigkeit systematisch aufgenommen und analysiert werden. Gelingt eine logistische Positionierung der Lieferkettenelemente entsprechend der logistischen Beanspruchung, kann eine hohe Logistikleistung der gesamten Lieferkette erreicht werden. Um jedoch den Aufwand für diese Positionierung zu begrenzen und die Komplexität bei der Analyse zu reduzieren, müssen zuvor die erfolgskritischen Elemente der Lieferkette identifiziert werden.

Mit dem Ziel, ein effizientes Lieferkettenmanagement durch eine hohe Transparenz sowie durch die Möglichkeit einer anforderungsgerechten Positionierung der Lieferkettenelemente zu ermöglichen, wird eine Methode zur Bewertung der Lieferkettenelemente erarbeitet. Angestrebt wird bei der Anwendung der Methode eine Übereinstimmung von logistischer Beanspruchung und Belastbarkeit. Das heißt, die logistischen Umgebungsbedingungen, die auf die einzelnen Lieferkettenelemente einwirken stimmen mit der Fähigkeit des betrachteten Lieferkettenelements überein, auf diese logistische Beanspruchung zu reagieren, Veränderungen zu ermöglichen und eintretende Störungen auszugleichen überein. Stimmen die logistische Beanspruchung und Belastbarkeit nicht überein, müssen Maßnahmen ergriffen werden, um die Leistungsfähigkeit hinsichtlich der logistischen Zielgrößen zu optimieren oder Einsparungspotenziale zu realisieren.

Werden bestimmte logistische Anforderungen an Lieferkettenelemente nicht durch die involvierten Lieferkettenelemente erreicht und können deren Schwächen nicht im Rahmen der Möglichkeiten des Lieferkettenelements gezielt gestärkt werden, müssen diese gegebenenfalls durch andere Unternehmen ausgetauscht werden. Jedoch kann gerade dieses Ersetzen einzelner Elemente große Kosten verursachen und birgt zudem auch Risiken, da diese Unternehmen im Sinne einer Lieferantenintegration u.U. erst entwickelt werden müssen [TAN98, TAN01]. Es ist aber auch denkbar, dass Lieferkettenelemente die geforderte Leistungsfähigkeit deutlich übertreffen und sich somit Einsparungspotenziale ergeben, deren Realisierung einen Nutzen für die gesamte Lieferkette ergeben.

In den nachfolgenden Abschnitten wird gezeigt, wie zuerst die logistische Beanspruchung an ein Lieferkettenelement aufgenommen und dann deren mögliche Belastbarkeit analysiert werden kann. Die ermittelte logistische Beanspruchung und die logistische Belastbarkeit werden dann in Bezug zueinander gesetzt, woraus sich eine Bewertung ergibt, die ggf. Verbesserungspotenziale aufzeigt.

4.3.1 Ermittlung der logistischen Beanspruchung

Die logistische Beanspruchung der Lieferkettenelemente ergibt sich aus den Anforderungen an ein Lieferkettenelement, die aus den Umgebungsbedingungen der Lieferkette resultieren. Diese Umgebungsbedingungen werden wesentlich durch die logistischen Leistungsanforderungen der Kunden und die Leistungsfähigkeit der Lieferanten des betrachteten Lieferkettenelements bestimmt. Wesentliche Kriterien hierfür sind die Lieferzeit und die Liefertreue sowie die Fähigkeit der Lieferanten, auf ein gewünschtes Abrufverhalten und dessen Schwankungen einzugehen. Verändert sich beispielsweise die Nachfrage häufig und unvorhersehbar, so ergibt sich daraus eine große logistische Beanspruchung an die Lieferkette. Die gilt insbesondere dann, wenn von den Lieferkettenelementen das Ziel verfolgt wird, trotzdem eine hohe Liefertreue zu erreichen [GLE02b, KAU01].

Um die logistische Beanspruchung möglichst vollständig zu erfassen, muss auch die Komplexität der Lieferkette, in die das betrachtete Lieferkettenelement eingebunden ist, bewertet werden. Die Komplexität lässt sich beispielsweise durch die Analyse der Materialflüsse in der Lieferkette sowie der Anzahl der Kunden und Lieferanten erfassen. Darüber hinaus müssen Gesichtspunkte der strategischen Relevanz der Kunden-Lieferanten-Beziehung erfasst werden. Hierbei ist insbesondere der Konkurrenzdruck durch die Verfügbarkeit alternativer Lieferanten für die untersuchten Produkte des betrachteten Lieferkettenelements zu prüfen. Aber auch Alleinstellungsmerkmale bestimmter Lieferanten sind zu bewerten und gegebenenfalls geeignete Maßnahmen abzuleiten. Einen wichtigen Einfluss haben auch die Umgebungsbedingungen, die einen direkten Einfluss auf die Lieferkettenlogistik haben. Hier sind beispielsweise Personalkosten zu nennen, die sich in den Kosten für die Logistikprozesse niederschlagen, aber auch hohe und schwankende Einkaufspreise für Zukaufteile, die eine Bestandshaltung durch das gebundene Kapital schwierig machen.

Untersucht wird die logistische Beanspruchung des Lieferkettenelements an der Schnittstelle zwischen dem betrachteten Lieferkettenelement und dem nachfolgenden Lieferkettenelement (Kunde). Dies liegt darin begründet, dass die logistische Beanspruchung eines Lieferkettenelements, abhängig von den Anforderungen und den Vereinbarungen der nachfolgenden Lieferkettenelemente (Kunden), unterschiedlich sein kann.

Die genannten Einflüsse resultieren in der logistischen Beanspruchung der Lieferkette sowie ihrer einzelnen Elemente. Sie können durch die vier Hauptkriterien logistische Leistungsanforderung, Komplexität, strategische Relevanz und logistische Kosten (Abbildung 4-4) beschrieben werden. Diese vier Hauptkriterien werden nachfol-

gend näher erläutert und durch Bewertungskriterien detailliert. Eine ausführliche Auflistung der Kriterien befindet sich im Anhang B-1.

<p>Logistische Leistungsanforderung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Geforderter Servicegrad und Lieferzeit • Verhältnis Durchlaufzeit zu Lieferzeit • Produktion (auftragsspezifisch oder kundenanonym) • Materialzugang (Abweichungen Qualität, Termin und Menge) • Nachfrageverhalten (saisonal, stochastisch, gleichmäßig) • Kundenbestellungen (Änderungen, Eilbestellungen) 	<p>Strategische Relevanz</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konkurrenzsituation (Anzahl Konkurrenten und Kunden, Kosten Lieferantenwechsel) • Alleinstellungsmerkmal des Lieferkettenelements (Know-how, Qualität, Preis, Lieferzeit, Service) • Wirtschaftliche Relevanz für das Lieferkettenelement (Umsatz-, Gewinnanteil) • Wirtschaftliche Relevanz für den Kunde (Umsatz-, Gewinnanteil) • Bedeutung des Produkts für Kunden
<p>Komplexität</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lieferanten und Kunden (Anzahl, Fertigungstiefe) • Produkt (Komplexität, Variantenvielfalt, Anzahl der Änderungen) • Materialfluss (Komplexität, Entfernung, Fehlerquellen) • Lieferkette (Anzahl Elemente, Vorgänger, Nachfolger) 	<p>Logistische Kosten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Logistikkosten (Planung, Änderungsaufwand, Transporte, bestellfixe Kosten, • Lagerung (Kapitalbindung, Preisschwankungen, Restriktionen, Dauer)

Abbildung 4-4: Hauptkriterien und Kriterien für die logistische Beanspruchung

Das Hauptkriterium **logistische Leistungsanforderung** umfasst Kriterien, die eine Beschreibung der kundenseitig geforderten logistischen Leistung des Lieferkettenelements ermöglichen. Hierzu werden die geforderte Lieferzeit und -menge, die angestrebte Liefertreue sowie die Durchlaufzeit bewertet [LUT99]. Aber auch das Verhalten des belieferten Lieferkettenelements spielt eine wichtige Rolle. Das Nachfrageverhalten (Regelmäßigkeit, Trends und Vorhersagegenauigkeit) und auftretende Nachfrageschwankungen (Terminabweichungen, Mengenabweichungen und deren Häufigkeit) müssen bewertet und bei der logistischen Positionierung des Lieferkettenelements berücksichtigt werden [GLE01a]. Darüber hinaus sind aber auch Anforderungen zu beurteilen, die durch das zuliefernde Lieferkettenelement (Lieferant) an die Logistik des betrachteten Lieferkettenelements gestellt werden. Hierbei sind insbesondere die Lieferpolitik (Liefertermine und -menge) und Mengenabweichungen (Fehllieferungen und Qualitätsprobleme) wichtige Kriterien [ZEU02]. Sie haben gegebenenfalls einen großen Einfluss auf die Logistik der Lieferkette und können bei Störungen signifikante Turbulenzen für die ganze Lieferkette verursachen.

Das Hauptkriterium **Komplexität** umfasst Kriterien, mit deren Hilfe die Struktur der Lieferkette, in die das betrachtete Lieferkettenelement eingebunden ist, analysiert und bewertet werden kann. Diese Bewertung ist wichtig, um den Einfluss möglicher Abweichungen von den Vorgaben des betrachteten Lieferkettenelements auf die

Gesamtheit der Lieferkette einschätzen zu können. Folglich muss die Komplexität des Materialflusses zwischen dem betrachteten Lieferkettenelement und den zuliefernden Lieferkettenelementen (Lieferanten) beziehungsweise den belieferten Lieferkettenelementen (Kunden) analysiert werden [KAU01]. Hierzu sind die Anzahl der Kunden für das betrachtete Produkt und die Anzahl an Lieferanten, die Bauteile für das betrachtete Produkt zuliefern, zu erfassen und deren Kunden-Lieferantenbeziehungen zu bewerten. Bewertungskriterien sind die räumliche Entfernung zwischen den Lieferkettenelementen und damit verbunden die Transportzeiten, aber auch die Struktur der vorgelagerten und nachfolgenden Lieferkettenelemente. Ist die Anzahl der vorgelagerten Lieferkettenelemente hoch, besteht eine große Anzahl potenzieller Problem- und Fehlerquellen. Ist die Anzahl der nachfolgenden Lieferkettenelemente hoch, hat der Artikel eine hohe Relevanz für die ganze Lieferkette. Eine hohe logistische Qualität ist dann Voraussetzung für die Vermeidung von Störungen der gesamten Lieferkette. Neben der Struktur der Lieferkette muss auch das Produkt und dessen Anforderungen an die Kunden-Lieferantenbeziehungen beurteilt werden. Wichtige Bewertungskriterien sind die Komplexität und die Variantenvielfalt des betrachteten Produktes, aber auch die Spezifikation und deren Änderungshäufigkeit spielen eine wichtige Rolle. Kann ein Produkt routinemäßig und kontinuierlich ohne Änderungen produziert werden, ist dies eine gute Grundlage für eine hohe Planungssicherheit.

Das Hauptkriterium **strategische Relevanz** umfasst wirtschaftliche und strategische Kriterien [WAG02]. Diese ermöglichen eine Bewertung der Partnerschaft zwischen den Lieferkettenelementen sowie die Bedeutung der untersuchten Produkte für die betrachteten Lieferkettenelemente unter logistischen Gesichtspunkten. Hierfür wird die Bedeutung des Produktes für den Unternehmensgewinn sowie der Umsatzanteil sowohl für das betrachtete Lieferkettenelement als auch für das belieferte Lieferkettenelement (Kunde) abgeschätzt. Darüber hinaus ist die strategische Bedeutung des betrachteten Produktes für den Kunden sowie der Konkurrenzdruck durch die Verfügbarkeit alternativer Lieferanten oder deren mögliche Alleinstellungsmerkmale zu identifizieren und zu bewerten [WAG02]. Für eine Bewertung der Position des betrachteten Lieferkettenelements in Bezug auf die nachfolgenden Lieferkettenelemente (Kunden) müssen die logistischen Zielgrößen Lieferzeit und -treue, aber auch der Preis, die Qualität und das technologische Know-how untersucht werden [ZEU92]. Mit den gleichen Kriterien sind auch konkurrierende Lieferkettenelemente zu bewerten, um das Risiko eines Lieferantenwechsels abzuschätzen [WAG02]. Aus Sicht des Kunden ist die Bewertung der Besonderheiten der Produktspezifikation wichtig, um das Risiko und die möglichen Kosten eines Lieferantenwechsels zu bewerten. Aus Sicht des betrachteten Lieferkettenelements ist die Anzahl möglicher Kunden für das untersuchte Produkt von Bedeutung. Somit ist die Bewertung der strategischen Rele-

vanz wichtige Voraussetzung für eine logistische Positionierung und wichtiger Ausgangspunkt für die Ableitung geeigneter Maßnahmen.

Das Hauptkriterium **logistische Kosten** umfasst Kriterien zur Bewertung der logistischen Prozesskosten des betrachteten Lieferkettenelements sowie der Bestandskosten des untersuchten Produkts. Wesentliche Einflussfaktoren für die logistischen Prozesskosten sind die Personalkosten und Kosten für Transporte, aber auch Kosten für Bestellvorgänge, Disposition, Produktionslogistik und -planung sind zu berücksichtigen [STR00, WEB02b]. Ein weiteres wichtiges Kriterium ist der Wert des untersuchten Produkts, der einen direkten Einfluss auf die Auswahl der Bestandspolitik und somit auf die Kapitalbindungskosten für Lager- und Umlaufbestand hat. Darüber hinaus spielen aber auch mögliche Preisschwankungen der untersuchten Produkte oder besondere Lagerbedingungen durch Gewicht und Größe oder Anforderungen an Umgebungsbedingungen (bspw. Luftfeuchtigkeit oder Temperatur) eine wichtige Rolle und müssen demnach bewertet werden. Es sind aber auch mögliche Kundenforderungen nach einem Mindestlagerbestand (Sicherheitsbestand) oder einer geforderten Verwendung von Konsignationslagern beim Kunden sowie die Lagerzeit der Produkte zu erfassen, um die logistischen Kosten möglichst umfassend zu bewerten.

Durch die zuvor aufgezeigten zunehmenden Anforderungen an die Logistik steigt auch die logistische Beanspruchung an jedes einzelne Lieferkettenelement. Diese Beanspruchung ist deshalb zu analysieren und zu bewerten, damit sowohl die einzelnen Lieferkettenelemente als auch die Gesamtheit der Lieferkette anforderungsgerecht logistisch positioniert werden kann.

4.3.2 Ermittlung der logistischen Belastbarkeit

Die logistische Belastbarkeit wird durch die Fähigkeit eines Lieferkettenelements beziehungsweise der ganzen Lieferkette definiert, Veränderungen der logistischen Beanspruchung zu ertragen und störende Einflüsse auszugleichen. Um die logistische Belastbarkeit zu ermitteln, müssen die Stärken und Schwächen der einzelnen Lieferkettenelemente bewertet und transparent gemacht werden. Diese Fähigkeiten werden wesentlich durch die logistische Reaktionsfähigkeit bestimmt, das heißt durch die Fähigkeit von Lieferkettenelementen, dynamisch auf veränderte Rahmenbedingungen, wie Störungen, Nachfrageschwankungen oder Änderungen gegenüber der Planung, zu reagieren. Hier kann es beispielsweise für ein Unternehmen ein strategischer Vorteil sein, zusätzliche Kapazitäten bereitzuhalten, um eine größtmögliche Flexibilität bei gleichzeitig hoher logistischer Leistungsfähigkeit zu erreichen, um beispielsweise auf unvorhergesehene Nachfrageschwankungen reaktionsschnell reagieren zu können.

Ein Lieferkettenelement kann aber auch derart logistisch positioniert werden, dass es auf Störungen und Planänderungen nicht aktiv durch flexible Kapazitäten, sondern durch Maßnahmen wie große Soll-Reichweiten, die in hohen vorgehaltenen Beständen resultieren, reagieren kann. Darüber hinaus können sowohl die Materialflüsse innerhalb des Lieferkettenelements, aber auch zwischen den Lieferkettenelementen je nach Anforderungen unterschiedlich organisiert werden. Es muss geprüft werden, ob ein kontinuierlicher, periodischer oder sporadischer Transport realisierbar ist und in welcher Form das Lager organisiert wird. Je nach Organisationsform der Transporte und des Lagers für die betrachteten Produkte kann stark unterschiedlichen logistischen Beanspruchungen genügt werden. Ein wichtiges Kriterium, um auf unterschiedliche Beanspruchungen einzugehen, ist die Gestaltung des Informationsflusses. Hierbei müssen die Qualität der Vorhersage, aber auch die Möglichkeiten sowie die Bereitschaft der Lieferkettenelemente, Informationen In Bezug auf die Produktionsplanung und -steuerung an unternehmensexterne Lieferkettenelemente zur Verfügung zu stellen, eingeschätzt werden.

<p>Logistische Stabilität</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestände (Niveau, Kapazität der Lagerung) • Verfügbarkeit (Arbeitssysteme, Personal) • Durchlaufzeiten (Dauer, Schwankungen) • Personal (Qualifikation, Planungsaufwand) 	<p>Logistische Reaktionsfähigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitssysteme und Personal (Kapazität, Flexibilität, Reserve) • Randbedingungen (Verfügbarkeit Rohmaterial und Halbzeug, Rüstzeiten) • Priorisierung (Eilaufträge, Relevanz Produkt und Prozesse)
<p>Materialfluss</p> <ul style="list-style-type: none"> • Transportterminierung (Zeitpunkt und Abstand, Kapazität) • Randbedingungen Materialfluss (Zuverlässigkeit, Entfernungen) • Flexibilität der Verknüpfung von Lieferkettenelementen • Ausgleichmöglichkeiten durch Bestände 	<p>Informationsfluss</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informationsqualität (Vorhersage- und Planungsgüte, Planungshorizont, Kommunikationsgeschwindigkeit, • Beziehung zwischen Lieferkettenelementen (Vertrauen, Langfristigkeit) • Informationsbereitstellung (Verfügbarkeit, Art der Informationen, Integration der EDV, Bereitschaft)

Abbildung 4-5: Hauptkriterien und Kriterien für die logistische Belastbarkeit

Vergleichbar mit der logistischen Beanspruchung ist die Grundlage für die Ermittlung der logistischen Belastbarkeit die produktbezogene Modellierung der Aufbaustruktur (vgl. Abschnitt 4.2.2), mit der die einzelnen Elemente und Schnittstellen einer Lieferkette dargestellt werden. Bewertet wird die logistische Belastbarkeit an der Schnittstelle zwischen dem betrachteten Lieferkettenelement und dem nachfolgenden Lieferkettenelement (vgl. Abschnitt 4.3.1). Im Gegensatz zu der logistischen Beanspruchung kann die logistische Belastbarkeit aktiv von dem Management der einzelnen

Lieferkettenelemente durch eine Veränderung der logistischen Positionierung beeinflusst werden.

Die logistische Belastbarkeit der einzelnen Lieferkettenelemente sowie der Gesamtheit der Lieferkette kann durch die vier Hauptkriterien logistische Reaktionsfähigkeit, logistische Stabilität, Materialfluss und Informationsfluss (Abbildung 4-5) beschrieben werden. Diese vier Hauptkriterien werden nachfolgend näher erläutert und durch Bewertungskriterien detailliert. Eine ausführliche Auflistung der Kriterien befindet sich im Anhang B-2.

Das Hauptkriterium **logistische Reaktionsfähigkeit** umfasst Kriterien, mit deren Hilfe die Möglichkeiten des Lieferkettenelements beschrieben werden, dynamisch auf Störungen, Nachfrageschwankungen oder Änderungen gegenüber der Planung durch operative Maßnahmen zu reagieren. Kriterien hierfür sind die Auslastung des Lieferkettenelements sowie fest eingeplante Kapazitätsreserven, die genutzt werden können, um bei Bedarf zusätzliche Kapazitäten freizugeben. In diesem Kontext muss auch analysiert werden, ob andere Produkte und Prozesse um diese Kapazität konkurrieren und welche Prioritäten im Bedarfsfall gesetzt werden. Eine andere Möglichkeit, um beispielsweise auf Nachfrageschwankungen einzugehen, ist die Organisation flexibler Kapazitäten für Arbeitssysteme und Personal [WIE98c]. Um diese zu bewerten, ist die zusätzliche Kapazität sowie die Reaktionszeit für die Bereitstellung dieser Kapazität ein wichtiges Kriterium (vgl. Abschnitt 3.3.2). Hierbei muss aber auch die Verfügbarkeit des benötigten Rohmaterials und Halbzeuges im Falle der Kapazitätsvergrößerung berücksichtigt werden. Ein wichtiges Kriterium für die logistische Reaktionsfähigkeit sind flexible, wandlungsfähige Arbeitssysteme, auf denen eine Vielzahl verschiedener Operationen und Produkte bearbeitet werden können [HER02a, WIR00a]. Ist dies gegeben, können im Falle einer Störung eines Arbeitssystems kurzfristig Ausweichmöglichkeiten organisiert werden. Ist das Verhältnis zwischen Rüstzeiten und Bearbeitungszeit klein, können kleine Lose wirtschaftlich gefertigt und auf ungeplante Veränderungen des Produktmixes reaktionsschnell reagiert werden [SUR98].

Das Hauptkriterium **logistische Stabilität** umfasst Kriterien, die eine Bewertung der logistischen Positionierung des Lieferkettenelements hinsichtlich präventiver und statischer Maßnahmen in Bezug auf potenzielle Störungen, mögliche Nachfrageschwankungen oder unvorhergesehene Änderungen gegenüber der Planung ermöglichen. Hier sind vor allem Kriterien zur Bestandsdimensionierung, respektive der Planung von Sollreichweiten, sowie zur Bewertung von Durchlaufzeiten zu nennen. Es ist zu analysieren, ob hohe Bestände vorgehalten werden, um Störungen kompensieren zu können und somit kontinuierlich eine hohe Lieferfähigkeit des Lieferkettenelements zu erreichen [ZEU02]. Hierbei muss insbesondere auch geprüft werden,

in welchem Rahmen Bestände unterschiedlicher Höhe vorgehalten werden können, ohne Kapazitätsgrenzen von Lagereinrichtungen zu überschreiten. Darüber hinaus müssen auch die Durchlaufzeiten beurteilt werden. Kurze und sicher planbare Durchlaufzeiten, die mit einer geringen Streuung erreicht werden, sind eine Voraussetzung für stabile logistische Abläufe in den betrachteten Lieferkettenelementen.

Das Hauptkriterium **Materialfluss** umfasst Kriterien zur Bewertung der Robustheit des logistischen Materialflusses des Lieferkettenelements gegenüber potenziellen Störungen. Dazu müssen Kriterien wie die Kontinuität des Transports (kontinuierlich oder diskret), der Zeitabstand zwischen den Transporten sowie die Möglichkeiten der bedarfsgerechten Anpassung der Transporttermine sowie die Flexibilität der Transportkapazität analysiert werden. Gleichzeitig sind die Zuverlässigkeit des Transportes sowie die Transportentfernungen und damit direkt verbunden die Transportzeiten zwischen dem betrachteten Lieferkettenelement und dem nachfolgenden Lieferkettenelement (Kunde) wichtig für die Betrachtung der Lieferkette. Um trotz möglicher Restriktionen des Materialflusses zwischen den Lieferkettenelementen eine kontinuierliche Versorgung der nachfolgenden Lieferkettenelemente sicherstellen zu können, müssen Möglichkeiten zur Vorhaltung von Beständen zwischen den Lieferkettenelementen sowie deren Organisation (bspw. in Konsignationslagern) geprüft werden.

Das Hauptkriterium **Informationsfluss** umfasst Kriterien zur Bewertung der Informationsqualität und des Vertrauensniveaus zwischen den Lieferkettenelementen [KAU01, WEB02b]. Hinsichtlich der Informationsqualität ist sowohl die Güte der Vorhersagen hinsichtlich der Mengen und Termine sowie die Genauigkeit der Planzeiten zu untersuchen, um Störungen in der Lieferkette möglichst zu vermeiden [GLE01a]. Gleichwohl hat aber auch das Vertrauensniveau zwischen den Lieferkettenelementen eine signifikante Bedeutung. Grundlage für ein hohes Vertrauensniveau ist häufig eine lange und nicht zeitlich befristete Geschäftsverbindung zwischen zwei Lieferkettenelementen [ZEU02]. Ist diese gegeben, so ermöglicht die Bereitschaft der Lieferkettenelemente, interne Produktionsplanungs- und -steuerungsdaten den unternehmensexternen Lieferkettenelementen bereitzustellen und gegenseitig auszutauschen, eine übergreifende Zusammenarbeit innerhalb der Lieferkette. Durch Informationen, die im Idealfall unmittelbar nach Entscheidungen kommuniziert werden, können mögliche Turbulenzen in der Entstehung erkannt und entsprechende Gegenmaßnahmen, gegebenenfalls auch lieferkettenelementübergreifend, eingeleitet werden [WIE02b, REI99]. Grundlage für den genannten Informationsaustausch sind aber auch Aspekte der Kommunikationsmöglichkeit der verschiedenen EDV-Planungssysteme untereinander, die einen Informationsaustausch einfach zulassen. Bei Bedarf kann jedem Lieferkettenelement in der Lieferkette ermöglicht werden, die aktuelle Bestände der

beteiligten Lieferkettenelemente, deren Endkundenbedarfe sowie Produktionsdaten einzusehen.

4.3.3 Entwicklung des logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios

Wie zuvor gezeigt wurde, werden an die Belastbarkeit der Lieferketten und deren Elemente zunehmend größere Anforderungen durch die steigende Beanspruchung gestellt. In diesem Abschnitt sollen die oben beschriebenen Modellierungsansätze sowie die Methode zur Ermittlung der logistischen Beanspruchung und Belastbarkeit zusammengeführt und für eine Bewertung der logistischen Beanspruchung im Verhältnis zu der Belastbarkeit genutzt werden. Werden die Grenzen der Belastbarkeit einzelner Lieferkettenelemente überschritten, so kann die gesamte Lieferkette nicht den logistischen Leistungsanforderungen gerecht werden.

Bei der Anwendung der Methode des logistischen Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolios wird aus den oben genannten Hauptkriterien und deren Bewertungskriterien ein Fragenkatalog zur Bewertung der Lieferkettenelemente (vgl. Anhang B) zusammengestellt. Nachdem die Kriterien mit dem Management der Lieferkettenelemente abgestimmt sind, wird damit jedes Lieferkettenelement an der Schnittstelle zu dem nachfolgenden Lieferkettenelement (Kunde), beispielsweise im Rahmen eines Logistik-Audits, mit einem Bewertungsfaktor beurteilt (Abbildung 4-6). Die Bewertung erfolgt mittels der in Tabelle 4-1 dargestellten Werteskala mit den Bewertungsfaktoren (BF) von 0 (= trifft überhaupt nicht zu) bis 5 (= trifft exakt zu).

Bewertung der Eigenschaft des Kriteriums	BF
... trifft überhaupt nicht zu	0
... trifft selten zu	1
... trifft gelegentlich zu	2
... trifft häufig zu	3
... trifft weitestgehend zu	4
... trifft exakt zu	5

Tabelle 4-1: Bewertungsfaktoren für den Einfluss eines Kriteriums auf den logistischen Bewertungsfaktor (BF)

Durch die Verwendung einer einheitlichen Bewertungsskala sowohl für die Kriterien der logistischen Belastbarkeit als auch für die logistische Beanspruchung ist eine Vergleichbarkeit der erzielten Werte gewährleistet.

Sind die Kriterien, die innerhalb der Hauptkriterien genannt werden, von unterschiedlicher Relevanz und Bedeutung für die Lieferkette, so können diese mittels eines Gewichtungsfaktors (GF) bedarfsgerecht angepasst werden (Abbildung 4-6). Für die Gewichtungsfaktoren wird eine Skala von 0 bis 3 vorgeschlagen. Der Wert 0 steht für „keine Bedeutung des Kriteriums“, der Wert 1 für eine „eher geringe Bedeutung“ und der Wert 3 für eine „signifikante Bedeutung“ des Kriteriums (Tabelle 4-2).

Die Bewertungsfaktoren und die Gewichtungsfaktoren können sich für das gleiche betrachtete Produkt für die verschiedenen Lieferkettenelemente im Verlauf der Lieferkette, das heißt bei der Betrachtung der nachfolgenden Lieferkettenelemente verändern.

Gewicht des Kriteriums auf den betrachteten Faktor	GF
Das Kriterium hat keine Bedeutung	0
Das Kriterium hat eine eher geringe Bedeutung	1
Das Kriterium hat eine mittlere Bedeutung	2
Das Kriterium hat eine signifikante Bedeutung	3

Tabelle 4-2: Gewichtungsfaktoren (GF) für den Einfluss eines Kriteriums auf den logistischen Bewertungsfaktor (BF)

In Abbildung 4-6 ist eine Checkliste für die Ermittlung der logistischen Belastbarkeit schematisch dargestellt.

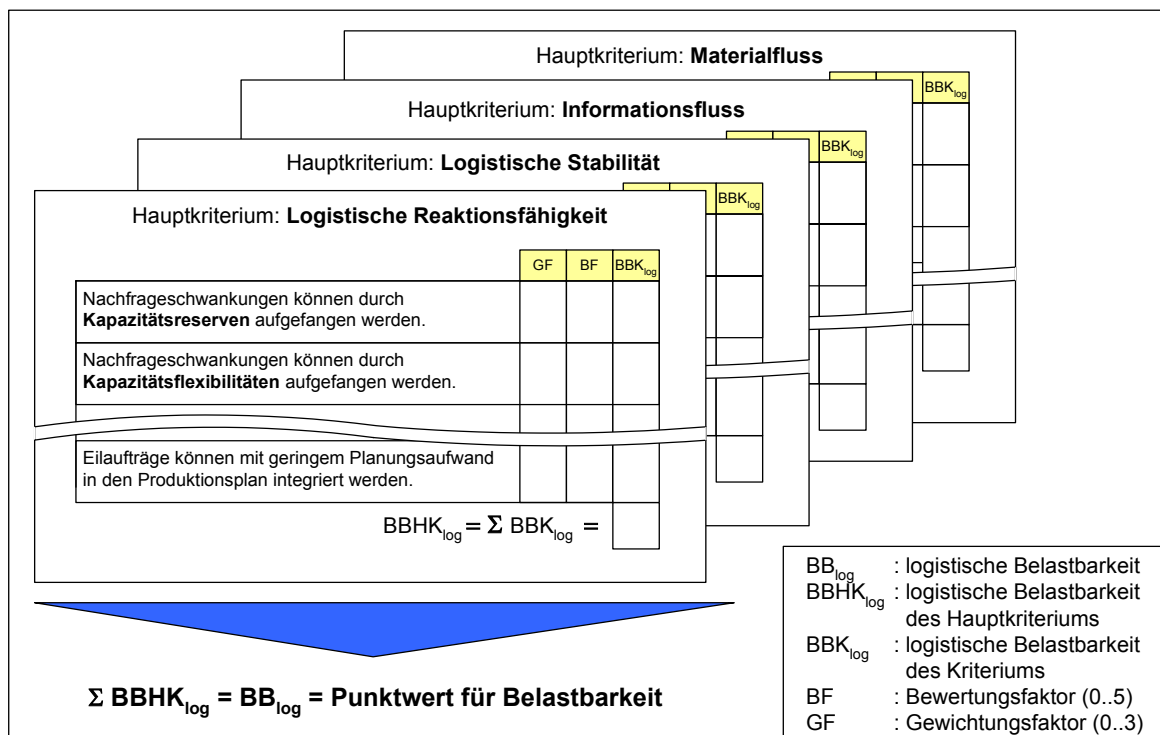


Abbildung 4-6: Schematische Darstellung der Ermittlung der logistischen Belastbarkeit

Für jedes der Hauptkriterien der logistischen Belastung, nämlich logistische Reaktionsfähigkeit, logistische Stabilität, Informationsfluss und Materialfluss werden die Einzelkriterien bewertet und zu dem Wert für die Belastbarkeit von jedem Hauptkriterium ($BBHK_{log,i}$) mittels der nachfolgenden Gleichung aufsummiert:

$$BBHK_{log,l} = \sum_{i=1}^n (BBK_{log,i}) = \sum_{i=1}^n (GF_i \cdot BF_{BB,i}) \quad \text{Gl. 4-1}$$

mit: $BBHK_{log,l}$: logistische Belastbarkeit für Hauptkriterium l
 $BBK_{log,i}$: logistische Belastbarkeit für Kriterium i
 GF_i : Gewichtungsfaktor der Belastbarkeit von Kriterium i
 $BF_{BB,i}$: Bewertungsfaktor der Belastbarkeit von Kriterium i
i : Laufvariable für das betrachtete Kriterium
n : Anzahl der untersuchten Kriterien

Diese Belastbarkeitswerte werden für alle Hauptkriterien errechnet und bilden in Summe die Bewertungsgrundlage für die logistische Belastbarkeit (BB_{log}) des betrachteten Lieferkettenelements. Um eine Vergleichbarkeit der Werte für die logistische Belastbarkeit zu gewährleisten, müssen die Werte mittels des maximal möglichen Wertes für die Belastbarkeit ($BB_{log,max}$) des betrachteten Lieferkettenelements normiert werden. Somit berechnet sich die normierte logistische Belastbarkeit ($BB_{log,n}$) folgendermaßen:

$$BB_{log,x} = \frac{\sum_{l=1}^m BBHK_{log,l}}{BB_{log,max}} \quad \text{Gl. 4-2}$$

mit: $BB_{log,x}$: normierte logistische Belastbarkeit des Lieferkettenelements x
 $BB_{log,max}$: maximal mögliche logistische Belastbarkeit
 $BBHK_{log,l}$: logistische Belastbarkeit für das Hauptkriterium l
l : Laufvariable für das betrachtete Hauptkriterium l
m : Anzahl der untersuchten Hauptkriterien

In Analogie zu der logistischen Belastbarkeit wird auch der Wert der logistischen Beanspruchung für jedes Hauptkriterium l ($BAHK_{log,l}$) errechnet:

$$BAHK_{log,l} = \sum_{i=1}^n (BAK_{log,i}) = \sum_{i=1}^n (GF_i \cdot BF_{BA,i}) \quad \text{Gl. 4-3}$$

mit: $BAHK_{log,l}$: logistische Beanspruchung für Hauptkriterium l
 $BAK_{log,i}$: logistische Beanspruchung für Kriterium i
 GF_i : Gewichtungsfaktor der Beanspruchung von Kriterium i

- $BF_{BA,i}$: Bewertungsfaktor der Beanspruchung von Kriterium i
- i : Laufvariable für das betrachtete Kriterium
- n : Anzahl der untersuchten Kriterien

sowie die normierte logistische Beanspruchung berechnet:

$$BA_{log,x} = \frac{\sum_{l=1}^n BAHK_{log,l}}{BA_{log,max}} \quad \text{Gl. 4-4}$$

mit: $BA_{log,x}$: normierte logistische Beanspruchung des Lieferkettenelements x

$BA_{log,max}$: maximal mögliche logistische Beanspruchung

$BAGK_{log,l}$: logistische Beanspruchung für Hauptkriterium l

l : Laufvariable für das betrachtete Hauptkriterium l

m : Anzahl der untersuchten Hauptkriterien

Die resultierenden normierten Zahlenwerte für die logistische Belastbarkeit sowie die Beanspruchung werden nach der Ermittlung in ein logistisches Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolio (BBP_{log}) eingetragen (Abbildung 4-7). Der ermittelte Zahlenwert für die logistische Belastbarkeit wird auf der Abszisse und für die logistische Beanspruchung auf der Ordinate eingetragen (vgl. Abschnitt 5).

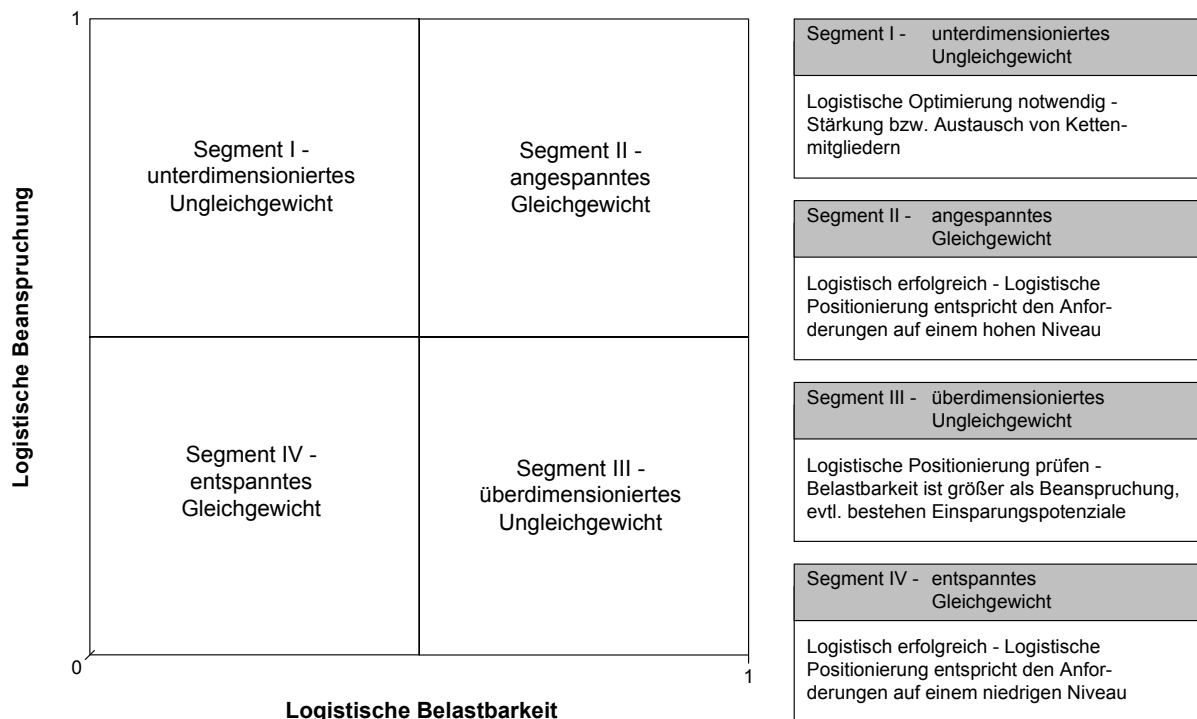


Abbildung 4-7: Logistisches Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolio (BBP_{log}) und Strategien für die logistische Positionierung

Für das logistische Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolio ergeben sich die vier charakteristischen Segmente, deren Abgrenzung sich durch einen Schwellenwert definiert. Aufgrund der erfolgten Normierung für die Zahlenwerte der logistischen Belastbarkeit und Beanspruchung wird ein Grenzwert zwischen den einzelnen Segmenten von 0,5 als arithmetisches Mittel vorgeschlagen. Die einzelnen Segmente sind in Abbildung 4-7 dargestellt. Für die Beschreibung wird ein Vergleich mit einer Waage herangezogen, der in Abbildung 4-8 dargestellt ist.

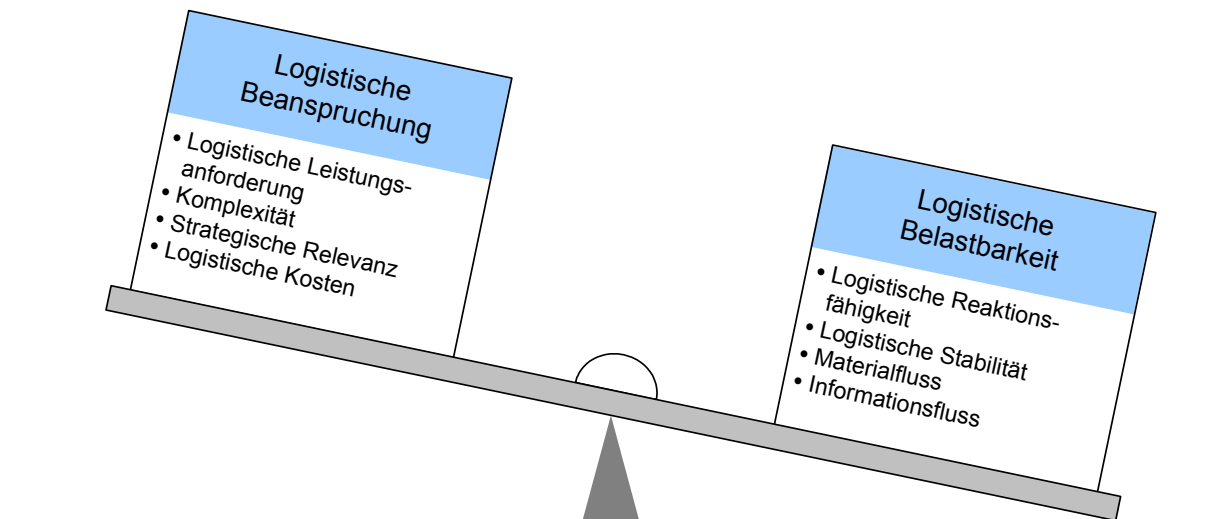


Abbildung 4-8: Ungleichgewicht von logistischer Beanspruchung und Belastbarkeit

Im Folgenden sollen nun die einzelnen Segmente charakterisiert werden:

- **Segment I – unterdimensioniertes Ungleichgewicht:** In diesem Segment ist die logistische Beanspruchung größer als die Belastbarkeit (Abbildung 4-8). Da die logistische Leistung einer Lieferkette wesentlich durch das schwächste Glied in der Kette bestimmt wird, verhindern diese Lieferkettenelemente eine höhere logistische Leistungsfähigkeit der gesamten Lieferkette. Die Lieferkettenelemente müssen eine Stärkung ihrer logistischen Leistung durch eine Modifizierung der logistischen Positionierung erfahren. Ist dies nicht innerhalb der Fähigkeiten des Lieferkettenelements möglich, muss es gegebenenfalls ausgetauscht werden.
- **Segment II – angespanntes Gleichgewicht:** Lieferkettenelemente, die sich im zweiten Segment befinden, sind logistisch erfolgreich. Die Lieferkettenelemente unterliegen einer hohen logistischen Beanspruchung, der sie aber durch eine große Belastbarkeit begegnen. Das Gleichgewicht befindet sich auf einem hohen und angespannten Niveau. Die Lieferkettenelemente müssen eine anspruchsvolle logistische Leistung erbringen, damit sie den Anforderungen gerecht werden. Mögli-

che Veränderungen oder Störungen können das Gleichgewicht leicht stören. Bei Lieferkettenelementen in diesem Segment ist es wichtig, dass die logistischen Rahmenbedingungen erhalten oder gegebenenfalls weiterentwickelt werden, es besteht kein unmittelbarer Handlungsbedarf.

- **Segment III – überdimensioniertes Ungleichgewicht:** Bei Lieferkettenelementen, die sich im dritten Segment des logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios befinden, ist die logistische Belastbarkeit größer als die Beanspruchung. Die Leistungsfähigkeit der Lieferkettenelemente wird also nicht in dem möglichen Maße ausgeschöpft und es muss geprüft werden, ob sich Einsparungspotenziale realisieren lassen, damit eine Übereinstimmung von Belastbarkeit und Beanspruchung erreicht werden kann. Im Extremfall kann das Lieferkettenelement durch diese Unwirtschaftlichkeit in wirtschaftliche Bedrängnis geraten und somit auch die Leistungsfähigkeit der gesamten Lieferkette negativ beeinflussen. Es ist allerdings auch denkbar, dass sich Lieferkettenelemente strategisch in diesem Segment positionieren, um sich auf veränderte zukünftige Entwicklungen einzustellen.
- **Segment IV - entspanntes Gleichgewicht:** Befinden sich Lieferkettenelemente in dem vierten Segment, besteht kein Handlungsbedarf. Vergleichbar zu den Lieferkettenelementen aus dem zweiten Segment, entspricht die logistische Beanspruchung der Belastbarkeit, allerdings auf niedrigerem Niveau. Die logistische Positionierung entspricht also den Anforderungen und es gilt, die Konditionen zu erhalten. Dieser Sektor hat prinzipiell das Potenzial, durch eine Erhöhung der Belastbarkeit auch höheren Beanspruchungen gerecht zu werden. Dies ist aber eine strategische Entscheidung des Managements.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich für den Fall der Übereinstimmung von Belastbarkeit und Beanspruchung die betrachteten Lieferkettenelemente im Gleichgewicht befinden. Die logistische Positionierung der Elemente muss dann erhalten und kontinuierlich überwacht werden. Weichen Belastbarkeit und Beanspruchung voneinander ab, befindet sich das Lieferkettenelement im Ungleichgewicht. Es müssen Maßnahmen ergriffen werden, um das Lieferkettenelement gemäß der logistischen Beanspruchung anforderungsgerecht zu positionieren.

Die Ermittlung der logistischen Belastbarkeit und Beanspruchung muss in regelmäßigen Abständen und insbesondere nach jeder signifikanten Änderung der Lieferkettenelementparameter oder nach dem Austausch von Lieferkettenelementen erneut durchgeführt werden. Ergibt sich eine neue Beanspruchung für die Lieferkettenelemente oder hat sich deren Belastbarkeit geändert, so müssen die Lieferkettenelemente gemäß dieser veränderten Rahmenbedingungen logistisch positioniert werden.

4.4 Entwicklung des Kennzahlensystems für die Positionierung der Logistik von Lieferketten

Nachdem mit dem logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolio die kritischen und unkritischen Lieferkettenelemente erkannt werden können, wird nun die Identifizierung der relevanten logistischen Kennzahlen beschrieben. Hierbei sind grundsätzlich Kennzahlen für die unterschiedlichen Ebenen der Lieferkette (vgl. Abschnitt 4.2.1, Abbildung 4-2) zu differenzieren. Auf der unternehmensübergreifenden Ebene haben für den Endkunden einer Lieferkette wenige Schlüsselkennzahlen auf einer übergeordneten Makroebene eine wichtige Bedeutung. Hier sind beispielsweise Kennzahlen hinsichtlich der logistischen Leistung der Lieferkette und deren Elemente, wie Lieferzeit und Liefertreue, zu nennen.

Mit welchen Maßnahmen auf der Unternehmensebene eine kurze Lieferzeit bei gleichzeitig hoher Liefertreue durch die Lieferkettenelemente erreicht wird, ist für den Endkunden von untergeordneter Bedeutung. Für die Kooperation der Lieferkettenelemente untereinander hat die Kenntnis über flexible Kapazitäten, Bestände und der Reichweite benachbarter Lieferkettenelemente aber einen wichtigen Stellenwert für die logistische Positionierung des Elements. Hinsichtlich der logistischen Positionierung der Lieferkettenelemente sind darüber hinaus Kennzahlen auf der unternehmensinternen Ebene wie Produktivität, Verfügbarkeit sowie Auslastung der Arbeitssysteme, Durchlaufzeiten sowie die interne Liefertreue zwischen Bereichen oder Arbeitssystemen wichtig.

Die Kennzahlen auf den unterschiedlichen Ebenen werden in den nachfolgenden Abschnitten hergeleitet und detailliert. Hierbei wird auch darauf eingegangen, welche Kennzahlen für Lieferkettenelemente, die sich in den verschiedenen Segmenten des logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios befinden, relevant sind. Dies ist insbesondere für erfolgskritische Lieferkettenelemente, die sich im unterdimensionierten Ungleichgewicht von Beanspruchung und Belastbarkeit befinden, von Bedeutung. Die Kennzahlen und deren kontinuierliche Erhebung sind dann eine wichtige Grundlage für abgesicherte Entscheidungen, damit sich das Potenzial für eine logistische Positionierung erfassen lässt [ZEU02]. Aber auch für Lieferkettenelemente, die sich in den anderen Segmenten des logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios befinden, ergeben sich, abhängig von der Position des Lieferkettenelements, eine unterschiedliche Auswahl relevanter Kennzahlen.

Ansätze für die Auswahl relevanter Kennzahlen unter Gesichtspunkten der logistischen Leistungsfähigkeit ganzer Lieferketten und ihrer Elemente konnten in der einschlägigen Literatur nicht gefunden werden. Gelingt es jedoch, Kennzahlen zu identifizieren, mit deren Hilfe sowohl eine anforderungsgerechte logistische Positionierung

als auch ein kontinuierliches Monitoring durchgeführt werden kann, so können mögliche Fehlerquellen identifiziert, Störungen zeitnah erkannt und dann reaktionsschnell entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden. Dadurch kann Fehlern in einem frühen Stadium entgegen gewirkt werden, bevor sie in den nachfolgenden Lieferkettenelementen Turbulenzen und Schwierigkeiten verursachen.

4.4.1 Entwicklung eines logistischen Zielsystems für Lieferketten

Damit eine fundierte Planung, Steuerung und Kontrolle der unternehmensübergreifenden und unternehmensinternen logistischen Prozesse möglich ist, werden aussagekräftige Kennzahlen benötigt [FIL97]. Der Einsatz der Kennzahlen soll aber nicht nur auf ein Element der Lieferkette beschränkt sein, sondern darüber hinaus an den Schnittstellen zwischen zwei Lieferkettenelementen genutzt werden, um Zielvorgaben gemeinsam zu vereinbaren [LUT99]. Gleichzeitig können diese Kennzahlen mit dem Ziel der Bereitstellung führungsrelevanter Informationen verwendet werden, damit das Management sowohl unternehmensintern als auch unternehmensübergreifend fundierte Entscheidungen treffen kann [WEB98a].

Abhängig von der Zielstellung wird grundsätzlich zwischen unterschiedlichen Kennzahlenebenen für die unternehmensübergreifenden Lieferketten- und Unternehmensziele sowie unternehmensinternen Ziele unterschieden [LOO96]. Dabei gelten die folgenden Randbedingungen [KAN02, STR00]:

- Um eine unüberschaubare Informationsflut zu vermeiden und eine effiziente Informationsbereitstellung und –verarbeitung zu ermöglichen, ist es erforderlich, möglichst wenige, aber aussagekräftige Kennzahlen zu erheben [SYS90]. Da die Komplexität mit der Anzahl der beteiligten Lieferkettenelemente und betrachteten Kennzahlen signifikant ansteigt [ZEU02], ist es notwendig, die wesentlichen und relevanten Kennzahlen zu identifizieren, um somit eine größtmögliche Transparenz zu gewährleisten.
- Um die Konsistenz des Kennzahlensystems zu gewährleisten und mögliche Fehlinterpretationen zu umgehen, ist eine eindeutige und allgemein verständliche Definition der Kennzahlen notwendig. Hier ist insbesondere an den Schnittstellen zwischen Lieferkettenelementen auf ein gemeinsames Verständnis der Definition zu achten, um die Vergleichbarkeit der Kennzahlen sicherzustellen [KEE00].
- Bei der Definition der Kennzahlen muss beachtet werden, dass sich die Kennzahlen zur Messung der Zielerreichung möglichst wenig gegenseitig beeinflussen.

Mit dem logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolio (BBP_{log}) können die Lieferkettenelemente identifiziert werden, die erfolgskritisch für die gesamte

Lieferkette sind oder die ein großes logistisches Potenzial hinsichtlich der logistischen Leistung der gesamten Lieferkette haben. Gleichzeitig kann es als Grundlage genutzt werden, um – abhängig von der Position der Lieferkettenelemente im Portfolio – eine unterschiedliche Auswahl an Kennzahlen mit differenzierenden Detaillierungsgrad für eine kontinuierliche Erhebung auszuwählen. Durch diese Auswahl erfolgt eine Beschränkung auf eine reduzierte Anzahl an betrachteten Kennzahlen (und Lieferkettenelementen), die somit zur Vermeidung einer schwierig zu überschauenden Informationsflut beiträgt. Ziel ist es dabei, anhand weniger prägnanter Informationen einen Überblick über die aktuelle Situation zu vermitteln [FIL97] und gleichzeitig die Menge an Informationen zu identifizieren, die eine hohe Entscheidungsqualität sicherstellt und eine solide Basis bildet, um die Leistungsfähigkeit der gesamten Lieferkette kontinuierlich zu steigern [WET01]. Sind diese Kennzahlen ermittelt, so können diese als Grundlage für ein kontinuierliches Monitoring der Elemente einer Lieferkette und deren Prozesse genutzt werden.

Die Kennzahlen, die innerhalb der Lieferkette sowohl auf der unternehmensübergreifenden, der Unternehmens- und der unternehmensinternen Ebene (vgl. Abbildung 4-2) erhoben werden können, sind schematisch in Abbildung 4-9 dargestellt.

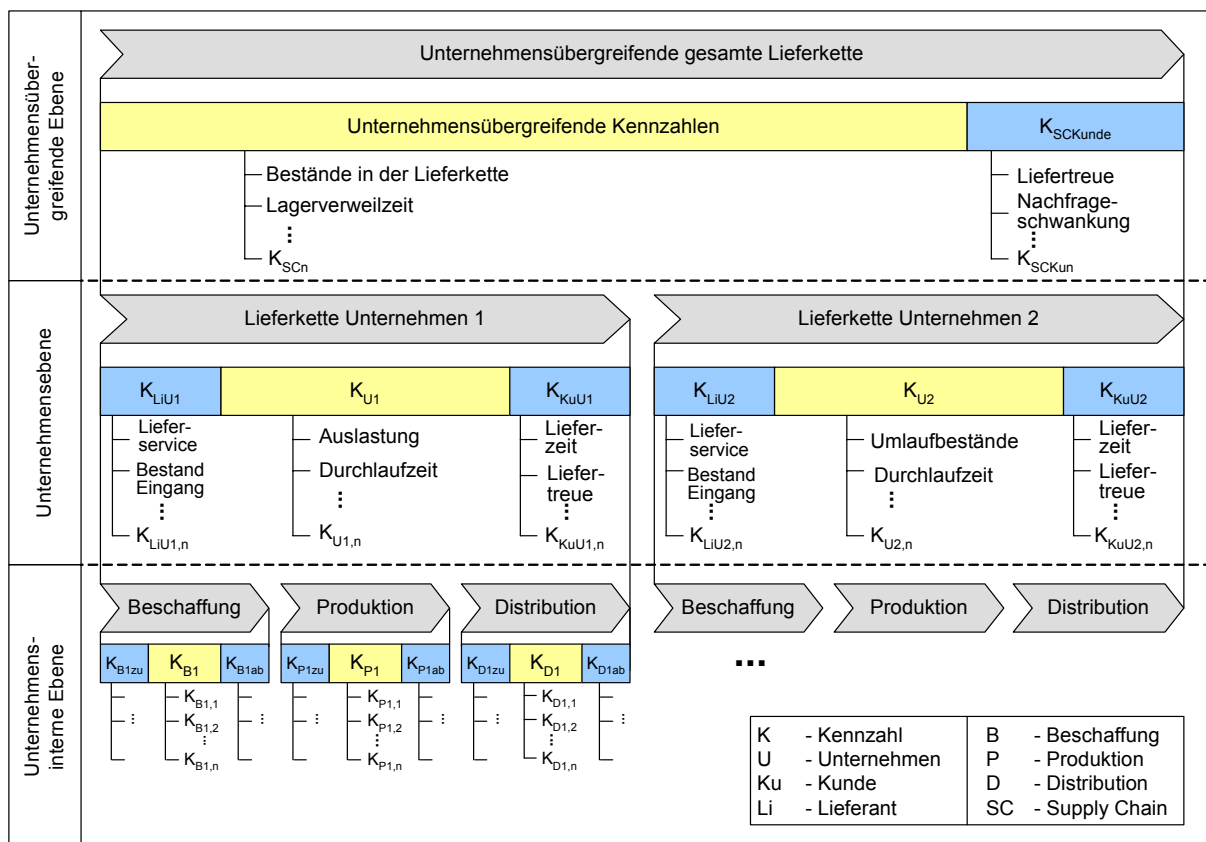


Abbildung 4-9: Schematische Darstellung der Kennzahlenebenen für eine Lieferkette (in Anlehnung an Weber [WEB02])

Sind beispielsweise die Lieferkettenelemente einer Lieferkette für ein komplexes Produkt auf allen Stufen der Lieferkette unkritisch, so ergibt sich kein Bedarf für den Endkunden, für alle involvierten Lieferkettenelemente und deren Prozesse Kennzahlen zu verfolgen. Befinden sich aber innerhalb der Lieferkette Elemente, die einen erfolgskritischen Einfluss auf den Endkunden haben können, so ist es in diesem Fall von Bedeutung für den Endkunden, kontinuierlich über die logistische Leistung informiert zu sein. Dies gilt insbesondere für die identifizierten relevanten Kennzahlen des kritischen Lieferkettenelements, damit sich die nachfolgenden Lieferkettenelemente gegebenenfalls auf mögliche negative Auswirkungen für die eigenen Prozesse einstellen und bei Bedarf Gegenmaßnahmen ergreifen können.

Eine in den USA durchgeführte Studie mit 355 produzierenden Unternehmen hat gezeigt, dass logistischen Kennzahlen von fast allen befragten Unternehmen eine große Bedeutung beigemessen wird [KEE00]. Die Kennzahlen werden zwar häufig intern gemessen, nur selten erfolgt jedoch eine Messung an den Schnittstellen zwischen zwei Unternehmen beziehungsweise Lieferkettenelementen. Am Beispiel der Liefertreue bedeutet dies, dass 86 % der Unternehmensvertreter die Liefertreue als wichtige Größe einstufen, 71 % der Unternehmen messen die Kennzahl intern, aber nur 59 % an der Schnittstelle zwischen zwei Unternehmen. Bezüglich der Durchlaufzeit erachten 62 % der Unternehmensvertreter die Kennzahl als bedeutend, 63 % messen die Kennzahl intern und nur 38 % an der Schnittstelle zwischen zwei Lieferkettenelementen. Für eine unternehmensübergreifende Messung der logistischen Leistung einer Lieferkette sowohl in ihrer Gesamtheit als auch an den Schnittstellen zwischen Lieferkettenelementen gibt es kein einheitliches Kennzahlensystem. Aus diesem Grund muss es Ziel eines unternehmensübergreifenden Kennzahlensystems für Lieferketten sein, sowohl unternehmensübergreifende als auch internen Kennzahlen vergleichbar darzustellen. Im Rahmen dieser Arbeit erfolgt hierzu eine Unterteilung in interne und in externe Kennzahlen (Abbildung 4-10).

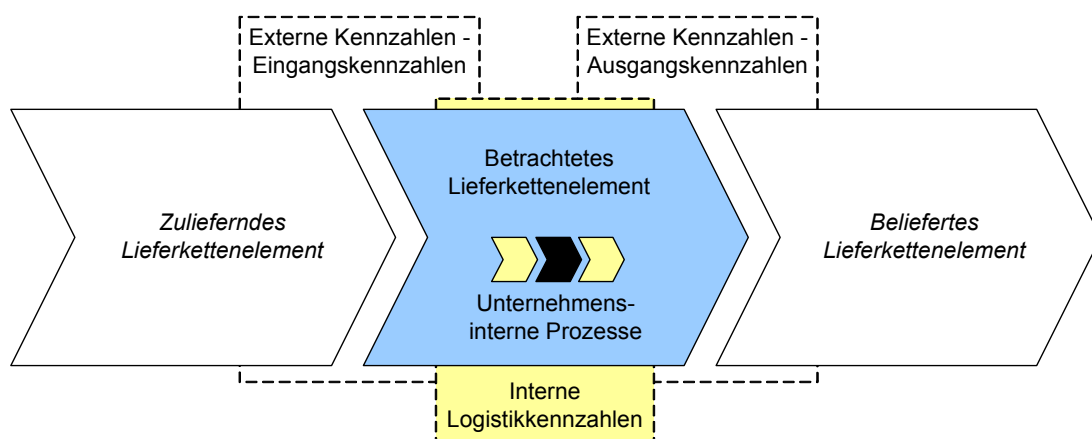


Abbildung 4-10: Differenzierung und Zuordnung von Kennzahlen zur Bewertung der Logistik in Lieferketten

Abhängig von der Perspektive, im Sinne einer internen oder unternehmensübergreifenden Betrachtung, sind die Kennzahlen von unterschiedlicher Relevanz. Die internen Logistikkennzahlen werden genutzt, um die logistische Positionierung des betrachteten Lieferkettenelements zu überprüfen und bei Bedarf der logistischen Beanspruchung anzupassen. Die externen Kennzahlen sind sowohl für die belieferten Lieferkettenelemente (Kunden) als auch für die zuliefernden Lieferkettenelemente (Lieferanten) von Bedeutung. Deshalb werden die externen Kennzahlen weiterhin in Eingangs- und Ausgangsgrößen eines Prozesses unterteilt. Die Eingangsgrößen beschreiben das Verhalten des zuliefernden Lieferkettenelements (Lieferant) in Bezug auf das betrachtete Lieferkettenelement. Die Ausgangskennzahlen beschreiben die logistische Leistung des betrachteten Lieferkettenelements und dessen Wechselwirkung auf das nachfolgende Lieferkettenelement (Kunde). Je nach Ausprägung der logistischen Leistungsfähigkeit des zuliefernden Lieferkettenelements werden die nachfolgenden Lieferkettenelemente direkt in ihrer eigenen logistischen Leistungsfähigkeit beeinflusst.

In Analogie zu dem logistischen Kennzahlensystem für die Produktionslogistik nach LogiBEST bzw. der VDI-Richtlinie 4400 [VDI00] (vgl. Abschnitt 2.4) müssen mit dem Ziel der hohen Logistikeffizienz von Lieferketten die Teilziele hohe Logistikleistung bei gleichzeitig geringen Logistikkosten erreicht werden (Abbildung 2-12). In der Regel ist für das nachfolgende Lieferkettenelement (Kunde) innerhalb der Lieferkette der Anteil an Logistikkosten von untergeordneter Bedeutung, da für ihn eher der Produktpreis bei gleichzeitig hoher Logistikqualität im Vordergrund stehen. Geringe Logistikkosten respektive ein geringer Anteil der Logistikkosten an den Produktionskosten ist bei einer internen Betrachtung und Positionierung im Spannungsfeld der Logistik von Bedeutung. Der Grad der Zielerreichung muss mit Kennzahlen erfasst werden, die in den nachfolgenden Abschnitten gegliedert, hierarchisiert und um spezifische, dynamische Kriterien für die Logistik von Lieferketten ergänzt werden. Bei der Betrachtung von Lieferketten gewinnen auch Kennzahlen hinsichtlich der Flexibilität und Reaktionsfähigkeit der Lieferkettenelemente, das heißt die Fähigkeit, auf Änderungen hinsichtlich der Liefermenge, des Liefertermins sowie des Produktmixes reagieren zu können, an Bedeutung. Aber auch Aspekte der Vorhersagegüte und der Messung der Nachfrageschwankungen spielen eine Rolle.

Ziel dieser Arbeit ist also nicht die vollständige Neudefinition von logistischen Kennzahlen für die Lieferkette, sondern die Anwendung und Übertragung von bereits bestehenden logistischen Kennzahlensystemen auf deren Verwendung in der Lieferkette. Hierzu müssen diese Kennzahlensysteme jedoch um lieferkettenspezifische Aspekte erweitert werden. Die Kennzahlen für die logistische Positionierung der Lieferkette werden in die Kategorien Eingangs- und Ausgangskennzahlen sowie

interne Logistikkennzahlen unterteilt (vgl. Abbildung 4-10). Diese drei Kategorien werden in statische Kennzahlen, die im Wesentlichen die Belastbarkeit beschreiben und in dynamische Kennzahlen zur Beschreibung der Beanspruchung der Lieferkettenelemente unterschieden und in den folgenden Abschnitten näher beschrieben.

4.4.2 Eingangskennzahlen

Wesentliches Ziel am Eingang eines Lieferkettenelements ist eine hohe Logistikeffizienz, die durch eine hohe Logistikleistung bei geringen Logistikkosten erreicht wird und somit einen wesentlichen Bestandteil der logistischen Belastbarkeit eines Lieferkettenelements repräsentieren. Darüber hinaus sind im Kontext der Lieferkette auch die Vorhersagegüte und die Nachfrageschwankungen aufzunehmen. Diese Kriterien dienen zur Beschreibung der Beanspruchung des zuliefernden Lieferkettenelements (vgl. Abbildung 4-11).

Basis für eine hohe Logistikleistung ist eine hohe Verfügbarkeit, die aus einer hohen Liefertermin-, Liefermengen- und Lieferqualitätstreue resultiert. Verspätete Anlieferungen, fehlende Produkte oder qualitative Mängel stören den reibungslosen Ablauf und können eventuell durch eine Unterversorgung zu einer unvorhergesehenen Unterbrechung der Prozesse in den nachfolgenden Lieferkettenelementen führen [KAN02].

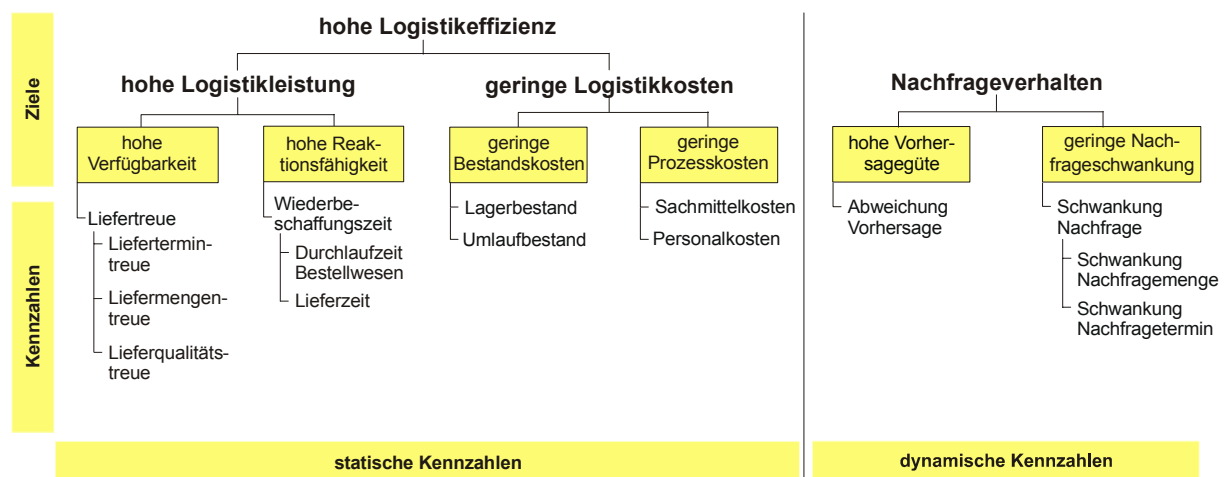


Abbildung 4-11: Zielsystem der Eingangskennzahlen der Lieferkettenlogistik

Sollen Nachfrageschwankungen oder kurzfristige Änderungswünsche, wie beispielsweise veränderte Produktionsprogramme oder Umplanungen, nicht allein durch hohe Eingangslagerbestände abgepuffert werden, bedarf es einer hohen Reaktionsfähigkeit der zuliefernden Lieferkettenelemente. Bei den Eingangskenngrößen wird dies wesentlich durch kurze Lieferzeiten (Wiederbeschaffungszeiten) ermöglicht und

somit eine kontinuierliche Bedarfsdeckung gewährleistet. Zusätzlich ist aber auch die Durchlaufzeit des Bestellwesens bedeutend, die sich aus der Zeitdauer zusammensetzt, die benötigt wird, um die Änderungen zu identifizieren und diese dann im Anschluss an das vorgelagerte Lieferkettenelement zu kommunizieren.

Die Kostentreiber der Logistik bei den Eingangskennzahlen sind im Allgemeinen die Kosten für die Logistikprozesse der Beschaffung sowie die Bestandskosten. Das Ziel der geringen Prozesskosten lässt sich durch einen möglichst effizienten und kostengünstigen Einsatz von Personal- und Sachmitteln realisieren. Eingangsbestände, die sich aus dem Lager und Umlaufbestand zusammensetzen, sichern die Bedarfsdeckung der Lieferkettenprozesse und helfen Störungen sowie Unregelmäßigkeiten bei den zuliefernden Lieferkettenelementen zu kompensieren [LUT02]. Gleichzeitig erlauben sie durch die Höhe der vorgehaltenen Bestände auch ein bestimmtes Maß an Flexibilität für den Ausgleich von Nachfrageschwankungen.

Da Bestände Kapital binden und somit Kosten verursachen, ist es ein wesentliches Ziel der Unternehmen, die Bestände möglichst gering zu halten. Die Lieferkettenelemente müssen sich gemäß ihrer Position im logistischen Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio im Spannungsfeld zwischen einem hohen Flexibilitätsniveau durch relativ hohe vorgehaltene Bestände und minimalen Kapitalbindungskosten durch geringe Bestände entscheiden. Kriterien für diese Entscheidung sind, neben den Anforderungen der belieferten Lieferkettenelemente, die Preise, die für das Produkt am Markt realisiert werden können. In diesem Zusammenhang muss geprüft werden, ob die Möglichkeit besteht, für das Produkt einen höheren Preis zu erzielen, wenn dieses mit einer größeren Flexibilität geliefert werden kann. Das heißt, dass die erhöhten Kosten für die Kapitalbindung oder Kapazitätsflexibilität vom Markt akzeptiert und gezahlt werden oder die Flexibilität sogar ein kaufentscheidendes Kriterium ist.

Um das logistische Verhalten des betrachteten Lieferkettenelements zu beschreiben und somit auch den zuliefernden Lieferkettenelementen (Lieferanten) die Möglichkeit zu geben, sich auf die logistische Beanspruchung einzustellen, muss das Nachfrageverhalten beschrieben und gemessen werden. Kriterien hierfür sind die Vorhersagegüte der Planzahlen sowie deren Abweichungen und die Schwankungen der Abrufe in Menge und Termin im Vergleich zu den Planwerten [GLE02a, GLE02b]. Unterliegen Lieferkettenelemente bestimmten Rahmenbedingungen, die eine vollständige Vermeidung von Nachfrageschwankungen nicht ermöglichen, so müssen diese Lieferkettenelemente untereinander Rahmenverträge über flexible Abrufe vereinbaren. Explizites Ziel dieser Verträge muss dabei die Vermeidung von erhöhten Beständen zur Kompensation von Nachfrageschwankungen sein. Wird eine größere Flexibilität hinsichtlich der Abrufmengen und Liefertermine vereinbart, können erhöhte Kosten

für die zuliefernden Lieferkettenelemente entstehen, da sich diese wiederum durch eine entsprechende Vorratshaltung oder hoch flexible Fertigungskapazitäten logistisch positionieren müssen. Lässt sich eine Kostensteigerung nicht vermeiden, sollten die Mehrkosten zwischen den beteiligten Lieferkettenelementen aufgeteilt werden [ZEU02].

4.4.3 Interne Logistik-Kennzahlen

In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 4400 (vgl. Abschnitt 2.4) wird zur Erreichung einer hohen Logistikeffizienz für die interne Logistik eines Lieferkettenelements eine hohe Logistikleistung bei gleichzeitig geringen Logistikkosten angestrebt. Bezüglich der Logistikleistung untergliedert sich diese Zielstellung in die Unterziele hohe Reaktionsfähigkeit bei einem hohen internen Lieferservice, die durch kurze Durchlaufzeiten und eine hohe Liefertreue erreicht werden können (Abbildung 4-12). Das Ziel der geringen Logistikkosten teilt sich in die Unterziele geringe Bestands- und Logistikprozesskosten auf. Diese Ziele beschreiben die logistische Belastbarkeit des Lieferkettenelements.

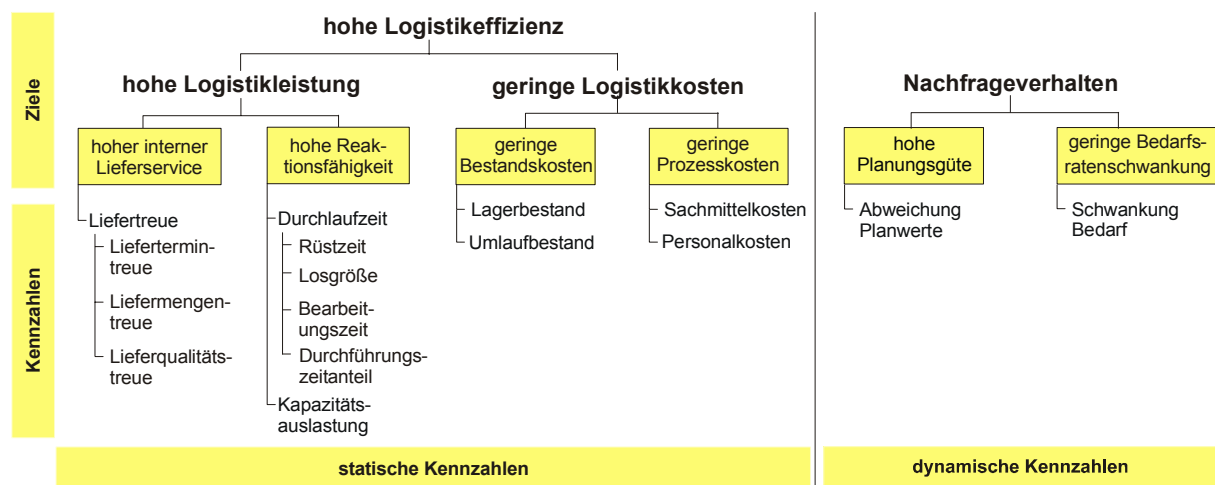


Abbildung 4-12: Zielsystem der internen Kennzahlen der Lieferkettenlogistik

Die angestrebten Ausprägungen der Kennzahlen und somit die Erreichung dieser Ziele ist abhängig von den Anforderungen an das Lieferkettenelement, die mit dem logistischen Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio aufgenommen werden können. Abhängig von der Beanspruchung des Lieferkettenelements durch die Lieferkette und dessen logistischer Positionierung werden unterschiedliche Zielstellungen verfolgt. Es kann beispielsweise das Ziel angestrebt werden, die Logistik auf minimale Kosten auszulegen und dabei unter Umständen eine geringere logistische Leistung zu akzeptieren. Alternativ ist eine Ausrichtung realisierbar, die eine maximal mögliche Flexibilität und Reaktionsfähigkeit anstrebt. Dies ist beispielsweise durch

die Auslegung der Durchlaufzeiten, Dimensionierung der Bestände, freigehaltene Kapazitäten oder alternative Arbeitssystem- und Personalkapazitäten realisierbar. Gleichzeitig spielen aber auch, je nach Detaillierungsgrad der Betrachtung, interne Prozesse und deren Logistikleistung hinsichtlich der internen Termintreue der Auftragsbefriedigung (vgl. Abschnitt 4.4.4) eine wesentliche Rolle. Gegebenenfalls besteht dadurch die Möglichkeit, entstandene Verzögerungen innerhalb des Lieferkettenelements zu kompensieren, um gegenüber den externen Kunden in der Lieferkette eine hohe Liefertreue zu erreichen und gleichzeitig die Kosten des Gesamtsystems der Lieferkette zu reduzieren.

Der Zielerreichungsgrad einzelner logistischer Kennzahlen kann nicht unabhängig von der Zielerreichung anderer Kennzahlen betrachtet werden, denn die Kennzahlen unterliegen gegenseitigen Wechselwirkungen. Die Abgangsterminabweichung einer Produktion wird signifikant von der Durchlaufzeitstreuung beeinflusst [Yu01]. Die Durchlaufzeitstreuung wiederum hängt unmittelbar mit dem Bestandsniveau der Produktion zusammen. Die Durchlaufzeiten streuen bei niedrigen Beständen wesentlich geringer als bei hohen Beständen an den Arbeitssystemen. Die Terminabweichung eines Lieferkettenelements wird signifikant durch das verfügbare Kapazitätsangebot und die Flexibilität, mit der auf Bedarfsveränderungen reagiert werden kann, beeinflusst. Durch die Bereitstellung von ausreichenden Kapazitäten kann verhindert werden, dass sich ein Fertigungsrückstand aufbaut, der zu Terminabweichungen führt.

Die internen Losgrößen eines Lieferkettenelements beeinflussen häufig die Liefermengen an das nachfolgende Lieferkettenelement [LUT02]. Über- und Unterlieferungen eines Lieferkettenelements stellen eine Mengenabweichung des zuliefernden Lieferkettenelements dar, die, abhängig von der logistischen Positionierung des betrachteten Lieferkettenelements, einen direkten Einfluss auf die Bestandsdimensionierung haben. Ursachen für Mengenabweichungen im Zugang können beispielsweise die Produktion von Ausschuss und Qualitätsfehler sein. Es können aber auch Planungsunsicherheiten vorliegen, so dass abweichende Mengen produziert werden.

Werden die Umlaufbestände vermindert und die Losgrößen harmonisiert, können die Durchlaufzeiten eines Lieferkettenelements gesenkt werden [NYH03]. Das bewirkt aus Sicht des nachfolgenden Lieferkettenelements eine Reduzierung der Wiederbeschaffungszeit und somit auch geringere Bedarfsratenschwankungen. Gleichzeitig kann die Termintreue des Lieferkettenelements durch die Senkung des Bestandsniveaus, durch die Anwendung von Prioritätsregeln (bspw. FIFO- first in first out) und durch flexible Aufarbeitung von Fertigungsrückständen verbessert werden.

Ein Lieferverzug, beziehungsweise eine schlechte Liefertreue eines zuliefernden Lieferkettenelements kann zu einer ungenügenden Materialverfügbarkeit des nachfolgenden Lieferkettenelements führen, so dass es zu Verzögerungen beim Auftragsstart kommen kann [LUT02]. Bei der Auslegung der internen Logistik muss das Management des betrachteten Lieferkettenelements, abhängig von der Position im logistischen Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio (BBP_{log}), eine strategische Entscheidung hinsichtlich der eigenen angestrebten Liefertreue treffen. Es ist beispielsweise denkbar, dass sich das Management entscheidet, gegebenenfalls durch eine nicht vereinbarungsgemäße Liefertreue an den Nachfolger in der Lieferkette eine Kundenenttäuschung bewusst in Kauf zu nehmen.

Anhand der Ausführungen wird ersichtlich, dass von der Position des Lieferkettenelements im logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolio (BBP_{log}) auch die Auswahl der internen Logistikkennzahlen abhängt, die für die Lieferkette relevant sind. Mit der Analyse der logistischen Belastbarkeit und Beanspruchung können die Schwächen der betrachteten Lieferkettenelemente identifiziert werden, die sich auf die gesamte Lieferkette auswirken. Insbesondere diese Schwachstellen der Lieferketten müssen durch logistische Kennzahlen erfasst und an die involvierten Lieferkettenelemente kommuniziert werden. Für Lieferkettenelemente, die sich beispielsweise im angespannten Gleichgewicht (Segment II) des logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios (BBP_{log}) befinden und deren Durchlaufzeit und Termineinhaltung wichtig für die nachfolgenden Lieferkettenelemente ist, müssen diese Kennzahlen erhoben und kommuniziert werden. Können Abweichungen der Durchlaufzeit und Termineinhaltung nicht innerhalb des Lieferkettenelements von internen Prozessen ausgeglichen werden, so müssen gegebenenfalls auch die Kennzahlen der internen Prozesse an die nachfolgenden Lieferkettenelemente kommuniziert werden. Die nachfolgenden Lieferkettenelemente können sich dann im Falle von Abweichungen und Störungen auf diese einstellen. Durch eine transparente Informationsweitergabe können folglich Turbulenzen vermieden werden.

4.4.4 Ausgangskennzahlen

Für die nachfolgenden Lieferkettenelemente (Kunden) in einer Lieferkette sind die logistischen Ausgangskennzahlen des betrachteten Lieferkettenelements relevant. Mit den Ausgangskennzahlen muss deshalb der Erfüllungsgrad hinsichtlich der vereinbarten Ziele kontinuierlich geprüft und bewertet werden. Vergleichbar den Kriterien für die Eingangskennzahlen orientieren sich die Ausgangskennzahlen an der VDI-Richtlinie 4400 und werden um Kennzahlen erweitert, die im Kontext der Lieferkette von Bedeutung sind (Abbildung 4-13).

Grundlage für die Bewertung der zuliefernden Lieferkettenelemente (Lieferanten) ist deren logistische Leistungsfähigkeit, die wesentlich durch einen hohen Lieferservice geprägt wird. Werden die Produkte mit einer hohen Liefertermin-, Liefermengen- und Lieferqualitätstreue geliefert, kann ein großes Maß an Kundenzufriedenheit erreicht werden. Darüber hinaus ist die Liefertreue eine wichtige Voraussetzung für die termin- und mengengerechte Versorgung aller nachfolgenden Lieferkettenelemente und somit für den stabilen Ablauf der involvierten Prozesse in der Lieferkette. Werden zwei gleichzeitig benötigte Produkte für einen Montageprozess ohne Sicherheits- und Lagerbestände beispielsweise von zwei Lieferanten geliefert und beide Lieferanten erreichen jeweils einen Servicegrad von 95 %, ergibt sich, bei einer statistischen Verteilung als Grundlage, ein resultierender Servicegrad von 90 % ($= 0,95^2$). Handelt es sich um fünf Produkte von fünf Lieferanten mit jeweils einem Servicegrad von 95 %, so ist der resultierende Servicegrad nur noch 77 % ($= 0,95^5$) [ZEU02]. Dieses Beispiel soll die Bedeutung der Liefertreue für die Leistungsfähigkeit einer komplexen Lieferkette verdeutlichen.

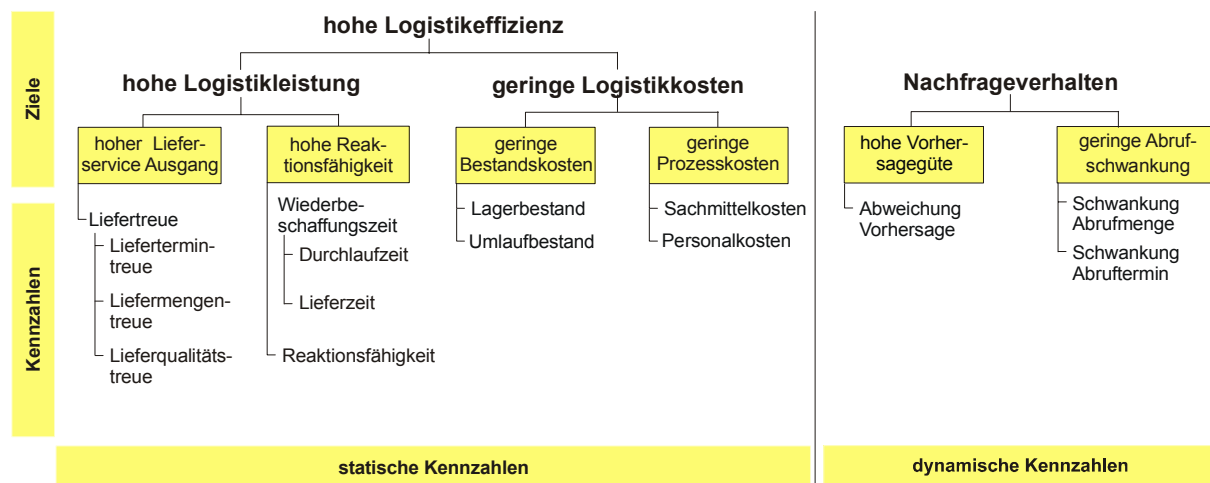


Abbildung 4-13: Zielsystem der Ausgangskennzahlen der Lieferkettenlogistik

Die Logistikkosten des zuliefernden Lieferkettenelements haben für das belieferte Lieferkettenelement (Kunde) nur eine untergeordnete Bedeutung, da nur die Preise für die zugelieferten Produkte relevant sind. Bedeutsam sind die Logistikkosten nur dann, wenn in diesem Bereich von den zuliefernden Lieferkettenelementen Einsparungspotenziale erwartet werden und diese im Sinne einer integrierten Lieferantenentwicklung realisierbar sind. In diesem Falle muss das gemeinsame Ziel von beiden Elementen der Lieferkette eine Aufteilung der eingesparten Kosten also eine teilweise Weitergabe an den Kunden sein [WAG02].

Wichtig bei einer Lieferkettenbetrachtung sind insbesondere die Aspekte der Reaktionsfähigkeit, die eine wesentliche Bedeutung für den Kunden haben. Zum einen wird

eine hohe Reaktionsfähigkeit durch kurze Lieferzeiten ermöglicht, gleichzeitig ist aber auch die Fähigkeit des Lieferkettenelements, auf Änderungen der Abruf oder Liefermengen und Abruf- oder Liefertermine kurzfristig zu reagieren wichtig [WEB98a]. Um diese Fähigkeit, auf Änderungen einzugehen, zu beschreiben, kann nach Zeuch [ZEU02] die folgende Kennzahl verwendet werden:

$$\text{RMV} = \frac{\text{BMÄ} / \text{BMN}}{\text{ZPU} / \text{ZPV}} \quad \text{Gl. 4-5}$$

mit: RMV	: Reaktionsfähigkeit	[-]
BMÄ	: geänderte Bestellmenge	[ME]
BMN	: normale (Plan-)Bestellmenge	[ME]
ZPU	: Realisierungszeit für die Umplanung	[BKT]
ZPV	: Planungshorizont	[BKT]

Alternativ dazu kann auch eine vereinfachte Kennzahl mit einer vergleichbaren Aussage verwendet werden. Sie beschreibt, welcher Zeitraum benötigt wird, um eine unplanmäßige Mengenänderung von zwanzig Prozent zu realisieren. Diese Kennzahl findet sich u. a. auch bei dem in Abschnitt 3.1.4 beschriebenen SCOR-Modell wieder. Diese Kennzahlen zur Beschreibung der Reaktionsfähigkeit sind insbesondere für Lieferkettenelemente von großer Bedeutung, die sich im zweiten Segment, nämlich dem angespannten Gleichgewicht, des Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios (BBP_{log}) befinden. In diesem Segment ist es von großer Bedeutung, auf Schwankungen eingehen zu können, ohne das Gleichgewicht des Lieferkettenelements zu gefährden.

4.5 Entwicklung eines Schemas des logistischen Lieferketten-Assistenzsystems

Das logistische Lieferketten-Assistenzsystem besteht aus einem logistischen Monitoringsystem und einem Frühwarnsystem. Das logistische Monitoringsystem dient der Bewertung der Kennzahlen und somit der Identifizierung von Missständen, wenn die Ist-Werte der Kennzahlen von den Soll-Vorgaben abweichen. Das Frühwarnsystem ermöglicht durch die Verwendung von Prognoseverfahren auf Basis einer Analyse der Ist-Werte ein frühzeitiges Erkennen von Entwicklungen und Tendenzen, die zu nicht akzeptierbaren Abweichungen von den Soll-Vorgaben führen können [FIL97]. Frühwarnsysteme gewinnen zunehmend an Bedeutung, da die dynamischen Entwicklungen der Märkte und die Turbulenzen im Unternehmensumfeld zunehmen. Es ist nur dann möglich, in logistische Prozesse rechtzeitig einzugreifen, wenn die Entwicklungen und Tendenzen möglichst frühzeitig antizipiert werden und entsprechende Maßnahmen eingeleitet werden können [FIL97].

Durch das Monitoring und dessen kontinuierliche Erhebung und Visualisierung von logistischen Kenngrößen ergibt sich die Möglichkeit, bei Abweichungen der Kenngrößen von den vereinbarten Vorgaben reaktionsschnell in die Prozesse des zuliefernden Lieferkettenelements einzugreifen. Turbulenzen, die in einzelnen Lieferkettenelementen entstehen, kann somit in der Entstehungsphase aktiv gegengesteuert werden und somit Störungen und Fehler in den nachfolgenden Lieferkettenelementen vermieden werden. Je früher schädliche Tendenzen für die Lieferkette erkannt werden, desto mehr Zeit bleibt den beteiligten Lieferkettenelementen, Maßnahmen zu ergreifen und den Störungen entgegenzuwirken. Zeigt sich, dass die Möglichkeiten des Eingreifens nicht ausreichen, kann gegebenenfalls bei den Prozessen der nachfolgenden Lieferkettenelemente durch entsprechende Maßnahmen gegengesteuert werden. Durch dieses Vorgehen kann eine Verstärkung der Einflüsse, vergleichbar dem in Abschnitt 3.1.5 dargestellten Peitscheneffekt, aktiv entgegengewirkt werden. Verzögert sich beispielsweise die Auslieferung bestimmter Produkte, so können in dem nachfolgenden Lieferkettenelement mit dem entsprechenden Vorlauf zusätzliche Kapazitäten bereitgestellt werden, um diese Verzögerungen auszugleichen. Ziel muss es deshalb in einer Lieferkette sein, einer Entwicklung, die auf eine Abweichung der Zielgrößen hindeutet, beispielsweise durch die Bereitstellung zusätzlicher Kapazitäten oder die Vergabe von Prioritäten für die entsprechenden Aufträge, reaktionsschnell entgegenzuwirken.

Logistische Monitoringsysteme werden in der Praxis bereits eingesetzt. Hier sind beispielsweise die Systeme FAST/pro und FAST/log der Firma gtt zu nennen, die ein Monitoring der logistischen Kennzahlen auf Basis der erfassten Ist-Daten ermöglichen [GTT03]. Das Monitoring der Logistikleistung erfolgt dabei auf der Ebene der Lieferkettenelemente bzw. der Unternehmen, die das System einsetzen. Für einen Soll-Ist-Vergleich können die Soll-Daten des PPS-Systems herangezogen werden. Bisher wurde noch keine Methode erarbeitet, mit deren Hilfe die dynamischen Auswirkungen von Kennzahlenabweichungen und die damit verbundenen Turbulenzen auf die einzelnen Elemente der Lieferkette untereinander abgebildet werden kann.

In den vorigen Abschnitten konnte gezeigt werden, dass nicht alle logistischen Kennzahlen und Lieferkettenelemente den gleichen Stellenwert für die Betrachtung der Gesamtheit der Lieferkette haben. Aus diesem Grund muss eine Auswahl sowohl der kritischen Lieferkettenelemente sowie der im Kontext der Lieferkettenlogistik relevanten Kennzahlen erfolgen. Im Rahmen der vorliegenden Arbeit resultiert diese Auswahl aus den Ergebnissen des logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios (BBP_{log}). Bei der Verwendung des logistischen Lieferketten-Assistenzsystems werden diese erfolgskritischen Kennzahlen mit dem logistischen Monitoring kontinuierlich aufgenommen. Dadurch wird der Verlauf der Kennzahlen kontinuierlich ge-

messen und kann in Graphen, beispielsweise in Form der Qualitätsregelkarte aus Abschnitt 2.6.2, eingetragen werden (vgl. Abbildung 4-14). Sind logistische Monitoringsysteme nicht verfügbar, müssen Planungs- und Bewegungsdaten der Betriebsdatenerfassung (BDE) oder direkt gemessene Daten als Eingangsdaten für das logistische Lieferkettenmonitoring verwendet werden. Diese Daten können dann mit einem Tabellenkalkulationsprogramm (bspw. Microsoft Excel) aufgearbeitet und zu Kennzahlen verdichtet werden.

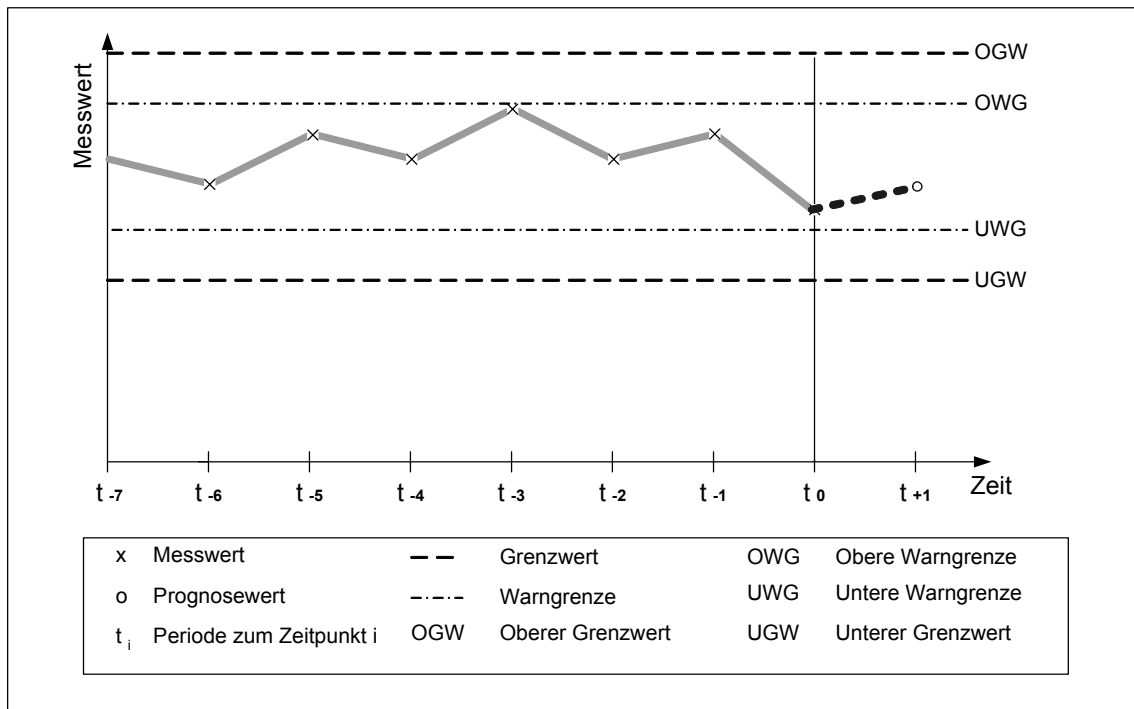


Abbildung 4-14: Exemplarischer Kennzahlenverlauf

Damit Abweichungen von Kennzahlen in einem möglichst frühen Stadium erkannt werden können, verwendet das Qualitätsmanagement Prognoseverfahren der mathematischen Regression (vgl. Abschnitt 2.6.2). Mittels dieser Prognoseverfahren werden auf Basis der gemessenen Vergangenheitswerte des Monitoringsystems mögliche Entwicklungen der zukünftigen Kennzahlausprägung errechnet. Diese Prognosewerte können dann genutzt werden, um bei Bedarf reaktionsschnell und gegebenenfalls präventiv in die Prozesse einzugreifen. Diese Verfahren sollen auf die logistischen Kennzahlen übertragen und für das logistische Frühwarnsystem verwendet werden.

Die Bestimmung der Prognosewerte, die eine wichtige Grundlage für das Frühwarnsystem sind, werden nachfolgend im Abschnitt 4.5.1 vorgestellt. Um den Status der erfolgskritischen Kennzahlen der Lieferkette aussagekräftig zu visualisieren, müssen kennzahlen- und prozessspezifische Soll-Werte sowie Warn- und Eingriffsbereiche

für die Lieferkettenelemente definiert werden. Die Methoden zur Ermittlung der Eingriffs- und Warnwerte werden in Abschnitt 4.5.2 erläutert. Die Visualisierung der Kennzahlen wird in Abschnitt 4.5.3 dargestellt.

4.5.1 Ermittlung des Prognosewertes

Die Verfahren zur Ermittlung von Prognosewerten basieren einheitlich auf der Grundidee, mit einer mathematischen Funktion die Beziehung zwischen mindestens zwei Merkmalen darzustellen [KAN02]. Jedes dieser Merkmale wird wiederum durch mindestens zwei Variablen (x- und y-Koordinate) beschrieben. Abhängig von der Zielstellung der Prognose, werden diese Variablen entweder nach der x- oder y-Koordinate (dem Zahlenwert nach) aufsteigend geordnet. Die zugeordneten Werte bilden dann eine Punktwolke der zugehörigen y- oder x-Werte. Durch die Anwendung von statistischen Verfahren werden Tendenzen in der Punktwolke identifiziert, die durch mathematische Funktionen beschrieben werden können. Ziel ist dabei die Identifizierung einer mathematischen Funktion, von der eine möglichst große Anzahl der Werte einen möglichst geringen Abstand hat. Betrachtet man den Graphen aus Abbildung 4-14, so ist es das Ziel des Prognoseverfahrens, ausgehend von den Messwerten der zurückliegenden Perioden, die Steigung der Funktion (Gerade) zu errechnen, auf der die nachfolgenden Kennzahlenwerte erwartet werden. Ist die Prognosefunktion gefunden, so kann für jeden beliebigen Wert der Abszisse (oder Ordinate) ein Prognosewert errechnet werden.

Um mehrere Merkmale in Bezug zueinander zu bringen, wurde eine Vielzahl verschiedener Verfahren, wie beispielsweise lineare Funktionen, Funktionen höherer Ordnung oder exponentielle Funktionen, entwickelt, deren Parameter abhängig von den Randbedingungen und Merkmalsausprägungen ermittelt werden können. Diese Verfahren wurden im Rahmen dieser Arbeit auf ihre Eignung überprüft, sollen aber nicht vorgestellt werden. Es wird auf die Literatur von Hartung [HAR95], Eckey [ECK00], Pokopp [POK00], Riedwyl [RIE00] sowie auf das Gabler-Wirtschaftslexikon [GAB01] verwiesen.

Damit ein Prognoseverfahren den Besonderheiten eines Frühwarnsystems der Lieferkettenlogistik gerecht werden kann, müssen die Verfahren den folgenden Anforderungen gerecht werden:

- **Ausgleichsmöglichkeiten bei sprunghafter Werteänderung.** Die Messwerte der Kennzahlen können sich durch spontan und schnell auftretende Änderungen bei den Prozessen sprunghaft im Vergleich zu den anderen erhobenen Messwerten verändern. Diese Änderungen müssen durch die Methode zur Berechnung der Prognosewerte ausgeglichen und nivelliert werden.

- **Stärkere Gewichtung aktueller Datensätze.** Damit bereits eingeleitete Maßnahmen zur Optimierung von Prozessen und zur Vermeidung von Fehlern bei der Berechnung von Prognosewerten berücksichtigt werden, ist es notwendig, die aktuell erhobenen Datensätze stärker zu gewichten als die älteren Daten.

Ein Verfahren, das diesen Anforderungen gerecht wird und bereits erfolgreich bei der Materialbedarfsplanung, Programm- und Absatzplanung in ERP-Systemen eingesetzt wird, ist das mathematische Verfahren der exponentiellen Glättung der zweiten Ordnung nach Brown [GLI03, KAN02]. Eine Beschreibung und Herleitung des Verfahrens befindet sich im Anhang A.

4.5.2 Eingriffsgrenze und Warngrenze

Für das Frühwarnsystem des logistischen Lieferketten-Assistenzsystems ist die Definition von Eingriffs- und Warngrenzen notwendig. Vergleichbar der Qualitätsregelkarte aus Abschnitt 2.6.2 untergliedern diese Grenzen die Bereiche der Messwerte in einen Ziel-, einen Warn- und einen Eingriffsbereich (vgl. Abbildung 4-15).

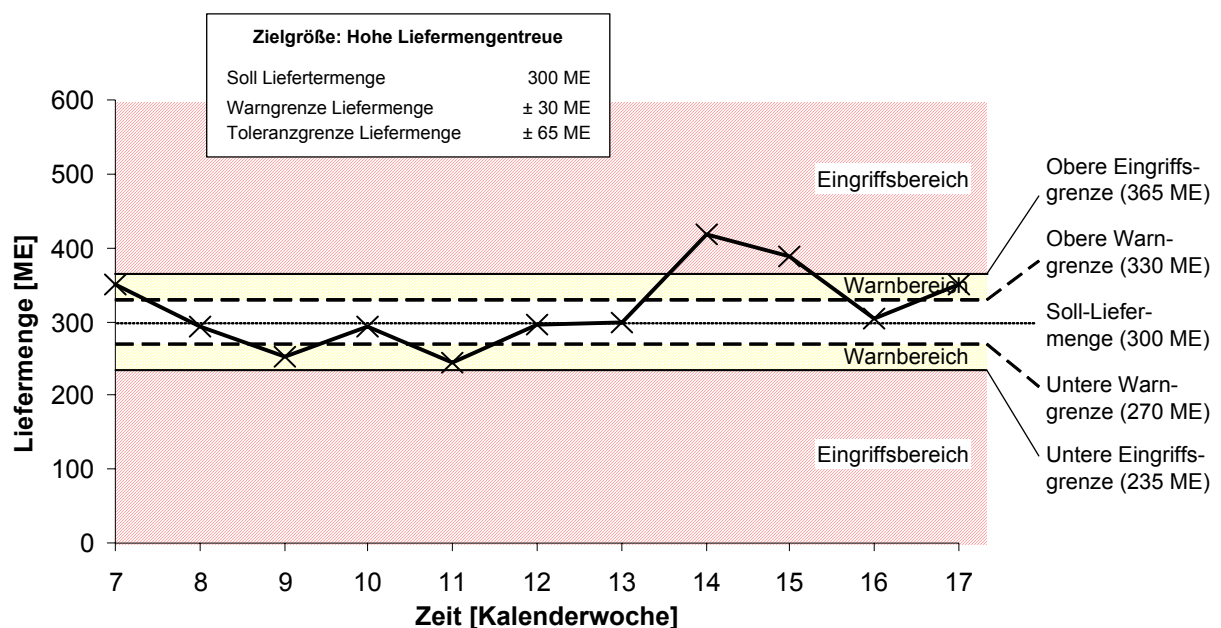


Abbildung 4-15: Exemplarische Darstellung der Eingriffs- und Warngrenze für die Kennzahl Liefermengentreue

Befinden sich die gemessenen Werte innerhalb des Zielbereiches, besteht keine Notwendigkeit in den Prozess einzugreifen. Wird die Warngrenze überschritten, gilt es, den Prozess sorgfältig zu beobachten, um bei einer weiteren Abweichung dieser Entwicklung aktiv gegenzusteuern. Die Eingriffsgrenze entspricht dabei dem Wert der Kennzahl, der nicht überschritten werden soll. Wird dieser Wert doch überschritten,

müssen unmittelbar Maßnahmen eingeleitet werden, damit die Ursachen für die Abweichung identifiziert und beseitigt werden können. Im Gegensatz zu der Qualitätsregelkarte ist die Festlegung der Warn- und Eingriffsgrenze nicht Ergebnis der Standardverteilung der Messwerte, sondern Ergebnis von lieferkettenspezifischen Vorgaben, die mit den betroffenen Elementen der Lieferkette abgestimmt sind.

In Abbildung 4-15 ist die Kennzahl Liefertermengentreue mit den spezifischen Warn- und Eingriffsgrenzen für das Lieferkettenelement dargestellt. Eingangsdaten für diese Darstellung sind entweder die bereits errechnete Kennzahl Liefermengentreue oder die Daten der Soll- und Ist-Mengen, auf deren Basis die Kennzahl Liefermengentreue berechnet werden kann. Die Eingriffsgrenze resultiert aus den Vereinbarungen der Lieferkettenelemente mit den nachfolgenden Lieferkettenelementen. Die Warngrenze ist eine interne Kenngröße, die das zuliefernde Lieferkettenelement selbst festlegt, um sich strategisch zu positionieren. Ein vergleichbares Vorgehen ergibt sich für die Zielgrößen Liefertermintreue, Durchlaufzeit, respektive der Wiederbeschaffungszeit der zuliefernden Lieferkettenelemente sowie den Beständen in den entsprechenden Lager der Lieferkettenelemente.

4.5.3 Visualisierung der Kennzahlen

Ein wesentlicher Teil des Lieferketten-Assistenzsystems ist das Monitoring der logistischen Kennzahlen. Damit die Ergebnisse des Monitorings für alle Entscheidungsebenen transparent und leicht zugänglich sind, werden die Stati der Kennzahlenwerte durch Farben visualisiert. Diese Farben für den Status orientieren sich an einer Verkehrsampel.

		Prognosewert		
		Innerhalb Zielbereich	Zwischen Ziel- und Eingriffsbereich	Innerhalb Eingriffsbereich
Messwert (Ist-Wert)	Innerhalb Zielbereich			
	Zwischen Ziel- und Eingriffsbereich			
	Innerhalb Eingriffsbereich			

	"grüner Bereich"
	"gelber Bereich"
	"roter Bereich"

Abbildung 4-16: Matrix zur Ermittlung der Zielgrößenzustände (nach [KAN02])

Basierend auf den Soll-Werten für die Kennzahlen der Lieferkettenelemente sowie der Warn- und Eingriffsgrenzen kann der Status einer Kenngröße visualisiert werden.

Befindet sich der zuletzt gemessene Wert einer Kennzahl zwischen den Grenzen des Warnbereichs, so wird der Zustand der Kennzahl als „grün“ bezeichnet. Befindet er sich zwischen Eingriffs- und Warngrenze, so entspricht dies einem „gelben“ Zustand. Ist der gemessene Wert der Kennzahl jenseits der Eingriffsgrenzen, so ergibt sich der Status „rot“ (s. Abbildung 4-16).

Vergleichbar zu der Visualisierung der Ist-Werte kann auch mit den ermittelten Prognosewerten verfahren werden. Aus der Gegenüberstellung des Prognose- und Ist-Wertes ergibt sich der aktuelle Status des Kennzahlwerts gemäß der Darstellung in Abbildung 4-16. Liegen sowohl Mess- als auch Prognosewert innerhalb des Zielbereichs, so befindet sich der Prozess in einem „grünen“ Bereich. Bewegt sich mindestens einer der beiden Werte innerhalb des Warnbereichs und der andere Wert entweder im Warn- oder im Zielbereich, so befindet sich der Prozess im „gelben“ Bereich. In diesem Fall sind potenzielle Fehlerursachen zu ermitteln und Maßnahmen einzuleiten. Sobald entweder der Prognose- oder sogar der Messwert den Eingriffsbereich erreicht hat, befindet sich die betrachtete Kennzahl des Lieferkettenelements in einem „roten“ Status. Es ist dann davon auszugehen, dass bereits vermehrt bedeutsame Fehler in den Prozessen des Lieferkettenelements aufgetreten sind, die möglichst schnell erkannt und durch zielgerichtete Maßnahmen beseitigt werden müssen.

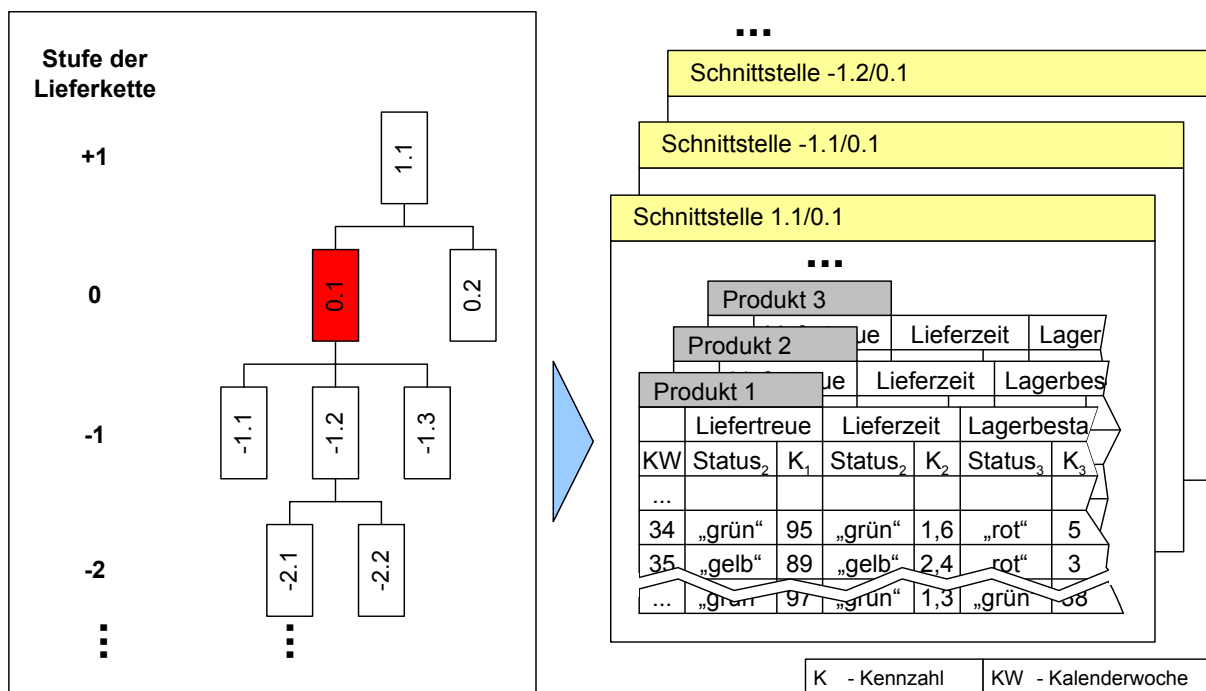


Abbildung 4-17: Visualisierung des Status der logistischen Kennzahlen

Nachdem mit dem logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolio die kritischen Lieferkettenelemente identifiziert und anschließend die relevanten Kenn-

zahlen zum Monitoring der Schnittstellen identifiziert werden können, kann mit dem logistischen Lieferketten-Assistenzsystem der Zustand der einzelnen Kennzahlen visualisiert werden. Ein Beispiel für eine produktbezogene Modellierung der Aufbaustruktur einer exemplarischen Lieferkette mit den visualisierten Kennzahlen ist in Abbildung 4-17 dargestellt. Dabei ist es eher von Bedeutung, die Kennzahlen kontinuierlich zu erfassen und in einer ansprechenden Form zu visualisieren, als diese durch einen großen EDV-Aufwand aufzubereiten.

Durch die Darstellung der Kennzahlausprägung in einer einfach zugänglichen Form sind die jeweiligen logistischen Zustände der Lieferkettenelemente leicht identifizierbar und mit einer Steuerung, die einem Regelkreis vergleichbar ist, kontinuierlich zu steuern. Bei Abweichungen der Ist-Werte von den Soll-Vorgaben oder im Falle einer prognostizierten Abweichung kann somit reaktionsschnell in den Prozess eingegriffen werden. Ziel ist dabei die Vermeidung der Fortpflanzung von Fehlern in der Lieferkette. Es können also Störungen und somit aufkommende Turbulenzen in der Entstehungsphase erkannt werden und durch gezielte Maßnahmen kann ihnen reaktionsschnell gegengesteuert werden.

4.6 Entwicklung des Wirkgefüges für die Logistik von Lieferketten

Mit dem oben beschriebenen logistischen Lieferketten-Assistenzsystem und seinen Monitoring- und Frühwarnkomponenten lassen sich, durch die kontinuierliche Visualisierung von Abweichungen der Ist-Werte von den Soll-Vorgaben für die relevanten Kennzahlen, Störungen und mögliche Problemfelder von Lieferkettenelementen identifizieren. Da zuvor die erfolgskritischen Elemente und Prozesse der Lieferkette und deren relevante Kennzahlen mit dem logistischen Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio ermittelt wurden, können somit Fehler unmittelbar an ihrem Entstehungsort identifiziert werden, die einen kritischen Einfluss auf die logistische Leistungsfähigkeit der gesamten Lieferkette haben können.

Allerdings ermöglicht das logistische Lieferketten-Assistenzsystem durch die Identifizierung von Fehlern nicht die Identifizierung von Stellhebeln oder die Ableitung von zielgerichteten Handlungsempfehlungen. Hierzu ist es notwendig, die in Abschnitt 2 vorgestellten logistischen Grundlagen auf die Elemente in der Lieferkette zu übertragen und anzuwenden. Es muss also ein Schema entwickelt werden, mit dem Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Kennzahlen aufgezeigt, Stellhebel zur Beseitigung von Störungen identifiziert und somit Entscheidungen zielgerichtet unterstützt werden (Abbildung 4-18).

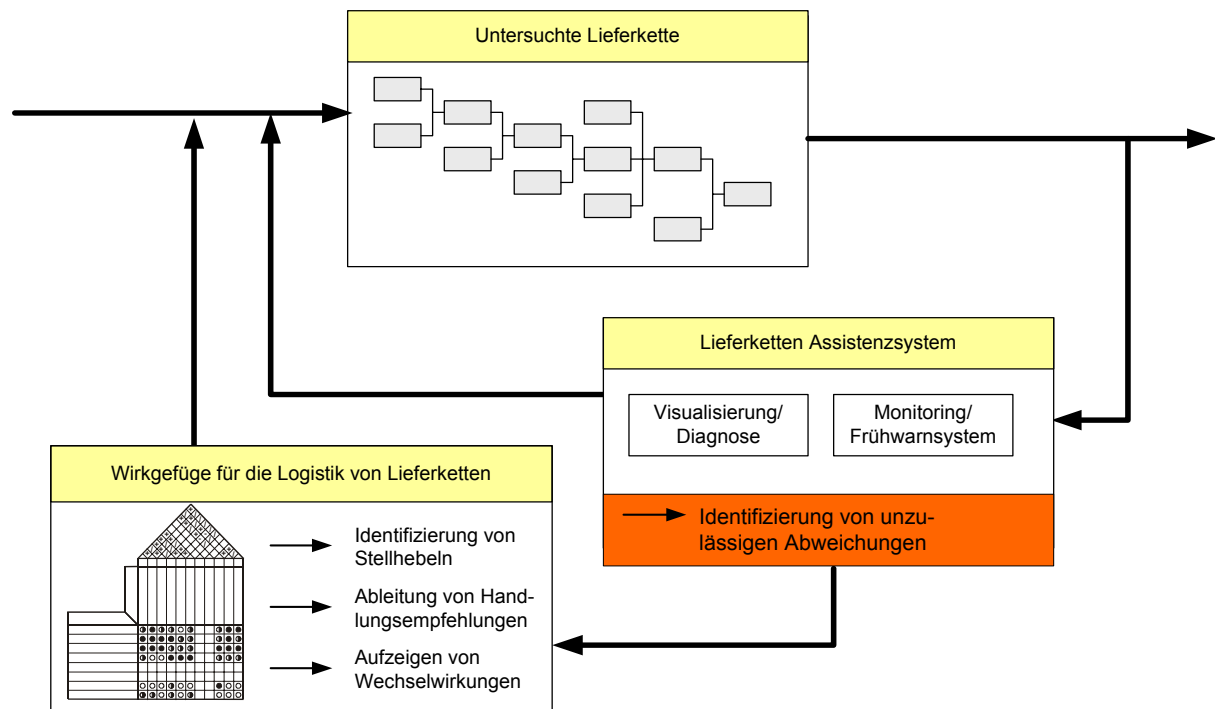


Abbildung 4-18: Anwendung des Wirkgefüges für die Logistik von Lieferketten

Das Wirkgefüge ist insbesondere bei Entscheidungen hinsichtlich der Beeinflussung von Parametern zur logistischen Positionierung der Lieferkettenelemente eine wichtige Grundlage. Aufgrund der vielseitigen Wechselwirkungen innerhalb der Lieferkette, können Änderungen unter Umständen folgenreiche Konsequenzen sowohl für den Erfolg der einzelnen Lieferkettenelemente aber insbesondere auch für die gesamte Lieferkette haben.

In der Praxis hat sich für die Erfassung komplexer Wirkzusammenhänge das Quality Function Deployment (QFD) und das zugehörige Hilfswerkzeug, das House of Quality, bewährt [REI02c]. Die Grundlagen der Methoden wurden in Abschnitt 2.6.4 dargestellt und sie sollen nun an die Besonderheiten der Logistik von Lieferketten angepasst werden.

Damit die Wirkzusammenhänge zwischen den Anforderungen der Lieferkettenlogistik und den logistischen Kennzahlen beschrieben werden können, setzt sich das Wirkgefüge für die Logistik von Lieferketten in Anlehnung an das House of Quality aus den folgenden vier Bestandteilen zusammen (Abbildung 4-19):

- logistische Beanspruchung, die in einer Anforderungsliste resultiert ①,
- logistische Kennzahlen für das Lieferkettenelement ②,
- Korrelationsmatrix zwischen Anforderungen und Kennzahlen ③ sowie
- Wechselwirkungsmatrix der Kennzahlen ④.

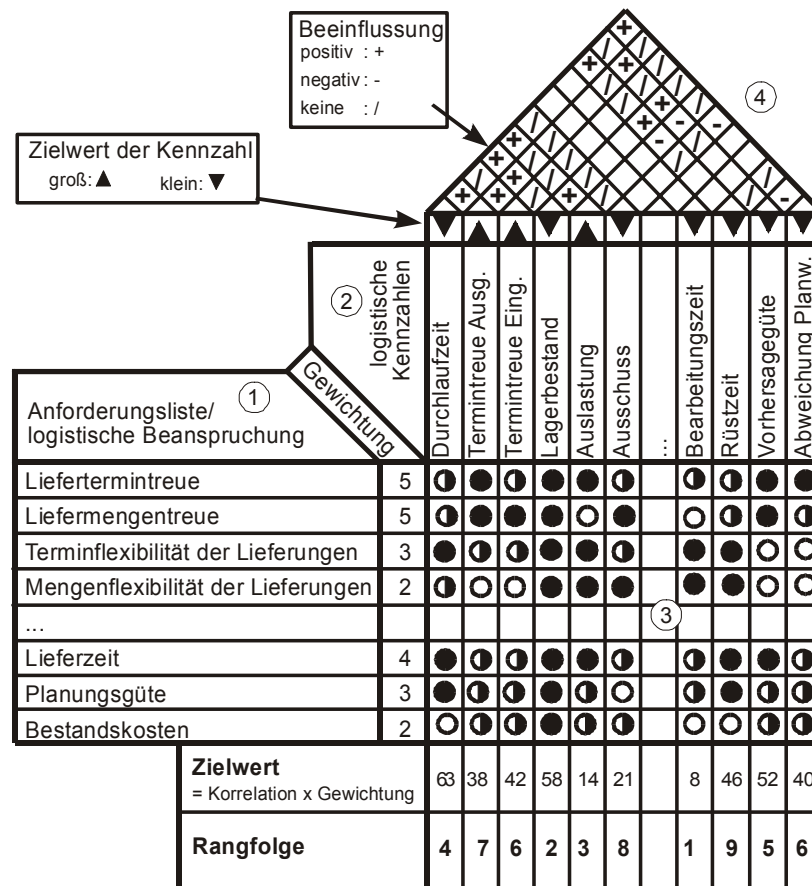


Abbildung 4-19: Schema für das Wirkgefüge der Logistik von Lieferketten

In die Liste der Anforderungen der Lieferkettenlogistik werden die Kriterien der logistischen Beanspruchung eingetragen, bzw. aus dem logistischen Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio übertragen. Diese Kriterien enthalten sowohl die von Kundenseite als auch von dem eigenen Management an das betrachtete Element gestellten Anforderungen. Auf dieser Grundlage basieren die logistischen Kennzahlen.

Der Zusammenhang zwischen den Anforderungen und den Kennzahlen wird mittels der Korrelationsmatrix bewertet. In jedem Feld der Matrix wird die Wechselwirkung zwischen den Anforderungen und Kennzahlen mittels der Kriterien „starke Korrelation“, „schwache Korrelation“ sowie „keine Korrelation“ bewertet. In dem „Dach“ des Wirkgefüges befindet sich die Wechselwirkungsmatrix, welche die Abhängigkeit zwischen den einzelnen logistischen Kennzahlen aufzeigt. Darüber hinaus wird angegeben, ob die Kenngröße einen kleinen oder großen Wert anstreben soll. Als Hilfsmittel zur Einstellung und Konsistenzprüfung von Parametern können die logistischen Kennlinien genutzt werden. Sie stellen die Abhängigkeit der logistischen Zielgrößen Leistung (Auslastung), Durchlaufzeit und somit die Terminabweichung vom Bestand in Form von Kennlinien dar (vgl. Abschnitt 2.3) [REI02c]. In dem Beispiel aus Abbildung 4-19 kann für die Anforderung der Liefertermintreue eine starke Abhängigkeit von den Kennzahlen Durchlaufzeit, Terminabweichung im Zu- und Ab-

gang, den Beständen sowie dem Flussgrad identifiziert werden. Eine schwache Abhängigkeit besteht zwischen der Liefertermintreue und der Auslastung und dem Ausschuss.

Die aufgenommenen Anforderungen an das Lieferkettenelement werden aus Sicht der Lieferkette gewichtet und analysiert. Ausgehend von den somit ermittelten Kriterien erfolgt die logistische Positionierung des Lieferkettenelements. Zur Visualisierung der Wirkzusammenhänge muss anschließend die gegenseitigen Abhängigkeiten der logistischen Merkmale ermittelt und die gegenseitigen Einflüsse zwischen den logistischen Merkmalen und den Anforderungen der Lieferkette aufgezeigt und bewertet werden. In der Praxis hat es sich bewährt, dass sich zur Findung der Kennzahlen und Anforderungen sowie zur Ermittlung der Korrelations- und Wechselwirkungsmatrix Teams aus Vertretern unterschiedlicher Bereiche der entsprechenden Lieferkettenelemente bilden. Somit ist sichergestellt, dass nicht nur die Interessen eines Teilaspekts berücksichtigt werden und durch die Diskussionen im Team auch ein Abgleich der unterschiedlichen betroffenen Bereiche erfolgt.

Unter Berücksichtigung der bestehenden Wechselwirkungen der logistischen Kenngrößen kann mit dem Wirkgefüge für die Logistik von Lieferketten die Bedeutung der logistischen Kriterien in Abhängigkeit von den Anforderungen der Lieferkette ermittelt werden. Dazu sind die Ergebnisse der Bewertungen mit dem jeweiligen Gewichtungsfaktor zu multiplizieren und spaltenweise zu addieren. Das Ergebnis ist eine Prioritätenbildung der logistischen Kriterien, die mit absteigender Priorität (geringerer Zahlenwert) bei der logistischen Positionierung zu berücksichtigen sind.

Das Wirkgefüge für die Logistik von Lieferketten kann aber auch im Falle von Störungen, bzw. signifikanten Abweichungen der Ist-Werte von den Soll-Vorgaben, genutzt werden. Nach der Identifizierung von Störungen mit dem logistischen Lieferketten-Assistenzsystem, ist eine systematische Analyse der Ursachen mit dem Wirkgefüge der Logistik von Lieferketten möglich. Gleichzeitig können Stellhebel zur Beseitigung der Ursachen ermittelt und mögliche Konsequenzen, unter Berücksichtigung der Wechselwirkungen in der Lieferkette aufgezeigt werden. Für das oben genannte Beispiel bedeutet dies, dass im Falle einer kritischen Abweichung der Liefertermintreue überprüft werden muss, ob die Durchlaufzeit und die Terminabweichung im Zugang reduziert oder ob das Bestandsniveau erhöht werden muss.

Auch Wege zur anforderungsgerechten Positionierung von Lieferkettenelementen im logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolio können mit Hilfe des Wirkgefüges entwickelt werden. Werden bestimmte logistische Kriterien als erfolgskritisch identifiziert und das betrachtete Lieferkettenelement kann diesen Anforderungen nicht gerecht werden, können entsprechende Maßnahmen mit dem Wirkgefüge ab-

geleitet werden. Soll bei dem Lieferkettenelement des Wirkgefüges aus Abbildung 4-19 die Mengenflexibilität vergrößert werden, gilt es beispielsweise zu prüfen ob die Möglichkeit besteht Rüstzeiten zu reduzieren, damit kleinere Lose mit häufigeren Produktwechseln wirtschaftlich produziert werden können.

Das Wirkgefüge zeigt also die prinzipiellen Möglichkeiten für eine logistische Positionierung und deren Auswirkungen auf. Reichen die identifizierten Maßnahmen nicht aus, um die Belastbarkeit der Lieferkettenelemente gemäß ihrer Beanspruchung zu positionieren, müssen alternative Lieferkettenelemente gefunden werden oder die Lieferkette muss umkonfiguriert werden. Nach der Durchführung der Maßnahmen zur logistischen Positionierung muss das logistische Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio erneut erstellt werden, um die Auswirkungen auf das Portfolio durch die Veränderung der logistischen Positionierungen bewerten zu können.

4.7 Zusammenfassung

Mit Hilfe des logistischen Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolios (BBP_{log}) können die kritischen und erfolgsrelevanten Lieferkettenelemente der Lieferkette identifiziert werden. Abhängig von der Position der Lieferkettenelemente im Portfolio werden Kennzahlen identifiziert, die als Grundlage für ein kontinuierliches logistisches Monitoring mit dem logistischen Lieferketten-Assistenzsystem dienen. Durch die Anwendung von Prognoseverfahren im logistischen Lieferketten-Assistenzsystem, werden nicht nur die aktuellen Prozesszustände aufgenommen, sondern auch gleichzeitig kritische Entwicklungen bemerkt. Somit werden Turbulenzen und Störungen frühzeitig identifiziert, bevor sie der Gesamtheit der Lieferkette schaden können. Lassen sich Störungen nicht vollständig vermeiden, können sich die nachfolgenden Lieferkettenelemente zumindest auf diese Störungen einstellen und sich entsprechend logistisch positionieren.

Die Verknüpfung des logistischen Lieferketten-Assistenzsystems und dessen Monitoring- und Frühwarnkomponenten mit dem Wirkgefüge für die Logistik von Lieferketten ermöglicht bei einer Abweichung der Ist-Werte von den Soll-Vorgaben eine reaktionsschnelle Ermittlung der Ursachen. Werden nun durch das logistische Assistenzsystem Abweichungen von den Soll-Vorgaben ermittelt, können mit Hilfe des Wirkgefüges für die Logistik von Lieferketten Stellhebel ermittelt werden. Diese Stellhebel ermöglichen die Einleitung von zielgerichteten Maßnahmen und auch die Abschätzung von möglichen Einflüssen und Auswirkungen auf andere Kennzahlen, da sich die logistischen Kennzahlen wechselseitig beeinflussen. Durch die Darstellung dieser Abhängigkeiten ist es nun möglich, eine logistische Positionierung der Lieferkettenelemente gemäß der logistischen Beanspruchung vorzunehmen.

5 Validierung und Diskussion der Methode am Beispiel

Mit dem Ziel, die entwickelte Methode hinsichtlich der Qualität der Ergebnisse sowie der Praxistauglichkeit zu validieren, wurde sie in einer Pilotanwendung bei einer Lieferkette für Baugruppen der Textilmaschinenindustrie angewendet (Abbildung 5-1). Die betrachtete Lieferkette wurde mit einem ereignisdiskreten Simulationswerkzeug (eM Plant von Tecnomatix, Version 4.6.24) abgebildet, damit die Veränderung der logistischen Positionierung der Lieferkettenelemente sowie die Ergebnisse der Methodenanwendung schnell und ohne wirtschaftliches Risiko für die Unternehmen gezeigt werden können.

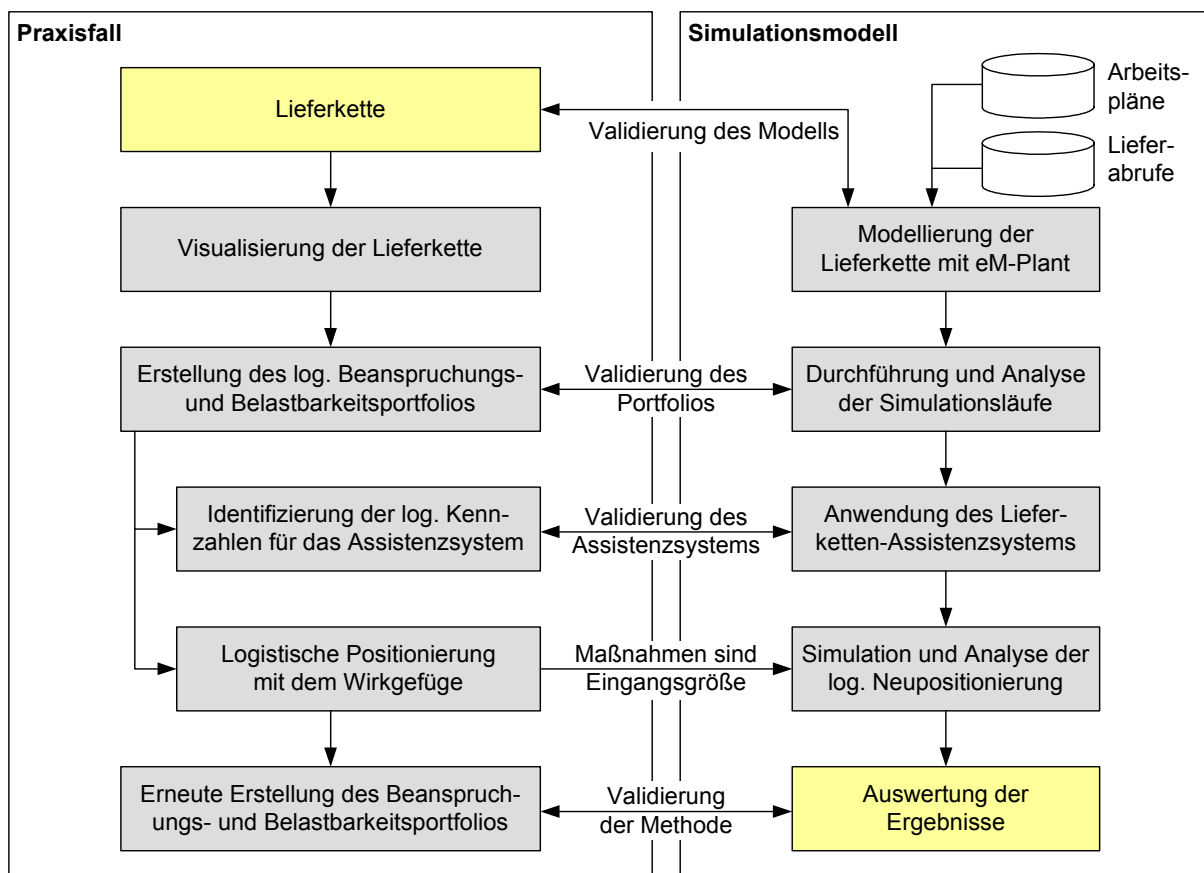


Abbildung 5-1: Versuchsaufbau zur Validierung der Methode

Bei der Anwendung der Methode werden für die Elemente der Lieferkette deren logistische Belastbarkeit und Beanspruchung überprüft und die Ergebnisse in das logistische Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio eingetragen. Basierend auf diesen Ergebnissen werden die relevanten Kennzahlen für das Lieferketten-Assistenzsystem ermittelt. Werden Abweichungen zwischen Belastbarkeit und Beanspruchung identifiziert, können mit dem Wirkgefüge für die Logistik von Lieferketten Maßnahmen abgeleitet werden, mit denen durch eine logistische Positionierung eine Übereinstimmung zwischen Belastbarkeit und Beanspruchung erreicht werden soll. Mit dem Simulationsmodell wird sowohl das Assistenzsystem als auch die Wirksam-

keit der identifizierten Maßnahmen zur logistischen Positionierung, insbesondere deren Auswirkung auf die Gesamtheit der Lieferkette, validiert. Nach diesen Schritten wird das logistische Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio erneut erstellt, um die Auswirkungen der logistischen Positionierung auf die Position des Lieferkettenelements im Portfolio zu analysieren.

Obwohl das Modell eine reale Lieferkette für eine Baugruppe der Textilizulieferindustrie abbildet, wird damit eine Vielzahl von Lieferketten repräsentiert, die in der industriellen Praxis vorgefunden werden. Typisch für viele Lieferketten sind die Verwendung von Roh- und Zukaufmaterialien, die in verschiedenen Baugruppen verwendet werden sowie serielle Produktionsbereiche über mehrere Unternehmen in der Produktion.

5.1 Ausgangssituation

Die Zulieferindustrie für Textilmaschinen besteht im Wesentlichen aus kleinen und mittleren Unternehmen, die mit einem starken Preis- und Konkurrenzdruck aus Billiglohnländern konfrontiert sind. In der betrachteten Lieferkette werden Baugruppen hergestellt, die wichtige Komponenten für große und komplexe Maschinen der Textilindustrie darstellen. Kernprodukt der Lieferkette sind tiefgezogene Aluminiumtöpfe, die mit weiteren, zusätzlich zugelieferten Produkten zu Baugruppen montiert werden. Diese Baugruppen werden von dem Anlagenbauer in die Textilmaschinen eingebaut.

Ausgangspunkt der Pilotanwendung war die anstehende Umstrukturierung einer bestehenden Lieferkette. Vor der Umstrukturierung wurde der Textilmaschinenhersteller von zwei parallelen Lieferketten mit tiefgezogenen Aluminiumtöpfen versorgt, die das Unternehmen dann selbst zu Baugruppen montiert hat. Im Rahmen einer strategischen Neuausrichtung hat sich der Textilmaschinenhersteller für eine Single-Sourcing-Strategie bei einer gleichzeitigen Reduzierung der Fertigungstiefe entschieden. Das Unternehmen möchte zukünftig nur noch durch die eine, im Rahmen der Pilotanwendung betrachtete Lieferkette beliefert werden und gleichzeitig die Baugruppenvormontage an das zuliefernde Lieferkettenelement vergeben.

Bedingt durch diese Umstrukturierung muss neben der neuen Montageaufgabe noch ein wesentlich größeres Auftragsvolumen durch die betrachtete Lieferkette geliefert werden. Um diesen neuen Anforderungen mit den geforderten kurzen Lieferzeiten, hoher Liefertreue und reduzierten Kosten gerecht zu werden, muss die gesamte Lieferkette neu dimensioniert und positioniert werden.

5.1.1 Beschreibung der untersuchten Lieferkette

Die betrachtete Lieferkette setzt sich aus mehreren Lieferkettenelementen (LKE) zusammen, die nachfolgend gemäß ihrem Materialfluss beschrieben werden (Abbildung 5-2). Nach dem Wareneingangslager für Rohmaterial (LKE -4.1) werden Platinen (sog. Rondens) von einem Unternehmen für plastische Umformung (Umformbetrieb – LKE -3.1) in Aluminiumtöpfe tiefgezogen. Danach werden sie von einem Metallverarbeitenden Betrieb (Lieferkettenelement -2.1) auf Maß und Oberflächengüte geschliffen. Nach diesen Arbeitsschritten werden die Bauteile in einem Betrieb für Oberflächenbehandlung (LKE -1.1) eloxiert. Die eloxierten Aluminiumtöpfe werden schließlich in einem Montagebetrieb (Lieferkettenelement 0.1) mit zugelieferten Produkten aus Deutschland (Lieferkettenelement -2.2) und China (LKE -2.3), die im Wareneingangslager für Zukaufteile (LKE -1.2) zwischengelagert werden, zu einer Baugruppe montiert. Diese Baugruppen werden an den Textilmaschinenhersteller (LKE 1.1) geliefert. Jedes Lieferkettenelement hat ein eigenes Eingangslager, aus dem das zugelieferte Material bezogen wird. Die verschiedenen Betriebe sind wirtschaftlich unabhängig voneinander.

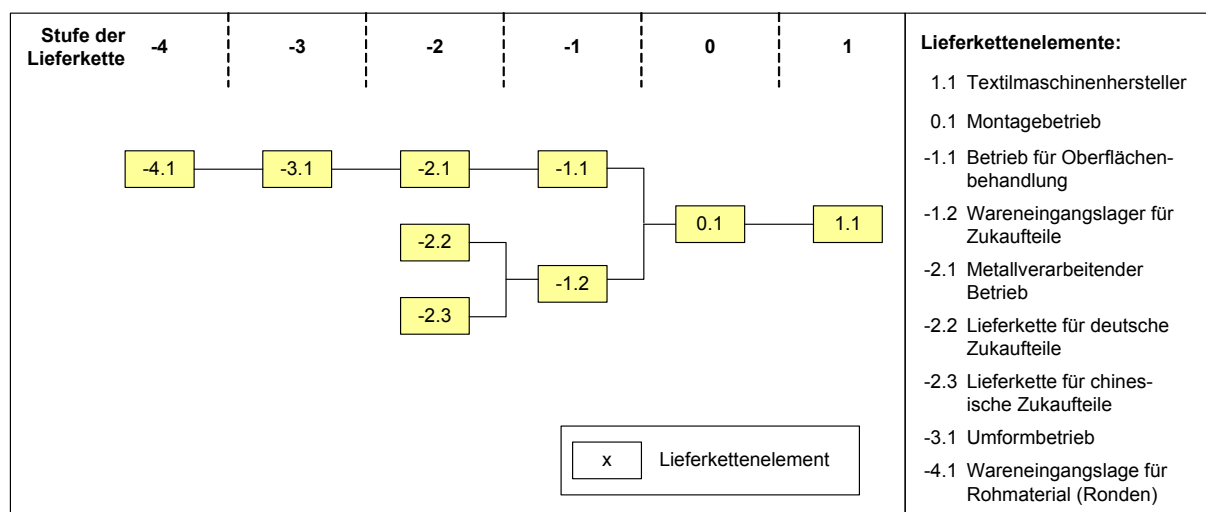


Abbildung 5-2: Produktbezogene Modellierung der Aufbaustruktur des betrachteten Praxisfalls (Beispiel Aluminiumtopf A)

Die Plandurchlaufzeit für die einzelnen Lieferkettenelemente (plastische Umformung, Schleifen, Eloxieren und Endmontage) ist je eine Kalenderwoche, wobei alle betrachteten Lieferkettenelemente noch Bestandteil von anderen Lieferketten sind. Der Materialtransport zwischen den Stufen erfolgt im Wochentakt, und zwar nur für vollständige Liefermengen. Unvollständige Liefermengen werden also erst nach Vervollständigung transportiert. Im Folgenden werden die einzelnen Elemente der Lieferkette kurz beschrieben und die im Kontext der vorliegenden Arbeit wichtigen Parameter dargestellt:

Lieferkettenelement -4.1 – Wareneingangslager für Rohmaterial (Ronden):

Das Wareneingangslager koordiniert die Rohmaterialbeschaffung, führt diese durch und puffert die Lieferungen des Rohmaterials (Ronden) gegenüber dem nachfolgenden Umformbetrieb (LKE -3.1) ab. Das Rohmaterial kann Lieferzeiten von bis zu acht Wochen unterliegen und wird nach der Bestellung mit einer hohen Liefertreue tagesgenau geliefert.

Lieferkettenelement -3.1 – Umformbetrieb:

In diesem Lieferkettenelement wird das Rohmaterial plastisch verformt (tiefgezogen). Die Rüst- und Bearbeitungszeiten sowie die damit verbundenen Kosten sind produktabhängig. Die Länge der Rüstzeiten wird jedoch nicht von der gewählten Reihenfolge beeinflusst und die Produktion erfolgt losweise. Der Umformbetrieb besitzt mehrere Umformaggregate mit unterschiedlichen technologischen Eigenschaften (Presskräfte, Arbeitstischgröße, Hubweg etc.) und stellt den Kapazitätsengpass in der Lieferkette dar. Wesentlicher Grund hierfür ist die Einbindung des Umformbetriebs in weitere Lieferketten ohne die Möglichkeit einer Zuordnung der Arbeitssysteme zu Produkten oder Lieferketten. In dem Modell wird eine konstante, d. h. auslastungs- und losgrößenunabhängige Plandurchlaufzeit für alle Produkte von einer Woche angestrebt.

Lieferkettenelement -2.3 –Lieferkette für chinesische Zukaufteile:

Die Lieferkette für chinesische Produkte beliefert das Wareneingangslager für Zukaufteile (LKE -1.2). Bedingt durch die große räumliche Entfernung haben die Zukaufteile lange Lieferzeiten von bis zu zwölf Wochen, die u.a. durch die langen Transporte mit Abweichungen vom Liefertermin behaftet sind. Bei den Zukaufteilen handelt es sich um kleine Elektronikkomponenten wie beispielsweise Elektromagneten und -motoren.

Lieferkettenelement -2.2 –Lieferkette für deutsche Zukaufteile:

Diese Lieferkette beliefert auch das Wareneingangslager für Zukaufteile (LKE -1.2) mit Zukaufteilen aus Deutschland. Durch die räumliche Nähe können die Zukaufteile mit kurzen Lieferzeiten und einer hoher Liefertreue geliefert werden. Bei diesen Zukaufteilen handelt es sich beispielsweise um Massenprodukte wie Schrauben, Dichtungen etc., die mit einer Lieferzeit von maximal drei Wochen geliefert werden.

Lieferkettenelement -2.1 – Metallverarbeitender Betrieb:

Das Schleifen der Aluminiumtöpfe auf Maß und Oberflächengüte wird in einem metallverarbeitenden Betrieb durchgeführt. Die Plandurchlaufzeit beträgt eine Woche und ist unabhängig von der Auslastung des Unternehmens. Durch eine entsprechende Vereinbarung zwischen den Lieferkettenelementen kann die Kapazität als unbegrenzt angenommen werden.

Lieferkettenelement -1.2 – Wareneingangslager Zukaufteile:

In dem Wareneingangslager für Zukaufteile werden die Zukaufteile zwischengelagert, da diese unterschiedliche Lieferzeiten haben und somit mit verschiedenen Bestellzyklen geordnet werden. Je nach Zukaufteil beträgt die Lieferzeit zwischen drei und zwölf Wochen.

Lieferkettenelement -1.1 – Betrieb für Oberflächenbehandlung:

Das Eloxieren der geschliffenen Aluminiumtöpfe erfolgt in Tauchbädern des Betriebs für Oberflächenbehandlung, der Teil desselben Unternehmens ist, in dem auch die Tiefziehprozesse durchgeführt werden. Die Rüstzeiten sind produkt-, reihenfolge- und losgrößenunabhängig. Die Plandurchlaufzeit eines Auftrags ist auf eine Woche fixiert. Aufgrund von technologischen Einschränkungen ist es nur möglich, bestimmte produktspezifische Losgrößen oder deren ganzzahliges Vielfaches zu bearbeiten, da die Tauchbäder pro Tauchgang voll ausgelastet werden müssen.

Lieferkettenelement -0.1 – Montagebetrieb:

Die Montage der Baugruppen erfolgt in einem eigenständigen Unternehmen auf dem Gelände des Unternehmens für die Tiefzieh- und Eloxierprozesse. Die Kapazität ist hoch flexibel und somit für die betrachtete Lieferkette als unbegrenzt zu betrachten. Es wurde vertraglich vereinbart, dass die maximale Durchlaufzeit der Aufträge eine Woche nicht überschreiten darf. Bedingung hierfür ist die Verfügbarkeit aller benötigten Materialien, also der fertig eloxierten Produkte sowie aller Zugekaufteile.

Lieferkettenelement 1.1 – Textilmaschinenhersteller:

Die Auslieferung der Produkte an den Textilmaschinenhersteller erfolgt im Wochentakt. Ziel ist dabei die vollständige Verfügbarkeit der bestellten Produkte in dessen Wareneingangslager zum vereinbarten Liefertermin.

5.1.2 Beschreibung der untersuchten Produkte

Die Stücklistenauflösung der betrachteten Baugruppen in der Lieferkette soll nun näher beschrieben werden. Aus zwölf Arten Rohmaterial (Ronden) werden durch Tiefziehen im Umformbetrieb 17 verschiedene Aluminiumtöpfe hergestellt, die sich neben dem Rohmaterial im Wesentlichen durch die Größe und den Durchmesser unterscheiden. Diese Aluminiumtöpfe werden anschließend, wie oben beschrieben, geschliffen und eloxiert. Einzelne der 31 Zukaufteile werden in mehreren Baugruppen benötigt und somit werden aus den 17 tiefgezogenen Aluminiumtöpfen durch die Nutzung verschiedener Zukaufteile 29 unterschiedliche Baugruppenvarianten montiert.

Für die oben beschriebene Lieferkette mit den 29 Baugruppen sowie deren Werkstücke und Zukaufteile wurden die Prozesse aufgenommen und in dem Simulationsmodell abgebildet. Die entwickelte Methode wurde exemplarisch an zwei repräsentativen Aluminiumtöpfen erprobt, um mit dem Simulationsmodell die Auswirkungen der Veränderungen in der Lieferkette zu ermitteln. Die Aluminiumtöpfe wurden in Abstimmung mit Mitarbeitern der involvierten Lieferkettenelemente ausgewählt. Es handelt sich dabei um einen Aluminiumtopf A, der in einer großen Menge benötigt wird und viele Verflechtungen beim Materialfluss aufweist. Das Rohmaterial (Ronde) dieses Artikels wird für mehrere Werkstücke und der tiefgezogene Aluminiumtopf wird für mehrere Baugruppen verwendet. Die produktbezogene Modellierung der Aufbaustruktur ist in Abbildung 5-2 dargestellt. Als zweiter Betrachtungsgegenstand wird ein Aluminiumtopf B verwendet, der in eher geringen Mengen bestellt wird und wenige Arbeitsgänge durchläuft.

5.2 Analysephase

5.2.1 Logistisches Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio

Auf Basis der produktbezogenen Modellierung der Aufbaustruktur wurde das Portfolio zur Ermittlung der Belastbarkeit und Beanspruchung (s. Anhang B) angewendet und ausgewertet. Das Portfolio für Produkt A der betrachteten Lieferkette ist exemplarisch in Abbildung 5-3 dargestellt. Die Koordinaten der einzelnen Punkte setzen sich aus dem ermittelten normierten Wert für die Belastbarkeit und Beanspruchung zusammen.

Bei der Schnittstelle ④ nach dem Betrieb für Oberflächenbehandlung (LKE -1.1), der Schnittstelle ⑤ nach dem Wareneingangslager für Zukaufteile (LKE -1.2) sowie der Schnittstelle ⑥ nach dem Montagebetrieb (LKE 0.1) stimmt die logistische Belastbarkeit mit der Beanspruchung überein. Diese Lieferkettenelemente können als unkritisch angesehen werden. Aus der Position der Schnittstelle ① nach dem Wareneingangslager für Rohmaterial (LKE -4.1), der Schnittstelle ② nach dem Umformbetrieb (LKE -3.1) sowie der Schnittstelle ④ nach dem Betrieb für Oberflächenbehandlung (LKE -1.1) lässt sich eine Diskrepanz zwischen der Belastbarkeit und der Beanspruchung erkennen. Diese Lieferkettenelemente werden als kritisch bewertet. Für die zugehörigen Lieferkettenelemente ergibt sich die Notwendigkeit, Maßnahmen der logistischen Positionierung durchzuführen.

Die Schnittstelle ① nach dem Wareneingangslager für Rohmaterial (LKE -4.2) verfügt über eine höhere logistische Belastbarkeit als ihre Beanspruchung. Dies ist vor allem durch die bereits erwähnte hohe Zuverlässigkeit der Lieferungen hinsichtlich der Termine, Mengen und Informationsqualität, durch die Flexibilität der Liefermen-

gen und -termine der Lieferanten sowie durch die flexible Lagerhaltung im Wareneingangslager bedingt. Gleichzeitig sind die Lagerhaltungskosten gering, die Lieferzeiten planbar und der Lieferant austauschbar.

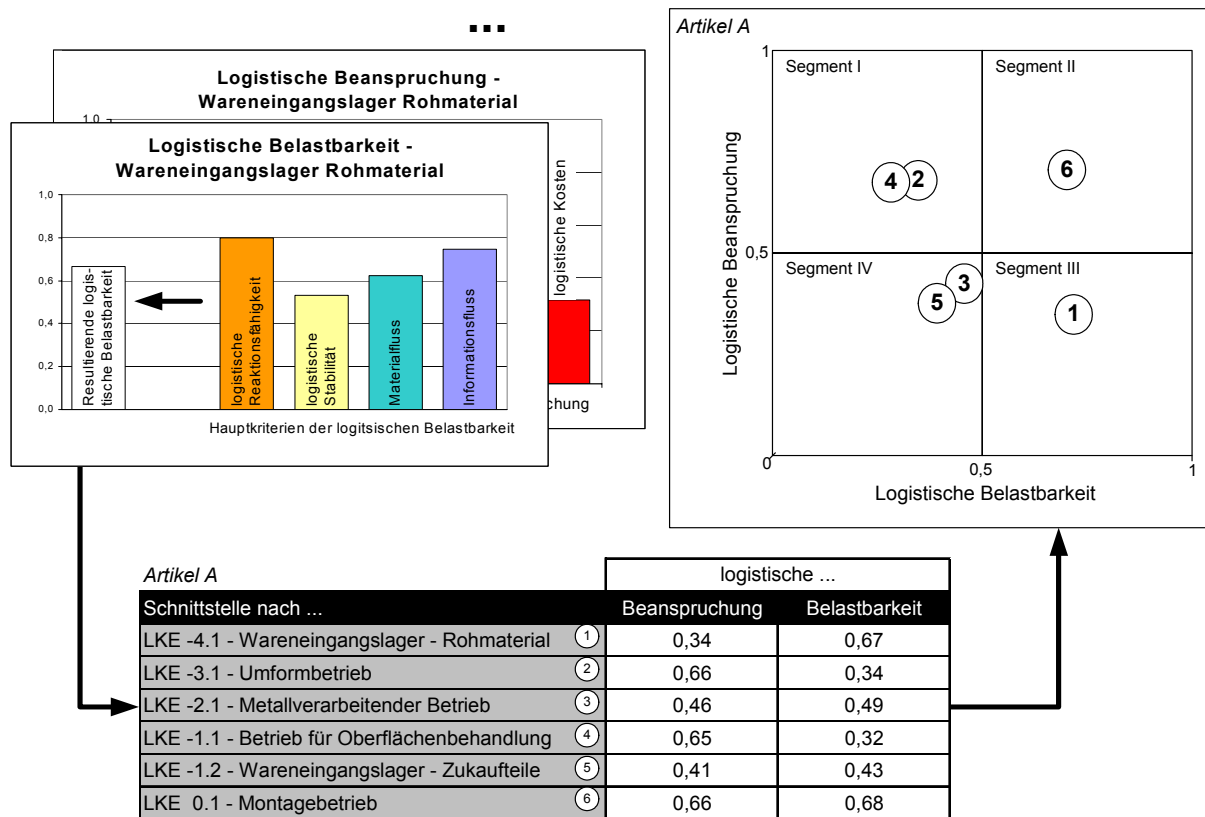


Abbildung 5-3: Logistisches Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio für die betrachtete Lieferkette

Die Schnittstelle ② nach dem Umformbetrieb (LKE –3.1) und die Schnittstelle ④ nach dem Montagebetrieb (LKE 0.1) unterliegen einer hohen logistischen Beanspruchung bei einer geringen logistischen Belastbarkeit. Auch wenn sich die Ausprägungen der ermittelten logistischen Belastbarkeit und Beanspruchung im Detail unterscheiden, wurden doch ähnliche Ursachen identifiziert. Die logistische Beanspruchung wird durch die große Bedeutung der bearbeiteten Aluminiumtöpfe für die Lieferkette, durch die angestrebte sehr hohe Liefertreue bei schwankenden Lieferabrufen und durch eine große Variantenvielfalt verursacht. Bei dem Umformbetrieb ergibt sich eine besondere Beanspruchung durch die notwendige Nutzung spezialisierter, nur bedingt austauschbarer Arbeitssysteme. Die geringe logistische Belastbarkeit resultiert aus geringen Beständen, festen Transportrhythmen und starren Kapazitäten bei einer hohen Auslastung sowie Diskrepanzen zwischen den schwankenden Ist- und Soll-Durchlaufzeiten. Bei dem Umformbetrieb ist zusätzlich eine mäßige Informationsbereitstellung durch die nachfolgenden Lieferkettenelemente problematisch.

5.2.2 Entwicklung eines logistischen Zielsystems für die Lieferkette

Nach der Ermittlung der logistischen Belastbarkeit und Beanspruchung für die Lieferkettenelemente und der daraus resultierenden Position im Portfolio ist es notwendig, die logistischen Ziele sowohl für die kritischen als auch die unkritischen Elemente festzustellen. In einem ersten Schritt wurden für die verschiedenen Lieferkettenelemente die wesentlichen logistischen Kennzahlen identifiziert, die eine Bewertung der einzelnen Lieferkettenelemente im Kontext der Lieferkette ermöglichen. Die vollständige Auflistung der Kennzahlen befindet sich im Anhang C.

Um die praktische Verwendbarkeit der Methode nachzuweisen, ist es notwendig, die Ausprägung der Kennzahlen vor und nach der Anwendung der Methode mit dem Simulationsmodell zu erheben.

5.2.3 Auswertung der ersten Analyse

Vor der eigentlichen Analyse der Kennzahlen werden die Toleranz- sowie die Eingriffsgrenzen für die zuvor identifizierten Zielgrößen festgelegt. Existieren bei den Elementen der Lieferkette bereits Zielvorgaben für die betrachteten Produkte, so werden diese Vorgaben den entsprechenden Prozessen zugeordnet. Für Zielgrößen, bei denen noch keine Zielvorgaben bestehen, wurden gemeinsam mit den Ansprechpartnern der Lieferkettenelemente entsprechende Zielvorgaben definiert. Eine beispielhafte Auswertung der Kennzahl Durchlaufzeit und der Ergebnisse der Prognoserechnung ist in Abbildung 5-4 dargestellt. Bei dem Beispiel ist eine Auswertung für die Durchlaufzeit dargestellt. Die Durchlaufzeit hat keine untere Eingriffsgrenze, da die Durchlaufzeit nur durch die Bearbeitungszeit begrenzt ist.

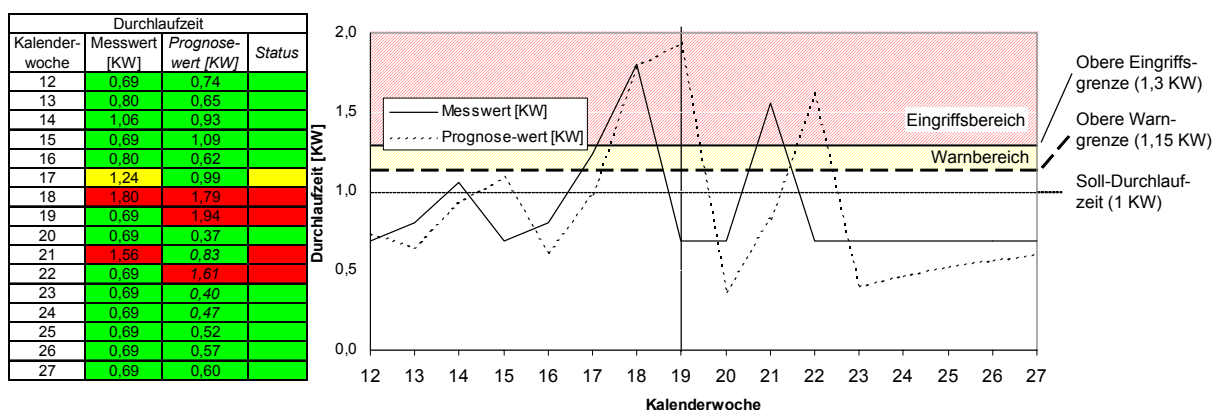


Abbildung 5-4: Beispielhafte Auswertung, Prognose und Analyse des Status der Kennzahl Durchlaufzeit im Umformbetrieb

Die Werte der Kennzahlen sind abhängig vom Status der Kennzahl (im Original) farblich gekennzeichnet. Darüber hinaus kann festgestellt werden, dass der Prognosewert, der immer in der Woche vor der Messung für die darauf folgende Woche ermittelt wird, Tendenzen des Kennzahlenverlaufs gut vorhersagt. Somit wird die Möglichkeit eröffnet, reaktionsschnell in die Prozesse des Lieferkettenelementes einzugreifen. So konnte beispielsweise die Abweichung in Kalenderwoche 19 mit dem Prognosewert in der Woche zuvor ermittelt werden. Bei sprunghaften Änderungen gelingt dies naturgemäß nicht (Kalenderwoche 20 bis 22).

Zur Bewertung der Lieferkettenelemente und ihrer Zielgrößen wurden logistische Kennzahlen durch das beschriebene Simulationsmodell ermittelt und verdichtet. In Abbildung 5-5 sind die simulierten Kennzahlen für die beiden Beispielartikel A und B sowie der Durchschnittswert aller 17 Aluminiumtöpfe für die 29 Baugruppen dargestellt. Die Liefertreue der Wareneingangslager für Rohmaterial (LKE -4.1) und Zukaufteile (LKE -1.2) ist Eingangsgröße des Simulationsmodells und es wird eine vollständige Verfügbarkeit der Zukaufteile zum Plantermin angenommen.

Im ersten Analysezeitraum kann von dem Montagebetrieb (LKE 0.1) gegenüber dem Endkunden (Textilmaschinenhersteller – LKE 1.1) im Durchschnitt für alle Artikel eine hohe Liefertreue von 98 % im Simulationszeitraum erreicht werden. Der Textilmaschinenhersteller (LKE 1.1) fordert allerdings eine Liefertreue von 100 %, bei Schwankungen der Abrufmenge zwischen 69 und 660 Stück pro Baugruppe und Woche. Für die Baugruppen, in denen die Beispielartikel A und B verbaut werden, wird nur eine mittlere Liefertreue von 97 % erreicht. Da die Liefertreue des zuliefernden Lieferkettenelements, des Betriebs für Oberflächenbehandlung (LKE -1.1), durchschnittlich aber nur 78 % beträgt, wird die hohe Liefertreue hauptsächlich durch hohe Bestände an Endprodukten in dem Montagebetrieb (LKE 0.1) mit starren Kapazitäten erreicht. Auch von dem Umformbetrieb (LKE -3.1) wird nur eine durchschnittliche Liefertreue von 76 % erreicht. Dies wird hauptsächlich durch große Lose und die daraus resultierenden langen Bearbeitungszeiten sowie die starren Kapazitäten in dem Umformbetrieb bei schwankenden Abrufen verursacht.

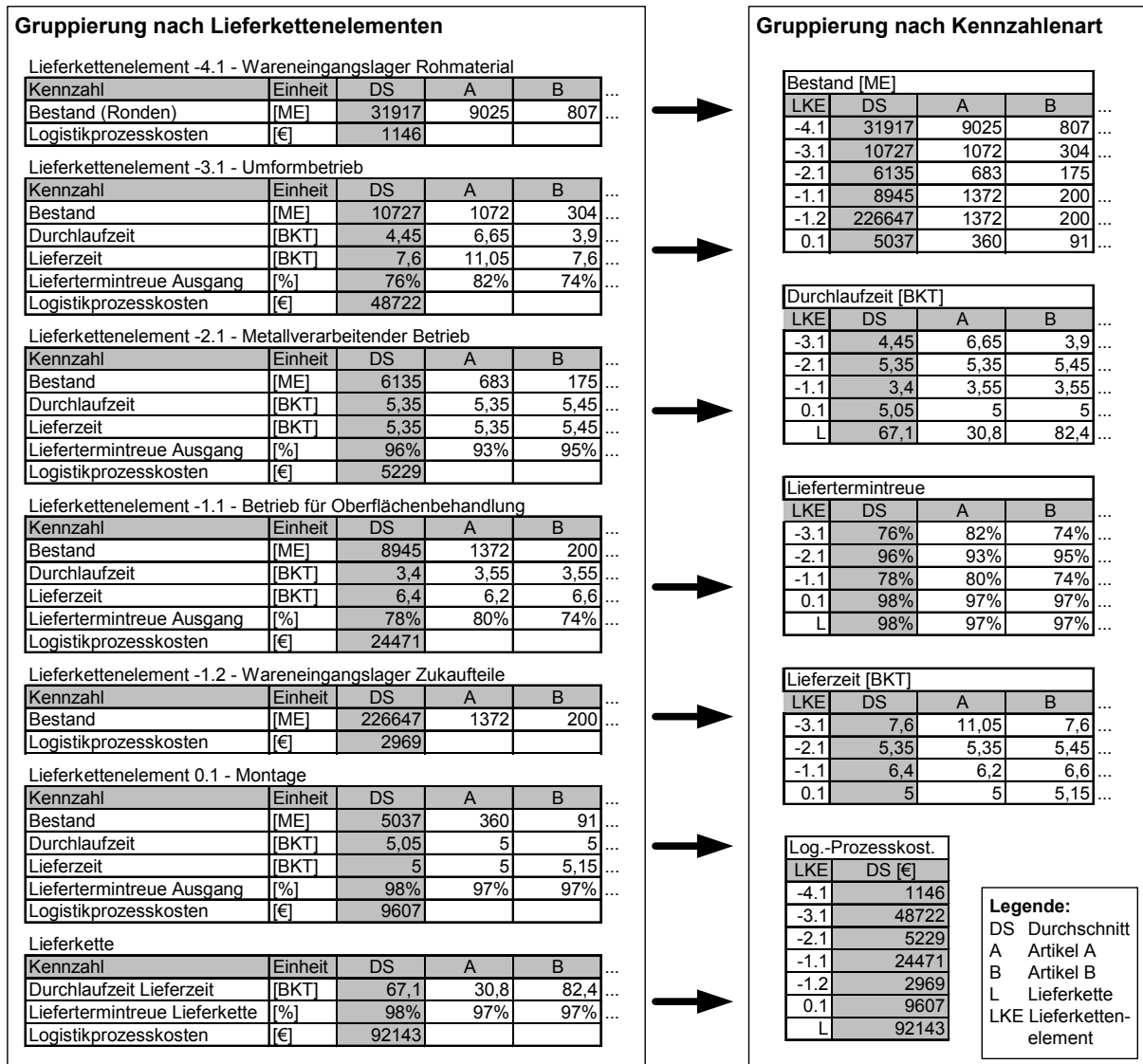


Abbildung 5-5: Ergebnisse der Simulationsuntersuchung der Ausgangssituation für die Lieferkette des Praxisbeispiels

Für die mit logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios und dem Assistenzsystem identifizierten Schwachstellen wurden im Anschluss Maßnahmen mit dem logistischen Wirkgefüge (Abbildung 4-19) identifiziert.

Um beispielsweise die Liefertreue des Umformbetriebs (LKE -1.1) zu verbessern, muss die Durchlaufzeit reduziert werden. Im Rahmen der Pilotanwendung wurde dies durch eine Reduzierung der Losgrößen erreicht, die dann in kürzeren Durchlaufzeiten mit einer höheren Termintreue resultieren [YU01]. Um eine Kapazitätsreserve verfügbar zu machen, damit auf die gegebenen Nachfrageschwankungen reagiert werden kann, müssen die Kapazitäten flexibilisiert oder vergrößert werden. Bei der Simulation des Praxisfalls wird eine größere Kapazitätsreserve der Arbeitssysteme abgebildet. Ähnliche Maßnahmen werden bei dem Betrieb für Oberflächenbehand-

lung durchgeführt. Durch diese Maßnahmen vergrößert sich die Belastbarkeit des Lieferkettenelements.

Durch die angestrebte Verbesserung der Liefertreue des Umformbetriebs und somit der logistischen Beanspruchung des belieferten Lieferkettenelements kann eine Reduzierung der Bestände des Metallverarbeitenden Betriebs erreicht werden. Diese Reduzierung resultiert in geringeren Kapitalbindungskosten. Die Maßnahmen beeinflussen sich also gegenseitig und führen so durch die gezielte logistische Positionierung der Lieferkettenelemente zu einer Stärkung der logistischen Leistung der gesamten Lieferkette.

Die Summe aller realisierten Maßnahmen wurden durch eine erneute Durchführung des logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios sowie erneute Simulationsläufe verifiziert.

5.2.4 Auswertung der zweiten Analyse

Zur Überprüfung der Wirksamkeit der entwickelten Methode wurden die identifizierten Maßnahmen sowohl im logistischen Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio als auch im Simulationsmodell der Lieferkette abgebildet (Abbildung 5-6, links oben). Durch die identifizierten Maßnahmen konnte eine Übereinstimmung der logistischen Belastbarkeit und der Beanspruchung (vgl. im Portfolio in Abbildung 5-6) für die zuvor als kritisch bewertete Schnittstelle ② nach dem Umformbetrieb (LKE -3.1) und für die Schnittstelle ④ nach dem Betrieb für Oberflächenbehandlung (LKE -1.1) erreicht werden.

Anhand der Kennzahlen, die mit dem Simulationsmodell ermittelt wurden, konnte eine signifikante Verbesserung der Liefertreue des Umformbetriebs und des Betriebs für Oberflächenbehandlung bei einer gleichzeitigen Reduzierung der Bestände und somit des gebundenen Kapitals in der gesamten Lieferkette festgestellt werden (Abbildung 5-6, rechts oben). Die Reduzierung der Losgrößen führt durch die häufigeren Bestellauslösungen allerdings zu einem Anstieg der Kosten für die Logistikprozesse.

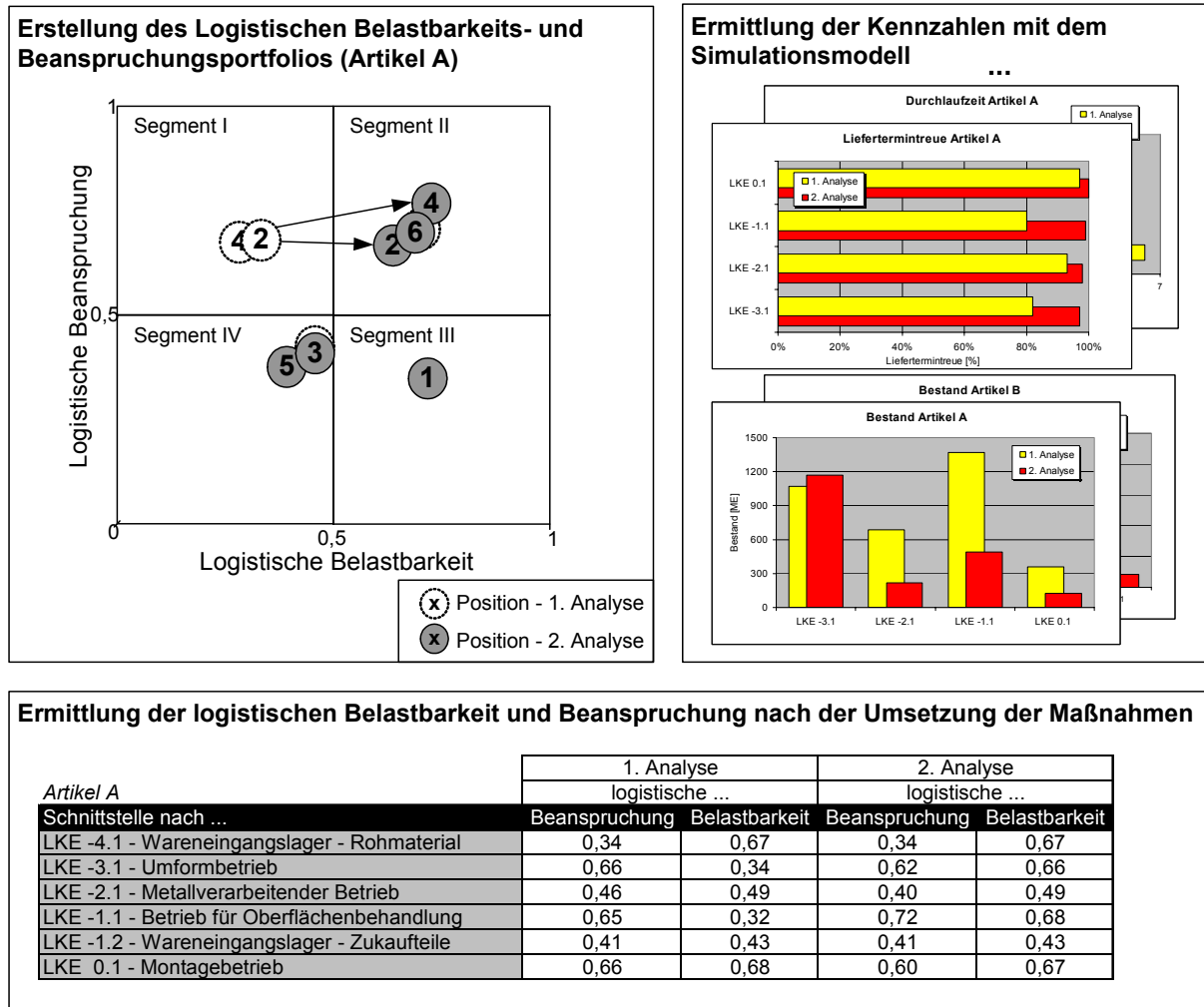


Abbildung 5-6: Ergebnisse der zweiten Analyse (Beispiel: Artikel A)

Es kann festgestellt werden, dass mit Hilfe der entwickelten Methode des logistischen Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolios die Schwachstellen einer komplexen Lieferkette ermittelt und Stellhebel zur anforderungsgerechten logistischen Positionierung aufgezeigt werden können. Durch die Zuordnung und die Überwachung wichtiger Kennzahlen mit dem Lieferkettenassistenzsystem und durch das Aufzeigen der Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Zielgrößen mit dem logistischen Wirkgefüge für die Lieferkettenlogistik können Verbesserungspotenziale der logistischen Positionierung realisiert werden. Die Identifikation von Schwachstellen sowie die erreichte Verbesserung der Ergebnisse wurden durch die Verwendung der logistischen Materialflusssimulation validiert und zeigen somit die Anwendbarkeit und Praxistauglichkeit der Methode und ihrer Werkzeuge.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Um trotz der zunehmenden Komplexität der Produkte sowie der steigenden Kundenforderungen hinsichtlich der logistischen Leistungsfähigkeit ganzer Lieferketten Optimierungspotenziale zu realisieren, ist die unternehmensübergreifende Gestaltung und die anforderungsgerechte Positionierung der Logistik von Lieferkettenelementen notwendig. Diese Potenziale lassen sich jedoch nicht durch technische Komponenten des Internets oder e-Commerce realisieren, die oft als umfassende Lösung für derart komplexe Aufgaben angepriesen werden, da vor einer Einführung dieser Werkzeuge, die Lieferkettenelemente logistisch positioniert sowie relevante Zielgrößen und Stellhebel der Lieferkettenlogistik identifiziert werden müssen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es deshalb, die Beanspruchung einer Lieferkette und ihrer Elemente systematisch aufzunehmen und die Belastbarkeit der Elemente zu analysieren. Angestrebt wird die Übereinstimmung von Belastbarkeit und Beanspruchung sowie die Identifizierung der für die Gesamtheit der Lieferkette relevanten Kennzahlen. Durch eine kontinuierliche Überprüfung dieser Kennzahlen mittels des logistischen Lieferketten-Assistenzsystems wird eine Erreichung der Zielvorgaben gewährleistet und bei Abweichungen ein reaktionsschnelles Eingreifen ermöglicht. Identifiziert die Frühwarnkomponente des Lieferketten-Assistenzsystems eine Abweichung der Kennzahlen von den Sollvorgaben, so kann mit Hilfe des logistischen Wirkgefüges zielgerichtet in die Lieferkettenlogistik eingegriffen werden. Dadurch können Störungen zeitnah erkannt und Gegenmaßnahmen reaktionsschnell eingeleitet werden, bevor sich diese negativ auf die ganze Lieferkette auswirken. Um diese Ziele zu erreichen, gliedert sich die Methode in fünf Bausteine.

Im ersten Baustein wurden Methoden zur Modellierung der logistischen Prozesse in der Lieferkette erarbeitet. Ziel der Modellierung ist die Visualisierung und Abgrenzung des Untersuchungsbereichs für die betrachteten Produkte. Es wird einerseits eine unternehmensübergreifende, aber gegebenenfalls auch eine unternehmensinterne Beschreibung der beteiligten Lieferkettenelemente und deren Prozesse, unabhängig von der Aufbauorganisation der Unternehmen, ermöglicht.

Nach dieser Visualisierung wird mit dem zweiten Baustein die logistische Belastbarkeit und Beanspruchung für die Lieferkettenelemente aufgenommen. Hierzu wurde ein logistisches Belastbarkeits- und Beanspruchungsportfolio entwickelt, mit dessen Hilfe die erfolgskritischen Elemente in der Lieferkette ermittelt werden.

Mit Hilfe des Kennzahlensystems des dritten Bausteins werden die Zielgrößen für die Lieferkette auf die Zielgrößen der einzelnen Prozesse der Lieferkettenelemente übertragen. Anschließend werden, abhängig von der Position im zuvor beschriebenen

Portfolio, die relevanten Kennzahlen der Lieferkette identifiziert und den Prozessen der Lieferkette zugeordnet.

Mit dem vierten Baustein – dem logistischen Lieferketten-Assistenzsystem – werden in periodischen Abständen die zuvor identifizierten Kennzahlen berechnet und grafisch dargestellt. Das Frühwarnsystem wird genutzt, um zu überprüfen, ob sich die aktuellen Werte der Kennzahlen innerhalb einer Bandbreite von zuvor definierten Eingriffs- und Warngrenzen befinden (Soll-Ist-Abgleich). Zusätzlich werden auf Basis dieser Werte zukünftige Werte prognostiziert. Die Prognosewerte können dann genutzt werden, um möglichst frühzeitig und damit präventiv in die Prozesse der Lieferkettenelemente einzugreifen.

Weichen die gemessenen Ist-Werte von den Soll-Vorgaben ab, so können mittels des logistischen Wirkgefüges für die Logistik von Lieferketten des fünften Bausteins Stellhebel identifiziert bzw. Handlungsempfehlungen abgeleitet werden. Aufgabe ist dabei die nachhaltige und zielgerichtete Beeinflussung der aktuellen Ist-Werte des Prozesses sowie die Vermeidung eines erneuten Abweichens von den Sollvorgaben.

Eine Weiterentwicklung der Methodik ist insbesondere durch eine softwaretechnische Abbildung des Assistenzsystems und des Wirkgefüges in einem EDV-System (z. B. als Erweiterung eines logistischen Monitoringsystems) denkbar, um einen einfachen praktischen Einsatz zu gewährleisten. Denkbar wäre in diesem Kontext auch ein internetbasiertes und somit unternehmensunabhängiges System, das kontinuierlich die als relevant identifizierten Kennzahlen den Lieferkettenelementen zur Verfügung stellt, die von möglichen Abweichungen direkt betroffen sind. Somit ist nicht nur eine zeitnahe Bewertung, sondern auch eine reaktionsschnelle Gegensteuerung bei Abweichungen durchführbar.

7 Literaturverzeichnis

- ABE94 Abels, H.; Anagnostou, E.; Brockmann, K.-H.: Wie gut ist Ihre Logistik? Richtwertekatalog für Produktionsunternehmen, Verlag TÜV-Rheinland, Köln 1994.
- AKA92 Akao, Y.: Quality Function Deployment. Moderne Industrie Verlag, Landsberg 1992.
- AND93 Andreas, D.: Zwischenbetrieblicher Vergleich – Kennzahlen und Informationen zur Materialwirtschaft. VDMA Verlag, Frankfurt 1993.
- ARN01 Arnold, U.; Mayer, R.; Urban, G.: Supply Chain Management – Unternehmensübergreifende Prozesse. Kollaboration. IT-Standards. Lemmens Verlag, Bonn 2001.
- BAM01 Bamberg, G.; Baur, F.: Statistik. 11. Auflage. Oldenburg Verlag, München 2001.
- BEC84 Bechte, W.: Steuerung der Durchlaufzeit durch belastungsorientierte Auftragsfreigabe bei Werkstattfertigung. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 70, VDI-Verlag, Düsseldorf 1984.
- BEC99 Becker, T.; Geimer, H.: Prozessgestaltung und Leistungsmessung – wesentliche Bausteine für eine Weltklasse Supply Chain. In: HDM – Praxis der Wirtschaftsinformatik, 36 (1999) 207, S. 25-34.
- BEC99a Beckmann, H.: Supply Chain Management Systeme – Aufbau und Funktionalität; in: Jahrbuch Logistik, 1999, S. 166-171.
- BIC94 Bichler, K.; Gerster, W.; Reuter, R.: Logistik-Controlling mit Benchmarking. Gabler-Verlag, Wiesbaden 1994.

- BOW86 Bowersox, D.; Closs, D.; Helferich, O.: Logistical Management. A Systems Integration of Physical Distribution, Manufacturing Support and Material Procurement. 3rd Ed., Macmillan, New York 1986.
- BRE01 Breithaupt, J.-W.: Rückstandsorientierte Produktionsregelung von Fertigungsbereichen. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Fertigungstechnik; 571, VDI, Düsseldorf 2001.
- BRE02 Breithaupt, J.-W.; Panten, M.: Maximierung der Termintreue durch Produktionsregelung- Einführung eines innovativen Steuerungsverfahrens bei einem Logistikdienstleister der Luftfahrtindustrie. In: Industrie Management, 18 (2002) 2, S. 25-28.
- BUL02 Bullinger, H.J.; Kühner, M.: Supply Chain Management- Stand und Entwicklungsrichtungen. In: ZWF 97 (2002) 5, S. 254-258.
- BUL88 Bultmann, D.: ABC-/XYZ-Analysen als Instrument der analytischen Logistik. In: RKW-Handbuch Logistik. 14. Lfg. XII/88, KZ 9110, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1988.
- CAM94 Camp, R. C.: Benchmarking. Carl-Hanser Verlag, München 1994.
- CHR95 Chrysler Corp., Ford Motor Comp., General Motor Corp. (Hrsg.): Quality Systems Requirements QS-9000. Grays, Essex 1995.
- CHR98 Christopher, M.: Logistics and Supply Chain Management: Strategies for Reducing Cost and Improving Service. Financial Times Management, London etc. 1998.
- COL02 Colzman, R.: Kennzahlensystem nach LogiBEST zur Messung und Bewertung logistischer Prozesse. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 36-42.
- COL03 Colzman, R.: Strategisches und taktisches Logistik-Monitoring der prozessorientierter Produktion. Dissertation Universität Hannover 2003.

- DEH01 Dehler, M.: Entwicklungsstand der Logistik. Messung – Determinanten – Erfolgswirkungen. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 2001.
- DIK96 Diks, E., de Kok, A., Lagodimos, A.: Multi-echelon systems: A service measure perspective. In: European Journal of Operational Research 95 (1996), S. 241-263.
- DOH01 Dohms, R.: Methodik zu Bewertung und Gestaltung wandlungsfähiger dezentraler Produktionsstrukturen. Berichte aus der Produktionstechnik, Band 11 (2001), Shaker-Verlag, Aachen 2001.
- DOM88 Dombrowski, U.: Qualitätssicherung im Terminwesen der Werkstattfertigung. Dissertation Universität Hannover, Fortschritt-Bericht VDI, Reihe 2, Nr. 159, VDI-Verlag, Düsseldorf 1988.
- DOM93 Domschke, W.; Scholl, A.; Voß, S.: Produktionsplanung- Ablauforganisatorische Aspekte. Springer, Berlin 1993.
- ECK00 Eckey, H.-F.; Kosfeld, R.; Dreger, C.: Statistik: Grundlagen-Methoden-Beispiele. Gabler-Verlag, Wiesbaden 2000.
- ECK99 Ecksele, H.: Industrielle Beschaffungslogistik. In: Weber, J.; Baumgarten, H. (Hrsg.): Handbuch Logistik – Management von Material- und Warenflußprozessen. Schaeffel-Poeschel Verlag, Stuttgart 1999, S. 150-165.
- EVE95 Eversheim, W.: Prozeßorientierte Unternehmensorganisation. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 1995.
- FAS97 Fastabend, H.: Kennliniengestützte Synchronisation von Fertigungs- und Montageprozessen. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 452. VDI, Düsseldorf 1997.
- FEI91 Feigenbaum, A.V.: Total Quality Control. 3rd Edition, Revised. McGraw-Hill, New-York 1991.

- FIL97 Filz, B. M.: Aufbau eines Logistik-Management-Information-Systems. In: Zeitschrift für Logistik, 18 (1997) 2, S. 3-11.
- FOR62 Forrester, J. W.: Industrial Dynamics. M.I.T. Press, Cambridge, MA, USA 1962.
- FOR85 Ford Motor Company (Hrsg.): Statistische Prozessregelung, Leitfaden (Form EU 880b), Köln 1985.
- FRI98 Friemuth, U.; Stich, V.: Industrielle Logistik. 4., überarbeitete Auflage. Verlag der Augustinus Buchhandlung, Aachen 1998.
- GAB01 Gabler-Wirtschaftslexikon. Taschenbuch Kasette mit 10 Bd. 15., überarbeitete Auflage. Gabler, Wiesbaden 2001.
- GAL02 Gallasch, A.: Fehlerbaumanalyse. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 137-145.
- GEI01 Geimer, H.; Becker, T.: Mit dem Supply Chain Operations Reference Modell (SCOR) optimieren. In: Lawrenz, O. et al. (Hrsg.): Supply Chain Management – Konzepte, Erfahrungsberichte und Strategien auf dem Weg zu digitalen Wertschöpfungsnetzen. 2., überarbeitete und erweiterte Auflage. Vieweg Verlag, Wiesbaden 2001.
- GEI98 Geiger, W.: Qualitätslehre – Einführung, Systematik, Terminologie. 3. Auflage. Vieweg Verlag, Wiesbaden 1994.
- GER99 Gericke, J. et al: Anforderungen an das Controlling von Supply Chains. In: Logistik Spektrum 11 (1999) 2., S. 13-16.
- GLÄ95 Gläßner, J.: Modellgestütztes Controlling der beschaffungslogistischen Prozesskette. Dissertation Hannover, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 337, VDI-Verlag, Düsseldorf 1995.
- GLE02 von Gleich, C.F.: Von der Logistik zum Supply Chain Management. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 9-20.

- GLE02a von Gleich, C. F.; Jacobsen, A.: Nachfrageschwankungen beherrschen. In: MM - Maschinenmarkt, 13 (2002) 18, S. 58-59.
- GLE02b von Gleich, C. F.; Jacobsen, A.; Franzke, S.: Messung und Visualisierung von Primärbedarfsschwankungen. In: Industrie Management, 18 (2002) 4, S. 38-42.
- GLI03 Glistau, E.; Mrech, H.; Ziems, D.: Methodenbanken verbinden Wissensmanagement und Componentware.
<http://www-wi.cs.unimagdeburg.de/workshops/komponenten3>.
abgerufen am 22.04.2003.
- GÖP99 Göpfert, I.; Neher, A.; Jung, K.-P.: Zukünftige Entwicklung der Beschaffung in der Automobilindustrie. Ergebnisse einer empirischen Untersuchung. In: Jahrbuch der Logistik, 13 (1999), S. 242-246.
- GRA02 Graf, H.: Prozessgestaltung und -steuerung als Kernkompetenz der Logistik. In: Produktionsmanagement (2002).
- GTT03 Gesellschaft für Technologietransfer: Produktbeschreibung im Internet.
<http://www.gtt-online.de>; abgerufen am 26.05.2003.
- GUE03 Günther, H.-O.; Tempelmeier, H.: Produktion und Logistik. 5.,neubearb. und erweiterte Auflage. Springer, Berlin 2003.
- GUT51 Gutenberg, E.: Grundlagen der Betriebswirtschaftslehre. Band 1: Die Produktion. 1. Auflage, Berlin 1951.
- HAN99 Handfield, R.-B.; Nichols, Jr. E.-L.: Introduction to Supply Chain Management; Prentice Hall, Upper Saddle River 1999.
- HAR95 Hartung, J.; Elpett, B.; Kloessner, K.-H.: Statistik. Oldenburg-Verlag, München 1995.
- HER02 Herale, G.: Methoden des Qualitätsmanagements. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 105-112.

- HER02a Hernández Morales, Roberto: Systematik der Wandlungsfähigkeit in der Fabrikplanung. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI-Verlag, Reihe 16, Technik und Wirtschaft, 149; Düsseldorf 2002.
- HES02 Hess, T.: Netzwerkcontrolling. Instrumente und ihre Werkzeugunterstützung. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 2002.
- HES99 Hess, T.: Anwendungsmöglichkeiten des Konzerncontrollings in Unternehmensnetzwerken: Konzepte und Praktiken. In: Sydow, J.; Windeler, A.: Steuerung von Netzwerken. Westdeutscher Verlag, Opladen 2001, S. 156-177.
- HOL00 Holzner, T.; Nyhuis, P.: Schaffung von Wettbewerbsvorteilen durch eine optimierte Beschaffungslogistik, in: Tagungsband PPS-Anwender-Forum 2000, 16./17.11.2000 Leinfelden-Echterdingen, S. 329-358.
- HOR95 Horváth, P.; Mayer, R.: Konzeption und Entwicklungen der Prozesskostentechnik. In: Männel, W. (Hrsg.): Prozesskostenrechnung. Gabler Verlag, Wiesbaden 1998, S. 59-86.
- HOR98 Horváth, P.: Controlling. Verlag Vahlen, München 1998.
- IMA92 Imai, M.: Kaizen. Wirtschaftsverlag Langen Müller Herbrigg, München 1992.
- JUN02 Junginger, S.; Lindemann, M.; Karagiannis, D.: Prozessorientiertes Supply-Chain-Design. In: Industrie Management 18 (2002) 5, S. 39-42.
- JUR88 Juran, J.M.: Quality Control Handbook. 4th Ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1988.
- KAM02 Kaminski, A.: Logistik – Controlling. Entwicklungsstand und Weiterentwicklung für marktorientierte Logistikbereiche. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 2002.

- KAM93 Kamiske, G.; Brauer, J.-P.: Qualitätsmanagement von A bis Z: Erläuterungen moderner Begriffe des Qualitätsmanagements. Hanser Verlag, München 1993.
- KAN02 Kanitz, F.: Kennzahlenbasierte Fehleridentifizierung in der Beschaffungslogistik. Dissertation Universität Hannover 2002.
- KAN02a Kanitz, F.: Logistik-FMEA für die Produktion. In: Wiendahl, H.-P.: Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2., überarb. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 112-118.
- KAU01 Kaufmann, L; Germer, T.: Controlling internationaler Supply Chains. In: Arnold, U.; Mayer, R.; Urban, G. (Hrsg.): Supply Chain Management – Unternehmensübergreifende Prozesse. Kollaboration. IT-Standards. Lemmens Verlag, Bonn 2001, S. 177-192.
- KEE00 Keebler, J. S.: The State of Logistics Measurement. In: Supply Chain & Logistics Journal. <http://www.infochain.org/quarterly/Sp00/Keebler.html>, abgerufen am 08.03.2003.
- KEM95 Kempf, S.; Siebert, G.: Klassifizierendes Benchmarking. In: Mertins, K.; Siebert, G.; Kempf (Hrsg.): Benchmarking – Praxis in deutschen Unternehmen. Springer-Verlag, Berlin 1995.
- KIL02 Kilger, C.; Reuter, B.: Collaborative Planning. In: Stadler, H.; Kilger, C. (Hrsg.): Supply Chain Management and Advanced Planning: Concepts, Models, Software and Case Studies. A. 2nd Ed. Springer Verlag, Berlin 2002.
- KLO99 Kloth, M.: Instrumente des Supply Chain Managements in der Praxis. In: Weber, J.; Dehler, M. (Hrsg.): Effektives Supply Chain Management auf Basis von Standardprozessen und Kennzahlen. Verlag Praxiswissen, Dortmund 1999.
- KÖH99 Köhler, H.-D.: Netzwerksteuerung und/oder Konzernkontrolle? Die Automobilindustrie im Internationalisierungsprozeß. In: Sydow, J.; Win-

- deler, A. (Hrsg.): Steuerung von Netzwerken. Westdeutscher Verlag, Opladen 1999, S. 280-300.
- KRA97 Kraege, R.: Controlling strategischer Unternehmenskooperationen-Aufgaben, Instrumente und Gestaltungsempfehlungen. Mering-Verlag, München 1997.
- KUH95 Kuhn, A.: Prozessketten in der Logistik: Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien. Verlag Praxiswissen, Dortmund 1995.
- KUM01 Kummer, S.: Supply Chain Controlling. In: krp – Kostenrechnungspraxis 45 (2001) 3, S. 7-13.
- LEI99 Leist, R.: Methoden und Werkzeuge zur Planung und Sicherung der Qualität, Band 2. Weka Fachverlag für Technische Führungskräfte, Augsburg 1999.
- LOE01 Lödding, H.: Dezentrale bestandsorientierte Fertigungsregelung. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Fertigungstechnik; Nr. 587, VDI, Düsseldorf 2001.
- LOO96 Looks, St.: Kennzahlen für Fertigungsinseln. In: io Management Zeitschrift 65 (1996) 3, 1996.
- LUC00 Luczak, H.; Wiendahl H.-P.; Weber, J. (Hrsg.): Logistik-Benchmarking - Praxisleitfaden mit LogiBEST. Springer, Berlin 2000.
- LUC01 Luczak, H.; Hartweg, E.: Supply Chain Management Systeme. In: Sebastian, H.-J.; Grünert, T.(Hrsg.): Logistik Management – Supply Chain Management und e-Business. Teubner Verlag, Stuttgart 2001, S. 53-60.
- LUD94 Ludwig, E.: Modellgestützte Diagnose logistischer Produktionsabläufe. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 362, VDI-Verlag, Düsseldorf 1994.

- LUT00 Lutz, S.; Wiendahl, H.-P.: Monitoring und Controlling in Produktionsnetzwerken – Grundsätze und Anwendungsbeispiel. In: wt Werkstattstechnik 90 (2000) 5, S. 193-195.
- LUT02 Lutz, S.: Kennliniengestütztes Management. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI: Reihe 13, Fördertechnik/Logistik, Nr. 53. VDI-Verlag, Düsseldorf 2002.
- LUT99 Lutz, S.; Helms, K.: Potentialbeurteilung der Lieferkette mit logistischen Kennzahlen. In: Weber, J.; Dehler, M. (Hrsg.): Effektives Supply Chain Management auf Basis von Standardprozessen und Kennzahlen. Verlag Praxiswissen, Dortmund 1999, S. 75-95.
- MAS88 Masing, W. (Hrsg.): Handbuch der Qualitätssicherung. 2., völlig neu bearb. Auflage. Carl Hanser Verlag, München 1988.
- MEI96 Meier, K.J.: Bestandsoptimierung durch Fertigungsablaufsimulation. ZWF 90 (1995) 4, S. 157-160.
- MUE01 Mueller, R.: Fertigungsinseln: Strukturierung der Produktion in dezentrale Verantwortungsbereiche. 3. Auflage. Expert-Verlag, Renningen-Malsheim 2001.
- NIP95 Nippel, H.: Qualitätsmanagement in der Logistik. Gabler Edition Wissenschaft: Unternehmensführung und Controlling. Zugl. Dissertation Wiss. Hochschule für Unternehmensführung, Koblenz. Gabler-Verlag, Wiesbaden 1995.
- NYH03 Nyhuis, P.; Wiendahl, H.-P.: Logistische Kennlinien - Grundlagen, Werkzeuge und Anwendungen. 2. Auflage. Springer, Berlin 2003.
- NYH91 Nyhuis, P.: Durchlauforientierte Losgrößenbestimmung. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 225, VDI-Verlag, Düsseldorf 1991.
- NYH96 Nyhuis, P.: Modelle zum Reengineering von Prozessketten. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Dezentrale Produktionsstrukturen. IFA-Kolloquium,

Hannover, 17.- 18. September 1996/Universität Hannover, IFA – Institut für Fabrikanlagen. Techno-Transfer, Hannover 1996.

- OTT02 Otto, A.: Management und Controlling von Supply Chains. Ein Modell auf Basis der Netzwerktheorie. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 2002.
- PFE96 Pfeifer, T.: Qualitätsmanagement – Strategien, Methoden, Techniken. 2. Auflage Hanser Verlag, München 1996.
- PFO00 Pfohl, H.-C.: Logistiksysteme – Betriebswirtschaftliche Grundlagen. 6. Auflage. Springer, Berlin 2000.
- PFO00a Pfohl, H.-C.: Supply Chain Management: Logistik plus? Erich Schmidt Verlag, Berlin 2000.
- PFO98 Pfohl, H.-C. et al.: Logistikmanagement kleiner und mittlerer Unternehmen in wandelbaren regionalen Produktionsnetzwerken. In: Industrie Management 14 (1998) 6, S. 29-33.
- PHI99 Philippson, C.; Pillep, R.; von Wrede, P: Marktspiegel Supply Chain Management Software. Forschungsinstitut für Rationalisierung, Aachen, 1999.
- PIB01 Pibernik, R.: Flexibilitätsplanung in Wertschöpfungsnetzwerken. Deutscher Universitätsverlag, Wiesbaden 2001.
- PIL99 Pillep, R.; von Wrede, P.: Anspruch und Wirklichkeit – Nutzenpotentiale und Marktübersicht von SCM-Systemen. In: Industrie Management 15 (1999) 5, S. 18-22.
- POK00 Pokopp, A.: Lineare Regression und Varianzanalyse. Oldenburg Verlag, München 1994.
- REI02 Reinsch, S.; Tracht, T.: Umsetzung der Qualitätsprinzipien. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 26-30.

- REI02a Reinsch, S.; Ruta, A.: Statistische Prozesslenkung. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 130-136.
- REI02b Reinsch, S.; Tracht, T.: Werkzeuge der Qualitätssicherung. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 146-151.
- REI02c Reinsch, S.; Ruta, T.; Tracht, T.: Qualitätsorientierte Produktionslenkung in der dispositiven Ebene. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 200-214.
- REI95 Reichmann, T.: Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten – Grundlagen einer systemgestützten Controlling-Konzeption. 4., überarb. und erw. Aufl. Franz Vahlen, München 1995.
- REI99 Reinhart, G. et al.: Reaktionsfähigkeit für Unternehmen. Eine Antwort auf turbulente Märkte. IN ZWF 94 (1999) 1/2, S. 21-24.
- RIE00 Riedwyl, A.; Ambuehl, M.: Statistische Auswertungen mit Regressionsprogrammen. Oldenburg-Verlag, München 2000.
- RÖD98 Röder, A. et al: Standards für den Logistikvergleich. In: Logistik heute 20 (1998) 10, S. 48-52.
- ROH00 Rohde, J.; Meyr, H.; Wagner, M.: Die Supply Chain Matrix. In: PPS Management, 5 (2000) 1, S. 10-15.
- ROS96 Rosemann, M.: Komplexitätsmanagement in Prozessmodellen. Gabler-Verlag, Wiesbaden 1996.
- ROT99 Rotzoll, M.-A.: Erfahrungsunterstützte Optimierung der Produktionsleistung – Systematische Aufdeckung und Ausschöpfung von Verbesserungspotentialen mittels Interdependenzbenchmarking. Dissertation Universität Hannover, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 16, Fertigungstechnik, 106, VDI, Düsseldorf 1999.

- RUF91 Ruffing, Th.: Fertigungssteuerung bei Fertigungsinseln: Eine funktionale und datentechnische Informationsarchitektur. TÜV-Reinland, Köln 1991.
- RUT99 Ruta, A.: Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse FMEA für die Produktionslogistik. Dissertation Universität Hannover, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 518, VDI-Verlag, Düsseldorf 1999.
- SCC01 Supply-Chain Council: Supply-Chain Operations Reference-Model. SCOR Version 5.0, www.supply-chain.org. Pittsburgh: 2001. <http://www.supply-chain.org>, abgerufen am 22.02.2003.
- SCC03 Supply-Chain Council: Supply-Chain Operations Reference-Model – Overview of SCOR version 5.0. <http://www.supply-chain.org>, abgerufen am 22.02.2003.
- SCH02 Schönsieben, P.: Integrales Logistikmanagement. 3. Aufl., Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 2002.
- SCH95 Schulte, C.: Logistik – Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses. 2. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München 1995.
- SCH99 Scholz-Reiter, B.; Jakobza, J.: Supply Chain Management – Überblick und Konzeption. In: HDM – Praxis der Wirtschaftsinformatik, 36 (1999) 207, S. 7 –15.
- SCH99a Scholz-Reiter, B.; Wolf, H.: Logistik Controlling: Mobilisierung von Optimierungspotentialen durch Transparenz in der Logistik. In: Industrie Management 15 (1999) 5, S. 58-62.
- SES00 Sesterhenn, J.: Vorgehensweise zur kriteriengestützten Selektion geeigneter Partner zum Benchmarking in der Beschaffungslogistik. Schriftenreihe Rationalisierung und Humanisierung, Bd. 30; zugl. Diss. Techn. Hochschule Aachen. Shaker-Verlag, Aachen 2000.
- STA00 Stadtler, H.; Kilger, C.: Supply Chain Management and Advanced Planning – Concepts, Models, Software and Case Studies. Springer, Berlin 2000.

- STA85 Staudt, E.; Groeter, U.; Hafkesbrink, J.; Treicher, H.-R.: Kennzahlen und Kennzahlensysteme - Grundlagen und Anwendung, Bibliographie deutschsprachige Veröffentlichungen. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1985.
- STE00 Steven, M.; Krüger, R.; Tengler, S.: Informationssysteme für das Supply Chain Management; in: PPS Management, 5 (2000) 2, S. 15-23.
- STÖ01 Stölzle, W., Heusler, K. F.; Karrer, M.: Die Integration der Balanced Scorecard in das Supply Chain Management-Konzept-»BSCM«. In: Logistik Management, 3 (2001) 2-3, S. 75-85.
- STR00 Strigl, T.: Bewertung der Logistikeffizienz von Produktionsunternehmen durch datenbankgestütztes Benchmarking. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 567, VDI, Düsseldorf 2000.
- SUC02 Sucky, E.: Collaborative Supply Chain Planning – Ein spieltheoretischer Ansatz. In: Logistik Management 4 (2002) 2, S. 34- 44.
- SUR98 Suri, R.: Quick Response Manufacturing - A Companywide Approach to Reducing Lead Times. Productivity Press, Portland 1998.
- SYS90 Syska, A.: Kennzahlen für die Logistik – Entwicklung einer Vorgehensweise zur Bildung von betriebsspezifischen Logistik-Kennzahlensystemen. Springer-Verlag, Heidelberg 1990.
- TAN01 Tan, K. C.: A framework of supply chain management literature. In: European Journal of Purchasing and Supply Management 7 (2001) S. 39-48.
- TAN98 Tan, K. C. et al: Supply Chain Management: Supplier Performance and Firm Performance. In: International Journal of Purchasing and Materials Management 34 (1998) 3, S. 39-48.
- TEM03 Tempelmeier, H.: Material-Logistik: Modelle und Algorithmen für die Produktionsplanung und -steuerung und das Supply-Chain-

- Management. 5., überarbeitete und erweiterte Auflage. Springer, Berlin 2003.
- TÖN01 Tönshoff, H. K.: KMU und Benchmarking: Wettbewerbsfähigkeit steigern durch internationalen Vergleich. TCW Verlag, München 2001.
- TRA02 Tracht, T.; Reinsch, S.: Ausgangssituation der Logistik. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 1-7.
- TRA97 Tracht, T.: Auditierung der Produktionsplanung und -steuerung. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 430. VDI, Düsseldorf 1997.
- ULL94 Ullmann, W.: Controlling logistischer Produktionsabläufe am Beispiel des Fertigungsbereichs. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 311. VDI, Düsseldorf 1994.
- VDA98 Verband Deutscher Automobilindustrie: Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie: Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz. Teil 3, Verband der Automobilindustrie e.V., Frankfurt a.M. 1998.
- VDI00 VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik (Hrsg.): Logistikkennzahlen für die Beschaffung (Blatt 1); Logistikkennzahlen für die Produktion (Blatt 2); Logistikkennzahlen für die Distribution (Blatt 3). VDI-Richtlinie 4400, Beuth, Düsseldorf 2000.
- VDI96 VDI-Gesellschaft Fördertechnik Materialfluss Logistik (Hrsg.): Simulation von Logistik-, Materialfluss- und Produktionssystemen. VDI-Richtlinie 3633, Blatt 1, Beuth, Düsseldorf 1996.
- VOE02 Voegelé, A. R.: Supply Network Management: mit Best Practice der Konkurrenz voraus. Gabler Verlag, Wiesbaden 2002.
- WAG02 Wagner, M.: Gestaltung von Beziehungsmustern in Supply Chains. In: Logistik Management 4 (2002) 4, S. 71-88.

- WAH97 Wahlers, T.: Modellgestützte Analyse und Verbesserung der logistischen Merkmale komplexer Serienprodukte. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 475, VDI-Verlag, Düsseldorf 1997.
- WEB02 Weber, J.: Logistik- und Supply Chain Controlling. 5. Auflage. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart 2002.
- WEB02a Weber, J.; Bacher, A.; Groll, M.: Konzeption einer Balanced Scorecard für das Controlling von unternehmensübergreifenden Supply Chains. In: krp – Kostenrechnungspraxis 46 (2002) 3, S.: 133- 141.
- WEB02b Weber, J.; Bacher, A.; Groll, M.: Instrumente des Supply Chain Controlling. In: Bundesvereinigung Logistik (Hrsg.): Dokumentation des Wissenschaftssymposiums Logistik der BVL 2002, S.: 85-97.
- WEB95 Weber, J.: Logistik - Controlling: Leistungen, Prozesskosten, Kennzahlen 4., überarbeitete und erweiterte. Aufl. Schaefer-Poeschel, Stuttgart 1995.
- WEB98 Weber, J.: Benchmarking. In: VDI-Bericht Nr. 1439, Logistische Spitzenleistungen, Tagung Düsseldorf, 30. September 1998.
- WEB98a Weber, J. et al.: Netzwerkfähigkeit im Management durch Kennzahlen herstellen. In: Industrie Management 14 (1998) 6, S. 25-28.
- WEB99 Weber, J.; Baumgarten, H. (Hrsg.): Handbuch Logistik – Management von Material- und Warenflussprozessen. Schäffer-Poeschel Verlag, Stuttgart 1999.
- WEB99a Weber, J.; Wertz, B.: Benchmarking Excellence. Schriftenreihe Neue Aufgabenfelder und Instrumente, Band 10, Lehrstuhl für Betriebswirtschaftslehre insbesondere Controlling und Logistik der WHU Koblenz, Vallendar 1999.
- WET01 Wettstein, Th.; Küng, P.; Meier, A.: Performance Measurement als Ausweg aus dem Information Overload: Ein zielorientierter Ansatz. In: HMD - Praxis der Wirtschaftsinformatik. 38 (2001) 219, S. 65-71.

- WIE00 Wiendahl, H.-P.; Breithaupt, J.W.; Hernández, R.: Logistische Rationalisierungspotentiale mittels flexibler Kapazitäten erschließen. In: wt Werkstatttechnik, 90 (2000) 4, S. 144-148.
- WIE00a Wiendahl, H.-P.; Strigl, T.: Benchmarking von Logistikprozessen. In: Baumgarten, H.; Wiendahl, H.-P.; Zentes, J. (Hrsg.): Expertensystem Logistik. Springer-Verlag, Heidelberg 2000, Abschnitt 5/03/02.
- WIE01 Wiendahl, H.-P.: Industrielogistik. In: Baumgarten, H.; Wiendahl, H.-P.; Zentes, J. (Hrsg.): Expertensystem Logistik. Springer Verlag, Heidelberg, New York 2001, Abschnitt 7.01.01, S.: 1-12.
- WIE01a Wiendahl, H.-P.: Fabriken-Standorte in Produktionsnetzwerken. In: wt Werkstatttechnik online, 92 (2001), 4, S. 179.
- WIE02 Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität – Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002.
- WIE02a Wiendahl, H.-P.; Hernández, R.: Fabrikplanung im Blickpunkt. In: wt Werkstatttechnik online, 92 (2002), 4, S. 133-138.
- WIE02b Wiendahl, H.-H.: Situative Konfiguration des Auftragsmanagements im turbulenten Umfeld. Dissertation Universität Stuttgart 2002.
- WIE03 Wiendahl, H.-P.: Wie aus der Logistik eine Wissenschaft wurde. In: Wiendahl, H.P. (Hrsg.): IFA Fachtagung – Die Wandlungsfähige Fabrik – Integrierte Sicht von Fabrikstruktur, Logistik und Produktionssystemen (Tagungsband). Hannover 20.-21. März 2003.
- WIE92 Wiendahl, H.-P.; Penz, T.: Logistische Qualitätssicherung – Ein Ansatz zur Beherrschung reaktionsschneller Produktionsprozesse. In: VDI- Berichte 994, Vernetzung von Produktionssteuerung und Logistik. Tagungsbericht zum gleichnamigen VDI Kongress anlässlich der SYSTEC 1992, 22./23.10.1992 in München. VDI Verlag, Düsseldorf 1992.

- WIE97 Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. 4., vollst. überarb. Auflage. Hanser, München 1997.
- WIE97a Wiendahl, H.-P.: Fertigungsregelung – logistische Beherrschung von Fertigungsabläufen auf Basis des Trichtermodells. Hanser, München 1997.
- WIE98 Wiendahl, H.-P.; Engelbrecht, A.; Hernández, R.: Erfolgsfaktor Logistik im Spannungsfeld zwischen Industrie und Handel. Logistikorientierung als Differenzierungskriterium zur Wettbewerbssicherung. In: wt - Werkstatttechnik 88 (1998) 4, S. 153-168.
- WIE98a Wiendahl, H.-P.; Lödding, H.: Vorbild Trichtermodell, Logistik Heute, 20 (1998) 11, S. 39-43.
- WIE98b Wiendahl, H.-P.; Helms, K.; Höbig, M.: Fremdvergabe in Produktions-Netzwerken. In: Industrie Management 14 (1998) 6, S. 39- 43.
- WIE98c Wiendahl, H.-P.; Breithaupt, J.-W.: Kapazitätshüllkurven – Darstellung flexibler Kapazitäten mit einem einfachen Beschreibungsmodell. In Industrie Management 14 (1998) 4, S. 34- 37.
- WIE99 Wiendahl, H.-P.: Logistik- und Produktionscontrolling. In: Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management, Band 4: Betrieb von Produktionssystemen. Springer-Verlag, Berlin 1999.
- WIL00 Wildemann, H.: Von Just-In-Time zu Supply Chain Management. In: Wildemann, H. (Hrsg.): Supply Chain Management. TCW Transfer-Centrum-Verlag, München 2000.
- WIL96 Wildemann, H.: Controlling im TQM. Springer-Verlag, Berlin 1996.
- WIL97 Wildemann, H.: Produktionscontrolling- Systemorientiertes Controlling schlanker Produktionsstrukturen. 3. Auflage. TCW Verlag, München 1997.

- WIL99 Wildemann, H.: Logistikstrategien. In: Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management, Band 4: Betrieb von Produktionssystemen. Springer-Verlag, Berlin 1999.
- WIL99a Wildemann, H.: Ansätze für Einsparungspotenziale. In: Logistik heute, 21 (1999) 4, S. 64-67.
- WIN01 Windt, K.: Engpassorientierte Fremdvergabe in Produktionsnetzen. Dissertation Universität Hannover. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Fertigungstechnik; 579, VDI, Düsseldorf 2001.
- WIR00 Wirth, S. et al: Hierarchielose Kompetenznetzwerke - Zukunftsweisen des Unternehmens und Fabrikkonzept. In: ZWF 95 (2000) 1-2, S. 14-18.
- WIR00a Wirth, S.: Hierarchielose regionale Produktionsnetze im globalen Wettbewerb. In: Industrie Management 16 (2000) 6, S. 50-52
- WIR03 Wirth, S.: Entwicklung wandlungsfähiger Produktions-, Kooperations- und Fabrikstrukturen. In: ZWF 98 (2003) 1-2, S. 11-16.
- WIR03a Wirth, S. et al: Vom Fertigungsplatz zur Kompetenzzelle - Voraussetzung für den Aufbau kompetenzzellenbasierter Netze. In: ZWF 98 (2003) 3, S. 78-83.
- WIT01 Witthüser, K.-P.: Wege zur Erfolgs- und Leistungsmessung in der Beschaffung. In: IIR: Effizienz- und Leistungsmessung in der Beschaffung. Tagband zum gleichnamigen Seminar, Frankfurt 2001.
- WOL97 Wolter, O.: Entwicklung und Erprobung eines Kennzahlensystems für das Total Quality Management. Fraunhofer-Institut für Produktionsanlagen und Konstruktionstechnik, IPK Berlin. Berlin 1997.
- YU01 Yu, K.-W.: Terminkennlinie – Eine Beschreibungsmethodik für die Terminabweichung im Produktionsbereich. Dissertation Universität Hanno-

ver. Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Fertigungstechnik; 576, VDI, Düsseldorf 2001.

- ZÄP01 Zäpfel, G.: Supply Chain Management. In: Baumgarten, H.; Wiendahl, H.-P.; Zentes, J. (Hrsg.): Logistik-Management. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, New York 2001.
- ZEU02 Zeuch, M. P.: Kennzahlen zur Bewertung von Supply Chain Management-Geschäftsmodellen. In: Supply Network Management: mit Best Practice der Konkurrenz voraus. Gabler Verlag, Wiesbaden 2002.
- ZOL01 Zollondz, H.D. (Hrsg.): Lexikon Qualitätsmanagement: Handbuch des modernen Qualitätsmanagements. Oldenburg-Verlag, München 2001.
- ZVE88 N.N.: ZVEI-Kennzahlensystem. 4.veränderte Auflage. Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V., Frankfurt am Main 1988.

8 Anhang

Anhang A – Verfahren der exponentiellen Glättung 2. Ordnung nach Brown

1. Schritt: Ermittlung des erwarteten Mittelwerts aus der Vergangenheitswerten mittels der exponentiellen Glättung 1. Ordnung.

$$\bar{y}_t = \alpha \cdot \sum_{i=0}^n (1-\alpha)^{n-i} \cdot y_{t-i}$$

mit:

\bar{y}_t : Mittelwert der Kenngröße zum aktuellen Zeitpunkt nach der exponentiellen Glättung 1. Ordnung

y_t : Gemessener Wert zum Zeitpunkt t

α : Glättungsfaktor ($0 < \alpha < 1$ - je größer α , desto stärker der Einfluss der letzten Werte)

n : Anzahl betrachtete Perioden

2. Schritt: Berechnung des erwarteten Mittelwertes nach der exponentiellen Glättung 2. Ordnung.

$$\bar{\bar{y}}_t = \bar{y}_{t-1} + \alpha \cdot (\bar{y}_t - \bar{y}_{t-1})$$

mit:

\bar{y}_t : Mittelwert der Kenngröße zum aktuellen Zeitpunkt nach der exponentiellen Glättung 1. Ordnung

$\bar{\bar{y}}_t$: Mittelwert der Kenngröße zum aktuellen Zeitpunkt nach der exponentiellen Glättung 2. Ordnung

\bar{y}_{t-1} : Mittelwert der Kenngröße (nach exp. Glättung 2. Ordnung) der vorherigen Periode

α : Glättungsfaktor

3. Schritt: Berechnung der Trendsteigung.

$$b_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} \cdot (\bar{y}_t - \bar{\bar{y}}_t)$$

mit:

b_t : Trendsteigung für den aktuellen Zeitpunkt

\bar{y}_t : Mittelwert des Verbrauchs zum aktuellen Zeitpunkt nach der exponentiellen Glättung 1. Ordnung

\bar{y}_t : Mittelwert des Verbrauchs zum aktuellen Zeitpunkt nach der exponentiellen Glättung 2. Ordnung

α : Glättungsfaktor

4. Schritt: Berechnung des um den Trend korrigierten Mittelwertes.

$$y_t^* = \bar{y}_t + \frac{1-\alpha}{\alpha} \cdot b_t$$

mit:

y_t^* : aktueller, um den Trend korrigierter Mittelwert

\bar{y}_t : Mittelwert der Kenngröße zum aktuellen Zeitpunkt nach der exponentiellen Glättung 1. Ordnung

b_t : Trendsteigung für den aktuellen Zeitpunkt

α : Glättungsfaktor

5. Schritt: Berechnung des um den Trend korrigierten Prognosewertes:

$$y_{t+1}^* = y_t^* + b_t$$

mit:

y_{t+1}^* : Prognosewert für die nächste Periode

y_t^* : aktueller, um den Trend korrigierter Mittelwert

b_t : Trendsteigung für den aktuellen Zeitpunkt

Anhang B – Ermittlung des logistischen Beanspruchungs- und Belastbarkeitsportfolios

Anhang B.1 – Logistische Beanspruchung

Aussagen zur Bewertung der *logistischen Leistungsanforderung*:

- Kurze Lieferzeiten werden angestrebt.
- Eine auftragsspezifische Produktion ist für das zuliefernde Lieferkettenelement aufgrund der kurzen geforderten Lieferzeit unmöglich.
- Die angestrebte Durchlaufzeit ist kurz im Vergleich zur Lieferzeit.
- Der angestrebte Servicegrad ist als sehr hoch zu bezeichnen.
- Terminabweichungen (Verspätungen) im Materialzugang treten häufig auf.
- Mengenabweichungen (Minderlieferungen) im Materialzugang treten häufig auf.
- Durch Qualitätsprobleme im Materialzugang kommt es zu logistischen Problemen.
- Der geplante Materialzugang erfolgt nur sporadisch und mit großen Stückzahlen.
- Der Nachfrageverlauf weist einen linearen Trend auf.
- Die Nachfrage unterliegt einem saisonalen Trend.
- Die Nachfrage unterliegt starken stochastischen Schwankungen ohne erkennbares Muster.
- Die Nachfrage wird vom historischen Nachfrageverhalten beeinflusst, d.h. große Bestellungen in einer Periode führen zu geringeren Bestellmengen in den nachfolgenden Perioden.
- Kundenbestellungen werden häufig noch während der Bearbeitung in der Menge (Mehrbestellung) geändert.
- Kundenbestellungen werden häufig noch während der Bearbeitung im Termin (Vorverlegung) geändert.
- Kundenbestellungen werden häufig noch während der Bearbeitung in der Zusammensetzung der Produkte (Produktmix) geändert.
- Eilbestellungen treten in einem großen Prozentanteil auf.

Aussagen zur Bewertung der *Komplexität*:

- Die Fertigungstiefe des zuliefernden Lieferkettenelements ist hoch.
- Das betrachtete Produkt ist ein komplexes Produkt - dies führt zu einer großen Anzahl potenzieller Probleme im Vergleich zu einfacheren Produkten.
- Das Produkt wird in einer großen Variantenzahl benötigt.
- Das betrachtete Lieferkettenelement wird von einer großen Anzahl verschiedener Lieferkettenelemente (Lieferanten) beliefert.
- Das betrachtete Lieferkettenelement beliefert eine große Anzahl verschiedener Lieferkettenelemente (Kunden).
- Der Materialfluss zwischen den Lieferkettenelementen der Lieferkette ist sehr komplex.
- Die räumliche Entfernung zwischen den Lieferkettenelementen ist groß.
- Der Transport zwischen den Lieferkettenelementen überquert Landesgrenzen- dies resultiert häufig in einem zusätzlichen Aufwand für Zölle, Gebühren, Wartezeiten.
- Die Anzahl der Lieferkettenelemente in der Lieferkette ist sehr hoch.
- Die Anzahl der Fertigungsstufen in dem vorhergehenden Lieferkettenelement ist sehr hoch.
- Die Anzahl der vorhergehenden Fertigungsstufen aller zuliefernder Lieferkettenelemente des betrachteten Lieferkettenelements ist sehr hoch. Dies führt zu einer großen Anzahl potenzieller Problem- und Fehlerquellen.
- Die Anzahl der nachfolgenden Fertigungsstufen der belieferten Lieferkettenelemente ist sehr hoch. Hierdurch erhält das Produkt eine hohe Relevanz für die Lieferkette.
- Die Spezifikationen des Produkts werden häufig geändert. Das Gegenteil ist ein rein routinemäßiger und unveränderter Herstellungsprozess.

Aussagen zur Bewertung der *strategischen Relevanz*:

- Die Anzahl der möglichen Zulieferer für das Produkt ist gering.

- Hinsichtlich des Produkts herrscht ein starker Konkurrenzdruck, da viele Anbieter bei der Auftragsvergabe konkurrieren.
- Das betrachtete Lieferkettenelement hat technologisches Know-how, das einen Lieferantenwechsel unwahrscheinlich macht.
- Das betrachtete Lieferkettenelement ist als einziger Lieferant in der Lage, dieses Produkt in der gewünschten Qualität zu liefern.
- Das betrachtete Lieferkettenelement ist als einziger Lieferant in der Lage, dieses Produkt in der kurzen Lieferfrist zu liefern.
- Das betrachtete Lieferkettenelement bietet einen Service, der einen Lieferantenwechsel unwahrscheinlich macht.
- Der Lieferant bietet das Produkt zu deutlich niedrigeren Preisen als die Konkurrenz an.
- Das betrachtete Produkt ist derart spezifiziert, dass ein Wechsel des zuliefernden Lieferkettenelements (Lieferant) enorme Kosten verursachen würde.
- Das betrachtete Produkt hat eine hohe Relevanz für den Umsatz des betrachteten Lieferkettenelements.
- Das betrachtete Produkt hat eine hohe Relevanz für den Gewinn des betrachteten Lieferkettenelements.
- Das betrachtete Produkt hat eine hohe Relevanz für den Umsatz des belieferten Lieferkettenelements (Kunde).
- Das betrachtete Produkt hat eine hohe Relevanz für den Gewinn des belieferten Lieferkettenelements (Kunde).
- Das betrachtete Produkt hat eine entscheidende Bedeutung im Produkt des Kunden. Beim Fehlen dieses Produkts würde bspw. die Produktion des ganzen Produktes verzögert oder gestört.
- Die Kapazität des betrachteten Lieferkettenelements ist begrenzt und es herrscht ein Verkäufermarkt vor.
- Das betrachtete Lieferkettenelement kann eine große Anzahl verschiedener Lieferkettenelemente (Kunden) mit dem betrachteten Produkt beliefern.

Aussagen zur Bewertung der *logistischen Kosten*:

- Die Planung der Logistik verursacht hohe Kosten.
- Eine Änderung der geplanten Prozesse in der Lieferkette verursacht einen hohen (monetären) Aufwand.
- Die Transporte zwischen den Lieferkettenelementen sind teuer.
- Die bestellfixen Kosten durch Rechnungsstellung, Wareneingangsprüfung etc. sind im Verhältnis zu den variablen Kosten hoch.
- Die zu untersuchten Produkte haben einen hohen Wert und verursachen dadurch hohe Kapitalbindungskosten pro Mengeneinheit.
- Die Preise für die untersuchten Produkte schwanken. Die Lagerhaltung von hohen Beständen ist mit einem signifikanten unternehmerischem Risiko behaftet.
- Die Lagerung des untersuchten Produkts ist beispielsweise durch Gewicht, Größe oder Anforderungen an die Umgebungsbedingungen (Luftfeuchtigkeit oder Temperatur etc.) aufwändig.
- Eine große Stückzahl des Produktes muss gelagert werden.
- Die Lagerzeit der untersuchten Produkte ist lang.

Anhang B.2 – Logistische Belastbarkeit

Aussagen zur Bewertung der *logistischen Stabilität*:

- Bestände unterschiedlicher Höhe können vorgehalten werden, ohne dass es zu Problemen beispielsweise durch Kapazitätsgrenzen von Lagerstätten kommt.
- Ein hohes Niveau an Beständen wird vorrätig gehalten und sichert somit die logistische Stabilität. Eine gute Lieferfähigkeit ist durch diese Bestände jederzeit gegeben.
- Insbesondere kritischen Teilen wird eine große Aufmerksamkeit bei der Planung der Bestände gewidmet.
- Die Durchlaufzeiten des betrachteten Lieferkettenelements sind kurz im Vergleich zur geforderten Lieferzeit und ermöglichen somit eine gute Reaktionsfähigkeit.
- Die Durchlaufzeiten sind konstant und unterliegen fast keinen Schwankungen.
- Die Verfügbarkeit der Arbeitssysteme des betrachteten Lieferkettenelements ist hoch, so dass keine Probleme durch unvorhergesehen Störungen auftreten.
- Dem betrachteten Lieferkettenelement zuliefernde Lieferkettenelemente (Lieferanten) sind zuverlässig, so dass keine Probleme durch Lieferverzögerungen beim vorgelagerten sowie dem betrachteten Lieferkettenelement entstehen.

Aussagen zur Bewertung der *logistischen Reaktionsfähigkeit*:

- Nachfrageschwankungen können durch Kapazitätsflexibilitäten aufgefangen werden.
- Nachfrageschwankungen können durch Kapazitätsreserven aufgefangen werden, da die Arbeitssysteme relativ gering ausgelastet sind.
- Die Kapazitätsreserve ist in Form von Überkapazitäten fest mit eingeplant.
- Es werden flexible Schichtmodelle eingesetzt, um die Flexibilität der Mitarbeiter zu gewährleisten.
- Es ist immer genügend Rohmaterial, Halbzeug etc. für das betrachtete Produkt vorhanden um flexibel auf auftretende Änderungen reagieren zu können.

- Flexibilität durch einen Austausch der Arbeitssysteme und der zu fertigen Produkte ermöglichen eine hohe Reaktionsfähigkeit bspw. auch beim Ausfall eines Arbeitssystems des Zulieferers.
- Die Kapazitätsreserve wird nicht durch andere Produkte oder Prozesse konkurrierend genutzt, so dass es im Fall der Nutzung nicht erst zu zeitintensiven Abstimmungsprozessen kommt.
- Kurze Rüstzeiten ermöglichen kleine Lose und somit eine schnelle Reaktion auf sich ändernde Kundenanforderungen.
- Eilaufträge können problemlos in den Produktionsplan integriert werden.

Aussagen zur Bewertung des *Materialfluss*:

- Der Zeitabstand (Rhythmus) zwischen den Transporten ist sehr kurz, im Idealfall kontinuierlich. Ein nur seltener Transport bspw. nur in ganzen Containerladungen bei einer Kleinserienfertigung von kleinen Bauteilen ist das Gegenteil.
- Die Transporttermine können bedarfsgerecht angepasst werden. Werden Transporte bspw. früher als geplant benötigt, ist dies ohne großen Aufwand möglich.
- Der Transport erfolgt sehr zuverlässig und ist nicht störanfällig.
- Die Transportzeiten und -entfernungen sind gering.
- Die Transportkapazität zwischen den Lieferkettenelementen ist flexibel, d.h. alle benötigten Mengen können jederzeit transportiert werden.
- Der Materialfluss erlaubt eine Verkettung unterschiedlicher Elemente und somit eine hohe Flexibilität.
- Die Lagerhaltung von Beständen zwischen den Lieferkettenelementen sorgt für einen konstanten Materialfluss
- Die Lagerung zwischen den einzelnen Lieferkettenelementen erfolgt im Bereich des Kunden (Konsignationslager)- das Gegenteil wäre eine Lagerung beim Lieferanten.

Aussagen zur Bewertung des *Informationsfluss*:

- Vorhersagen über zukünftige Bedarfe liegen mit einer hohen Vorhersagegüte vor.
- Die Informationen, die zwischen den Lieferkettenelementen übertragen werden sind korrekt.
- Die Planzeiten bilden die Realität mit einer hohen Genauigkeit ab, es kommt zu keinerlei Störungen und somit auch zu keinerlei Verzögerungen durch die Produktion des betrachteten Lieferkettenelements.
- Die Beziehung zwischen den Lieferkettenelementen ist von hohem Vertrauen geprägt.
- Informationen über Probleme beim betrachteten Lieferkettenelement werden sofort kommuniziert, damit sich das nachfolgende Lieferkettenelement (Kunde) darauf einstellen kann.
- Bestellungsänderungen werden so schnell und langfristig wie möglich mitgeteilt um eine schnelle Reaktion zu ermöglichen.
- Alle erforderlichen Daten hinsichtlich der Produktionsplanung und –steuerung werden ausgetauscht.
- Die Geschäftsverbindung besteht bereits längerfristig und ist nicht zeitlich befristet.
- Der Informationsfluss hinsichtlich der Produktionsplanung erfolgt übergreifend über alle Lieferkettenelemente in der gesamten Lieferkette. Das Gegenteil ist eine reine Kommunikation der Bestellvorgänge ohne Liefer- und Vorwarnzeit mit der Erwartung einer hohen Lieferfähigkeit zwischen zwei Lieferkettenelementen.
- Jedes Lieferkettenelement in der Lieferkette ist in der Lage, Bestände aller beteiligten Lieferkettenelemente und deren Endkundenbedarfe einzusehen.
- Die EDV der beteiligten Unternehmen ist voll integriert, der Datenaustausch erfolgt routinemäßig und problemlos.

Anhang C – Kennzahlensystem des Praxisbeispiels

Kennzahl		LKE -4.1	LKE -3.1	LKE -2.1	LKE -1.2	LKE -1.1	LKE 0.1	Liefer- kette
Liefertermintreue Eingang	Eingang	X	X	X	X	X	X	X
Liefermengentreue Eingang		X	X	X	X	X	X	X
Lieferqualitätstreue Eingang		X	X	X	X	X	X	X
Lieferzeit zulieferndes LKE		X	X	X	X	X	X	X
Bestellkosten		X				X		
Personalkosten		X				X		
Eingangslagerbestand		X	X	X	X	X	X	X
Nachfragerterminschwankung		X	X	X	X	X	X	X
Nachfragemengenschwankung		X	X	X	X	X	X	X
Vorhersagegüte		X	X			X	X	
Liefertermintreue intern	Intern		X		X			
Liefermengentreue intern			X		X			
Lieferqualitätstreue intern			X		X			
Rüstzeit			X	X	X		X	
Bearbeitungszeit			X	X	X		X	
Kapazitätsauslastung			X		X		X	
Lagerbestand		X	X	X	X	X	X	X
Kapitalbindung	X	X	X	X	X	X	X	
Abweichung Planwerte			X	X	X		X	
Liefertermintreue Ausgang	Ausgang	X	X	X	X	X	X	X
Liefermengentreue Ausgang		X	X	X	X	X	X	X
Lieferqualitätstreue Ausgang		X	X	X	X	X	X	X
Durchlaufzeit			X	X	X		X	X
Lieferzeit		X	X	X	X	X	X	X
Lagerbestand Ausgang		X	X	X	X	X	X	X
Schwankung Abruftermin		X	X	X	X	X	X	X
Schwankung Abrufmenge		X	X	X	X	X	X	X

Legende:

LKE - Lieferkettenelement

LKE -4.1 – Wareneingangslager Rohmaterial

LKE -3.1 – Umformbetrieb

LKE -2.1 – Metallverarbeitender Betrieb

LKE -1.2 – Wareneingangslager Zukaufteile

LKE -1.1 – Betrieb für Oberflächenbehandlung

LKE 0.1 – Montagebetrieb

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name Steffen Reinsch
Geburtsdatum und -ort 12.04.1973 in Mannheim
Familienstand ledig

Schulbildung

08/79 – 07/83 Grundschule Birkenheide, Pfalz
08/83 – 07/93 Werner Heisenberg Gymnasium Bad Dürkheim/Weinstraße
Schulabschluss: Abitur

Zivildienst

07/93 – 09/94 Wohnheim für Schwerstbehinderte der Lebenshilfe in Maxdorf, Pfalz

Studium

10/94 – 08/97 Studium des Maschinenbaus an der Universität Hannover
09/97 – 12/99 Studium des Manufacturing Systems Engineering an der UW - University of Wisconsin, Madison, USA
Studienabschluss: Master of Science (MSE)

Berufstätigkeit

09/04 – 04/99 Praktika in verschiedenen Industrieunternehmen in Deutschland und USA (ABB Kraftwerke AG, Beloit Corp., Rockton, IL, USA, John Deere Werke Mannheim,)
09/95 – 07/97 Wissenschaftliche Hilfskraft am Laser Zentrum Hannover
07/98 – 01/99 Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Center for Quick Response Manufacturing, Madison, WI, USA
04/99 – 07/01 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Logistik am IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH
07/01 – 06/03 Leiter der Abteilung Logistik am IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH
09/01 – 06/03 Zusätzliche Ernennung zum Prokuristen und stellvertretenden Geschäftsführer
seit 07/03 Geschäftsführer des IPH - Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH