

# **Kennzahlenbasierte Fehleridentifizierung in der Beschaffungslogistik**

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

von

Dipl.-Ing. Frieder Kanitz

geboren am 19.11.1970 in Stuttgart

2002

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

2. Referent: Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. H.-K. Tönshoff

Tag der Promotion: 29. Mai 2002

## **Abstract**

Die aus der Konzentration auf die Kernkompetenz resultierende Reduzierung der Fertigungstiefe führt in vielen Unternehmen zu einem Anstieg an Fremdbezugsteilen. Dies hat zur Folge, dass die Beschaffung für den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens zunehmend an Bedeutung gewinnt. Insbesondere in Zeiten, in denen Produkte in kurzen Lieferzeiten und mit hoher Termintreue von den Kunden gefordert werden, muss die Beschaffungslogistik die wirtschaftliche Versorgung der Produktion mit fremdbezogenen Artikeln auf einem hohen und stabilen Niveau gewährleisten.

In einem Spannungsfeld von Flexibilitätsanforderungen seitens der Produktion und des logistischen Leistungsvermögens der Lieferanten wird versucht, durch den Einsatz geeigneter Controlling- und Monitoring-Instrumente eine hohe logistische Leistung in der Beschaffung zu realisieren. Da bestehende Controlling- und Monitoring-Ansätze auf der Basis von Vergangenheitsdaten beruhen, können Fehler erst dann identifiziert werden, nachdem sie aufgetreten sind. Bestehende Methoden, die, wie beispielsweise die FMEA, eine präventive Fehlererkennung ermöglichen, beruhen i.d.R. auf subjektiven Bewertungen individueller Ansichten.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, eine Methode zu entwickeln, die eine frühzeitige Identifizierung potenzieller Fehlerursachen auf der Basis von objektiv bewerteten, aktuellen Zuständen beschaffungslogistischer Zielgrößen ermöglicht. Mittels der zu erarbeiteten Methode sollen bei Abweichungen der Zielgrößen von ihren Zielwerten direkt die potenziellen Fehlerursachen erkannt werden können, die einen wesentlichen Einfluss auf die Beschaffungslogistik ausüben.

Der methodische Ansatz beruht auf einem mehrstufigen Wirkmodell, das aus einem statischen und einem dynamischen Wirkgefüge besteht. Das statische Wirkgefüge ermöglicht durch die stringente Verknüpfung von Zielgrößen, Prozessen und Fehlerursachen sowie die quantitative Beurteilung der gegenseitigen Beeinflussung das Aufzeigen der Korrelation von Zielgröße und Fehlerursache. Durch die Verknüpfung des statischen Wirkgefüges mit einem Frühwarnsystem entsteht ein dynamisches Wirkgefüge, mit dessen Hilfe eine Bewertung von Fehlerursachen bzgl. des Einflusses auf die Zielgrößen – und damit auf die Logistikqualität in der Beschaffung – vorgenommen werden kann. Dies eröffnet die Möglichkeit, die Fehlerursachen, die den größten Stellhebel zur Verbesserung der Beschaffungslogistik bilden, zu erkennen, um nachfolgend Maßnahmen zu deren Beseitigung einzuleiten.

Stichworte: Beschaffung, Fehlerfrüherkennung, Logistikqualität

## **Abstract**

The reduction of the vertical range of manufacturing due to the concentration on the core-competencies steadily increases the number of supply parts of companies. As a result the procurement of a company becomes more important for the economic success. Particularly today, since costumers require products with short lead-times and high deliver-performance, the procurement-logistics has to ensure the economic supply of externally procured products on a high and steady level. To ensure the a high levelled procurement logistics performance especially in the conflict of the requirements on flexibility on part of the manufacturing and the logistics performance on part of the suppliers, capable controlling- and monitoring-systems are used. As existing controlling- and monitoring systems are based on information of the past, failure can only be identified after it occurred. Existing methods like the FMEA, which permits a preventive failure recognition are normally based on subjective perception of individuals.

Therefore, objective of this paper is to develop a method to identify potential failures in an early stage based on objectively rated performance indicators of procurement logistics. By means of the developed method, potential failures, which have a significant influence on the procurement logistics, should be identified by deviations of the performance indicators from their target values.

The approach of the method is based on a multi-level model, that consists on a static and a dynamic cause-and-effect-model. The static cause-and-effect-model enables the specification of the correlation of performance indicator and potential failure by the stringent link of performance indicator, procurement processes and failures as well as the validation of the interacting influence of these three components. By linking the static cause-and-effect-model with an early warning system, the dynamic cause-and-effect-model arises which allows the validation of failures and their effects on the performance indicators - and therefore on the procurement logistics performance. Failures, that have the greatest influence on an improvement of the procurement logistics can be identified and as result measures to eliminate these failures can be initiated.

Keywords: Procurement, logistics performance, failure identification

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1	Bedeutungswandel der Beschaffungslogistik .....	1
1.2	Problemstellung und Zielsetzung .....	3
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b> .....	<b>7</b>
2.1	Beschaffungslogistik.....	7
2.1.1	Beschaffungslogistik als Funktion der Unternehmenslogistik.....	7
2.1.2	Begriffsabgrenzung .....	9
2.1.2.1	Strukturierung des beschaffungslogistischen Prozesses .....	11
2.1.2.2	Beschaffungslogistische Ziele und Zielkonflikte.....	13
2.2	Methoden des beschaffungslogistischen Controllings.....	14
2.2.1	Begriff des Controllings .....	14
2.2.2	Abgrenzung Logistikcontrolling von Logistikmonitoring .....	15
2.2.3	Modellbasierte Bewertung.....	16
2.2.3.1	Beschreibungsmodelle .....	17
2.2.3.2	Erklärungsmodelle .....	21
2.2.4	Kennzahlenbasierte Bewertung .....	25
2.2.4.1	Definition des Kennzahlenbegriffs .....	25
2.2.4.2	Grundlegende Kennzahlen für die Beschaffungslogistik .....	26
2.2.4.3	Kennzahlensysteme .....	30
2.2.4.4	Bisher entwickelte Kennzahlensysteme .....	32
2.2.5	Zusammenfassende Bewertung der Methoden des beschaffungslogistischen Controllings .....	34
2.3	Qualitätsmanagement .....	37
2.3.1	Begriff der Qualität .....	37
2.3.2	Methoden des Qualitätsmanagements.....	39
2.3.2.1	Statistische Prozesslenkung - SPC .....	39
2.3.2.2	Fehlerbaumanalyse .....	42
2.3.2.3	FMEA .....	45
2.3.3	Zusammenfassende Bewertung der Methoden des Qualitätsmanagements .....	48
2.4	Fazit und Schlussfolgerungen für die zu entwickelnde Methode.....	49
2.4.1	Fazit .....	49
2.4.2	Anforderungen an die zu entwickelnde Methode .....	50
<b>3</b>	<b>Entwicklung einer Methode zur kennzahlenbasierten Fehleridentifizierung</b>	<b>53</b>
3.1	Konzept der Methode .....	53
3.2	Prozessmodell für die Beschaffungslogistik .....	57
3.2.1.1	Überblick über das Prozessmodell für die operative Beschaffungslogistik.....	57
3.2.1.2	Beschreibung der Teilprozesse .....	59
3.3	Entwicklung eines Kennzahlensystems.....	61
3.3.1	Entwicklung eines allgemeinen Zielsystems .....	62
3.3.2	Integration der Kennzahlen in das Zielsystem.....	64
3.4	Entwicklung einer Fehlerbaumstruktur .....	66
3.5	Entwicklung eines Frühwarnsystems zur Zielgrößenüberwachung.....	69
3.5.1	Aufgabe und Aufbau des Frühwarnsystems.....	69
3.5.2	Ermittlung des Prognosewertes .....	70
3.5.3	Eingriffs- und Toleranzwerte .....	72

3.5.4	Beurteilung der Zielgrößen .....	73
3.5.5	Betrachtung der Fehlerart .....	76
3.6	Aufbau eines Wirkgefüges zur Fehleridentifikation .....	79
3.6.1	Das Allgemeine Wirkgefüge .....	80
3.6.2	Das Dynamische Wirkgefüge .....	89
3.6.3	Berechnung der Fehlerfaktors .....	90
<b>4</b>	<b>Realisierung eines softwaretechnischen Assistenzsystems .....</b>	<b>93</b>
4.1	Anforderungen an ein Assistenzsystem .....	93
4.2	Systemarchitektur .....	94
4.3	Datenbankstruktur .....	95
4.4	Systemoberfläche .....	97
<b>5</b>	<b>Pilotanwendung .....</b>	<b>102</b>
5.1	Ausgangssituation .....	102
5.2	Vorgehensweise .....	103
5.2.1	Vorbereitung .....	103
5.2.1.1	Ermittlung des beschaffungslogistischen Prozesses .....	103
5.2.1.2	Erstellung Ziel- und Kennzahlensystem .....	103
5.2.1.3	Ermittlung und Bewertung der Fehlerursachen .....	103
5.2.1.4	Gestaltung von Artikelgruppen .....	104
5.2.1.5	Ermittlung der Toleranz- und Eingriffswerte .....	106
5.2.2	1. Analyse .....	106
5.2.3	2. Analyse .....	108
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>111</b>
6.1	Zusammenfassung .....	111
6.2	Ausblick .....	112
<b>7</b>	<b>Literatur .....</b>	<b>114</b>
<b>8</b>	<b>Anhang .....</b>	<b>124</b>

## Abbildungsverzeichnis

Bild 1-1: Entwicklung der Wertschöpfungsanteile .....	1
Bild 2-1: Subsysteme der Unternehmenslogistik [PFO90] .....	7
Bild 2-2: Beschaffungsobjekte [GLÄ95] .....	10
Bild 2-3: Gliederung der Beschaffungslogistik [WEB00] .....	12
Bild 2-4: Das Zielsystem der Beschaffungslogistik [WIE97b].....	13
Bild 2-5: Entwicklung des Lagerdurchlaufdiagramms aus dem allgemeinen Lagermodell (vgl. [LUD94]).....	17
Bild 2-6: Trichtermodell und Durchlaufdiagramm des Lagerhaltungsprozesses [GLÄ95] .....	19
Bild 2-7: Berechnung von Kennzahlen aus dem Lagerdurchlaufdiagramm [GLÄ95] 20	
Bild 2-8: Das Lagermodell als Basis der idealen Lagerkennlinie [NYH99].....	22
Bild 2-9: Einflussgrößen auf reale Lagerkennlinie [NYH99] .....	24
Bild 2-10: Kennzahlenarten .....	25
Bild 2-11: Kennzahlensysteme .....	30
Bild 2-12: Auszug Kennzahlensystem nach VDI 4400 [VDI00].....	34
Bild 2-13: Qualitätsverständnis im Wandel (in Anlehnung an [PFE95]) .....	37
Bild 2-14: Leistungsmerkmale der Regelkartentechnik [DOM88] .....	40
Bild 2-15: Terminregelkarte [DOM88] .....	41
Bild 2-16: Beispielhafter Fehlerbaum [Vgl. GAL02] .....	43
Bild 2-17: Struktur eines FMEA-Formularblatts (in Anlehnung an [VDA97]) .....	46
Bild 3-1: Bestandteile der Methode zur kennzahlenbasierten Identifizierung potenzieller Fehler .....	53

Bild 3-2: Prozessmodell „Operative Beschaffung“ (in Anlehnung an [WEB00]) .....	58
Bild 3-3: Beispielhafte Abbildung verschiedener Beschaffungsprozesse .....	61
Bild 3-4: Zielsystem für die Beschaffungslogistik (in Anlehnung an [VDI00]).....	63
Bild 3-5: Beispielhafte Darstellung eines Kennzahlensystems (vgl. u.a. [STR00]) ...	65
Bild 3-6: Vorgehensweise zur Erstellung prozessspezifischer Fehlerbäume.....	67
Bild 3-7: Beispielhafter Fehlerbaum für die Beschaffungslogistik .....	68
Bild 3-8: Beispielhafter Kennzahlenverlauf .....	70
Bild 3-9: Beispielhafte Ermittlung der Eingriffs- und Toleranzgrenze für die Zielgröße geringe <i>Bestandskosten</i> .....	73
Bild 3-10: Matrix zur Ermittlung der jeweiligen Zielgrößenzustände .....	74
Bild 3-11: Prinzipdarstellung Frühwarnsystem.....	75
Bild 3-12: Beispielhafte quantitative Bewertung der Beschaffungslogistik und zugehöriges Fehlerportfolio .....	78
Bild 3-13: Beispielhafte Portfolios für prozess- und artikelspezifische Fehlerursachen .....	79
Bild 3-14: Darstellung der ersten Vernetzungsstufe des statischen Wirkgefüges.....	84
Bild 3-15: Bewertung der Fehlerursachen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Zielgrößen .....	86
Bild 3-16: Darstellung der zweiten Vernetzungsstufe des statischen Wirkgefüges...	88
Bild 3-17: Darstellung des dynamischen Wirkgefüges.....	89
Bild 3-18: Ermittlung des Fehlerfaktors.....	91
Bild 4-1: Systemarchitektur.....	94
Bild 4-2: Entity-Relationship-Modell der Datenbank .....	95

Bild 4-3: Hauptmenü des Assistenzsystems.....	97
Bild 4-4: Beispielhafte Darstellung des Menüpunktes Frühwarnsystem .....	98
Bild 4-5: Auswertung Fehlerursachen.....	99
Bild 4-6: Entwicklung von Fehlerfaktoren über die Perioden .....	100
Bild 5-1: Kriterien zur Bildung von Artikelgruppen .....	105
Bild 5-2: Ergebnisse der ersten Analyse.....	107
Bild 5-3: Ergebnisse der zweiten Analyse.....	109
Bild 5-4: Darstellung spezifischer Fehlerfaktoren über die Perioden .....	110

## Abkürzungen

AAF	Allgemeiner Artikelgruppenspezifischer Fehlerfaktor
AFZE	Allgemeiner Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussfaktor
AZZ	Allgemeiner Zielgrößen-Zustandsfaktor
BDE	Betriebsdatenerfassung
BKT	Betriebskalendertag
ER	Entity-Relationship
ERP	Efficient Ressource Planning
FAW	Fehlerauftretenswahrscheinlichkeit
FF	Fehlerfaktor
FMEA	Fehlermöglichkeits- und –einflussanalyse
FTA	Fault Tree Analysis
FZE	Fehler-Zielgrößen-Einflussfaktor
GE	Geldeinheit
GFZE	Gewichteter Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussfaktor
ISO	International Standard Organization
JIT	Just-in-Time
ME	Mengeneinheit
MS	Microsoft
OEG	Obere Eingriffsgrenze
PPS	Produktionsplanung und –steuerung
PZE	Prozess-Zielgrößen-Einflussfaktor
QRK	Qualitätsregelkarte

## Abkürzungen

---

SPC	Statistic Process Control
TOE	Obere Termineingriffsgrenze
TOW	Obere Terminwarngrenze
TQM	Total Quality Management
TUE	Untere Termineingriffsgrenze
TUW	Untere Terminwarngrenze
UEG	Untere Eingriffsgrenze
VDA	Verein der deutschen Automobilhersteller
VDI	Verein Deutscher Ingenieure

# 1 Einleitung

## 1.1 Bedeutungswandel der Beschaffungslogistik

Die zunehmenden Anforderungen nach kundenindividuellen Produkten führen zu einer Erhöhung der Variantenvielfalt. Diese Erhöhung hat eine Verbreiterung des Artikelspektrums bei gleichzeitiger Reduzierung der artikelspezifischen Bedarfszahlen zur Folge, so dass traditionelle Kostenvorteile über Skaleneffekte nicht weiter realisiert werden können. Um dennoch zu wettbewerbsfähigen Kosten produzieren zu können, begegnen die Unternehmen der Erhöhung der Variantenvielfalt durch eine gezielte Konzentration auf ihre Kernkompetenzen [WIE98]. Die hieraus resultierende Reduzierung der Fertigungstiefe und der damit verbundene Anstieg an Fremdbezugsteilen und -komponenten hat zur Folge, dass der Anteil der Materialkosten an den Gesamtkosten in vielen Branchen bereits heute weit über 50% liegt [GÖP99]. Die Tendenz ist steigend (vgl. [PFE96], [SES00]). Entsprechend einer Studie von A.T. Kearney wird erwartet, dass bis zum Jahr 2005 die Beschaffung bis zu 80% der Wertschöpfung in den Unternehmen beitragen wird [WIT01] (Bild 1-1). Die Versorgung auf den Beschaffungsmärkten gewinnt somit entscheidende Bedeutung für den Erfolg eines Unternehmens [ARN97].

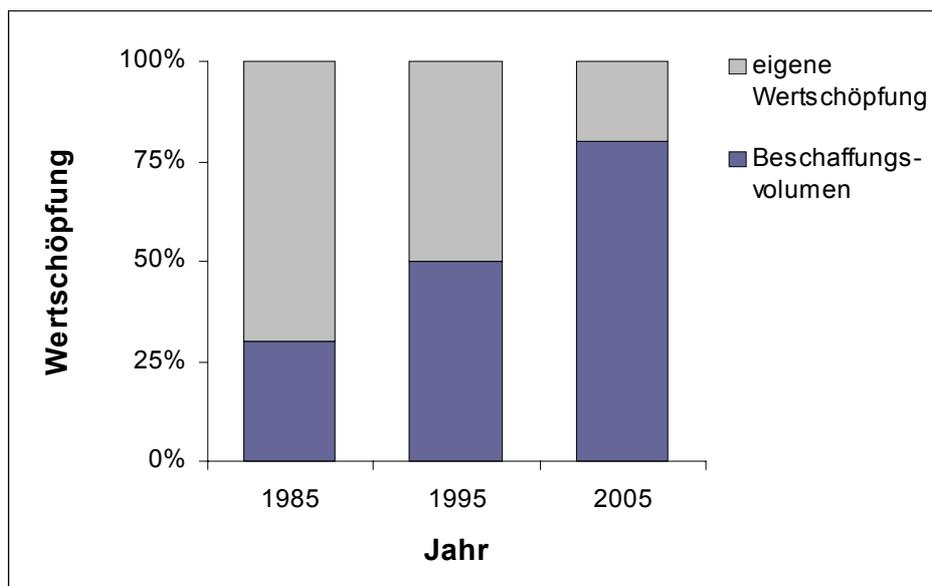


Bild 1-1: Entwicklung der Wertschöpfungsanteile

Aufgrund des Wandels vom Produzenten- zum Käufermarkt steigt gleichzeitig die Erzeugnis- und Variantenvielfalt und somit das Spektrum an zu beschaffenden Artikeln. Neben einem Anstieg der Kosten wirkt sich dies zusätzlich auf die Komplexität der Beschaffung aus (vgl. [WIL99], [FRI98]). Dieser Effekt wird durch Mengenschwankungen auf der Absatzseite noch erhöht (vgl. [LÜC93]). Den hieraus resultierenden Anforderungen an die Beschaffungslogistik, nämlich den Erwartungen dieses dynamischen Umfelds schnell und flexibel gerecht zu werden und gleichzeitig möglichst geringe Kosten zu verursachen, begegnen die Unternehmen mit verschiedenen Strategien.

Um Kosteneinsparungspotenzialen zu realisieren werden in den Unternehmen vermehrt Global Sourcing-Strategien verfolgt, die eine Erweiterung der Bezugsquellen von nationalen hin zu internationalen Lieferanten fokussieren. Die in internationalen Märkten oftmals aufgrund niedrigerer Herstell- und Personalkosten realisierbaren geringeren Bezugspreise ermöglichen den Unternehmen die Erschließung kostengünstigerer Lieferquellen.

Der zunehmende Anzahl an Produktvarianten und die hieraus entstehende Vielfalt an zu beschaffenden Einzelteilen bzw. der steigenden Anzahl an Lieferanten begegnen die Unternehmen mit Modular-Sourcing-Strategien. Die Unternehmen beziehen von ihren Lieferanten bereits vormontierte Systeme und Baugruppen und verlagern damit die Verantwortung für die Beschaffung erforderlicher Einzelteile sowie die Montage auf ihre Lieferanten (Vgl. [ECK99]). Durch die Anwendung dieser Strategie wird eine Reduzierung der vorzuhaltenden Lagerbestände sowie des Steuerungsaufwandes für die Beschaffung fokussiert.

Das Ziel, die Komplexität der Lieferbeziehung durch die Konzentration auf eine Bezugsquelle zu verringern, wird im Rahmen einer Single Sourcing-Strategie verfolgt. Darüber hinaus soll eine engere, längerfristige Zusammenarbeit zu einer Verbesserung der Qualität beitragen und damit die Voraussetzungen für Just-in-Time-Konzepte schaffen.

Aufgrund der beschriebenen Strategien ist die Abhängigkeit und damit der Einfluss der Lieferanten auf die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen in den vergangenen Jahren gewachsen [ECK99]. Zur Sicherung der Versorgung der Produktion mit fremdbezogenen Artikeln [GLÄ95] gewinnt daher die Auswahl und die Bewertung

hinsichtlich der logistischen Leistungsfähigkeit der Lieferanten zunehmend an Bedeutung. Der Versuch der Unternehmen dieser Bedeutung gerecht zu werden mündet oftmals in einem gezielten Lieferantenmanagement. Dabei werden sie durch standardisierter Verfahren zur Lieferantenauswahl, -auditierung und –bewertung, die in den VDA- und QS-Richtlinien festgelegt sind ([VDA96], [VDA97]), unterstützt. Diese Bewertung fokussiert jedoch im wesentlichen die Schnittstelle zwischen Unternehmen und Lieferanten.

Die Sicherung der logistischen Leistung in der innerbetriebliche Beschaffung soll durch den Einsatz geeigneter Controlling-Instrumente (vgl. u.a. [WEB93], [REI95], [SCH95], [GLÄ95]) gewährleistet werden. Jedoch beruhen die aus den Controlling-Instrumenten resultierenden Ergebnisse auf Ex-Post-Betrachtungen der Beschaffungslogistik. Dies bedeutet, dass Fehlerursachen erst zu dem Zeitpunkt erkannt worden sind, wenn sie schon einen nachhaltigen Einfluss auf die Beschaffung ausgeübt haben. Insbesondere vor dem Hintergrund der hohen Anforderungen der Produktion bezüglich Liefertreue und Flexibilität muss durch präventive Maßnahmen jedoch erreicht werden, dass Fehler nicht auftreten können bzw. schon in Ansätzen identifiziert und effizient behoben werden können bevor sich diese negativ auf die nachgelagerten Bereiche auswirken.

## **1.2 Problemstellung und Zielsetzung**

Die maßgebliche Aufgabe der Beschaffungslogistik ist darin zu sehen, im Spannungsfeld zwischen den Flexibilitätsanforderungen der Produktion und dem logistischen Leistungsvermögen der Lieferanten laufend eine wirtschaftliche Versorgung der Produktion auf einem hohen und stabilen Niveau zu gewährleisten [GLÄ95]. Dabei sind i.d.R. im Bereich der Beschaffungslogistik zwei traditionell voneinander eher entkoppelte Bereiche integriert, die auch aufbauorganisatorisch oftmals verschiedenen Bereichen zugeordnet sind. So findet sich in vielen Produktionsunternehmen die Materialdisposition im Bereich der Produktion. Die Bestellung und Bestellüberwachung sind dagegen im Bereich des Einkaufs sowie der Wareneingang im Bereich Materialwirtschaft/Logistik angesiedelt. Hierdurch können bei der Abwicklung der Beschaffung oftmals Reibungsverluste durch intransparente Abläufe entstehen.

Die in den Unternehmen anzutreffenden Controllinginstrumente sind oftmals an diesen aufbauorganisatorischen Strukturen ausgerichtet und fokussieren auf die Bewertung von Bereichen oder Kostenstellen. Zusätzlich erfolgt innerhalb der Bereiche eine isolierte Betrachtung von Zielgrößen. Diese verschiedenen Zielgrößen unterliegen teilweise jedoch starken Interdependenzen. Dies bedeutet, dass Abweichungen der Zielgrößen von ihren Sollwerten auf Fehlern basieren können, die aus einem (organisatorisch) anderen Bereich resultieren. Der Bereich, der für die Einhaltung der Zielgröße die Verantwortung besitzt, hat in diesem Fall keinen direkten Einfluss auf die Abweichung. Andererseits können durch Maßnahmen, die auf eine lokale Verbesserung der logistischen Leistung abzielen, weitere Zielgrößen in anderen Bereichen nachhaltig beeinflusst werden.

Mit Hilfe der aus den Unternehmenszielgrößen abgeleiteten Kennzahlen sind die Bereiche der Beschaffungslogistik zwar in der Lage, Störungen in den Bereichen zu erkennen, können diese jedoch aufgrund ihrer lokalen Sicht nicht oder nur unzureichend hinsichtlich ihrer Bedeutung für die gesamte Beschaffungslogistik bewerten (vgl. [DET98]). Darüber hinaus werden mit Kennzahlen nur einzelne Zielgrößen bewertet. Für eine ganzheitliche Bewertung müssen jedoch alle relevanten Zielgrößen in ihrem Zusammenhang betrachtet werden.

Es ist nicht ausreichend, die gewünschte Logistikleistung durch ein Kennzahlensystem sicherzustellen, um bei möglichen Abweichungen schnell reagieren zu können. Der Zeitpunkt, an dem die Störungen identifiziert werden, liegt schon in der Vergangenheit. Die Fehler sind schon aufgetreten und können nun zu Versorgungsproblemen in der Produktion führen.

Daher ist das frühzeitige Erkennen und Bewerten potenzieller Fehlerquellen und Fehlerrisiken von besonderer Wichtigkeit, weil von der Präzision und dem Umfang der Risikoerkennung häufig der Erfolg sämtlicher Anstrengungen zur Verbesserung der logistischen Qualität ab. Nur ein erkanntes Risiko kann Gegenstand von rationalen und planvollen Aktivitäten der Vermeidung sein. Nicht erkannte Fehlerquellen können hingegen nicht systematisch bekämpft werden [KLA93].

Deshalb muss im laufenden Betrieb das präventive Fehlermanagement, d. h. das frühzeitige Erkennen von kritischen Situationen und von Fehlern, eine wichtige Rolle einnehmen. Nur durch das frühzeitige Erkennen solcher Situationen und Fehler

können Beeinträchtigungen der Verfügbarkeit oder weitere Störungen vermieden werden [DET98].

Mit dem Auftreten eines Problems im logistischen Beschaffungsprozess ist die Ursachenbestimmung struktureller und prozessbedingter Fehlerursachen sowie das Ableiten von Maßnahmen zu deren Vermeidung vorzunehmen. Die Schwierigkeit, in einem komplexen Netzwerk von Zielgrößen, Beschaffungsprozessen und auftretenden Problemen liegt darin, die Fehlerursachen eindeutig zu identifizieren. Erschwert wird dies dadurch, dass nicht selten eine Kombination von Fehlerursachen für das Auftreten eines größeren Problems verantwortlich ist. Die Verfahren des Qualitätsmanagements zur präventiven Fehlererkennung erlauben grundsätzlich die Identifizierung und Bewertung potenzieller Fehlerursachen, jedoch erfolgt die Beurteilung unabhängig von den aktuellen situationsspezifischen Randbedingungen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, eine Methode zu entwickeln, die es den produzierenden Unternehmen erlaubt, potenzielle Fehlerquellen in der innerbetrieblichen Beschaffungslogistik frühzeitig zu identifizieren sowie präventiv zu vermeiden. Fokus soll eine innerbetriebliche prozessorientierte Betrachtung der Beschaffungslogistik, beginnend mit dem Prozess der (Fremd-)Bedarfsidentifizierung über die Disposition und Bestellung bis zum Wareneingang und der Bereitstellung für die Produktion sein.

Die Methode dient der frühzeitigen Identifizierung potenzieller Fehlerursachen auf der Basis von objektiven aktuellen Zuständen beschaffungslogistischer Zielgrößen. Mittels der Methode sollen bei Abweichungen der Zielgrößen von ihren Zielwerten die potenziellen Fehlerursachen direkt erkannt werden, die einen wesentlichen Einfluss auf die Beschaffungslogistik ausüben. Bestehende Ansätze des Controllings und des Qualitätsmanagements werden berücksichtigt und entsprechend in die Methode eingebunden.

Hierzu werden zunächst in Kapitel 2 wichtige Grundlagen der vorliegenden Arbeit erläutert. Es wird eine Einordnung der Beschaffungslogistik vorgenommen, indem die Aufgaben und Ziele der Beschaffungslogistik in Produktionsunternehmen beschrieben werden. Anschließend werden die Grundlagen des logistischen Controllings und Monitorings in der Beschaffungslogistik beschrieben. Nachfolgend wird ein kurzer Überblick über die Methoden des Qualitätsmanagements und deren

Einsatzmöglichkeiten zur Erhöhung der logistischen Qualität gegeben. In Kapitel 3 wird, aufbauend auf den Erkenntnissen des vorangegangenen Kapitels, eine Methode zur frühzeitigen Identifizierung potenzieller Fehlerquellen und deren Bewertung erarbeitet. Hierzu wird im ersten Teilkapitel ein Überblick über die Methode gegeben. In den nachfolgenden Teilkapiteln werden ausführlich die einzelnen Bestandteile der Methode beschrieben. Kapitel 4 beschreibt die prototypische Realisierung der entwickelten Methode in einem EDV-System. Die Pilotanwendung in Kapitel 5 zeigt die Anwendung der Methode, die Einsatzvoraussetzungen der Methode sowie die erzielbaren Ergebnisse. Abschließend werden in Kapitel 6 die Ergebnisse dieser Arbeit diskutiert, und es erfolgt ein Ausblick hinsichtlich des weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarfes.

## 2 Grundlagen

### 2.1 Beschaffungslogistik

#### 2.1.1 Beschaffungslogistik als Funktion der Unternehmenslogistik

Der Begriff der „Logistik“ stammt ursprünglich aus dem militärischen Bereich, wo er als Sammelbegriff für alle Aufgaben benutzt wurde, die der Unterstützung der Streitkräfte (Truppen und Güter) dienen [SES00]. Erst nach dem Ende des 2. Weltkrieges wurden die aus den Militärkreisen gewonnenen Logistikkenntnisse auf den Bereich der Wirtschaft übertragen [BOW86]. 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. Aufgabe der Querschnittsfunktion Logistik ist es, im Rahmen des inner- und überbetrieblichen Waren- und Materialflussprozesses das richtige Produkt im richtigen Zustand zur richtigen Zeit am richtigen Ort zu den minimalen Kosten bereitzustellen [PFO90].

Die Logistik von Produktionsunternehmen lässt sich durch eine Strukturierung anhand des Güterflusses in die drei Phasen Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik unterteilen (vgl. [JÜN89], [PFO96]). Aufgrund verschärfter Umweltschutzaufgaben wird vermehrt die Entsorgungslogistik als zusätzliches Subsystem der Unternehmenslogistik genannt [WIL97]. Bei einer ganzheitlichen Betrachtung des Stoffflusses schließt sich der Stoffkreislauf. Die zu entsorgenden Erzeugnisse werden von Recyclingunternehmen transferiert und durch entsprechende Recyclingprozesse wieder in Rohstoffe umgewandelt (Bild 2-1).

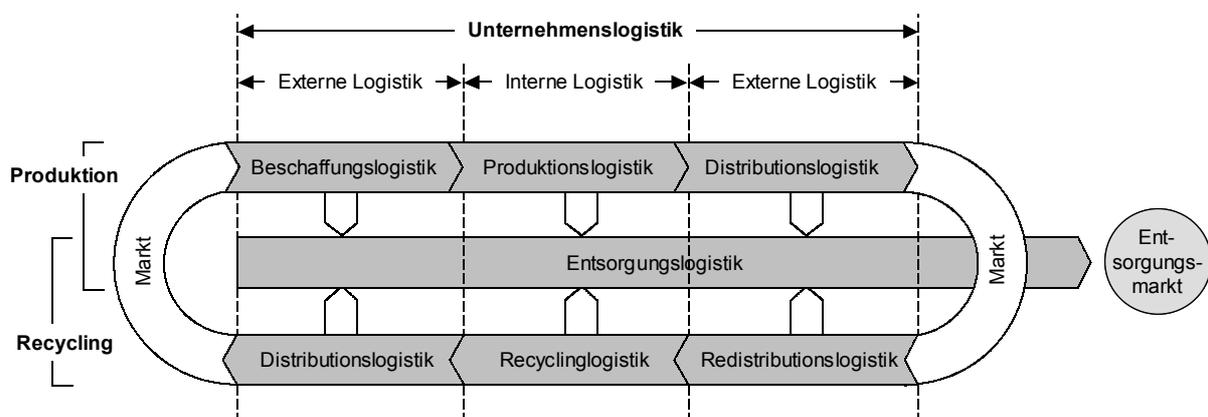


Bild 2-1: Subsysteme der Unternehmenslogistik [PFO90]

Die einzelnen Phasen werden im Folgenden näher erläutert:

Die Beschaffungslogistik beinhaltet sämtliche Funktionen zur bedarfsgerechten und wirtschaftlichen Versorgung der Produktion mit fremdbezogenen Materialien [GLÄ95]. Hierzu koordiniert die Beschaffungslogistik den Produktionsbedarf des eigenen Unternehmens mit den Lieferbedingungen, -mengen und -terminen des Lieferanten.

Die Produktionslogistik ist für die Planung, Überwachung und Steuerung des Güterflusses und der Bestände innerhalb des Produktionsprozesses verantwortlich. Dazu organisiert und koordiniert die Produktionslogistik den Materialfluss, um die art- und mengenmäßig, räumlich und zeitlich abgestimmte Versorgung der Bedarfsträger mit den benötigten Einsatzgütern sicherzustellen [WIL97].

Die Distributionslogistik als Schnittstelle zwischen Produktion und Kunde plant und überwacht die Bestände der Enderzeugnisse, fasst die durch den Kunden bestellten Erzeugnisse zu Sendungseinheiten zusammen und veranlasst deren Lieferung [STR00].

Die Entsorgungslogistik ist für die umweltgerechte Beseitigung nicht verwertbarer Rückstände, die im Rahmen des gesamten Produktionsprozesses anfallen, sowie für das Recycling wieder und weiterverwertbarer Reststoffe verantwortlich.

Neben der Unterscheidung entsprechend den Hauptstufen des Güterflusses können noch weitere Kriterien zur Untergliederung der Logistik genutzt werden. Abhängig davon, ob die Logistikprozesse innerhalb von Unternehmen oder zwischen Unternehmen stattfinden, kann zwischen betrieblicher oder zwischenbetrieblicher Logistik unterschieden werden (vgl. [TEM93], [PFO96], [SES00]). Ein anderer Ansatz wird von Weber gewählt, indem er die logistischen Aufgabengebiete nach physischen und dispositiven Aspekten untergliedert. Die physische Logistik ist für die Abwicklung des Materialflusses verantwortlich und umfasst die Transport-, Lager- und Kommissionierprozesse. Die dispositive Logistik ist zuständig für die Steuerung der physischen Logistik und nimmt im Sinne eines ganzheitlichen, koordinierenden Ansatzes der Logistik auch Aufgaben wahr, die anderen Aufgabenbereichen des Unternehmens zugeordnet waren. Ziel ist es, den Materialfluss nicht mehr durch die

Produktionsplanung bestimmen zu lassen, sondern die Steuerung der Produktion der Logistik zu übertragen (vgl. [WEB93]).

### 2.1.2 Begriffsabgrenzung

Untersucht man in der Literatur den Themenkomplex „Beschaffungslogistik“ so ist zu erkennen, dass in der Wissenschaft bislang noch kein in sich konsistentes Begriffsverständnis anzutreffen ist. „Beschaffung“, „Einkauf“ oder „Materialwirtschaft“ sind häufig verwendete Begriffe, die im Zusammenhang mit dem Begriff der „Beschaffungslogistik“ vorzufinden sind. Hinsichtlich des Begriffsverständnisses existieren unterschiedliche Ansichten, die sich mehr oder weniger unterscheiden (Vgl. u.a. [SES00] [TEM93], [GRO90], [JÜN89]).

In den Anfängen der deutschen Betriebswirtschaftslehre wurde die Beschaffung als eine betriebliche Grundfunktion neben der Produktion und dem Absatz betrachtet [KOS68]. Unter Beschaffung wurde die Gesamtheit der Tätigkeiten verstanden, die darauf ausgerichtet sind, dem Betrieb die benötigten, aber nicht selbst erstellten Güter zur Verfügung zu stellen [THE74]. Hierzu soll durch die Beschaffung das Spannungsfeld zwischen nachfragenden Kunden und ihren Lieferanten ausgeglichen werden, und zwar bezüglich der materiellen, finanziellen, räumlichen, zeitlichen, informationellen und rechtlichen Beziehung [TRE86].

Während Vertreter des weit gefassten Begriffs der Beschaffung die Versorgung der Unternehmen mit Anlagen, Arbeitskräften, Material, Kapital, Rechten, Dienstleistungen und externen Informationen zählen [FRI88], wird im engeren Sinn nur die Beschaffung von Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen verstanden [GRO80].

Der Einkauf kann aus Sicht der Beschaffungsobjekte dadurch abgegrenzt werden, dass er für die Beschaffung von Material, Investitionsgütern und Dienstleistungen zuständig ist (vgl. Bild 2-2). Dem gegenüber wird der Bezug von Arbeitsleistungen und Kapital in den Produktionsunternehmen durch die Funktionen Finanzen bzw. Personal wahrgenommen. Die Beschaffung der zur jeweiligen Funktionsausübung erforderlichen Informationen obliegt dezentral den jeweiligen Abteilungen [GLÄ95]. Im Rahmen dieser Arbeit sollen nachfolgend nur die Aspekte betrachtet werden, die in Zusammenhang mit der aus der Objektklasse Material stammenden Beschaffungsartikel stehen.

Als Schnittstelle von Beschaffungsmarkt und Unternehmen sind die Aufgaben des Einkaufs primär marktorientiert und fokussieren auf die optimale Nutzung der am Beschaffungsmarkt vorhandenen Leistungspotenziale. Diese beinhalten neben der Vertragsgestaltung mit den Lieferanten Aufgaben der Beschaffungsmarktforschung [STA84] sowie der Beschaffungsanbahnung und –abwicklung [TEM93].

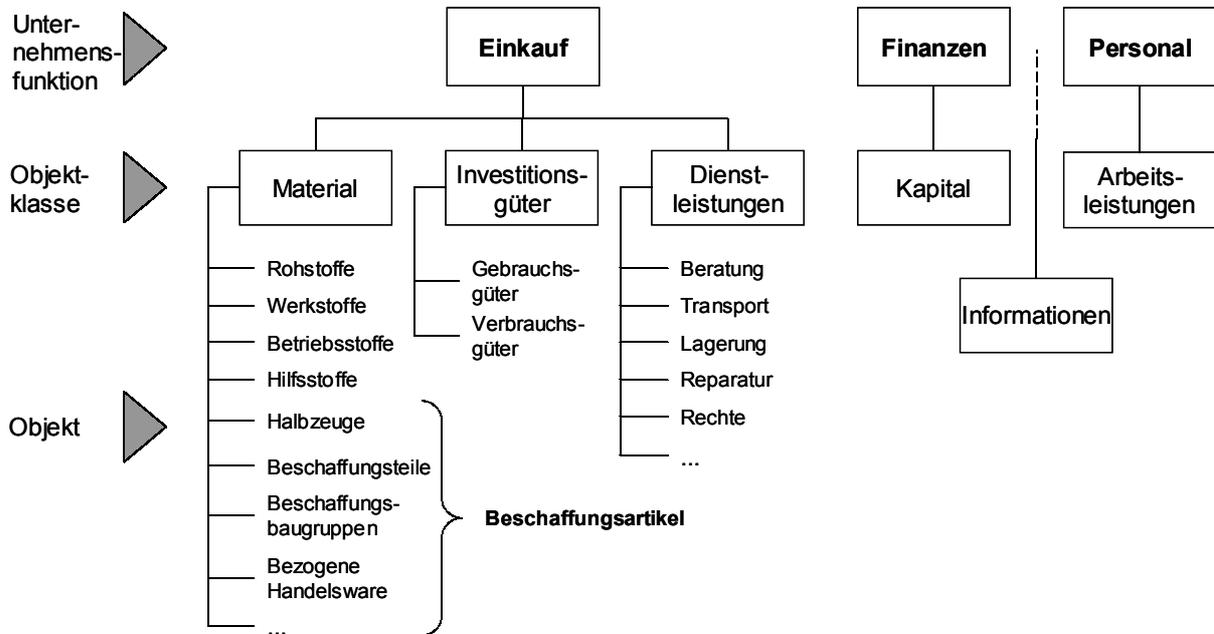


Bild 2-2: Beschaffungsobjekte [GLÄ95]

Als weiteres Unterscheidungsmerkmal ist in der Literatur oftmals eine Trennung der Aufgaben des Einkaufs hinsichtlich strategischer und operativer Aspekte ersichtlich (Vgl. u.a. [MEL94], [RÄH96], [GRO90]).

Auf Seiten des strategischen Einkaufs werden Aufgaben der langfristigen Fremdbezugsplanung zugeschrieben, die sich u.a. mit der Gestaltung von Einkaufskooperationen, der Entwicklung von Lieferantenpartnerschaften, der strategischen Beschaffungsplanung sowie mit Make-or-Buy-Entscheidungen beschäftigen. Die operative Ebene des Einkaufs ist hingegen stark mit der Materialdisposition verbunden. Klassische Aufgabenfelder umfassen beispielsweise die Bestelldisposition und –abwicklung, die Terminverfolgung oder das Reklamationsmanagement.

Entgegen den Aufgaben des Einkaufs ist die Materialwirtschaft vorrangig betriebsablauforientiert. Sie umfasst alle Vorgänge innerhalb eines Unternehmens, die der wirtschaftlichen Versorgung von Materialien für die Produktion dienen (vgl.

[ARN97], [GAB97]). Allgemein wird in der Literatur die Auffassung vertreten, dass die Materialwirtschaft die objekt- oder materialbezogene Seite der Beschaffung behandelt [ARN97]. Die Materialwirtschaft umfasst demnach auch logistische Aktivitäten wie Transport, Materialdisposition, -bevorratung, -bereitstellung und –entsorgung [TEM93]. Während auf Seiten der Materialwirtschaft eher die kostenoptimale Versorgung der Bedarfsträger im Vordergrund steht, betont die Logistik stärker die Raum- und Zeitüberbrückung von Versorgungsprozessen [FIE84].

#### 2.1.2.1 Strukturierung des beschaffungslogistischen Prozesses

Die zunehmende Tendenz der Unternehmen, verstärkt Kooperationen einzugehen und die Integration der Lieferketten entlang der gesamten Wertschöpfungskette zu fördern, führt dazu, dass die funktionsorientierte Betrachtungsweise der Unternehmensbereiche zunehmend einer ganzheitlichen, prozessorientierten Sichtweise weicht [KLO99]. Auch in der Beschaffungslogistik gewinnt daher der prozessuale Gedanke zunehmend an Bedeutung. Als Prozesse werden in diesem Zusammenhang logistikrelevante, abteilungsübergreifende, inhaltlich abgeschlossene Tätigkeiten verstanden, die sich am Fluss der Informationen und Materialien über die gesamte Logistikkette orientieren (vgl. [PFO90], [ROS96]). Ansätze zur Modellierung und Ableitung eines beschaffungslogistischen Modells liefern das Supply-Chain Operations Reference Model (SCOR-Modell) des Supply-Chain Council [SCO00], das Prozesskettenmodell von Kuhn [KUH95] sowie das im BMBF-Forschungsvorhaben LogiBEST entwickelte generische Prozessmodell. Weitere Ansätze zur Erstellung eines beschaffungslogistischen Maximalmodells bieten u.a. Wildemann [WIL97], Arnold [ARN97] und Scheer [SCH95b], die sich jedoch in ihrem Abstraktions- und Detaillierungsgrad sehr stark unterscheiden.

Ein Prozessmodell, das in der Arbeit weiter betrachtet werden soll, liefern Oster [OST99] und Weber [WEB00]. Dieses Modell wurde im Rahmen des von der AIF geförderten Forschungsvorhabens „BeBEN – Entwicklung einer instrumental abgestützten Vorgehensweise zum Benchmarking in der Beschaffungslogistik kleiner und mittlerer Produktionsunternehmen“ entwickelt und validiert. Auf Basis der Reihenfolge, die einzelne Tätigkeiten und Prozesse in Unternehmen in der Regel durchlaufen, konnte eine erste Gliederung der Beschaffung erstellt werden. Darüber hinaus wurden auch Inhalte berücksichtigt, die über den eigentlichen Bereich der

Beschaffung hinausgehen, jedoch innerhalb eines durchgängigen und vollständigen Prozessmodells erforderlich sind.

Die Gliederung unterteilt auf der obersten Abstraktionsebene die Beschaffungslogistik in vier Aufgabenbereiche, die nacheinander durchlaufen werden. Hierbei können strategische, taktische, operative und administrative Aufgaben unterschieden werden. Wie in Bild 2-3 ersichtlich ist, umfassen die strategischen Aufgaben die Planung der Beschaffungsstrategie. Die taktischen Aufgaben bilden die Beschaffungsplanung. Diese lässt sich in die Analyse des Beschaffungsbedarfs und die Planung der Beschaffungsabwicklung gliedern. Die eigentliche Beschaffungsabwicklung und die materialflussbezogene Beschaffungslogistik zählen zu den operativen Aufgaben der Beschaffungslogistik. Dabei entspricht die Beschaffungsabwicklung dem Bestellwesen und die materialflussbezogene Beschaffungslogistik der Bereitstellung, die nachfolgend als innerbetriebliche Logistik bezeichnet wird. Der administrative Aufgabenbereich der Beschaffungslogistik umschreibt die Supportfunktionen der Beschaffungslogistik und kann einerseits betriebswirtschaftliche Funktionen und andererseits Funktionen zur Prozessbeurteilung und -verbesserung beinhalten (vgl. [WEB00]).

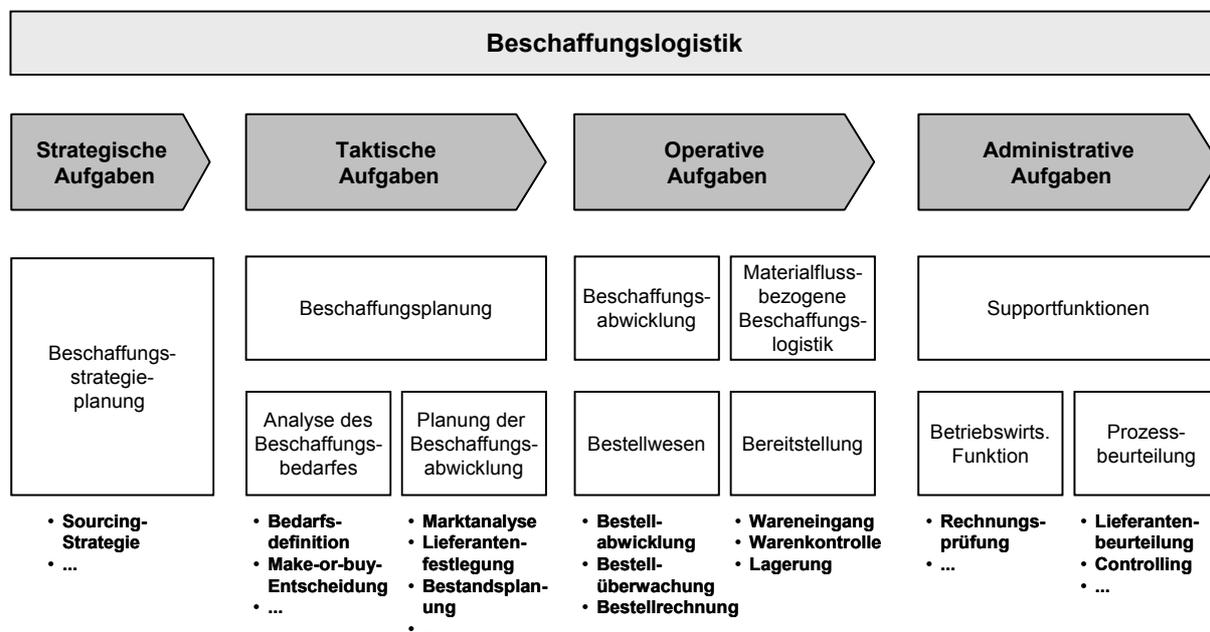


Bild 2-3: Gliederung der Beschaffungslogistik [WEB00]

Zum Betrachtungsgegenstand dieser Arbeit werden diejenigen Prozesse gemacht, die im Bereich der operativen Aufgaben liegen. Demnach werden in dem oben

beschriebenen Modell die Prozesse Bestellwesen und Bereitstellung betrachtet. Eine weiter gehende Detaillierung des Prozessmodells erfolgt in Kapitel 3.2.

### 2.1.2.2 Beschaffungslogistische Ziele und Zielkonflikte

Die Aufgabe der Beschaffungslogistik ist die bedarfsgerechte und wirtschaftliche Versorgung der Produktion mit fremdbezogenen Materialien [GLÄ95]. Als wesentliches Ziel der Beschaffungslogistik lässt sich somit das Streben nach hoher Lieferbereitschaft bei geringstmöglichen Logistikkosten formulieren (Bild 2-4). Die logistische Lieferbereitschaft bringt dabei zum Ausdruck, inwieweit es der Beschaffung möglich ist, die vom Kunden geforderte Liefertreue und Lieferzeit realisieren zu können (vgl. [NYH99]). Der wesentliche Zielkonflikt, den es hierbei zu lösen gilt, ist die Konkurrenz zwischen niedrigen Bestandskosten einerseits und einer hohen Versorgungssicherheit der Produktion mit Beschaffungsmaterial andererseits. In der Literatur wird dieses Problem auch als das „Dilemma der Materialwirtschaft“ bezeichnet [GLÄ95].

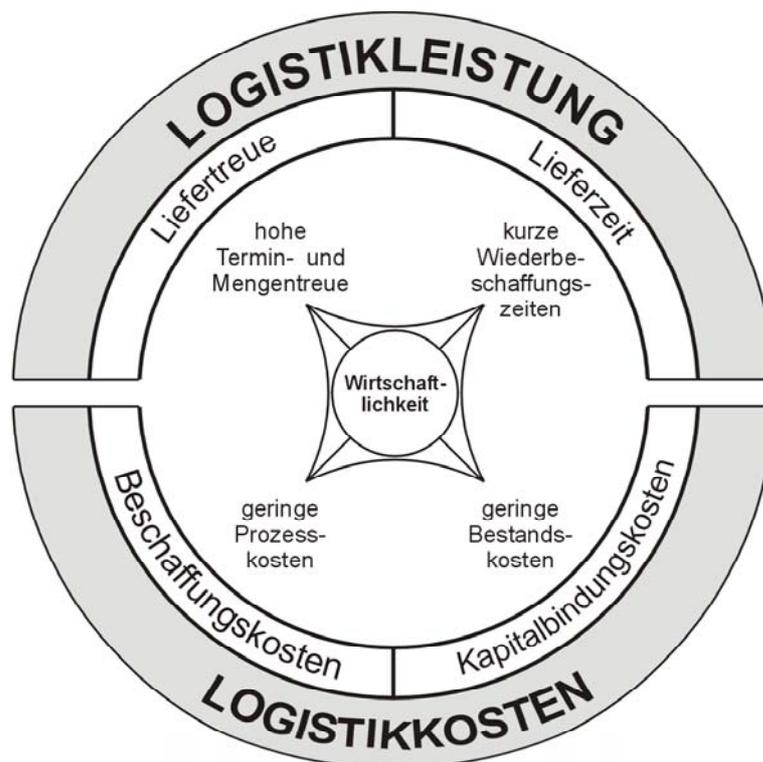


Bild 2-4: Das Zielsystem der Beschaffungslogistik [WIE97b]

Zur Gewährleistung der erforderlichen Lieferbereitschaft muss eine hohe logistische Leistungsfähigkeit der Lieferanten und der logistischen Prozesse innerhalb der Beschaffung realisiert werden. Kurze Lieferzeiten bei hoher Liefertreue ermöglichen einen geringeren Planungsvorlauf, so dass eine bessere Vorhersagegenauigkeit des

Bedarfs und dadurch eine höhere Versorgungssicherheit der Produktion erreicht werden kann. Kurzfristig geänderte Kundenwünsche können schnell und flexibel umgesetzt werden, ohne dass zusätzliche Kapitalbindungskosten durch Bestandsaufbau im Lager entstehen. Eine größere Liefertreue der Zulieferunternehmen verbessert außerdem direkt die beschaffungslogistische Prozesssicherheit und führt somit ebenfalls zu einer höheren Versorgungssicherheit beim Beschaffungsmaterial. Die Steigerung der Lieferbereitschaft durch eine logistikorientierte Lieferantenauswahl steht jedoch häufig in Konkurrenz zur Erreichung niedriger Beschaffungs- bzw. Materialkosten. Dies wird insbesondere bei der Entscheidung deutlich, ob Kostenvorteile durch den Bezug von Beschaffungsartikeln ausgenutzt werden sollen, obwohl dies zu einer Erhöhung des Beschaffungsrisikos führen kann [HAR91] [WIE01]. Ein weiterer Zielkonflikt ergibt sich zwischen der Beschaffungskostenreduzierung durch große Beschaffungsmengen und geringeren Kapitalbindungskosten, da weniger Beschaffungsaufträge zu größeren Losgrößen und damit zu höheren Lagerbeständen führen.

## **2.2 Methoden des beschaffungslogistischen Controllings**

### *2.2.1 Begriff des Controllings*

Die Wurzeln des Controllings liegen in amerikanischen Unternehmen zu Anfang des 20. Jahrhunderts, in Stellen, die sich mit dem Aufbau der operativen Planung zu befassen hatten [WEB99]. Der Schwerpunkt des Controllings lag zu diesem Zeitpunkt noch im Aufbau von funktional orientierten Planungsinstrumenten und in der Bereitstellung der zur Planungskontrolle notwendigen Informationen. Über die Zeit wandelte sich das Aufgabengebiet des Controllings von einer reinen Kontrolle der Planung hin zu einer Funktion, die das Management bei der Unternehmenssteuerung mittels Informations-, Planungs- und Kontrollmethoden unterstützt [HOR90].

*Zünd* unterscheidet je nach Umweltsituation drei Entwicklungsstufen [ZÜN85]. In einer statischen Umwelt ist die Aufgabe des Controllings das Registrieren von (Kosten-)Kennzahlen. In einer begrenzt dynamischen Umwelt erfolgt die Entwicklung zur Navigation mit der Hauptaufgabe, Abweichungen vom gewünschten Unternehmenskurs aufzuzeigen. In einer von Dynamik und Komplexität geprägten

Zeit ist es die Aufgabe des Controllings, sich von einer reaktiven Handlungsweise zu lösen und pro-aktiv die Koordinations-, Reaktions- und Adaptionfähigkeit des Unternehmens sicherzustellen [HOR90]. Hierfür wurde von Zünd das Bild des Innovators geprägt.

Der moderne Controllingansatz tendiert von einer strikten Funktionstrennung von Planung, Steuerung und Kontrolle hin zu einer funktionsübergreifenden und integrativen, koordinierenden Sichtweise, die in der Zusammenfassung einer organisatorischen Institution mündet [HAA80].

Dabei kann die Koordination von Planung, Steuerung und Kontrolle hinsichtlich zweier Teilbereiche unterschieden werden [Hor91]: Die so genannte systembildende Koordination hat die Schaffung von Planungs-, Kontroll- und Informationssystemen sowie entsprechender Instrumente zur Aufgabenbewältigung zum Ziel. Zum anderen versteht man unter Koordination auch die laufende Anpassung und Abstimmung der Informationsversorgung für die Planung und Kontrolle in einem bereits bestehenden System. Diese so genannte systemkoppelnde Koordination umfasst alle zur jeweiligen Problemlösung erforderlichen Koordinationsaktivitäten und ermöglicht die Reaktion auf unvorhergesehene Störungen [HOR90].

Im Mittelpunkt der Koordinationsaufgaben des Controllings stehen der Aufbau und der laufende Betrieb eines Planungs-, Kontroll- und Informationssystems. Dabei sollen durch das Informationssystem, jeweils entsprechend den Anforderung des Empfängers, aufbereitete relevante Daten zur Verfügung gestellt werden. Die Empfänger und Nutzer dieser Daten sind in allen Hierarchieebenen des Unternehmens anzutreffen.

Die „klassischen“ Controllinginstrumente haben ihren Ursprung in der Betriebswirtschaft und konzentrieren sich daher im Wesentlichen auf die Kosten. Da neben Kosten und Qualität auch Lieferzeit und Liefertreue zunehmend als kritische Erfolgsfaktoren eines Unternehmen erkannt werden ([BAU97], [TRA97]), gewinnt das Controlling verstärkt im Bereich der Logistik an Bedeutung.

### *2.2.2 Abgrenzung Logistikcontrolling von Logistikmonitoring*

Die wesentliche Aufgabe des logistischen Controllings ist es, zu überprüfen, ob die geforderte Lieferbereitstellung mit den „minimalen“ Kosten erbracht wurde. Hierzu

hat das Controlling die erforderlichen Informationen zu beschaffen, diese problembezogen zu verdichten und den Entscheidungsträgern zum richtigen Zeitpunkt zur Verfügung zu stellen [REI95].

Aufgabe des Logistikmonitorings ist es, wesentliche Kennzahlen eines oder mehrerer logistischer Systeme periodisch aus den Rückmeldedaten der ERP-Systeme zu berechnen und diese sichtbar zu machen [STR00]. Ein Monitoringsystem ist ein Werkzeug der Steuerung, das eine permanente Analyse der Logistikabläufe ermöglicht [WIE97]. Voraussetzung für den Einsatz eines Monitoringsystems ist die Bereitstellung von kontinuierlich gepflegten Betriebsdaten. Durch das regelmäßige periodische Erfassen und Speichern von Betriebsdaten mittels Monitoringsystemen sowie die Errechnung wichtiger Kennzahlen und deren Visualisierung lassen sich gezielte Aussagen über die logistischen Prozesse generieren.

Die Aufgaben des Logistikmonitorings und –controllings erscheinen grundsätzlich ähnlich, jedoch kann eine Unterscheidung hinsichtlich des Einsatzgebietes getroffen werden. Während das Logistikcontrolling vornehmlich auf den übergeordneten Ebenen der taktischen und strategischen Logistikplanung eingesetzt wird, findet das Logistikmonitoring seine Anwendung in der operativen Steuerungsebene.

### *2.2.3 Modellbasierte Bewertung*

Da die vorliegende Arbeit sich auf die operative Beschaffungslogistik konzentriert, sollen in den folgenden Teilkapiteln die verschiedenen Modelle, die im Rahmen eines beschaffungslogistischen Monitorings ihre Anwendung finden, erläutert werden.

Unter einem Modell wird die Abbildung eines in der Realität bestehenden Systems verstanden. Modelle dienen

- allgemein dem Verständnis der Realität,
- dem Verständnis des statischen und dynamischen Verhaltens des Systems,
- der Ergründung der Problemursachen und deren Wirkung,
- als Informationsbasis für die Maßnahmenableitung und
- der gezielten Beeinflussung bzw. Auslegung des Systems [NYH99].

Durch die Übertragung einer speziellen Problemstellung auf das Modell können anschließend Lösungsalternativen abgeleitet und bewertet werden.

Grundsätzlich lassen sich Modelle in Beschreibungs- und Erklärungsmodelle unterscheiden, auf die in den folgenden Abschnitten detaillierter eingegangen wird.

### 2.2.3.1 Beschreibungsmodelle

Grundlage des logistischen Beschaffungsmonitorings sind Modelle, mit deren Hilfe die dynamischen Zusammenhänge zwischen den logistischen Zielen beschrieben werden. Viele Ansätze der Beschreibungsmodelle basieren auf einer aus der Systemtechnik entstandenen Black-Box-Betrachtung. Die zu untersuchenden Bereiche werden als eindeutige Systeme definiert und durch eindeutige Schnittstellen voneinander abgegrenzt. Die hieraus entstehenden Logistiksysteme können mittels Input-Output-Beziehungen beschrieben und bewertet werden (vgl. [KUH95], [MEI96], [SCH95]).

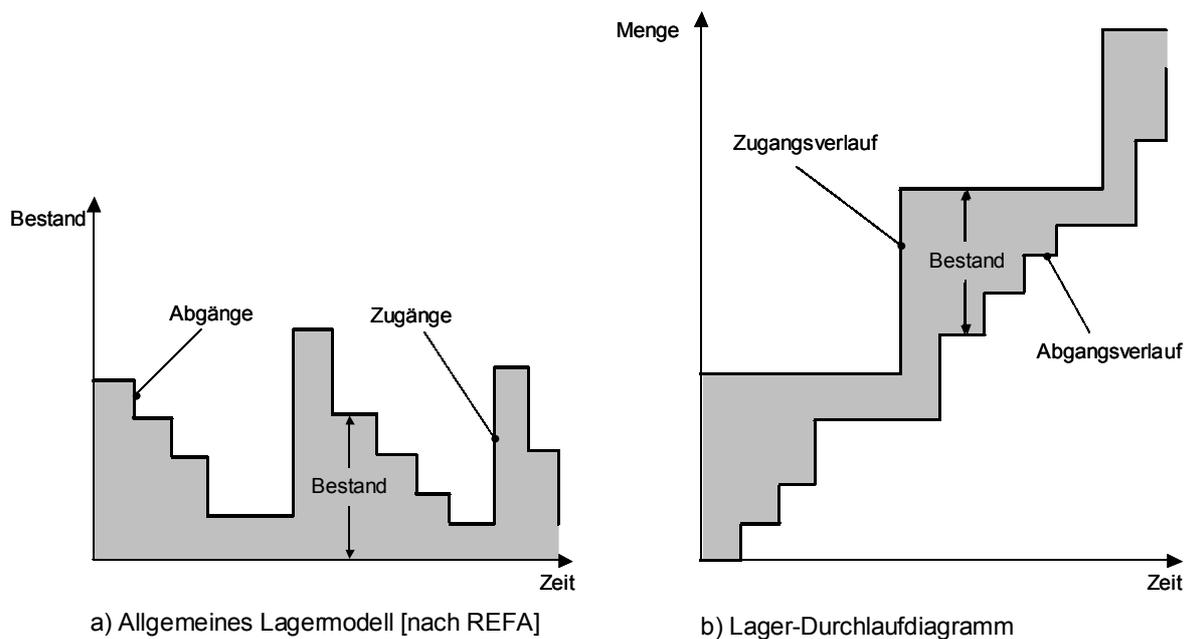


Bild 2-5: Entwicklung des Lagerdurchlaufdiagramms aus dem allgemeinen Lagermodell (vgl. [LUD94])

Ein erstes Beschreibungsmodell, das in der Wissenschaft weite Verbreitung gefunden hat, ist das allgemeine Lagermodell. Mit Hilfe des allgemeinen Lagermodells wird der Lagerbestand, resultierend aus der Differenz zwischen Lagerzugängen und Lagerabgängen, in seinem zeitlichen Verlauf dargestellt. Der zu

einem beliebigen Zeitpunkt gemessene Lagerbestand kann als Ordinatenwert direkt der Grafik entnommen werden (Bild 2-5, a).

Das Durchlaufdiagramm der Beschaffungslogistik ermöglicht es durch die getrennte Darstellung der Lagerzu- und -abgänge in zwei separaten Kurven, die beiden Vorgänge, die prinzipiell unabhängig voneinander ablaufen, in ihrer Eigendynamik zu analysieren. Hierzu werden sämtliche Zugangs- und Abgangsmengen zum jeweiligen Buchungszeitpunkt kumuliert über der Zeit aufgetragen (Bild 2-5, b). Während der Startpunkt des Abgangsverlaufs sich im Koordinatenursprung befindet, ergibt sich der Ursprung des Zugangsverlaufs durch den Bestand zu Anfang des Betrachtungszeitraums. Der jeweils aktuelle Lagerbestand lässt sich aus dem senkrechten Abstand zwischen den beiden Kurven ermitteln [GLÄ95].

Das Durchlaufdiagramm der Beschaffungslogistik beruht auf einer Black-Box-Betrachtung, in der das zu bewertende System des Lagers in Form eines Trichters mit zugehenden und abgehenden sowie sich im Bestand befindlichen Aufträgen abgebildet ist (Bild 2-6). Der Füllgrad des Trichters beschreibt den mittleren Bestand des Lagers. Lagerzugänge werden durch ankommende Beschaffungsaufträge, Lagerabgänge durch Materialbereitstellungen für die Produktion verursacht. Der maximal mögliche Output eines Lagers wird durch die technische Kapazität bestimmt. Im Gegensatz zu Produktionssystemen ist jedoch nicht die maximal mögliche Abgangsmenge entscheidend, sondern die bedarfsgerechte Bereitstellung der geforderten Abgangsmenge.

Trägt man die Zugangs- und Abgangsverläufe kumulierend über Zeit in einer Grafik auf, so erhält man das Lager-Durchlaufdiagramm. Werden die Lagerbewegungen tagesgenau abgebildet, so spiegelt sich der Realprozess in den Kurven als diskrete Stufen wider. Verbindet man die Anfangs- und Endpunkte der jeweiligen Kurven im Auswertungszeitraum, so kann dem Realverlauf ein Idealverlauf überlagert werden (vgl. Bild 2-6). Anhand dieser Idealverläufe lassen sich für den Auswertungszeitraum neben der logistischen Kenngröße „mittlerer Lagerbestand“ die Kenngrößen „mittlere Lagerverweilzeit“ und „mittlere Lagerabgangsrate“ veranschaulichen.

Die mittlere Lagerverweilzeit gibt Auskunft darüber, wie lange ein Beschaffungsartikel im Durchschnitt gelagert wird. Sie ergibt sich aus dem horizontalen Abstand der idealen Zugangskurve von der idealen Abgangskurve.

Die mittlere Lagerabgangsrate erlaubt Aussagen über den tatsächlichen durchschnittlichen Bedarf der Produktion an fremdbezogenen Artikeln. Sie berechnet sich aus dem Verhältnis der Anzahl der im Auswertungszeitraum abgegangenen Beschaffungsartikel und der entsprechenden Anzahl an Tagen.

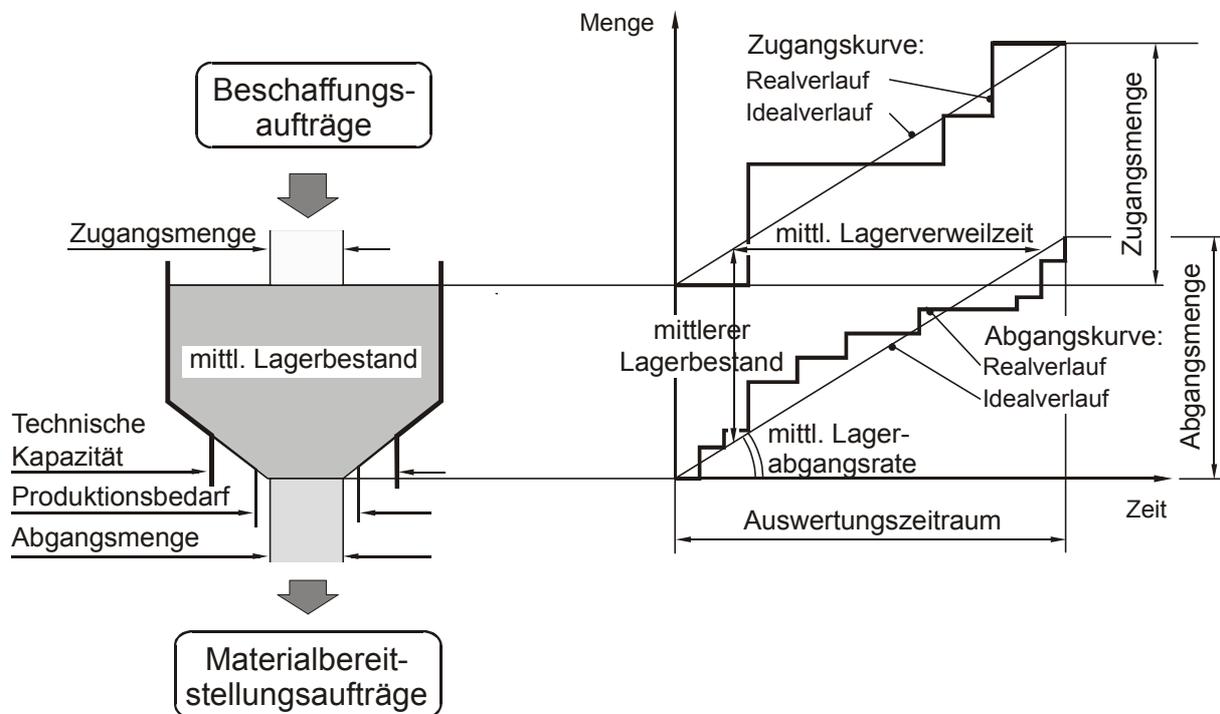


Bild 2-6: Trichtermodell und Durchlaufdiagramm des Lagerhaltungsprozesses [GLÄ95]

Diese Kenngrößen fokussieren die Zielgröße „Logistikkosten“. Wie in Abschnitt 2.1.3 dargestellt, ist das zweite wesentliche Ziel der Beschaffungslogistik die Realisierung einer hohen Lieferbereitschaft. Um dazu eine aussagekräftige Bewertung der Beschaffungslogistik zu erhalten, müssen Kenngrößen zur Bewertung der Liefertreue ermittelt werden. Bei der Definition dieser Kennzahl muss berücksichtigt werden, dass auch Fehlmengen auftreten können, die in der Regel zu einer Verspätung der Produktionsaufträge führen. Analog zur Lagerzugangskurve soll deshalb eine Nachfragekurve korrespondierend zur Lagerabgangskurve im Lagerdurchlaufdiagramm abgebildet werden, die die Ermittlung der Kennzahl „mittlerer Lieferverzug“ erlaubt.

Wie aus Bild 2-7 deutlich wird, erfolgt die Berechnung der Kennzahl im Durchlaufdiagramm im Wesentlichen auf der Grundlage von Flächenbetrachtungen. Die wiederholte Überlagerung von Zugangs- und Abgangskurve zeigt an, dass in diesen Zeiträumen kein Lagerbestand vorliegt. Nachfragen der Produktion können

deshalb nicht befriedigt werden. Im Durchlaufdiagramm wird dies durch das Auseinanderlaufen von Nachfrage- und Lagerzugangskurve ersichtlich. Beim Auftreten von Fehlmengen entstehen als Differenz der beiden Kurven die in Bild 2-7 dunkel hinterlegten Fehlmengenflächen. Zur Ermittlung des Lieferverzuges wird jede auftretende Fehlmenge mit der Fehlzeit multipliziert und die Summe dieser Werte auf die gesamte Bedarfsmenge in einem Betrachtungszeitraum bezogen.

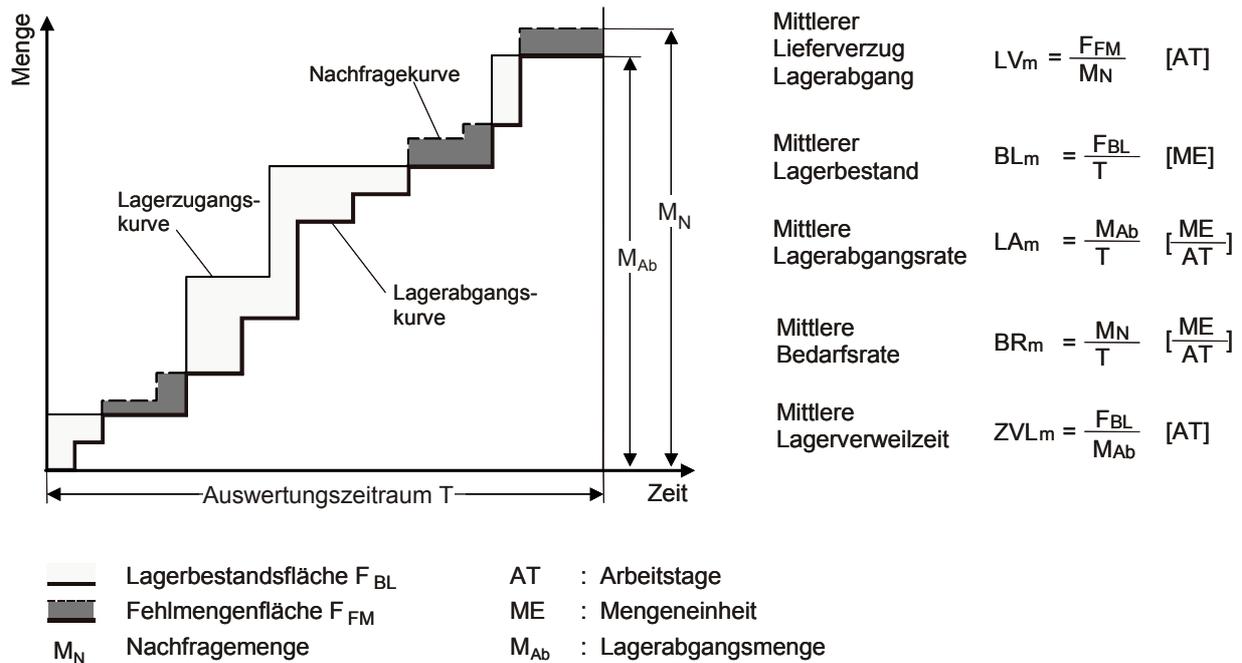


Bild 2-7: Berechnung von Kennzahlen aus dem Lagerdurchlaufdiagramm [GLÄ95]

Werden die im Durchlaufdiagramm dargestellten Ist-Werte durch die aus der Planung resultierenden Soll-Werte ergänzt, so können Abweichungen einfach identifiziert und auch Aussagen über die logistische Prozesssicherheit getroffen werden.

Dehnt man den oben beschriebenen Modellierungsansatz des Trichtermodells um die Teilsysteme Lieferant und Wareneingang aus, so kann der gesamte beschaffungslogistische Prozess abgebildet werden. Die Verläufe des Lagerzu- und -abgangs werden um den Bestell-, Wareneingang- und Reservierungsverlauf ergänzt. Über eine Visualisierung hinaus können alle im Durchlaufdiagramm dargestellten Größen als Kennzahl berechnet werden. Geordnet nach beschaffungslogistischen Zielen kann damit ein Kennzahlensystem erstellt werden, auf das im Abschnitt 2.2.4 eingegangen wird.

### 2.2.3.2 Erklärungsmodelle

Beschreibungsmodelle bilden den tatsächlichen sowie den geplanten Zustand unterschiedlicher Systeme ab. Durch Soll-Ist-Vergleiche können Planabweichungen festgestellt und weiter gehend analysiert werden. Sie liefern dagegen keine Erklärungen für die Ursachen oder Hypothesen und deren Gesetzmäßigkeiten. Mit Erklärungsmodellen können dagegen Wirkzusammenhänge transparent dargestellt und die Auswirkungen von Entscheidungen vorhergesagt werden.

Ein wesentliches Erklärungsmodell der Beschaffungslogistik ist die Lagerkennlinie, mit deren Hilfe sich die Wechselwirkung der konkurrierenden Zielgrößen Lieferbereitschaft und Lagerbestand (vgl. Abschnitt 2.1.3) vollständig beschreiben lässt [NYH99], [GLÄ95].

#### *Ideale Lagerkennlinie*

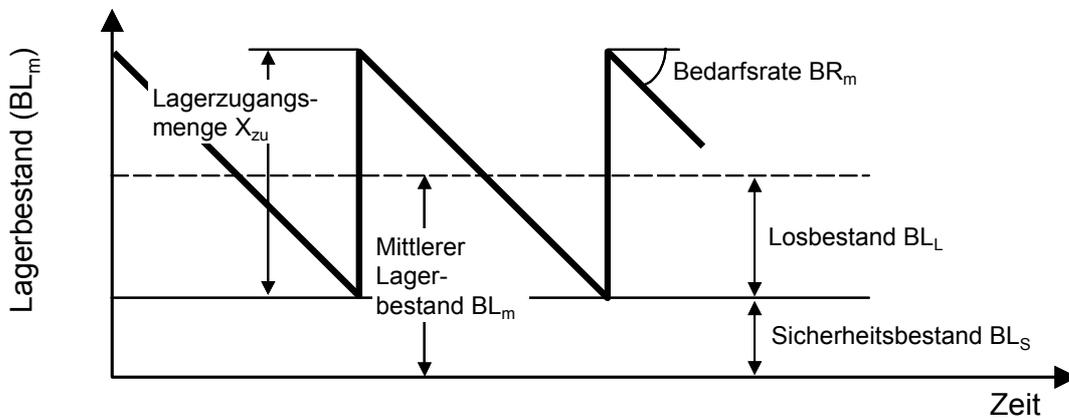
In der Lagerkennlinie werden verschiedene mögliche stationäre Betriebszustände des Lagers in einer Kurve verdichtet dargestellt. Dabei wird von einem kontinuierlichen Lagerabgang mit diskreten, in endlichen Losgrößen erfolgenden Lagerzugängen sowie fehlende Prozessstörungen ausgegangen. Ein so beschriebener Zustand lässt sich im Allgemeinen Lagermodell veranschaulichen (Bild 2-8). Es ist zu erkennen, dass durch das Vorliegen eines Sicherheitsbestandes die Versorgungssicherheit jederzeit gewährleistet ist; Fehlmengensituationen treten nicht auf. Unter diesen angenommenen, idealisierten Bedingungen treten auch keine Fehlmengen auf, wenn kein Sicherheitsbestand vorliegt. Die Situation ändert sich jedoch, wenn der Mittelwert des Bestandes bspw. durch einen verspäteten Lagerzugang oder durch einen geringeren Anfangsbestand weiter reduziert wird. Je geringer der mittlere Bestand ist, desto höher ist das Ausmaß der resultierenden Fehlmengen [NYH99].

Die Formel für die Lagerkennlinie, deren analytische Herleitung ausführlich in [GLÄ95] und [NYH99] beschrieben wird, lautet wie folgt:

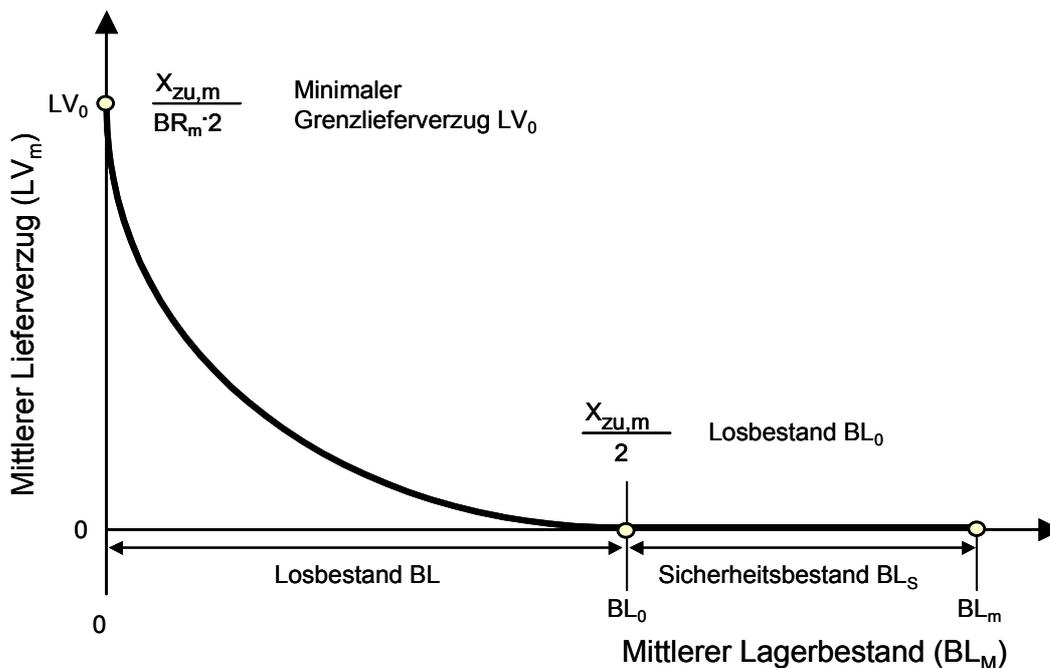
$$LV_m = \frac{1}{BR_m} \cdot \left( \frac{X_{zu,m}}{2} - \sqrt{2 \cdot BL_m \cdot X_{zu,m} + BL_m} \right) \quad (2.1)$$

- mit:  $LV_m$  = Mittlerer Lieferverzug im Lagerabgang [BKT]  
 $BL_m$  = Mittlerer Lagerbestand (in Mengeneinheiten) [ME]  
 $BR_m$  = Mittlere Bedarfsrate [ME/BKT]  
 $X_{zu,m}$  = Mittlere Lagerzugangsmenge (Losgröße) je Zugangsereignis [ME]

Aufgrund der Funktion ergeben sich für die Lagerkennlinie zwei charakteristische Punkt – die Berührungspunkte der Kennlinie mit der Abszisse und der Ordinate.



a) Das Lagermodell



b) Die ideale Lagerkennlinie

Bild 2-8: Das Lagermodell als Basis der idealen Lagerkennlinie [NYH99]

Im Grenzlieferverszug  $LV_0$  berührt die Lagerkennlinie die Ordinate. Dieser tritt bei einem Bestandswert von Null auf ( $BL_m=0$ ). Ein Bestandswert von Null bedeutet, dass jede eingehende Lieferung in vollem Umfang sofort in die nachgelagerte Produktionsstufe weitergegeben wird, um die bestehenden Fehlmengen auszugleichen [NYH99].

Der mittlere Losbestand  $BL_0$ , ist der Berührungspunkt der Kennlinie mit der Abszisse. Dieser Bestandswert, hervorgerufen durch die (mittlere) Zugangslosgröße, ist der Grenzwert, bei dem gerade keine Lieferverszüge mehr auftreten ( $BL_m=X_{zu,m}/2$ ). Liegt der mittlere Bestandswert ( $BL_m$ ) rechts dieses Grenzwertes, so wurde zur garantierten Aufrechterhaltung der Liefersicherheit auch bei auftretenden Störungen ein Sicherheitsbestand ( $BL_S$ ) angelegt. Die Höhe des Sicherheitsbestandes errechnet sich aus der Differenz von mittlerem Bestandswert ( $BL_m$ ) und mittlerem Losbestand ( $BL_0$ ).

### *Reale Lagerkennlinie*

Der idealisierte Zustand bei der Ableitung der Lagerkennlinien zeichnet sich dadurch aus, dass keine Prozessstörungen, z.B. Mengen- und/oder Terminabweichungen im Lagerzu- bzw. -abgang auftreten. Gerade aber diese Störungen spiegeln die Realität wider. Zur Gewährleistung der Liefersicherheit müssen Sicherheitsbestände vorgehalten werden, um solchen Störungen vorzubeugen.

Im Lagerzugang können Mengen- und Terminabweichungen aufgrund mangelnder logistischer Leistung der Lieferanten oder interner Defizite in der Beschaffungsplanung auftreten. Der Bestand muss deshalb so weit erhöht werden, dass auch im ungünstigsten Zustand die maximale Verzögerung bzw. Unterlieferung nicht zu einem Lieferverszug führt.

Auf Seiten des Lagerabgangs sind terminliche und mengenmäßige Bedarfsverschiebungen möglich. Durch einen ungeplanten Anstieg der Bedarfsrate innerhalb der Wiederbeschaffungszeit kann eine Versorgungsknappheit entstehen, die durch eine Erhöhung der Bestände abgepuffert werden muss. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass der Lagerabgang i.d.R. nicht kontinuierlich, sondern in Losen erfolgt. Durch die diskreten Lagerentnahmen reduziert sich der Bestand, der

auch ohne Berücksichtigung eventueller Störungen zur Aufrechterhaltung der Lieferfähigkeit erforderlich ist (vgl. [NYH99]).

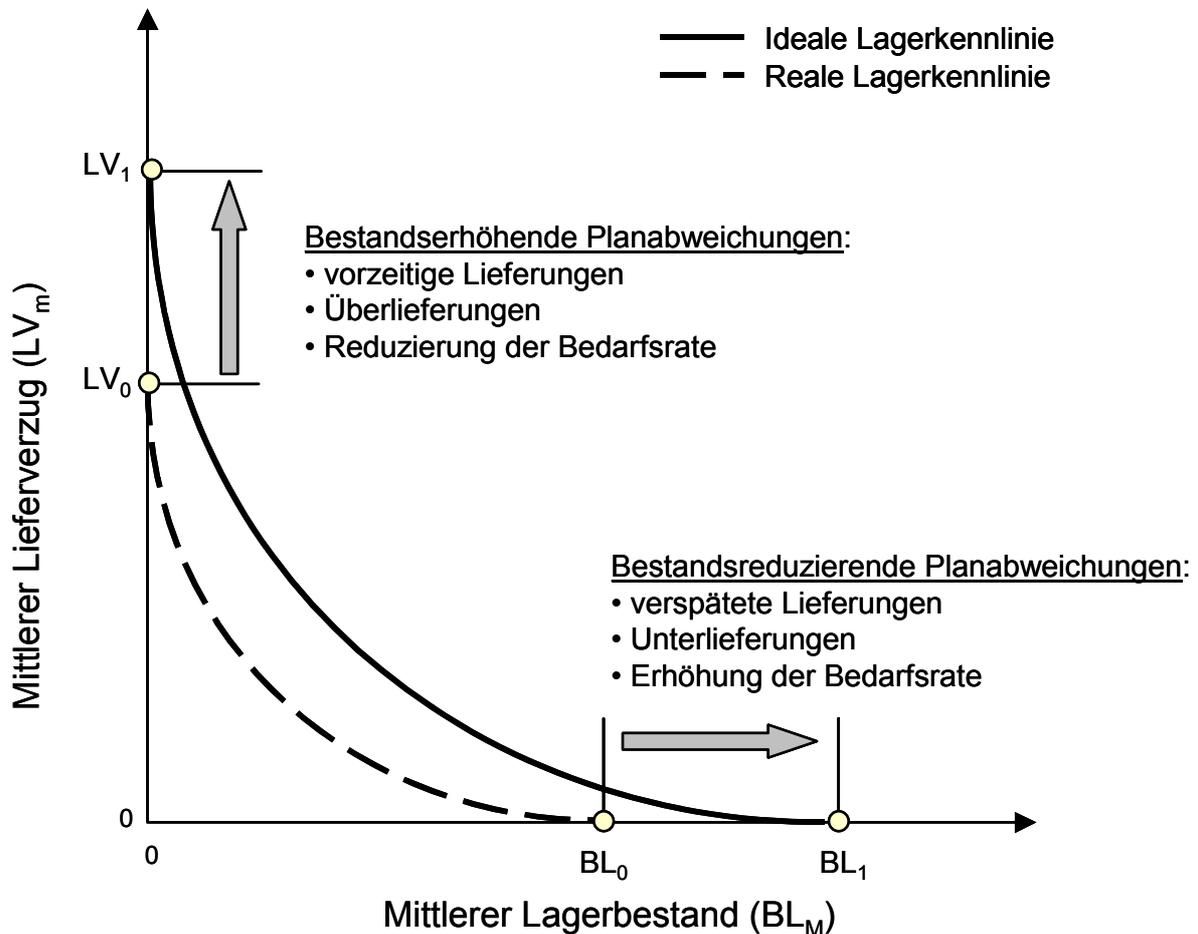


Bild 2-9: Einflussgrößen auf reale Lagerkennlinie [NYH99]

Die dargestellten Planabweichungen können einzeln oder auch in Kombination auftreten. Diese Planabweichungen bewirken, dass entsprechende Sicherheitsbestände vorzuhalten sind, um möglichen Lieferverzügen entgegenzuwirken. Im Vergleich zur idealen Kennlinie resultiert hieraus eine Streckung der Kurve in x-Richtung. Wenn andererseits der Bestand im Lager trotz bestandserhöhender Abweichungen Null ist, erhöht sich der resultierende Lieferverzug, der minimal auftreten wird. Daher wird die Lagerkennlinie in y-Richtung gestreckt (Bild 2-9).

Aufgrund der analytischen Herleitung der Formel muss jedoch berücksichtigt werden, dass der berechnete Bestand  $BL_1$  den Fall abbildet, in dem alle negativen Einflüsse zum selben Zeitpunkt in ihrer maximalen Ausprägung auftreten.

Aufgrund der Kenntnis über die Parameter, die die Lage und Form der Kennlinie beeinflussen, können konkrete Aussagen über das logistische Potenzial des Lagers sowie über die Auswirkungen geplanter Maßnahmen bzgl. Bestand und Lieferverzug getroffen werden.

## 2.2.4 Kennzahlenbasierte Bewertung

### 2.2.4.1 Definition des Kennzahlenbegriffs

Kennzahlen sind Messgrößen, die als Verhältniszahlen oder absolute Zahlen in konzentrierter, stark verdichteter Form über einen erfassbaren, quantifizierbaren Sachverhalt informieren (vgl. [JAC94], [SIE98]). Mit Hilfe von Kennzahlen können aus einer größeren Menge von Einzelinformationen speziell herauszuhebende Informationen gewonnen werden und Entscheidungen unterstützen [STR00]. Somit gehören die Kennzahlen zu den objektiven, „harten Fakten“ [ROL95]. Kennzahlen können in verschiedenen Funktionen ihren Einsatz finden [GRO89], [ABE94]:

- Bei der Quantifizierung von Unternehmenszielen in Form von Soll-Werten (Planungsfunktion),
- bei der kontinuierlichen Überprüfung der Ist-Werte mit den vorgegebenen Soll-Werten (Kontrollfunktion),
- bei der systematischen Analyse der Abweichung der Ist-Werte von den Soll-Werten (Analysefunktion) und
- bei der Analyse der betrieblichen Situation im zwischenbetrieblichen Vergleich (Vergleichsfunktion).

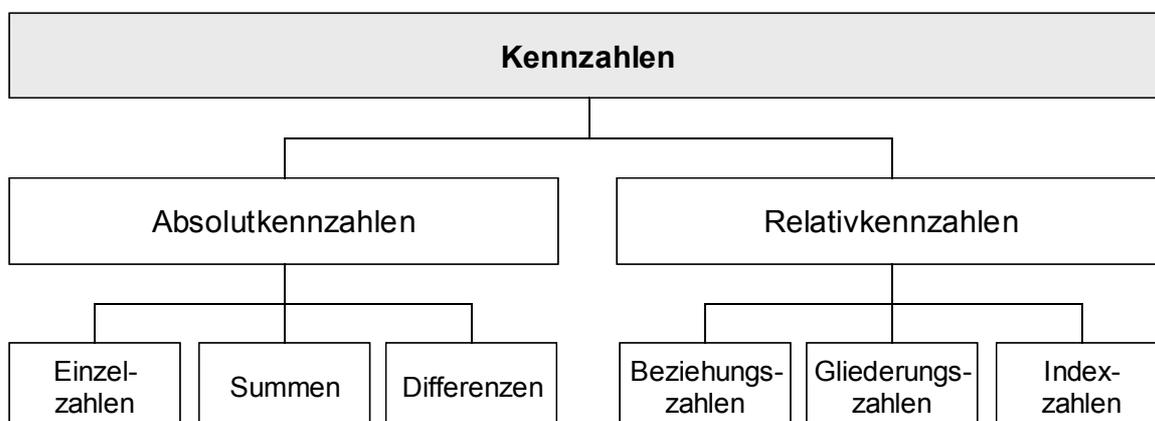


Bild 2-10: Kennzahlenarten

Kennzahlen lassen sich grundsätzlich in Absolut- und Relativkennzahlen unterscheiden (Bild 2-10). Absolutkennzahlen liefern direkt Auskunft über die Größe des zugrunde gelegten Sachverhalts und lassen sich weiter unterteilen in Einzelzahlen (z.B. Artikelbestand in Stück), Summen (z. B. Lagerbestand in EURO) oder Differenzen (z. B. Gewinn). Relativzahlen hingegen stellen ein Verhältnis zwischen zwei absoluten Kennzahlen durch Quotientenbildung dar und unterteilen sich in Beziehungs-, Gliederungs- und Indexzahlen. Beziehungszahlen stellen das Verhältnis zweier verschiedener, jedoch sachlich zusammenhängender Größen dar (z. B. Anteil Personalkosten als Verhältnis von Personalkosten zu Prozesskosten). Gliederungskennzahlen geben den Anteil einer Größe an einer Gesamtmenge an (z. B. Liefertreue als Verhältnis von termintreuen Lieferungen zu Gesamtzahl an Lieferungen). Indexzahlen setzen gleichartige, aber zeitlich oder örtlich verschiedene Größen zueinander in Beziehung (z. B. Lagerbestandskostenentwicklung als Verhältnis von Lagerbestandskosten aus dem betrachteten Zeitraum zu den Lagerbestandskosten in dem zuvor liegenden Zeitraum) (Vgl. u.a. [REI85], [SCH95], [PFO91 ], [WEB93], [ULL94]).

Im Rahmen des beschaffungslogistischen Controllings und Monitorings werden, ohne dass sich eine besondere Bedeutung einer Kennzahlenart feststellen lässt, unterschiedliche Kennzahlenarten verwendet.

#### 2.2.4.2 Grundlegende Kennzahlen für die Beschaffungslogistik

Die in der Literatur erkennbare Unschärfe der Definition der Beschaffungslogistik bzgl. der beteiligten Organisationseinheiten und Aufgaben hat unter anderem zur Folge, dass nahezu kein einheitlich gültiger Standard für beschaffungslogistische Kennzahlen existiert (vgl. [STR00], [KLA99]). Einen ersten Schritt in Richtung standardisierter Kennzahlen für die Beschaffungslogistik wird erstmals in der aus dem logistischen Benchmarking (LogiBEST) ([LUZ00], [WIE00]) resultierenden VDI-Richtlinie 4400 vorgenommen. Im Folgenden werden daher die wichtigen Logistikkennzahlen für die Beschaffungslogistik vorgestellt. Aufgrund des nicht vorhandenen Standards für Logistikkennzahlen sind andere Definitionen nicht ausgeschlossen. Beschreibt man die grundlegende Aufgabe der Beschaffungslogistik als die bedarfsgerechte und wirtschaftliche Versorgung der Produktion mit fremdbezogenen Materialien [GLÄ95], so lassen sich als wesentliche Ziele hohe Lieferbereitschaft bei geringst möglichen Logistikkosten ableiten.

Die Lieferbereitschaft, die die Servicequalität des Lieferanten hinsichtlich der Erfüllung des Kundenbedarfs bewertet, wird durch die Kennzahl der Liefertreue und Lieferzeit quantifiziert.

Prozesskosten bilden eine der wesentlichen Kennzahlen zur Quantifizierung der Logistikkosten. Hierbei wird der zur Ausführung der Prozesse eingesetzte Aufwand monetär bewertet. Die zweite wesentliche Kennzahl zur Quantifizierung von Logistikkosten sind Bestandskosten. Diese können direkt über den Materialzu- und -abgängen berechnet werden.

Die grundlegenden Kennzahlen werden im Folgenden erläutert.

### *Lieferzeit*

Die Lieferzeit stellt die Zeit dar, die zwischen der Erteilung eines Auftrages durch den Kunden bis zum Zeitpunkt der Verfügbarkeit beim Kunden vergeht [SCH90]. In der Beschaffungslogistik kann sich die Lieferzeit in Abhängigkeit des Betrachtungsgegenstandes aus mehreren Komponenten zusammensetzen. Wird die Produktion der Kunden betrachtet, so setzt sich die Lieferzeit aus der Wiederbeschaffungszeit sowie aus der Durchlaufzeit zusammen. Die Durchlaufzeit ist die Zeitspanne vom Wareneingang bis zum Zeitpunkt der frühestmöglichen Bereitstellung für die Produktion. Ist dagegen als Kunde das Unternehmen und als Auftragnehmer der externe Lieferant definiert, so ist die Lieferzeit mit der Wiederbeschaffungszeit, der Zeit ab der Bestellauslösung des Kunden bis zum Wareneingang des Kunden, gleichzusetzen. In diesem Fall ist die Durchlaufzeit eine Kennzahl, die nicht innerhalb der Lieferzeit angesiedelt, sondern eine autarke Kennzahl zur Bewertung der innerbetrieblichen Abläufe in der Beschaffungslogistik ist.

### *Liefertreue*

Mit der Liefertreue wird die Fähigkeit des Lieferanten beschrieben, die vom Kunden geforderte Ware zum vereinbarten Termin in der geforderten Menge und Qualität bereitzustellen. Entsprechend der Kundendefinition können wiederum zwei Aspekte der Beschaffungslogistik mit dieser Kennzahl betrachtet werden. Einerseits die Liefertreue des externen Lieferanten zum Unternehmen, andererseits die der Beschaffungslogistik zur Produktion.

In beiden Fällen kann die Liefertreue folgendermaßen definiert werden:

$$LT = \frac{LS}{GS} \cdot 100 \quad (2.2)$$

mit:  $LT$  = Liefertreue [%]

$LS$  = Anzahl der liefertreuen Bereitstellungen im Auswertungszeitraum [ME]

$GS$  = Gesamtzahl der Bereitstellungen im Auswertungszeitraum [ME]

Als weitere in der Literatur häufig erwähnte Kennzahlen, mit der sich Aussagen über die Liefertreue ableiten lassen, sind der mittlere Lieferverzug (vgl. Abschnitt 2.1.1.1) und die Fehlmengenquote oder Beanstandungsquote zu nennen (vgl. [GLÄ95], [PFO96], [SCH90]).

### *Prozesskosten*

Die Prozesskosten erfassen die in den beschaffungslogistischen Prozessen zur Sicherung der bedarfsgerechten Versorgung der Produktion entstandenen Aufwände monetär. Die Prozesskosten werden ermittelt, indem die ausgewiesenen Logistikkosten der Beschaffungslogistik den einzelnen Prozessen zugeordnet werden. Die Logistikkosten setzen sich im Wesentlichen aus Lager- und Kommissionierkosten, Transportkosten, Kosten der Logistikplanung und –steuerung zusammen [STR00]. Bezieht man die Logistikkosten auf die jeweiligen Kostentreiber, so ergeben sich die Prozesskosten. Es ist zu beachten, dass bei mehreren, grundsätzlich unterschiedlichen Arten von Logistikprozessen die verschiedenen Prozesse voneinander abgegrenzt werden. Gleichzeitig müssen die Logistikkosten entsprechend den verschiedenen Logistikprozessen abgegrenzt und durch entsprechende Verrechnungsschlüssel den jeweiligen Logistikprozessen zugeordnet werden (vgl. [HOR95]). Die Prozesskosten ergeben sich folgendermaßen:

$$PK_m = \frac{LK}{AL} \quad (2.3)$$

mit:  $PK_m$  = Mittlere Prozesskosten [GE]

$LK$  = Logistikkosten im Auswertungszeitraum [GE]

$AL$  = Anzahl der Logistikprozesse im Auswertungszeitraum [-]

### Bestandskosten

Der Bestand eines Prozesses resultiert aus den Materialzu- und –abgängen (vgl. Bild 2-7). Betrachtet man den Zugangs- und Abgangsverlauf eines Artikels über einen Zeitraum, so lässt sich entsprechend dem Durchlaufdiagramm der mittlere Bestand wie folgt berechnen:

$$BL_{m,Art} = \frac{F_{BL,Art}}{T} \quad (2.4)$$

mit:  $BL_{m,Art}$  = mittlerer Bestand des betrachteten Artikels [ME]  
 $F_{BL,Art}$  = Materialbestandsfläche [ME · BKT]  
 $T$  = Auswertungszeitraum [BKT]

Hieraus lassen sich die artikelspezifischen mittleren Bestandskosten ableiten:

$$BK_{m,Art} = BL_{m,Art} \cdot VP_{Art} \quad (2.5)$$

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

Die mittleren Bestandskosten für einen Auswertungszeitraum ergeben sich folgendermaßen:

$$BK_m = \sum_{i=1}^n BK_{m,Art} \quad (2.6)$$

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

Sowohl Zugangs- als auch Abgangsmenge und damit der Bestand können in unterschiedlichen Mengeneinheiten gemessen werden. Misst man den Bestand in Stück, so muss zur Berechnung der Bestandskosten dieser mit den artikelspezifischen Verrechnungskosten multipliziert werden. Werden dagegen Zugangs- und Abgangsmenge monetär gemessen, so können die Bestandskosten direkt berechnet werden.

Weitere häufig in der Literatur beschriebene Kennzahlen, die Aussagen über den Bestand liefern, sind die Umschlagshäufigkeit bzw. die Reichweite. Diese Kennzahlen setzen den Bestand ins Verhältnis zum Verbrauch. Da mit diesen Kennzahlen Bestandskosten nicht direkt berechnet werden können, soll auf eine weitere Erläuterung in dieser Arbeit verzichtet werden.

### 2.2.4.3 Kennzahlensysteme

Wie der vorherige Abschnitt deutlich machte, dienen Kennzahlen zur Quantifizierung und Bewertung spezifischer Sachverhalte. Die Beurteilung eines gesamten Prozesses lassen diese Einzelkennzahlen nicht zu. Wie in Abschnitt 2.1.2.2 dargestellt, existieren in der Beschaffungslogistik mehrere, zum Teil konkurrierende Ziele. Zusätzlich lässt sich die Quantifizierung der Ziele durch Kennzahlen im Allgemeinen nicht mathematisch darstellen [STR00]. Daher werden zur Beurteilung beschaffungslogistischer Prozesse immer mehrere Kennzahlen herangezogen und in einem Kennzahlensystem integriert. Nach *Reichmann* ist ein Kennzahlensystem „eine 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]

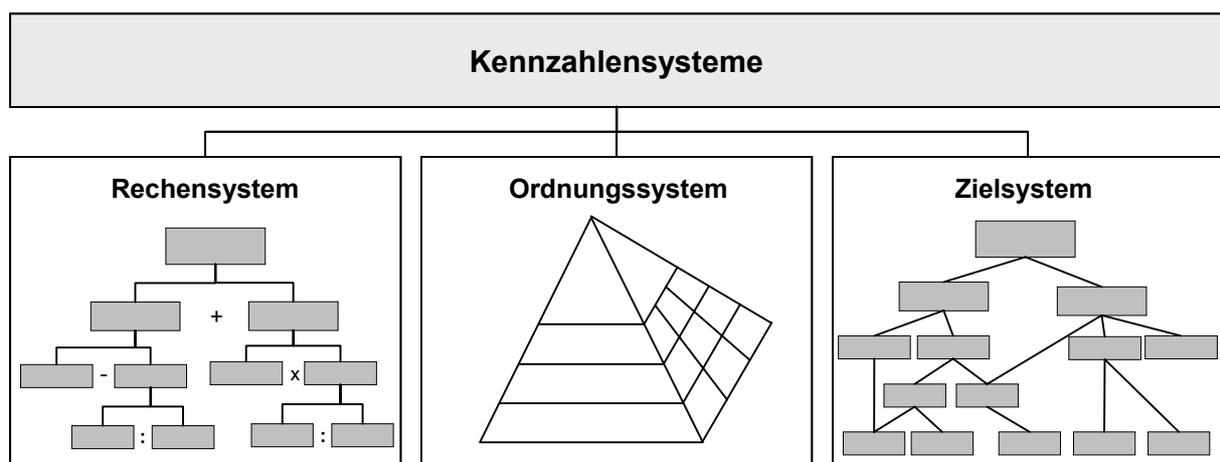


Bild 2-11: Kennzahlensysteme

Kennzahlensysteme gehen jeweils von einem Oberziel aus, von dem operationalisierbare Unterziele abgeleitet werden. Zwischen den einzelnen

Kennzahlen in einem Kennzahlensystem können verschiedene Beziehungen bestehen. Entsprechend ihrer Struktur lassen sich Kennzahlensysteme in Rechen-, Ordnungs- und Zielsysteme unterscheiden (vgl. u.a. [Sys90], [REI95]) (Bild 2-11).

Im Folgenden sollen diese Kennzahlensysteme näher erläutert werden.

### *Rechensystem*

Rechensysteme entstehen durch die Anwendung mathematischer Regeln und Transformationen. Hierbei werden entsprechende Basiskennzahlen über verschiedene Stufen so verrechnet, bis sämtliche Komponenten in einer Spitzenkennzahl münden. Klassische Spitzenkennzahlen sind beispielsweise der Return-on-Investment oder die Eigenkapitalrendite. Der Vorteil eines Rechensystems ist das Erkennen der Auswirkung einer einzelnen Größe auf die restlichen Kennzahlen im System. Allerdings ist das Einsatzgebiet dieses Kennzahlensystems nur auf Sachverhalte anwendbar, die nicht komplex sind und relativ wenige qualitative Zusammenhänge umfassen.

### *Ordnungssysteme*

Ordnungssysteme stellen Kennzahlen in sachlich sinnvoller Beziehung zueinander dar. Hierdurch können Kennzahlensysteme gebildet werden, die in der Lage sind, Betrachtungsgegenstände systematisch und vollständig zu erfassen. Jedoch erfolgt weder eine mathematische Beziehung noch muss eine hierarchische Struktur zwischen den Kennzahlen bestehen. Um eine Vollständigkeit des Betrachtungsgegenstandes zu erzielen, wird oftmals eine große Anzahl an Kennzahlen benötigt, wodurch diese Art von Kennzahlensystemen schwer handhabbar ist [SYS90].

### *Zielsysteme*

Zielsysteme sind eine Erweiterung von Ordnungssystemen, da die Kennzahlen nach den entsprechenden Zielen strukturiert sind. Hierzu wird ein übergeordnetes Ziel in untergeordnete quantifizierbare Teilziele zerlegt. Obwohl grundsätzlich eine Korrelation zwischen Kennzahlen zweier benachbarter Ebenen besteht, muss der Zusammenhang zwischen den Kennzahlen, im Gegensatz zu den Rechensystemen, nicht notwendigerweise quantifizierbar sein. Aufgrund der hierarchischen Zielstruktur

ist die Anzahl der zu betrachtenden Kennzahlen beschränkt und eine Top-Down-Analyse wird unterstützt. Durch die Hierarchisierung der Ziele bzw. der Kennzahlen, lassen sich systematische Ansatzpunkte für eine Zielbeeinflussung erkennen, jedoch ist eine quantitative Aussage über den Zielveränderungsgrad nicht möglich (vgl. [LOE95]).

#### 2.2.4.4 Bisher entwickelte Kennzahlensysteme

Kennzahlensysteme sind schon seit langer Zeit Betrachtungsgegenstand der Literatur. Die Ursprünge der Kennzahlensysteme liegen in der Finanzwirtschaft. Erst in den letzten 30 Jahren wurden verstärkt Kennzahlensysteme für die Logistik entwickelt. Lag zu Beginn der Fokus noch vornehmlich auf dem Teilbereich der Materialwirtschaft, so erweiterte sich aufgrund der zunehmenden Bedeutung der Logistik entsprechend der Aufgabenumfang der Kennzahlensysteme. Im Folgenden werden Logistikkennzahlensysteme beschrieben, die über die reine Materialwirtschaft hinausgehen und einen wesentlichen Beitrag zur Beschaffungslogistik leisten.

*Reichmann* entwickelte ein mehrstufiges Ordnungssystem zur Wirtschaftlichkeitskontrolle der Logistik. Die zentralen Kenngrößen des Kennzahlensystems sind die Umschlagshäufigkeit, der Lieferbereitschaftsgrad sowie die Gesamtlogistikkosten pro Umsatzeinheit. Diese in der ersten Ebene festgelegten zentralen Kenngrößen werden in der zweiten Ebene entsprechend den einzelnen, funktional angeordneten Bereichen Materialwirtschaft, Fertigungslogistik und Absatzlogistik aufgespalten und zugeordnet. Innerhalb dieser Bereiche ordnet Reichmann einzelnen Teilbereichen, die sich an einer Kostenstellenstruktur orientieren, verschiedene Kennzahlen zu [REI85].

*Schulte* strukturiert sein Kennzahlensystem zum Logistikcontrolling in Form einer Matrix, die einerseits nach Kennzahlenarten (Wirtschaftlichkeits-, Produktivitäts- und Qualitätskennzahlen), andererseits nach Logistikfunktionen (Beschaffung, Materialfluss und Transport, Produktionsplanung und –steuerung, Distribution) gegliedert ist [SCH95]. Für jede der einzelnen Logistikfunktionen formuliert Schulte bis zu 16 einzelne Kennzahlen, die keiner Zielorientierung unterliegen. In Summe entstehen so fast 150 verschiedene Kennzahlen.

*Pfohl* stellt erstmals ein Kennzahlensystem vor, in dem die Effizienz der Logistik abgebildet werden kann [PFO91]. Die Effizienz der Logistik soll durch die Spitzenkennzahlen Logistikkosten und Lieferservice berechnet werden. Es können sowohl die Gesamteffizienz, die Effizienz logistischer Subsysteme als auch die Effizienz einzelner logistischer Tätigkeiten abgebildet werden. Die Strukturierung erfolgt durch eine in zwei Dimensionen aufgebaute Matrix. Eine Dimension betrachtet die Phasen des Güterflusses (Beschaffungs-, Produktions- und Distributionslogistik), die zweite Dimension das logistische Subsystem (Transport, Lagerhaus, Bestandsmanagement und Auftragsabwicklung). Für jedes Feld der Matrix erstellt *Pfohl* ein Rechensystem zur Ermittlung der Spitzenkennzahlen. Auf der oberen Ebene entspricht das Kennzahlensystem einem Ordnungs-, auf der Subsystemebene einem Rechensystem.

Ein an Zielen orientiertes Logistikkennzahlensystem entwickelte *Syska* [SYS90]. Ausgehend von einer Zielsystematik, mit Hilfe derer der Nutzer systematisch Verbesserungspotenziale suchen kann, werden nur die Kennzahlen ausgewählt, die bezüglich der Zielerreichung relevante Aussagen erlauben. Das Kennzahlensystem differenziert zwischen Logistikkosten und Logistikleistung [SYS90]. Zur Operationalisierung dieser Ziele definiert *Syska* Kennzahlen, die er infolge einer empirischen Untersuchung bei Unternehmen als geeignet empfindet. In einer eigens entwickelten Definitionssystematik ermöglicht er anschließend eine Methode zur betriebsspezifischen Anpassung des Logistikkennzahlensystems [STR00].

*Weber* schlägt ein Kennzahlensystem vor, in dem die Logistikeffizienz als Oberziel aufgeführt wird [WEB93]. Die Spitzenkennzahl Logistikeffizienz setzt sich ebenso wie bei *Syska* aus den Logistikkosten und der Logistikleistung zusammen. Ausgehend von prozessbezogenen lokalen Kennzahlen, die direkt an den einzelnen Prozessen ansetzen, werden die Hauptkennzahlen Leistungsmenge, Servicegrad, Durchlaufzeit und Kosten der Logistik erstellt. Die Kennzahlen der logistischen Hauptprozesse Beschaffung, Produktion und Distribution werden zu jeweils einem Leistungs- und Kostenwert aggregiert, die letztendlich in die Spitzenkennzahl Logistikeffizienz münden. Da sich das Problem stellt, unterschiedliche Ziele und Zielgrößen, die sich nicht immer auf einer Dimension betrachten lassen, zu aggregieren, schlägt *Weber* eine nutzwertanalytische Aggregation vor.

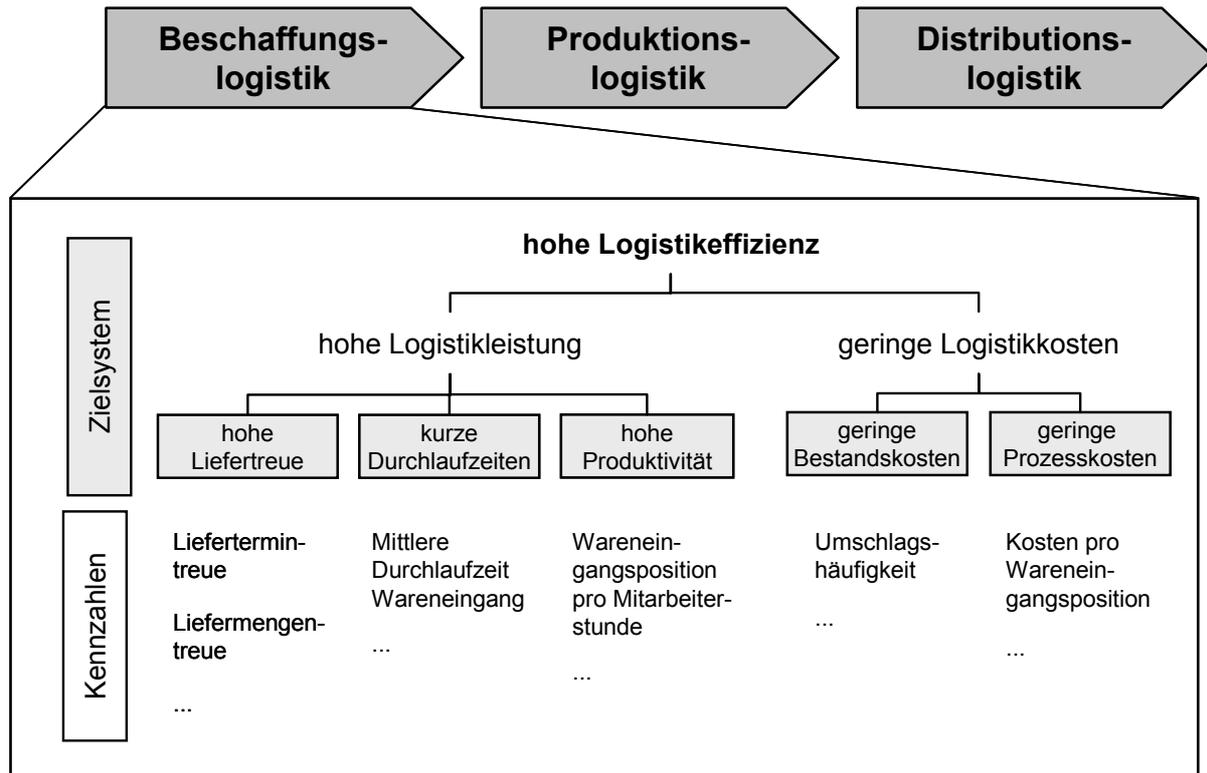


Bild 2-12: Auszug Kennzahlensystem nach VDI 4400 [VDI00]

In der VDI-Richtlinie 4400 wird ein Kennzahlensystem für eine prozessorientierte Betrachtung der Logistik vorgestellt (vgl. [VDI00], [STR00]). Das Kennzahlensystem ist auf der ersten Ebene entsprechend den logistischen Teilprozessen "Beschaffung", "Produktion" und "Distribution" strukturiert. Für jeden Teilprozess wird jeweils ein mehrstufiges Zielsystem zugeordnet, das in seinem grundsätzlichen Aufbau jedoch nahezu identisch ist (Bild 2-12). Das Hauptziel des Kennzahlensystems ist die hohe Logistikeffizienz. Auf der zweiten Ebene befinden sich die logistischen Ziele „hohe Logistikleistung“ und „geringe Logistikkosten“. Erst auf der Ebene der Teilziele, die aus den zugehörigen übergeordneten Zielen resultieren, unterscheiden sich die Zielsysteme in den jeweiligen Teilprozessen. Den Teilzielen werden entsprechende Kennzahlen zugeordnet, die eine Quantifizierung der Ziele erlauben. Für jede dieser Kennzahlen sind in der VDI-Richtlinie detaillierte Definitionen sowie die zur Berechnung erforderlichen Informationen aufgelistet.

### 2.2.5 Zusammenfassende Bewertung der Methoden des beschaffungslogistischen Controllings

Mit den Beschreibungsmodellen lässt sich dynamisch der Ist-Zustand in einem Lager bzw. einem System abbilden und durch Soll-Ist-Vergleiche Zielabweichungen

identifizieren und quantifizieren. Die auf den Beschreibungsmodellen aufbauenden Erklärungsmodelle erlauben eine Interpretation der Schwachstellen und geben Hinweise auf mögliche Fehlerursachen.

Das Lagerdurchlaufdiagramm, als Vertreter der Beschreibungsmodelle, erlaubt eine ganzheitliche dynamische Betrachtung der beschaffungslogistischen Prozesse sowie die Ableitung relevanter Kennzahlen. Problematisch erweist sich jedoch die Bestimmung der Systemgrenzen. Aufgrund der hohen Anzahl an bevorrateten Artikeln in den Lagern sowie deren Beschaffung ist es nicht sinnvoll, für jeden Artikel ein Durchlaufdiagramm zu führen. Andererseits ist aufgrund der großen Unterschiede bei den Dispositionsparametern und Anlieferstrategien der verschiedenen Artikel eine Subsummierung zu einem Durchlaufdiagramm nicht aussagekräftig.

Das Erklärungsmodell „Lagerkennlinie“ beruht auf statistischen Ansätzen und der Berechnung von Mittelwerten. Für die statistische Sicherheit des Modells ist eine hinreichend große Anzahl von Ereignissen erforderlich. Daraus ergibt sich, dass die Lagerkennlinie nur bedingt in der Prozessüberwachung eingesetzt werden kann [NYH99]. Weiterhin ist ein Einsatz der Lagerkennlinientechnik für alle im Lager bevorrateten Artikel nicht sinnvoll, da für jeden Artikel die entsprechende Lagerkennlinie in regelmäßigen Abständen erstellt und beobachtet werden müsste und eine einfache Handhabung und Übersichtlichkeit nicht gewährleistet werden kann. Da eine Verknüpfung der artikelspezifischen Lagerkennlinien zu einer Gesamtkennlinie bisher noch nicht existiert, können auch keine generellen Aussagen bzgl. der Beschaffungslogistik getroffen werden.

Sowohl das dargestellte Beschreibungs- als auch das Erklärungsmodell erlauben eine Erhebung artikelspezifischer Kennzahlen. Personalbezogene Kennzahlen, wie beispielsweise Personalkosten, die für eine ganzheitliche Bewertung der Beschaffungslogistik erforderlich sind, können nicht direkt berechnet werden und grenzen daher die Anwendung der zu entwickelnden Methode ein.

Die beschriebenen Kennzahlensysteme ermöglichen eine objektive Bewertung der Beschaffungslogistik. Die Ansätze von Schulte und Reichmann weisen funktionale, an Unternehmensorganisationen ausgerichtete Strukturen auf und genügen daher nicht den Anforderungen nach einer prozessorientierten Sichtweise (vgl. [STR00]).

Pfohl erarbeitet ein erstes prozessorientiertes Kennzahlensystem, lässt aber aufgrund der hohen Menge von Kennzahlen die Übersichtlichkeit vermissen. Ein erstes zielorientiertes Kennzahlensystem, in dem erstmals der Zusammenhang zwischen Logistikzielen und –kennzahlen deutlich wird, entwickelt Syska. Weber erweitert diesen Ansatz, indem er über ein Rechensystem Basiskennzahlen über verschiedene Ebenen zu einer Gesamtkennzahl aggregiert. Allen Ansätzen gemeinsam ist eine fehlende Definition der Kennzahlen. Die aufgeführten Kennzahlen werden ausschließlich mit der Bezeichnung der Kennzahl sowie einer groben, allgemein gültigen Formel belegt.

Die VDI-Richtlinie 4400 bietet ein prozessorientiertes Kennzahlensystem für die Beschaffungslogistik. Für jede der im System eingebundenen Kennzahlen ist eine detaillierte Definition der Eingangsgrößen, deren Berechnungsvorschrift sowie der zugehörigen Messpunkte angegeben. Der Definition folgend endet der beschaffungslogistische Prozess mit der Lagereinbuchung. Die Lagerung sowie die Bereitstellung von Material für die Produktion sind in diesem Kennzahlensystem nicht mehr Betrachtungsgegenstand der Beschaffung. Eine ganzheitliche Bewertung der operativen Beschaffungslogistik, wie sie in Abschnitt 2.1.2.1 definiert wurde, kann daher nicht vollzogen werden. Darüber hinaus kann die logistische Zielgröße Lieferbereitschaft nur teilweise aus den Kennzahlen erhoben werden, da der Lieferservice im Kennzahlensystem nicht behandelt wird.

Alle Ansätze zum logistischen Controlling und Monitoring ermöglichen das Identifizieren von Fehlern. Aufgrund der Ermittlung der erforderlichen Daten zur Modell- bzw. Kennzahlengenerierung erfolgt eine Ex-Post-Betrachtung. Durch diesen Blick in die Vergangenheit ist das frühzeitige und präventive Erkennen und Erfassen potenzieller Fehler nur sehr eingeschränkt möglich. Darüber hinaus ermöglichen die Kennzahlensysteme keine vollständigen Erklärungen [REI88]. Mittels der beschriebenen Ansätze kann das Auftreten von Fehlern in den beschaffungslogistischen Prozessen erkannt, deren ursächliche Quellen können jedoch nicht ermittelt werden.

Ansätze zur präventiven Fehlererkennung sowie zur Ermittlung der entsprechenden Fehlerquellen bieten verschiedene Methoden des Qualitätsmanagements, die in den folgenden Abschnitten näher erläutert werden sollen.

## 2.3 Qualitätsmanagement

### 2.3.1 Begriff der Qualität

Der Begriff der Qualität wird in der DIN ISO 8402 als „Gesamtheit von Merkmalen einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte und vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen“, definiert. In Abhängigkeit von der Wahl der Einheit kann der Qualitätsbegriff unterschiedlich aufgefasst werden. Während man bei einem Produkt von Produktqualität spricht, betrachtet man bei der Prozessqualität explizit den Herstellungsprozess.



Bild 2-13: Qualitätsverständnis im Wandel (in Anlehnung an [PFE95])

Der Wandel von der reinen Produktorientierung hin zum unternehmensübergreifenden Denken in Wertschöpfungssystemen hatte eine permanente Erweiterung des Qualitätsverständnisses zur Folge (vgl. Bild 2-13). Lagen die ursprünglichen Ziele auf der Sicherstellung der Qualität von materiellen und immateriellen Produkten, so werden zunehmend die technologischen und ökonomischen Randbedingungen berücksichtigt [PFE95]. Hierzu zählen die Reduzierung der Kosten, die Einhaltung von festgelegten Produktmerkmalen, die Verbesserung von Produkteigenschaften und des Produktionsprozesses sowie die Identifikation von Mitarbeitern und Kunden mit dem Produkt.

Die Erkenntnis, dass der Qualitätsgedanke auf das gesamte Unternehmen ausgedehnt werden muss, mündete im Total Quality Management (TQM) (vgl. u.a. [FEI91], [MAS88], [GEI98]). Unter „TQM ist eine auf die Mitwirkung aller ihrer Mitglieder basierende Managementmethode einer Organisation, die die Qualität in

den Mittelpunkt stellt und durch Zufriedenstellung der Kunden auf langfristigen Geschäftserfolg sowie auf Nutzen für die Mitglieder einer Organisation und für die Gesellschaft zielt“ [ZOL01], zu verstehen.

In Zeiten des Supply-Chain-Managements (SCM) erfolgt eine Erweiterung des TQM-Gedankens auf die gesamte Lieferkette. Dabei sind alle Material-, Waren- und Informationsflüsse zwischen mehreren selbstständigen Partnern, vom Rohstofflieferanten bis zum Enderzeuger, unter Einbeziehung von Transportunternehmen zu optimieren [ZÄP01]. SCM gründet auf vertrauensvolle Partnerschaften, die entwickelt und vertieft werden müssen. Hierzu liefert das Qualitätsmanagement Instrumente, die eine standardisierte, international geltende Beurteilung und Bewertung von Lieferanten ermöglicht. Qualitätsaudit und Zertifizierung sollen sicherstellen, dass Lieferanten die vom Kunden geforderte Produkt-, Prozess- sowie Systemqualität sicherstellen können, und bieten hierfür einheitliche Bewertungsschemata an (vgl. u.a. [QS9000], [VDA96], [VDA97]).

Der Wandel des Qualitätsmanagementgedankens von der Einhaltung der Produktqualität hin zur präventiven Fehlervermeidung führte eine Vielzahl an neuen anerkannten Methoden nach sich, die die Einhaltung von Grenzwerten und Toleranzen gewährleisten (vgl. [TRA97]). Da die wesentlichen Ziele der Logistik die Einhaltung der Liefertreue und der Lieferzeiten ist, müssen Verfahren entwickelt werden, die diese Kundenanforderungen sicherstellen. Es lag daher nahe, sich auch in der Logistik auf die anerkannten Methoden des Qualitätsmanagements zu stützen und diese bedarfsgerecht zu erweitern.

In Anlehnung an die DIN EN ISO 8402 wurde der Begriff der Logistikqualität definiert. Die Logistikqualität beschreibt die Eignung eines Logistikprozesses, die vom Kunden geforderte Logistikleistung zu erbringen [WIE02]. Eine logistische Leistung gilt immer dann als erfüllt, wenn der Kunde in der vorausgesetzten Qualität und zum vorausgesetzten Preis die richtigen Erzeugnisse in der richtigen Menge am richtigen Ort zum richtigen Zeitpunkt erhält. Die Erfüllung der Logistikqualität wird durch die Analyse der im Controlling gewonnenen Kennzahlen überprüft. Das logistische Qualitätsmanagement baut somit auf den Methoden des Logistikmonitorings und des Logistikcontrollings auf und ergänzt diese durch die präventiven Methoden des Qualitätsmanagements, welche die Logistikprozesse in die Lage versetzen sollen, Logistikqualität zu „liefern“ (vgl. [DOM88], [STR00]).

In den folgenden Abschnitten sollen die für die Arbeit relevanten Methoden des Qualitätsmanagements und deren Einsatzgebiete in der Logistik zur Überwachung von Prozessen und Prävention von Ursachen [TRA97] ausführlicher beschrieben werden.

### 2.3.2 Methoden des Qualitätsmanagements

#### 2.3.2.1 Statistische Prozesslenkung - SPC

Die SPC ist ein grafisches Verfahren, mit dem sich das statische Verhalten eines Prozesses charakterisieren lässt. Grundlagen einer SPC bilden Qualitätsregelkarten, die dazu dienen, einen Prozess durch die grafische Darstellung seiner Kennwerte transparent und überschaubar zu machen [WES99].

Die Qualitätsregelkarte besteht aus einem Koordinatensystem, in dem über die Zeit (x-Achse) die Kennwerte für jede erfasste Stichprobe eingetragen wird. Als Kennwerte werden der Mittelwert, die Standardabweichung sowie die Spannweite einer Stichprobengesamtmenge der Prüfmerkmale verwendet.

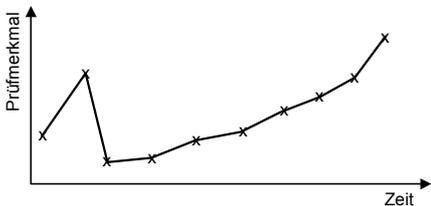
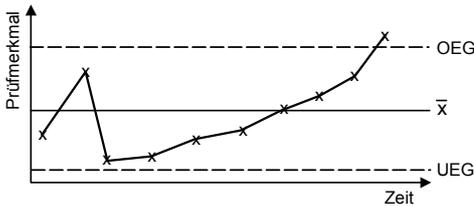
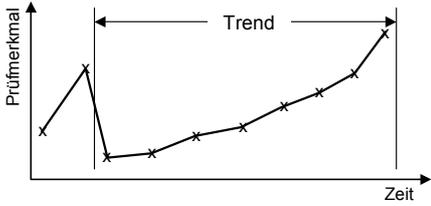
Nach *Pfeifer* weist eine Qualitätsregelkarte (QRK) die drei folgenden Leistungsmerkmale auf [PFE95]:

- Grafische Darstellung des Prozessverlaufs über der Zeit,
- Aufzeigen von Prozessstörungen mit den Eingriffsgrenzen und
- Aufdecken von systematischen Einflüssen durch Testverfahren.

Eine grafische Darstellung der Prozesskennwerte (vgl. Bild 2-14) ermöglicht im Gegensatz zu tabellarischen Aufzeichnungen eine schnelle visuelle Kontrolle des zu untersuchenden Prozesses. Veränderungen und Trends können schnell und unproblematisch erkannt werden, was bei Bedarf ein Eingreifen in den Prozess ermöglicht. Hierzu werden die untere und die obere Eingriffsgrenze (UEG/OEG) in die Qualitätsregelkarte eingetragen [REI01].

Die Kennwerte eines stabilen und störungsfreien Prozesses schwanken gering und zufallsverteilt innerhalb der Eingriffsgrenzen. Ändern sich über den Zeitraum kontrollierbare Faktoren, so kann dies zu einer Verschiebung des Prozessniveaus und einer Erhöhung der Prozessstreuung führen. Liegt der Kennwert außerhalb der

Eingriffsgrenzen, so muss korrigierend in den Prozess eingegriffen werden [FOR85]. Neben der Verwendung von Eingriffsgrenzen können die Prozessverläufe mit verschiedenen statistischen Testverfahren analysiert werden, um systematische Einflüsse zu erkennen. Das Beispiel in Bild 2-14 zeigt im unteren Teilbild ein ungewöhnliches Ansteigen der letzten Prozesswerte, welches als „Trend“ bezeichnet wird. Ein weiteres charakteristisches Beispiel für ungewöhnliches Verhalten ist ein so genannter „Run“, bei dem sich mehr als sieben aufeinander folgende Werte unter oder oberhalb der Mittelwertlinie befinden oder bei dem ein periodisch wiederkehrender Prozessverlauf zu beobachten ist [HER93].

Leistungsmerkmal	Darstellung in der Regelkarte
Graphische Darstellung des Prozessverlaufs über der Zeit	 <p>The graph shows a series of data points connected by lines, plotted against 'Prüfmerkmal' (Y-axis) and 'Zeit' (X-axis). The values fluctuate initially but then show a clear upward trend towards the end of the series.</p>
Aufzeigen von Prozessstörungen mit den Eingriffsgrenzen	 <p>The graph includes horizontal dashed lines for 'UEG' (Lower Control Limit) and 'OEG' (Upper Control Limit), and a solid horizontal line for the mean <math>\bar{x}</math>. The data points are plotted against 'Prüfmerkmal' and 'Zeit'. The final data points cross above the OEG, indicating a process disturbance.</p>
Aufdecken von systematischen Einflüssen durch Testverfahren (z.B. Trend)	 <p>The graph is similar to the first one but includes a horizontal double-headed arrow labeled 'Trend' that spans the upward-sloping portion of the data series, indicating a systematic influence.</p>

UEG – untere Eingriffsgrenze    x – Prozesswert  
 OEG – obere Eingriffsgrenze     $\bar{x}$  – Mittelwert

Bild 2-14: Leistungsmerkmale der Regelkartentechnik [DOM88]

Die SPC kann in dem Bereich der Logistik im Rahmen eines Monitorings eingesetzt werden. Dombrowski entwickelte ein auf der SPC basierendes Verfahren zur Terminalsicherung in der Werkstattfertigung [DOM88]. Grundlage ist eine auftragsbezogene Regelkarte, in der die Termintreue der einzelnen Arbeitsgänge überwacht wird. Bild 2-15 zeigt eine beispielhafte Terminregelkarte für einen Auftrag, der aus acht Arbeitsvorgängen besteht. Die Ordinate ist mit einer Zeitskala für die

Terminabweichung, die sich aus der Differenz von Ist-Bearbeitungsendtermin und Soll-Bearbeitungstermin errechnet, versehen. Die Abszisse ist für die Arbeitsvorgänge eines Auftrags skaliert. Der Mittellinie wird der Terminabweichungswert „Null“ (Ist-Termin gleich Soll-Termin) zugeordnet. Parallel, im gleichen Abstand zu der Mittellinie liegen zwei Linien, die den tolerierbaren Bereich der Terminabweichung begrenzen, die so genannten Terminwarngrenzen (TOW/TUW). Liegt der Verlauf des Prüfmerkmals „Terminabweichung“ innerhalb dieser Grenzen, so wird der Auftrag ohne Eingriffe zum geplanten Termin fertig.

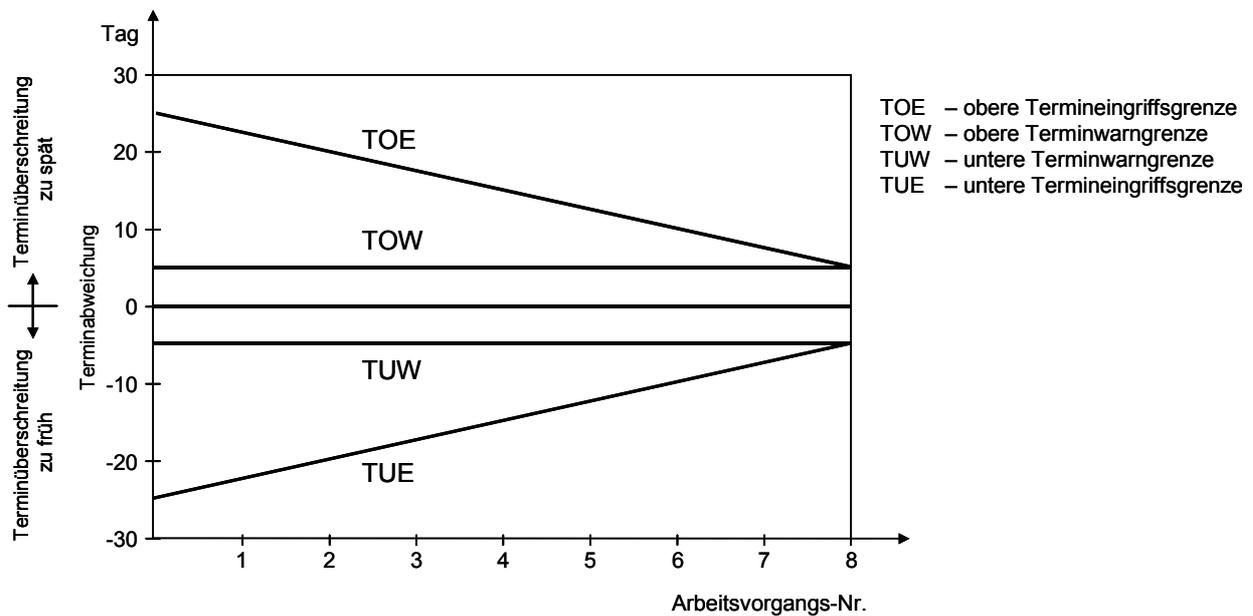


Bild 2-15: Terminregelkarte [DOM88]

Die obere und die untere Termineingriffsgrenze (TOE/TUE) errechnen sich in Abhängigkeit des arbeitsgangspezifischen Zeitpuffers. Hierbei wird der Zeitpuffer aus der Differenz von Planübergangszeit und Mindestübergangszeit berechnet und beschreibt den Zeitraum, den ein Auftrag in Anspruch nehmen kann, ohne die nachfolgenden Arbeitsgänge zeitlich zu gefährden. Daher ist der Verlauf entgegen der Terminwarngrenze nicht parallel zur Mittellinie, da sich für jeden Arbeitsgang ein anderer Zeitpuffer ergibt, der von der Position des Arbeitsvorgangs im Auftrag sowie von den betriebsspezifischen Werten für Übergangs- und Mindestübergangszeit abhängig ist [DOM88].

Ist die Lage eines arbeitsgangspezifischen Messwertes zwischen einer Warngrenze und einer Eingriffsgrenze, so ist eine verschärfte Überwachung des Auftrages

erforderlich. Überschreitet ein Messwert die Eingriffsgrenzen, so muss in den Auftrag korrigierend eingegriffen werden.

Wie diese beispielhafte Anwendung zeigt, kann die SPC im Bereich der Logistik durch entsprechende Adaption eingesetzt und angewendet werden.

Grundvoraussetzung für die Anwendung einer SPC ist jedoch ein qualitätsfähiger Logistikprozess. Zahlreiche Untersuchungen haben allerdings ergeben, dass Logistikprozesse häufig instabil sind und einer starken Streuung unterliegen [DOM88]. Für den Einsatz einer SPC sind deshalb vorgelagerte Prozessanalysen, in denen die Störgrößen erkannt und nachfolgend beseitigt werden, erforderlich.

Eine weitere Besonderheit der Logistik betrifft das Datenaufkommen. Im Vergleich zur technischen Qualitätssicherung fallen in der Logistik Rückmeldungen in meist unregelmäßigen Abständen an [REI01]. Kistner schlägt deshalb vor, zwei Qualitätsregelkarten zu führen [KIS94]: eine QRK zur kurzfristigen Prozesslenkung und eine QRK zur mittelfristigen Prozessbeurteilung. Zur kurzfristigen Prozesslenkung wird eine Soll-Wert-QRK eingesetzt, in welche nacheinander die Ist-Werte eingetragen werden. Für die mittelfristige Prozessbeurteilung werden mehrere Einzelwerte der Kurzzeitbetrachtung zu einer Stichprobe zusammengefasst. Diese Stichprobe ist dann statistisch auswertbar und die Mittelwerte, die Standardabweichung sowie die Spannweite können in der QRK geführt werden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass sich diese Stichproben nicht mehr auf einen Zeitpunkt, sondern auf einen Zeitraum beziehen [KIS94].

### 2.3.2.2 Fehlerbaumanalyse

Die Fehlerbaumanalyse (engl.: Fault Tree Analysis; kurz FTA) wird zur systematischen Untersuchung von Produkten und Fertigungsverfahren eingesetzt, wobei ausgehend von einem Fehler die potenziellen Ausfallursachen ermittelt werden [WES99]. Das Ergebnis ist eine qualitative Abschätzung der Fehlerwahrscheinlichkeit für ein Produkt, ein Fertigungsverfahren oder einen – prozess.

In einem Fehlerbaum kann ein möglicher Fehler nach verschiedenen Kriterien beschrieben und es sollen die folgenden Fragen beantwortet werden [GAL02]:

- Wo trat der Fehler auf?
- Welcher Art war der Fehler?
- Wo lag die Ursache für den Fehler?
- Was waren seine Folgen?

Ausgangspunkt bei der Erstellung eines Fehlerbaums ist ein Fehler, zu dem alle potenziellen Ausfallkombinationen eingetragen werden, die ihn verursachen können. Die Kriterien, die den Ausfall einer Komponente oder eines gesamten Systems betreffen, müssen eindeutig beschrieben werden. Dabei ist zu beachten, dass es verschiedene Arten von Ausfällen gibt. Primäres Versagen tritt ein, wenn eine Komponente durch innewohnende Schwäche bei zulässigen Einsatzbedingungen ausfällt. Fällt ein Komponente aufgrund der Umgebungs- oder Einsatzbedingungen aus, so spricht man von sekundärem Versagen. Kommandiertes Versagen erfolgt, wenn falsches oder fehlendes Ansteuern einer Komponente zum Versagen führt, obwohl alle Komponenten funktionsfähig sind.

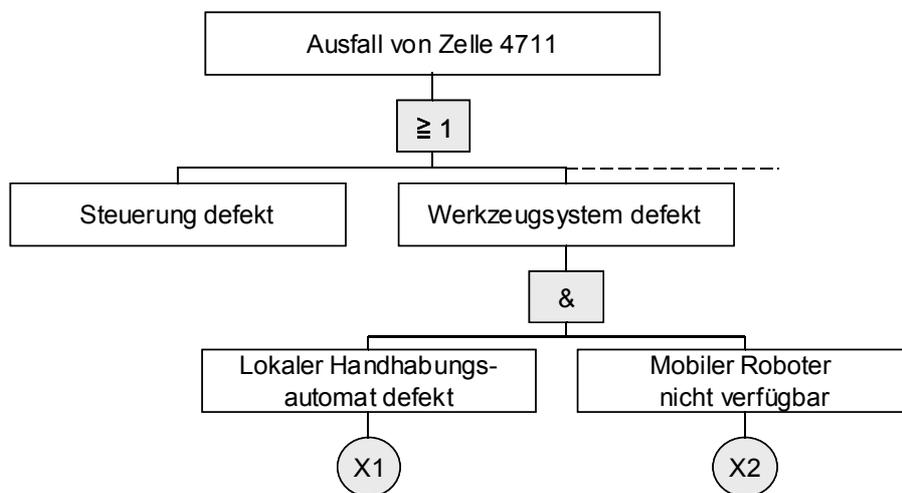
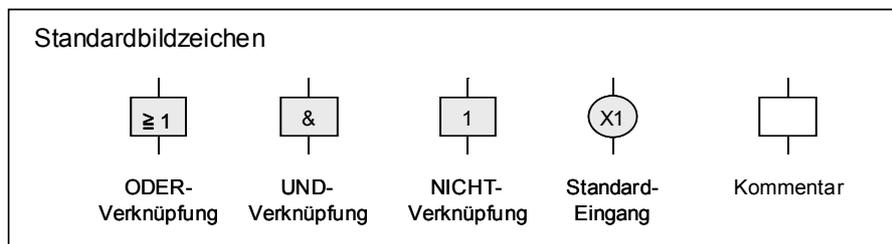


Bild 2-16: Beispielhafter Fehlerbaum [Vgl. GAL02]

Ein primäres Versagen stellt einen Eingang zum Fehlerbaum dar und bedarf keiner weiteren Untersuchung. Bei den beiden anderen Versagensarten müssen dagegen die Fehlerursachen näher betrachtet werden. Hierzu werden die einzelnen Ursachen mittels Standardbildzeichen der booleschen Algebra zu Ausfallkombinationen verknüpft. Die Standardbildzeichen, mit denen ein derartiger Fehlerbaum dargestellt werden kann, zeigt Bild 2-16 [PFE95]. Der daraus aufgebaute Fehlerbaum (Bild 2-16, unten) stellt ein Systemmodell dar, mit dessen Hilfe das Systemausfallverhalten beschrieben werden kann [GAL02].

Für den Einsatz von Fehlerbäumen gibt es zwei Möglichkeiten. Die erste dient dem sofortigen Identifizieren einer Fehlerursache. Aufgrund der übersichtlichen und strukturierten Darstellung im Fehlerbaum kann der Aufwand zur Fehlerursachenfindung sowie zur Fehlerdokumentation reduziert werden. Die zweite Anwendung ist die statistische Auswertung erkannter Fehler, Prozesse und Abläufe, um diese bewerten zu können und systematische Fehler zu erkennen [GAL02].

Dabei kann bei den statistischen Auswertungen zwischen strukturbezogenen, zeitbezogenen und gewichteten Auswertungen unterschieden werden [PFE95]. Bei einer strukturbezogenen Auswertung werden alle Fehler gleich gewichtet und die Anzahl der Fehler wird über den Unterpunkten aufgetragen. Eine zweite Möglichkeit der Auswertung des Fehlerbaums ist die Überprüfung, welcher Fehler welche Ausfallzeiten verursacht hat. Die dritte Auswertungsmöglichkeit erfolgt, indem man die Fehler nach festgelegten Kriterien gewichtet, d. h. den Fehlern unterschiedliche Bedeutung zumisst.

Die Methode der Fehlerbaumanalyse lässt sich direkt auf logistische Fragestellungen übertragen. Eine statisch-zeitbezogene Auswertung eines logistischen Fehlerbaums ermöglicht es, zuerst die Fehlerursachen zu beheben, die durch die Dauer der Ausfälle besonderen Einfluss auf die logistischen Qualitätsmerkmale haben. Eine strukturbezogene Auswertung erlaubt die Identifizierung von Schwächen im Aufbau und Ablauf der Auftragsbearbeitung. Weiterhin kann der Einfluss von technischen Fehlern, z. B. der Ausfall eines Betriebsmittels, als Ursache von logistischen Fehlern, wie z. B. Terminuntreue, bewertet werden [GAL02].

Die wichtigste Voraussetzung ist aber auch hier ein vorhandenes Merkmals-, Ziel- und Messsystem, um Fehler zu erkennen. Ziel einer Analyse ist es, die Ursachen für

auftretende Störungen zu erkennen und zu beheben, um die Einhaltung der logistischen Qualität zukünftig sicherzustellen. Zusätzlich muss versucht werden, die Auswirkungen einer Störung zu beheben. Denn anders als im technischen Qualitätsmanagement, bei dem ein defektes Werkstück aus der Produktion genommen werden kann, muss ein fehlerhafter Auftrag weiter bearbeitet werden [NIP95b].

### 2.3.2.3 FMEA

Die Fehlermöglichkeits- und –einflussanalyse (FMEA) gehört zu den Methoden der präventiven Qualitätssicherung. Ziel der Durchführung einer FMEA ist es, potenzielle Fehler bei der Entwicklung eines Produktes bzw. bei (neuen) Fertigungsverfahren bereits in der Planung zu identifizieren und durch geeignete Maßnahmen zu vermeiden [VDA97]. Mit Hilfe der FMEA ist es ferner möglich, das Erfahrungswissen über Fehlerzusammenhänge und Qualitätseinflüsse systematisch zu sammeln und damit verfügbar zu machen [PFE95].

Je nach Schwerpunkt und Zielrichtung des Einsatzes werden Konstruktions-, Prozess- und System-FMEA unterschieden.

Das Ziel einer Konstruktions-FMEA ist es, einen einwandfreien Entwurf zu erhalten, der möglichst wenige Fehlermöglichkeiten aufweist und somit zu einem fehlerfreien Produkt führt. Hierzu werden in der FMEA potenzielle Fehler des Entwurfs aufgedeckt, die hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Funktionalität des Produktes bewertet werden, und gegebenenfalls werden geeignete Maßnahmen zu deren Beseitigung erarbeitet.

Die Prozess-FMEA setzt methodisch auf der Konstruktions-FMEA auf. Ziel ist es jedoch, die Schwachstellen in den Fertigungsplänen zur Herstellung zu erkennen, zu bewerten und ebenfalls notwendige Maßnahmen zu erarbeiten.

Die System-FMEA, in der Literatur auch als Produkt-FMEA anzutreffen, stellt den Bezug zwischen der Bauteilebene und dem Gesamtsystem her. Die Komponenten eines Systems werden auf ihr funktionsgerechtes Zusammenwirken untersucht, ohne jedoch einzelne Komponenten näher zu betrachten [RUT98].

Der methodische Aufbau der FMEA ist in allen drei Ansätzen nahezu identisch. Die weitestgehend formalisierte Vorgehensweise der Analyse wird durch das Ausfüllen

eines Formblattes unterstützt. Am weitesten verbreitet ist das Formblatt des Vereins der deutschen Automobilhersteller (VDA) [VDA96], [VDA97].

Entsprechend dem Aufbau des Formularblatts (vgl. Bild 2-17) werden bei der Durchführung der FMEA fünf Arbeitsschritte durchlaufen.

Im ersten Schritt erfolgt die organisatorische Vorbereitung. Diese beinhaltet die Auswahl des Analysegegenstandes, die Bestimmung eines FMEA-Verantwortlichen, das Aufstellen eines Terminplans sowie die Festlegung der Teamzusammensetzung. Diese Stammdaten werden in den Kopf des Formulars eingetragen.

Formularkopf															
Beschreibung des Fehlers	Fehlerart	Fehlerauswirkung	Fehlerursache	Derzeitiger Zustand					Empfohlene Maßnahme	Verantwortlichkeit	Erzielte Verbesserung				
				Prüfmaßnahmen	A	B	E	RPZ			Getroffene Maßnahmen	A	B	E	RPZ
Fehleranalyse			Beurteilung des Ist-Zustandes					Maßnahmenplan		Maßnahmenverfolgung					

A Auftretenswahrscheinlichkeit  
 B Bedeutung der Fehlerfolgen  
 E Entdeckungswahrscheinlichkeit  
 RPZ Risikoprioritätszahl

Bild 2-17: Struktur eines FMEA-Formularblatts (in Anlehnung an [VDA97])

Inhalt des zweiten Arbeitsschrittes ist das Auflisten möglicher Fehler. Dabei ist es irrelevant, wie folgenschwer oder wahrscheinlich ein Fehler ist. Es besteht vielmehr ein Vollständigkeitsanspruch, aus dem heraus alle entstandenen und potenziellen Fehler aufzuführen sind [FRA89]. Darauf aufbauend werden zu jedem Fehler dessen möglichen Folgefehler festgehalten. Mit der Zuordnung potenzieller Ursachen zu jeder Fehler/Folge-Kombination wird der zweite Schritt abgeschlossen. Im Rahmen der Fehleranalyse ist es sinnvoll, die Methoden der Fehlerbaumanalyse (vgl. Abs. 2.3.2.2) einzusetzen, da diese zu einer Vollständigkeit der Fehlerursachenanalyse beiträgt.

Im dritten Schritt, der Beurteilung des Ist-Zustandes, werden die gegenwärtigen Kontrollmaßnahmen, die für jede Fehler-Ursachen-Kombination im Unternehmen existieren, eingetragen. Anschließend erfolgt die Bewertung. Hierzu werden die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines Fehlers zum augenblicklichen Zeitpunkt (A), die Bedeutung oder die Folgen des Fehlers sowie die Wahrscheinlichkeit seiner Entdeckung jeweils mittels einer Skala von 1-10 bewertet. Wird ein Faktor mit eins bewertet so ist die Wahrscheinlichkeit bzw. Bedeutung sehr gering. Eine zehn dagegen weist auf eine sehr hohe Wahrscheinlichkeit bzw. Bedeutung hin. Durch die Multiplikation der drei Faktoren entsteht die Risikoprioritätszahl (RPZ). Sie ist der Ausdruck für das relative Risiko innerhalb einer FMEA und unterstützt bei der Priorisierung der Beseitigung von Risiken.

Das Ableiten von Maßnahmen, insbesondere für Fehlerursachen bei hoher Risikoprioritätskennzahl, ist Bestandteil des vierten Schrittes. Im FMEA-Team werden Abhilfemaßnahmen erarbeitet, die in einem terminierten Maßnahmenplan münden, und Verantwortliche zu deren Umsetzung festgelegt.

Im letzten Schritt gilt es zu prüfen, ob mit den empfohlenen Maßnahmen ein verbesserter Zustand erreicht werden kann. Analog zu Schritt drei werden neue Risikozahlen vergeben, deren resultierende RPZ eine quantitative Bewertung des neuen Zustands und damit einen Vergleich mit der Ausgangssituation erlaubt.

Die grundsätzliche methodische Vorgehensweise der FMEA erlaubt es, die Vorgehensweise auch auf logistische Fragestellungen anzuwenden. *Ruta* zeigt dies anhand der von ihm entwickelten Logistik-FMEA [RUT98]. Entgegen der „klassischen“ FMEA liegt hier der Schwerpunkt auf den Material- und Informationsflüssen bestehender Produktionen und deren Steuerung [KAN02].

Der Ablauf der FMEA entspricht im Wesentlichen der Vorgabe nach VDA. Anders als bei der „klassischen“ FMEA, bei der ein Ziel verfolgt wird, nämlich das eines fehlerfreien Produktes (Konstruktions-FMEA) oder das eines fehlerfreien Fertigungsprozesses (Prozess-FMEA), werden in der Logistik gleichzeitig mehrere, teilweise konkurrierende Ziele betrachtet. Um diesem Zielkonflikt gerecht zu werden, definiert *Ruta* in Anlehnung an die RPZ eine Kennzahl, die den Einfluss jeder Fehlerursache auf die zuvor definierten logistischen Zielgrößen berücksichtigt. Weitere Faktoren, die in die Berechnung der RPZ einfließen, sind die

„Prozessintensität“, die ein Maß für die Häufigkeit einer ausgeübten Tätigkeit darstellt, sowie die aus der klassischen FMEA bekannten Faktoren „Bedeutung“ und „Entdeckungswahrscheinlichkeit“. Die so errechnete RPZ ist ein Maß für die Dringlichkeit ablauforganisatorischer Maßnahmen zur Fehlervermeidung.

### 2.3.3 Zusammenfassende Bewertung der Methoden des Qualitätsmanagements

Die Methoden der statistischen Prozesslenkung sowie der Fehlerbaumanalyse haben sich bereits in der Logistik bewährt (vgl. [NIP95b], [GAL02]). Kritikpunkte an der FMEA adressieren methodische als auch Aspekte der Praktikabilität.

Methodischer Mangel betrifft in erster Linie die Notwendigkeit einer quantitativen Bewertung der Fehler, der Fehlerfolgen und der Wahrscheinlichkeit einer Entdeckung (vgl. [ARN92]). Vielfach liegen hierüber keine detaillierten Informationen, Erfahrungen oder Analysen vor. Die Folge sind oftmals subjektive Schätzungen, die individuelle Ansichten widerspiegeln. Durch die alleinige Multiplikation der subjektiven Bewertung kann die Aussagekraft fragwürdig erscheinen. Eine einfache Rechnung zeigt, dass schon eine Schwankungsbreite von  $\pm 1$  erhebliche Auswirkung auf die RPZ haben kann. Nimmt man bspw. einen Mittelwert von 9 und die vorgegebene Schwankungsbreite so kann hieraus eine RPZ mit einer Reichweite von 512 ( $8^3$ ) bis 1000 ( $10^3$ ) resultieren (vgl. [ARN92]).

Ausgehend von Fehlerursachen werden die Fehlerquellen ermittelt und mit Hilfe der RPZ in ihrer Bedeutung auf das Produkt bzw. den Prozess quantifiziert. Bei der Ermittlung der zu bewertenden Fehlerquellen wird von einer linearen Fehlerfolge ausgegangen. Insbesondere bei der Betrachtung von Prozessen kann eine Fehlerquelle die Ursache für mehrere auftretende Fehler sein. Dieser Mehrfacheinfluss wird bei einer Bewertung mit dem bestehenden RPZ-Ansatz nicht ausreichend berücksichtigt.

Die inhaltliche Trennung der drei Bewertungsgrößen (Auftrittens- und Entdeckungswahrscheinlichkeit sowie Fehlerbedeutung) ist außerdem als zu grob und unvollständig anzusehen. Die unterschiedlichen Einflüsse, die die Fehlerursachen bzw. die Fehlerquellen auf die verschiedenen logistischen Zielgrößen haben, werden nicht berücksichtigt. Im Rahmen der Logistik-FMEA versucht Ruta, diesen Aspekt bei der Berechnung der RPZ durch die Gewichtung der

logistischen Ziele zu berücksichtigen, jedoch beschränkt sich diese Gewichtung auf die produktionslogistischen Zielgrößen.

Mängel der Praktikabilität betreffen die grundsätzliche Vorgehensweise und den hierfür erforderlichen Koordinations-, Personal- und Zeitaufwand. Zur sinnvollen Durchführung einer FMEA ist es erforderlich, dass alle am Prozess direkt und indirekt beteiligten Bereiche involviert sind. Das Zusammenführen und Strukturieren des Wissens und der Informationen aller involvierten Bereiche fordert einen hohen Koordinations- und damit einen hohen Personalaufwand. Neben dem koordinierenden und personellen Aufwand ist die mangelnde methodische Unterstützung bei der Fehleranalyse ein wesentlicher Kritikpunkt. Über potenzielle Fehler muss in jedem Schritt neu nachgedacht und gedanklich eine Fehlerfolgebetrachtung durchgeführt werden. Eine erste Gegenmaßnahme bietet die methodische Verknüpfung von FTA und FMEA (vgl. [HER98], [RUT98]).

Grundsätzlich eignen sich die Methoden des Qualitätsmanagements für die präventive Fehleridentifizierung. Es fehlen bisher methodische Weiterentwicklungen, die auch die Beschaffungslogistik betrachten, sowie Ansätze zur Objektivierung der Fehlerursachen- und -quellenbewertung.

## **2.4 Fazit und Schlussfolgerungen für die zu entwickelnde Methode**

### *2.4.1 Fazit*

In den vorangegangenen Abschnitten wurden die Möglichkeiten und das Einsatzgebiet des logistischen Monitorings sowie von ausgewählten Methoden des Qualitätsmanagements aufgezeigt. Die Methoden des logistischen Monitorings sind ein probates Mittel für eine quantitative Bewertung der Beschaffungslogistik. Es wurde jedoch dargestellt, dass Aussagen, die aus logistischen Erklärungs- und Beschreibungsmodellen abgeleitet und/oder mittels Kennzahlen ermittelt wurden, stets auf die Vergangenheit bezogen sind und daher zu einer präventiven Fehlererkennung nicht direkt beitragen können.

Die Analyse hat zusätzlich ergeben, dass die Verfahren des logistischen Monitorings bei der Ermittlung von Fehlerursachen oder Fehlerquellen keinen wesentlichen Beitrag liefern. Hier greifen die dargestellten Methoden des Qualitätsmanagements. SPC, FTA und FMEA finden in der Literatur und in den Unternehmen eine hohe

Akzeptanz zur Identifikation und zur präventiven Vermeidung von Fehlern. Der Einsatz konzentriert sich bisher jedoch auf Produkte und Produktionsprozesse.

Mit der FMEA können potenzielle Fehler ermittelt und hinsichtlich ihres Risikos auf ein Produkt oder einen Prozess bewertet werden. Die Bewertung berücksichtigt jedoch nicht situationsabhängige Randbedingungen, die die Auftretenswahrscheinlichkeit oder die Bedeutung einer Fehlerursache entsprechend differenziert betrachtet lassen. Darüber hinaus werden die Auswirkungen einzelner Fehlerursachen auf verschiedene Zielgrößen nicht berücksichtigt. Erste Ansätze zum Einsatz der FMEA in der Logistik zeigt *Ruta*, der sich wiederum auf die Produktionslogistik konzentriert. Eine Methode in Anlehnung an die FMEA, die sich auf die Beschaffungslogistik und deren Besonderheiten konzentriert, ist bisher nicht bekannt.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass insbesondere für die Beschaffungslogistik in der Literatur für die formulierte Zielsetzung kein durchgängiges Verfahren zur präventiven Fehlervermeidung auf Basis von logistischen Kennzahlen beschrieben wird, das die Methoden des Qualitätsmanagements mit denen des logistischen Monitorings aufeinander abstimmt und durchgängig verknüpft.

#### *2.4.2 Anforderungen an die zu entwickelnde Methode*

Im Rahmen dieser Arbeit soll eine Methode entwickelt werden, deren Ziel die frühzeitige Identifizierung potenzieller Fehler auf Basis periodischer Kennzahlenerhebungen in der Beschaffungslogistik ist. Basierend auf den dargestellten Grundlagen lassen sich für die zu entwickelnde Methode folgende inhaltliche Anforderungen ableiten:

- Um ein einheitliches Verständnis bezüglich der Aufgaben und der zugehörigen Prozesse der Beschaffungslogistik zu schaffen, muss der Prozess der Beschaffungslogistik von seinen vorgelagerten bzw. nachfolgenden Prozessen eindeutig abgegrenzt werden. Da ein wesentlicher Schwerpunkt der zu entwickelnden Methode darauf beruht, dass sich die verschiedenen logistischen Zielgrößen unterschiedlich stark in den einzelnen Beschaffungsprozessen beeinflussen lassen, ist eine Detaillierung der beschaffungslogistischen Prozesse erforderlich. Zur Gewährleistung einer breiten Wirksamkeit der Methode sollen daher standardisierte Prozessmodelle

verwendet werden, deren Nutzen die überbetriebliche Gültigkeit und Anwendung ist [SES88].

- Die Ermittlung der Fehlerursachen und -quellen soll mittels einer kennzahlenbasierten Betrachtung der logistischen Zielgrößen erfolgen. Für eine periodische Beurteilung der Erreichung von beschaffungslogistischen Zielgrößen ist daher ein prozessorientiertes Ziel- und Kennzahlensystem notwendig, mit dessen Hilfe in Unternehmen unabhängig von Organisations- oder Kostenstellenstrukturen Kennzahlen erfassen und aktuelle Situationen in der Beschaffungslogistik quantifiziert werden können (vgl. [LUZ00]).
- Von besonderer Bedeutung ist das frühzeitige Erkennen potenzieller Fehler. Dies soll auf der Basis von Kennzahlen erfolgen. Hierzu ist es notwendig, dass aus den Werten der Vergangenheit mit den Ansätzen der Mathematik und mit Hilfe von Trendanalysen aus der SPC entsprechende Rückschlüsse für die Zukunft generiert werden können.
- Um Wirkzusammenhänge von Fehlerursache, Fehlerquelle und Lokalisierung im Beschaffungsprozess erkennen zu können, muss eine strukturierte Darstellung der Zusammenhänge dieser Faktoren gewährleistet werden. Die Struktur ist so zu wählen, dass eine kontinuierliche Erweiterung jederzeit möglich ist.
- Aufgrund der Tatsache, dass das Eintreten eines Fehlers gleichzeitig zu einer Veränderung mehrerer Zielgrößen führen kann, ist ein Wirkzusammenhang von Fehlerquelle und deren Einfluss auf die Zielgröße zu erarbeiten.
- Identifizierte Fehlerursachen müssen auf der Basis objektiver Bewertungen hinsichtlich ihres Einflusses auf die beschaffungslogistischen Prozesse beurteilt werden.

Neben den inhaltlichen Anforderungen an die Methode entstehen auch Anforderungen, die aus der Sicht des Anwenders resultieren:

- Die Methode muss in der Lage sein, den Anwender bei der Identifikation potenzieller Fehlerursachen zu unterstützen.

- Im Sinne einer von den Anwendern geforderten Aufwandsreduzierung ist eine einfache, aufwandsarme Verarbeitung und Auswertung der Daten zu ermöglichen.
- Die zur Berechnung der Kennzahlen erforderlichen Daten müssen aus den üblichen PPS/BDE-Systemen generiert werden können.
- Die Methode zur Identifizierung von Fehlerursachen muss praktikabel, nachvollziehbar und die Ergebnisse müssen reproduzierbar sein, um eine hohe Akzeptanz bei den Anwendern zu erzielen.
- Der Nutzer muss in der Lage sein, die Methode selbstständig, ohne großen Einarbeitungs- und Schulungsaufwand anwenden zu können.

Im Folgenden wird eine Methode entwickelt, die einen Lösungsansatz zur präventiven Fehlererkennung auf der Basis von logistischen Zielgrößen darstellt. Für diese Methode werden im weiteren Verlauf dieser Arbeit bestehende Ansätze konfiguriert und Modelle so konzipiert, dass sie den oben definierten Anforderungen genügen.

### 3 Entwicklung einer Methode zur kennzahlenbasierten Fehleridentifizierung

In diesem Kapitel wird die Methode zur Identifizierung potenzieller Fehler auf der Basis von Kennzahlen entwickelt. Zunächst wird im Folgenden ein Überblick über das entwickelte Gesamtkonzept gegeben (Abschnitt 3.1). In den weiteren Abschnitten dieses Kapitels werden die einzelnen Bestandteile der Methode detailliert erläutert.

#### 3.1 Konzept der Methode

In diesem Abschnitt wird die Grundstruktur der Methode konzipiert. Es werden mit dem Ziel, ein grundlegendes Verständnis des verfolgten Lösungsansatzes zu erreichen, wichtige Elemente der Methode und deren Zusammenhänge erläutert.

Grundsätzlich besteht die Methode aus sechs verschiedenen, z. T. aufeinander aufbauenden Komponenten (Bild 3-1).

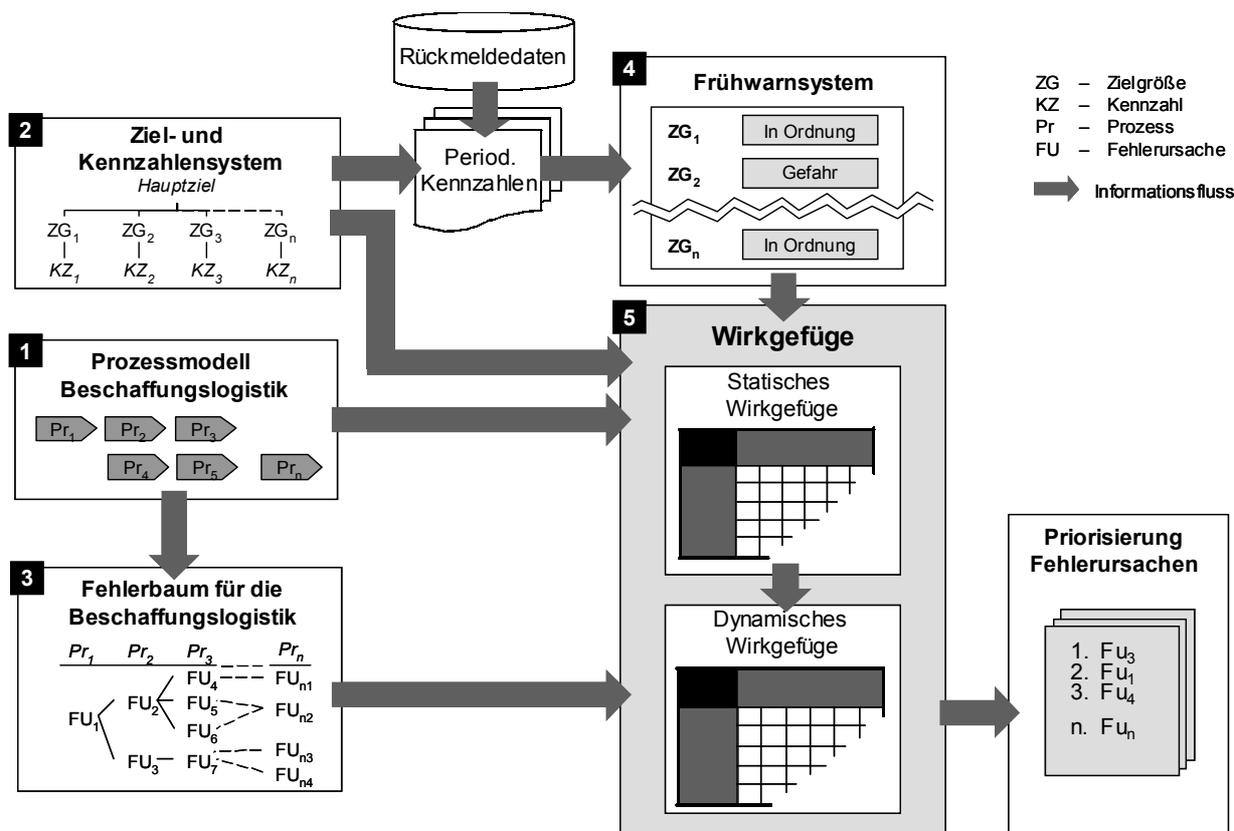


Bild 3-1: Bestandteile der Methode zur kennzahlenbasierten Identifizierung potenzieller Fehler

Die erste Komponente beinhaltet ein allgemein gültiges Prozessmodell für die Beschaffungslogistik, mit dessen Hilfe eine Abgrenzung des zu betrachtenden Bereichs sowie eine einheitlich strukturierte Beschreibung der relevanten Tätigkeiten und Aufgaben unabhängig von der Aufbauorganisation der Unternehmen vorgenommen werden kann.

Ein Zielsystem für die Beschaffungslogistik sowie die Zuordnung relevanter Kennzahlen zu deren Quantifizierung ist Bestandteil der zweiten Komponente. Das Zielsystem spiegelt die unternehmensspezifischen Zielgrößen wider. Die zur Operationalisierung der Zielgrößen eingesetzten Kennzahlen unterstützen bei der einheitlichen Messung sowie beim Aufzeigen der Abweichungen von den logistischen Zielwerten.

Inhalt der dritten Komponente ist die strukturierte Darstellung von Fehlerbäumen mit dem Ziel, Fehlerursachen zu ermitteln. Dies ermöglicht die Zuordnung der Fehlerursachen zu den Fehlerorten und somit eine Lokalisierung der Fehler im logistischen Beschaffungsprozess. Durch die Verbindung individueller Fehlerursachen zu prozessübergreifenden Fehlerbäumen wird das Erkennen von Fehlerzusammenhängen und deren Fortpflanzung über den gesamten beschaffungslogistischen Prozess ermöglicht und es werden die Auswirkung eines Fehlers auf die vorgelagerten und nachfolgenden Prozesse transparent.

Inhalt der vierten Komponente ist ein Frühwarnsystem, das in periodischen Zeitabständen aus den unternehmenseigenen Daten die zuvor definierten Kennzahlen berechnet. Darüber hinaus werden, basierend auf den kennzahlenspezifischen Vergangenheitswerten, zukünftige Werte prognostiziert. Aktuelle Kennzahl und prognostizierter Wert definieren einen periodenspezifischen Zustand der bewerteten Zielgröße in Abhängigkeit von zuvor festgelegten Ziel- bzw. Eingriffswerten. Diese periodenspezifischen Zielgrößenzustände bilden die Eingangsinformation für das im nächsten Schritt erarbeitete Wirkgefüge.

Bestandteil der fünften Komponente ist ein mehrstufiges Wirkgefüge, das die Interdependenzen der Komponenten Zielsystem, Prozessmodell und Fehlerbaum sowie die periodischen Kennzahlen quantifiziert, um nachfolgend die potenziellen Fehlerursachen hinsichtlich ihres Einflusses auf die im Frühwarnsystem ermittelten Zielgrößenzustände zu bewerten.

Für ein besseres Verständnis des Wirkgefüges soll dieses im Folgenden näher erläutert werden:

Das Wirkgefüge besteht grundsätzlich aus einem statischen und aus einem dynamischen Wirkgefüge.

Im *Allgemeinen Wirkgefüge* wird der grundsätzliche, statische Zusammenhang von Zielgröße, beschaffungslogistischen Prozessen und Fehlerursachen dargestellt. Hierbei bilden zwei Prämissen die Grundlage für die Erstellung der Wirkgefüge.

*1. Prämisse: Die verschiedenen beschaffungslogistischen (Teil-)Prozesse haben unterschiedlich starke Einflüsse auf die Zielgrößen.*

Wird jeder (Teil-)Prozess in Form einer Black-Box betrachtet, so kann der Einfluss der in dem Prozess erarbeiteten Ergebnisse auf die jeweilige Zielgröße individuell betrachtet werden. Dabei haben nicht alle (Teil-)Prozesse denselben Einfluss auf eine beschaffungslogistische Zielgröße. Betrachtet man eine Zielgröße und deren Beeinflussung durch einzelne Teilprozesse, so sind hier große Unterschiede zu erkennen. Als Beispiel kann hier die Zielgröße „geringe Bestandskosten“ angeführt werden. Primäres Ziel ist es, eine definierte Bestandshöhe nicht zu überschreiten. Die Bestandskosten werden im Wesentlichen durch den Prozess der Bestellauslösung beeinflusst. Im Rahmen der Bestellauslösung werden Aufträge zu Losen zusammengefasst, Termine definiert und zu einem ermittelten Termin ausgelöst. Diese Aktivitäten wirken sich direkt auf die Zielgröße „geringe Bestandskosten“ aus. Die dem Prozess nachgelagerten Aktivitäten wie Wareneingang, Warenprüfung etc. haben einen geringeren Einfluss auf diese Zielgröße, da das Auftreten von Fehlern in diesen Bereichen höchstens zu einem Unterschreiten einer definierten Bestandsgrenze führen könnte. Dies würde wiederum sofort bei anderen Zielgrößen, wie bspw. „kurze Durchlaufzeit“ oder „hoher Lieferservice“, ersichtlich werden.

Im Unkehrschluss kann daher davon ausgegangen werden, dass bei der Abweichung einer Zielgröße von ihren Zielwerten deren Ursachen durch einzelne Teilprozesse stärker beeinflusst wird als durch andere beschaffungslogistische Teilprozesse.

Für die kennzahlenbasierte Ermittlung potenzieller Fehlerursachen ist es notwendig, diesen Zusammenhang von beschaffungslogistischen Prozessen und den Zielgrößen für die Beschaffungslogistik zu kennen. Daher soll in einer ersten Vernetzungsstufe von beschaffungslogistischen Teilprozessen und Zielgrößen diese Interaktion abgebildet werden.

*2. Prämisse: Die verschiedenen Fehlerursachen haben unterschiedlich starke Auswirkungen auf die logistischen Zielgrößen.*

Ähnlich den Prozessen haben auch die in den Fehlerbäumen ermittelten Fehlerursachen unterschiedlichen Einfluss auf die verschiedenen logistischen Zielgrößen. Wird beispielsweise ein Materialbedarf nicht erkannt und dementsprechend eine Bestellung nicht ausgelöst, so macht sich das fehlende Material stärker bei der logistische Zielgröße „hoher Lieferservice“ – als Zielgröße zur Bewertung der Liefertreue zur Produktion - bemerkbar als bei der Zielgröße „hohe Liefertreue“ oder „kurze Wiederbeschaffungszeit“, die die Liefertreue des Lieferanten bewertet.

Diese Wechselwirkung von Fehlerursache und Zielgröße wird in einer zweiten Vernetzungsstufe qualitativ und quantitativ bewertet. Hierbei wird jede Fehlerursache und jede Zielgröße isoliert betrachtet.

Über die eine Vernetzung, in der der Zusammenhang von Fehlerursache und Prozess aufgezeigt wird, entsteht durch die geeignete Kombination der zuvor erstellten Vernetzungsstufen das statische Wirkgefüge, in dem der grundsätzliche Zusammenhang von Zielgrößenabweichung und potenzieller Fehlerursache dargestellt ist.

Durch das Zusammenführen des statischen Wirkgefüges mit den jeweiligen aktuellen Werten des Frühwarnsystems entsteht das *dynamische Wirkgefüge*. Aus den periodisch ermittelten Kennzahlen der betrachteten Zielgrößen und den hieraus resultierenden Zielgrößenzuständen lassen sich die Fehlerursachen ableiten, die für eine Zielgrößenabweichung verantwortlich sind. Diese objektiv bewerteten Fehlerursachen sind das Ergebnis der sechsten Komponente.

In den folgenden Abschnitten werden die bisher grob skizzierten Komponenten der Methode detailliert erläutert. Die Strukturierung der Kapitel orientiert sich an dem in Bild 3-1 dargestellten Aufbau.

### **3.2 Prozessmodell für die Beschaffungslogistik**

Grundlage für die Methode zur kennzahlenbasierten Identifizierung potenzieller Fehler ist ein Prozessmodell, das die Aufgaben der operativen Beschaffungslogistik ganzheitlich abbildet. Unter einem Modell versteht man allgemein eine Abbildung eines Realitätsausschnittes. Als Prozess wird eine inhaltlich abgeschlossene, zeitlich und logische Abfolge von Funktionen verstanden, die zur Bearbeitung eines relevanten Objektes ausgeführt wird [ROS96]. Ein allgemein gültiges Prozessmodell ist deshalb notwendig, da später die Zusammenhänge von logistischen Zielgrößen und Teilprozessen bewertet sowie die in den Prozessen lokalisierten Fehlerursachen ermittelt werden sollen. Daher wird in diesem Abschnitt ein Beschaffungsprozess definiert, der die Grundlage für die nachfolgenden Komponenten bildet.

#### **3.2.1.1 Überblick über das Prozessmodell für die operative Beschaffungslogistik**

Die Aufgaben der Beschaffungslogistik umfassen die „Beschaffung aller zur Produktion benötigten Materialien auf dem Markt und Sicherstellung einer reibungslosen Versorgung der Produktion mit den jeweiligen Materialien“ [STR00]. Die Beschaffungslogistik hat hierzu den Produktionsbedarf des eigenen Unternehmens mit den Lieferbedingungen, -mengen und -terminen des Lieferanten zu koordinieren.

Die Definition der Aufgaben der Beschaffungslogistik ist auf dieser allgemeinen, aggregierten Ebene für nahezu alle Unternehmen der produzierenden Industrie gültig. Wie in Abschnitt 2.1.2. dargestellt, existieren auf einer detaillierteren Ebene stark differenzierende Ansichten bzgl. der Aufgaben und Inhalte der Beschaffungslogistik. Einen Ansatz, ein einheitliches, unternehmensunabhängiges Verständnis für die Aufgaben der Beschaffungslogistik zu schaffen, bieten jedoch Prozessmodelle.

Für den unternehmensunabhängigen Einsatz dieser Methode muss daher ein modulares Prozessmodell für die Beschaffungslogistik definiert werden, das es den

Unternehmen später ermöglicht, mittels einzelner Bausteine aus dem Modell den unternehmensspezifischen Beschaffungsprozess abbilden zu können.

Eine Anforderung hierzu ist die eindeutige Ein- und Abgrenzung der relevanten Prozesse. Außerdem ist der Detaillierungsgrad des Prozessmodells so fein zu wählen, dass eine eindeutige Differenzierung der verschiedenen Aufgaben ersichtlich ist. Andererseits muss der Abstraktionsgrad des Modells so grob sein, dass es trotz der Verschiedenartigkeit der Aufgaben und Abläufe in den Unternehmen anwendbar ist. Die so identifizierten Prozesse sollen vollständig und eindeutig in einem verketteten Prozessmodell abgebildet werden.

Fokus der zu entwickelnden Methode sind die operativen Aufgaben der Beschaffungslogistik. Dazu zählen das Bestellwesen sowie die Bereitstellung für die Produktion (vgl. Abschnitt 2.1.2.1). Bild 3-2 stellt das Prozessmodell vor, das auf dem in Abschnitt 2.1.2.1 vorgestellten Prozessmodell für die Beschaffungslogistik basiert und entsprechend den Anforderungen an die Methode modifiziert wurde. Als Hauptprozesse sind das *Bestellwesen* und die *Bereitstellung* zu erkennen.

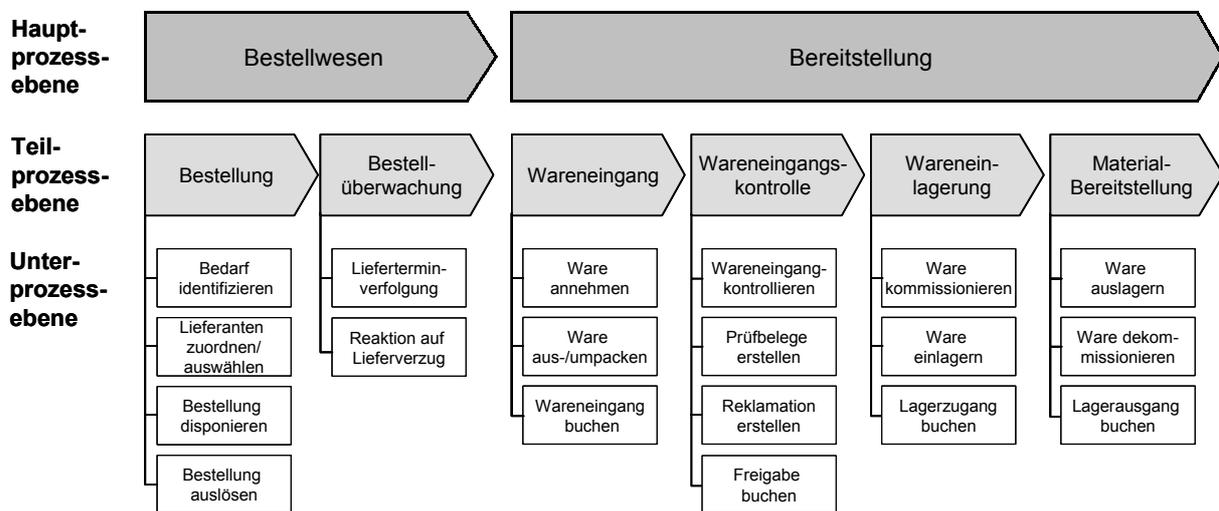


Bild 3-2: Prozessmodell „Operative Beschaffung“ (in Anlehnung an [WEB00])

Das *Bestellwesen* wird in die Teilprozesse *Bestellung* und *Bestellüberwachung* unterteilt, die *Bereitstellung* in die Teilprozesse *Wareneingang*, *Wareneingangskontrolle*, *Wareneinlagerung* und *Materialbereitstellung*. Da die Betrachtung der beschaffungslogistischen Prozesse für die kennzahlenbasierte Identifizierung

potenzieller Fehler auf der Ebene der Teilprozesse erfolgen soll, werden diese im folgenden Abschnitt näher erläutert (vgl. [OST99]).

### 3.2.1.2 Beschreibung der Teilprozesse

#### *Bestellung*

Mit der Durchführung der Bruttobedarfsrechnung für die Produktion hat die Bestellung die Aufgabe, den Bedarf an Beschaffungsartikeln zu identifizieren und daraus eine Bestellung zu generieren. Sie greift dazu auf die im Rahmen der Beschaffungsplanung festgelegten Dispositionsparameter zurück. Verfolgt das Unternehmen eine Multi-Sourcing-Strategie, so muss entsprechend der Bedarfsmenge und dem -termin ein Lieferant unter den potenziellen Anbietern ausgewählt werden. Ist für die Bedarfsdeckung nur ein Lieferant relevant, so muss der Beschaffungsartikel dem entsprechenden Lieferanten zugeordnet werden. Für die verschiedenen Bedarfe erfolgt die Disposition durch die Festlegung des Bestellzeitpunkts und der Bestellmenge. Mit dem Erreichen des Bestellzeitpunktes wird die Bestellung bzw. bei Rahmenlieferverträgen ein Abruf ausgelöst.

#### *Bestellüberwachung*

Die Bestellüberwachung verfolgt die Bestellung von deren Ausgang bis zum Eintreffen der Lieferung. Insbesondere werden bereits überschrittene Liefertermine identifiziert und geeignete Maßnahmen eingeleitet.

#### *Wareneingang*

Eingehende Lieferungen erreichen zunächst die Warenannahme, werden dort entgegengenommen und identifiziert. In Abhängigkeit von Anlieferungsverfahren und Verpackungsart müssen die Beschaffungsartikel aus- und/oder umgepackt werden. Die Wareneingangsbuchung registriert den Lieferzeitpunkt und die gelieferte Menge des Beschaffungsartikels.

#### *Wareneingangskontrolle*

In Abhängigkeit von der Liefervereinbarung oder internen Festlegungen durchlaufen die Beschaffungsartikel die Wareneingangskontrolle, durch die die Qualität der Ware geprüft und in entsprechenden Prüfbelegen dokumentiert wird. Bei Fehlmengen oder

Qualitätsmängeln wird ggf. eine Reklamation eingeleitet. Die Freigabe-Buchung schließt den Teilprozess ab. Spätestens ab diesem Zeitpunkt sind die Beschaffungsartikel für das Unternehmen verfügbar.

### *Wareneinlagerung*

Erfolgt eine Zwischenlagerung der Beschaffungsartikel, so kann die geprüfte Ware vor der Einlagerung kommissioniert und entsprechenden Behältern/Trägern zugeordnet werden. Nach der Einlagerung der Beschaffungsartikel wird der Lagerzugang verbucht.

### *Materialbereitstellung*

Wurde eine Zwischenlagerung vollzogen, so erfolgt mit dem Zeitpunkt der Artikelbedarfsmeldung seitens der Produktion die Entnahme der Ware aus dem Lager, nachfolgend das Abzählen sowie das Dekommissionieren. Mit der Lagerausgangsbuchung wird das Material für die Produktion bereitgestellt und geht in deren Verantwortungsbereich über.

Oftmals sind in den Unternehmen die Beschaffungsartikel entsprechenden ABC- und/oder XYZ-Klassifizierungen zugeordnet, für die unterschiedliche Beschaffungsstrategien angewendet werden. So sind bspw. AX-Teile für eine JIT-Belieferung prädestiniert. Z-Teile dagegen sollten bedarfsgerecht bezogen werden.

Aufgrund des modularen Aufbaus des Prozessmodells können diese unterschiedlichen Beschaffungskonzepte ohne größeren Aufwand abgebildet werden. In Bild 3-3 sind beispielhaft drei verschiedene Abläufe in der Beschaffungslogistik dargestellt. Der im oberen Teil des Bildes dargestellte Prozess stellt die maximale Ausprägung der beschaffungslogistischen Prozesse dar. Hier erfolgt die Warenkontrolle durch das Unternehmen sowie eine Zwischenlagerung. Der in der Bildmitte abgebildete Prozess spiegelt eine produktionssynchrone Beschaffung wider. Der letzte Prozess zeigt eine JIT-Beschaffung auf, in der keine Wareneingangskontrolle und Zwischenlagerung erfolgt.

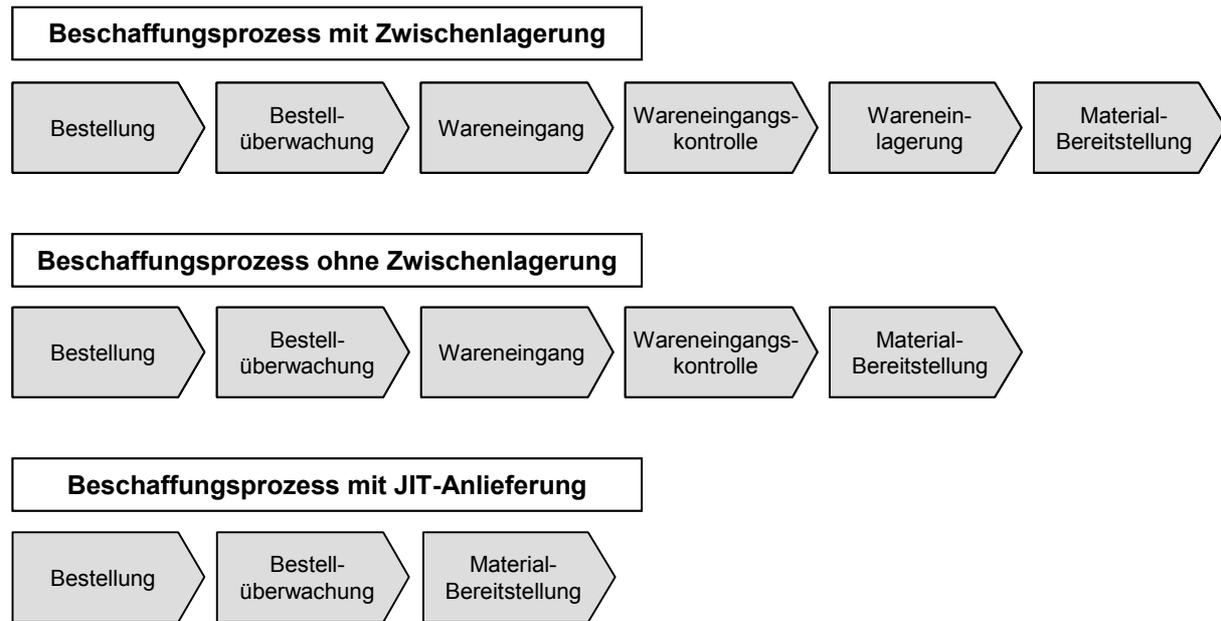


Bild 3-3: Beispielhafte Abbildung verschiedener Beschaffungsprozesse

Durch die Anwendung des dargestellten Prozessmodells werden alle logistischen Teilprozesse der Beschaffungslogistik festgelegt. Auf Basis des Prozessmodells kann ein Unternehmen die eigenen Abläufe durchleuchten und die Prozessmodelle entsprechend ihren Abläufen gestalten.

### 3.3 Entwicklung eines Kennzahlensystems

Die Identifizierung potenzieller Fehler soll auf der Basis von Kennzahlen erfolgen. Durch den Einsatz dieser Kennzahlen wird die Bewertung der beschaffungslogistischen Prozesse operationalisiert. Der Aussagegehalt mehrerer getrennt nebeneinander stehender Kennzahlen ist auf einzelne Sachverhalte beschränkt [SES00]. Die Komplexität der Beschaffungslogistik kann daher mit den einzelnen Kennzahlen nur unbefriedigend abgebildet werden. Hierzu bedarf es eines Kennzahlensystems, das die Gesamtheit der auf logisch-deduktivem Wege geordneten Kennzahlen im definierten Anwendungszusammenhang darstellt (vgl. [AIC96]).

Zur Strukturierung der Kennzahlen wird in diesem Abschnitt ein zielorientiertes Kennzahlensystem vorgestellt, welches sich an den logistischen Zielgrößen der Beschaffungslogistik orientiert (vgl. Kap. 2.1.2.2). Es wird ein allgemeines Zielsystem erstellt, in das im nächsten Schritt die Kennzahlen zur Bewertung der Zielgrößen integriert werden. Zur Gewährleistung eines einheitlichen Verständnisses der

Kennzahlen und ihrer Aussagekraft werden die im Zielsystem integrierten Kennzahlen nachfolgend bzgl. ihrer Berechnung definiert.

### 3.3.1 Entwicklung eines allgemeinen Zielsystems

Ein Zielsystem dient zur strukturierten Gliederung meist allgemein formulierter Oberziele über eine Hierarchisierung von Ebene zu Ebene in immer operationalere Unterziele. Ziele können in Unterziele aufgelöst oder zu Oberzielen zusammengefasst werden [EIS99]. Diese Aufgliederung kann so verstanden werden, dass die Unterziele jeweils die Oberziele konkretisieren. Eine solche Form bietet eine übersichtliche Darstellung der bereits formulierten Ziele. Zusätzlich lassen sich Redundanzen leicht erkennen (vgl. [WEB00]).

Bei der Erstellung eines Zielsystems für die Beschaffungslogistik mit Hilfe der Zielhierarchie müssen folgende Kriterien erfüllt werden:

- Vollständigkeit: Das Zielsystem muss alle bewertungsrelevanten Aspekte erfassen.
- Messbarkeit: Die Erreichung aller Ziele muss eindeutig quantifizierbar sein.
- Redundanzfreiheit: Die Ziele dürfen sich nicht in ihrer Bedeutung überschneiden. Kein Ziel einer untergeordneten Hierarchieebene darf in mehr als ein Ziel der übergeordneten Hierarchieebene einfließen.
- Einfachheit: Das Zielsystem muss möglichst überschaubar sein. Dies soll vor allem durch die Hierarchisierung gewährleistet werden.

Die in der Literatur vorzufindenden Ziele der Beschaffungslogistik wurden sachlogisch geclustert, hierarchisiert und um zusätzliche relevante Kriterien ergänzt. Fasst man die Aussagen unterschiedlicher Autoren zusammen, so lassen sich aus dem noch abstrakten Ziel der *Hohen Logistikqualität in der Beschaffung* die Unterziele *Hohe Lieferbereitschaft* und *Geringe Logistikkosten* ableiten, welche wiederum selbst in mehrere Ziele untergliedert werden (Bild 3-4).

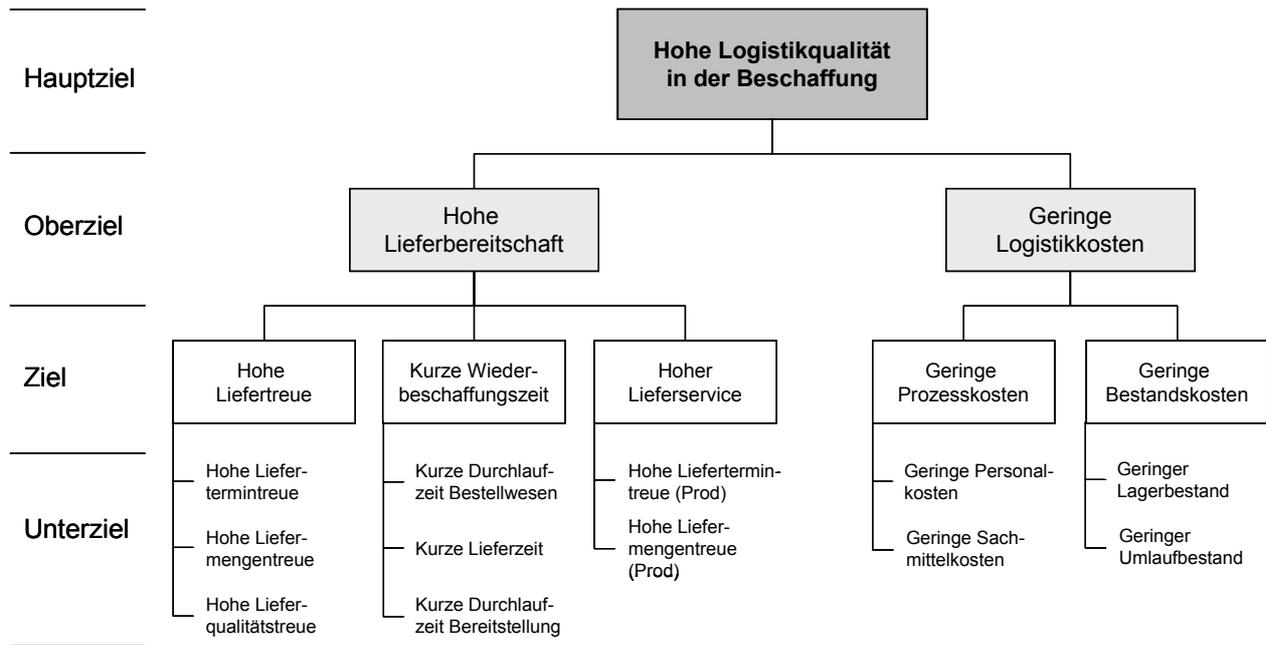


Bild 3-4: Zielsystem für die Beschaffungslogistik (in Anlehnung an [VDI00])

Grundlage des entwickelten allgemeinen Zielsystems bildet das in der VDI-Richtlinie 4400 [VDI00] festgelegte Ziel- und Kennzahlensystem für die Beschaffungslogistik. Das in der VDI-Richtlinie definierte Zielsystem berücksichtigt jedoch nicht die termin-, mengen- und qualitätsgerechte Bereitstellung der Beschaffung von Materialien für die Produktion. Aufgrund des in Abschnitt 3.2 definierten Referenzprozesses und der Betrachtung der Beschaffungslogistik als Teilprozess einer Kunden-Lieferanten-Beziehung mit dem Kunden „Produktion“, muss aus dem übergeordneten Ziel *Hohe Lieferbereitschaft* neben den Zielen *Hohe Liefertreue* und *Kurze Wiederbeschaffungszeit* zusätzlich das Ziel *Hoher Lieferservice* zugeordnet werden.

Zur planmäßigen Ausführung der im Wareneingang erfolgenden Tätigkeiten ist eine *hohe Liefertreue* der Lieferanten erforderlich. Verspätete Anlieferungen, fehlende Artikel oder qualitative Mängel stören den reibungslosen Ablauf der Beschaffungslogistik und können im schlimmsten Fall zu einer Unterversorgung der Produktion mit Beschaffungsartikeln führen.

Kurzfristige Kundenwünsche und veränderte Produktionsprogramme fordern eine hohe Flexibilität und hohe Reaktionsschnelligkeit seitens der Beschaffungslogistik. *Kurze Wiederbeschaffungszeiten* dienen zur Gewährleistung der Bedarfsdeckung für die Produktion. Da aus der Sicht des Kunden der Zeitraum von der Bedarfsmeldung bis zur Materialbereitstellung entscheidend ist, sind sowohl die Lieferzeit des

Lieferanten als auch die Durchlaufzeit im Unternehmen bis zur Materialbereitstellung Bestandteile der Wiederbeschaffungszeit.

Ein *hoher Lieferservice* sichert die termin- und mengentreue Bereitstellung des Materials und damit die bedarfsgerechte Versorgung der Produktion.

Ziel der Beschaffungslogistik ist die hohe Lieferbereitschaft mit möglichst geringen Kosten. Als Kostentreiber in der Beschaffungslogistik sind die Prozesskosten sowie die Bestandskosten zu nennen. Das Ziel *Geringe Prozesskosten* verfolgt einen möglichst kostengünstigen Einsatz der Personal- und Sachmittel. Bestände sichern die Bedarfsdeckung der Produktion und überbrücken Störungen. Bestände binden jedoch Kapital und verursachen Kosten. Sie werden daher innerhalb des Ziels *Geringe Bestandskosten* zugeordnet.

Das oben dargestellte Kennzahlensystem kann bis auf Personen- oder Artikelebene detailliert werden. Aufgrund der Vielzahl an Zielen und der zur Bewertung notwendigen Kennzahlen wird den Anforderungen der Übersichtlichkeit und der einfachen Anwendung nicht mehr genügt. Für die Anwendung der Methode ist der Detaillierungsgrad auf der Ebene der Ziele (vgl. Bild 3-4) ausreichend.

### 3.3.2 *Integration der Kennzahlen in das Zielsystem*

Zur Operationalisierung des Zielsystems dienen Logistikkennzahlen, die in das System integriert werden. Die hierarchische Struktur eines Zielsystems bietet die Möglichkeit, wenige, aber aussagekräftige Kennzahlen in der Beschaffungslogistik bereitzustellen. Während die Ziele der höheren Ebene strategischen Charakter besitzen, haben die Ziele der unteren Ebene operativen Charakter [BIC94]. Es liegt daher nahe, Kennzahlen für die unterste Ebene des Zielsystems zu deren Quantifizierung zu definieren. Ein Beispiel für eine solche Integration von Kennzahlen zu dem im vorherigen Abschnitt erstellten Zielsystem zeigt Bild 3-5. Das Ziel der hohen Liefertreue wird mit Hilfe der Kennzahl Liefertreue Lieferant (vgl. Formel 2.1) operationalisiert. Eine Spezifikation der Kennzahl erfolgt durch die Erhebung der Kennzahlen Liefertermintreue, Liefermengentreue oder Lieferqualitätstreue des Lieferanten.

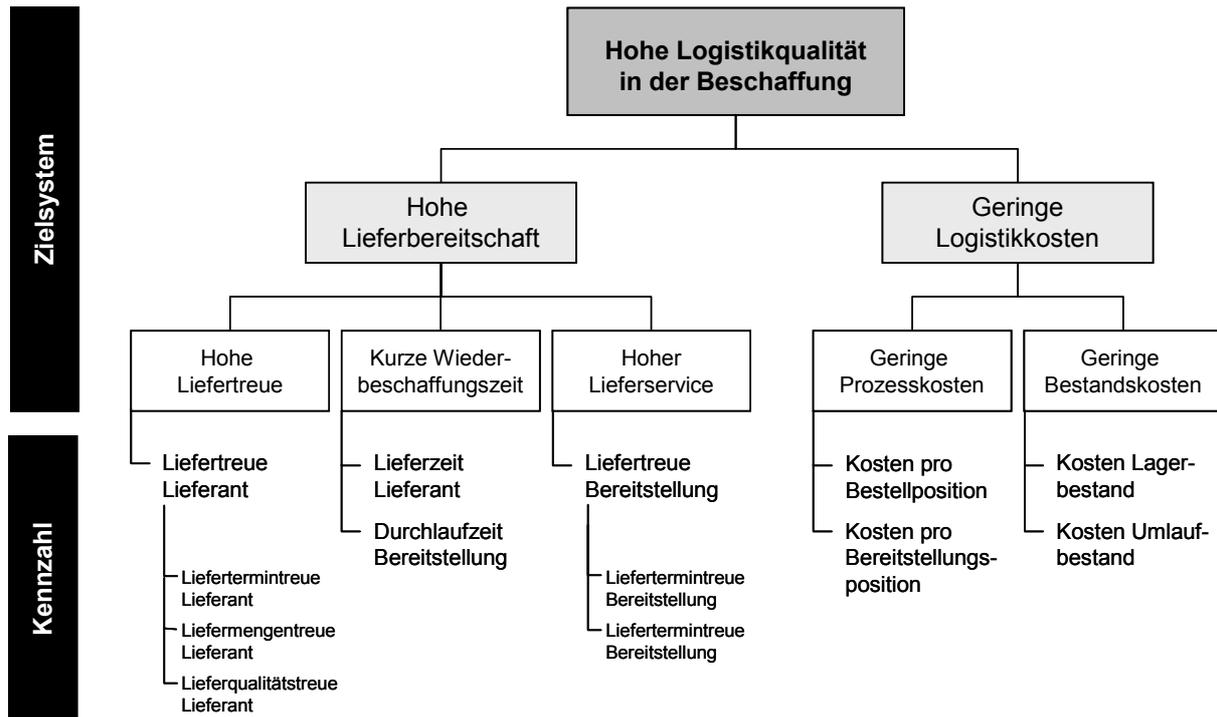


Bild 3-5: Beispielhafte Darstellung eines Kennzahlensystems (vgl. u.a. [STR00])

Die detaillierte Ausgestaltung der Kennzahlen muss sich in jedem Fall an den spezifischen Anforderungen eines Unternehmens an die Beschaffung und deren Beschaffungsprozesse orientieren. Bei der Definition von Kennzahlen gilt es grundsätzlich folgende Kriterien zu beachten:

- Zur Vermeidung einer nicht überschaubaren Informationsflut ist es erforderlich, möglichst wenige, aber dafür aussagekräftige Kennzahlen zu erheben [SYS90].
- Um ein konsistentes Kennzahlensystem zu erhalten und eine Fehlinterpretation der Kennzahlen zu vermeiden, ist auf eine eindeutige Definition der dem Ziel zugeordneten Kennzahl zu achten.
- Bei der Definition der Kennzahl ist darauf zu achten, dass der Einfluss der Kennzahl auf andere Ziele des Zielsystems möglichst gering ist.
- Eine einfache und eindeutige Definition vereinfacht die zur Berechnung notwendige Datenerhebung.

In der Literatur existieren bereits zahlreiche Kennzahlendefinitionen zu den verschiedenen logistischen Zielen. Als Beispiel ist hier die vom VDI-Verein Deutscher

Ingenieure veröffentlichte Richtlinie zum Logistik-Benchmarking [VDI00] zu nennen, die einen Kennzahlenkatalog für die Beschaffungslogistik beinhaltet, der den oben dargestellten Anforderungen entspricht. Eine eindeutige detaillierte Definition der Kennzahlen sowie der zur Generierung erforderlichen Informationen und Messpunkte unterstützt eine mit geringen Aufwänden verbundene Kennzahlenermittlung und schränkt den Interpretationsfreiraum der Ergebnisse ein.

### **3.4 Entwicklung einer Fehlerbaumstruktur**

Fehlerbäume sind eine in der Wissenschaft und Praxis weitestgehend akzeptierte Methode zur strukturierten Ermittlung von Fehlerursachen, Fehlerfolgen und Fehlerquellen. Das Ziel, das mit der Erstellung eines Fehlerbaumes verfolgt wird, ist die strukturierte Identifizierung und Darstellung von Fehlerursachen sowie möglichen Gründen. Die in den Fehlerbäumen ermittelten Fehler bilden die Grundmenge, aus der später die für eine Zielabweichung relevanten Fehlerursachen ausgefiltert werden.

Die Erstellung eines Fehlerbaumes für die Beschaffungslogistik wird im Folgenden detailliert erläutert.

Die Identifikation bedeutsamer Fehler erfolgt auf Basis von Zielgrößenabweichungen und der Ermittlung der für die Zielabweichung relevanten Prozesse. Daher muss durch die Fehlerbaumerstellung neben den Fehlerursachen und deren –folgen der Fehlerort dokumentiert sein. Aufgrund dieser Anforderung bietet sich ein strukturbezogener Aufbau von Fehlerbäumen an (vgl. Abschnitt 2.3.2.2).

Der Aufbau des Fehlerbaums für die Beschaffungslogistik erfolgt in einer strukturierten Vorgehensweise, die mehrere Entwicklungsstufen umfasst.

Aufgrund der Komplexität der Beschaffungslogistik und der hieraus resultierenden Gefahr, Fehlerursachen nicht zu erkennen, wird zuerst für jeden Teilprozess der Beschaffung ein spezifizierter Fehlerbaum erstellt. Durch die anschließende Verknüpfung der teilprozessspezifischen Fehlerfolgen der jeweiligen Fehlerbäume mit denen der anderen Teilprozesse, entstehen prozessübergreifende Fehlerfolgen und damit ein Fehlerbaum der Beschaffungslogistik. Die Verknüpfung der prozessspezifischen Fehlerfolgen untereinander ermöglicht eine Konsistenzprüfung auf Vollständigkeit. Fehlerfolgen, die nicht durchgängig sind oder Fehlerursachen,

die nicht mit anderen Fehlerursachen verknüpft werden können, fordern eine erneute Überprüfung und tragen zur Identifizierung zuvor nicht ermittelter Fehlerursachen bei.

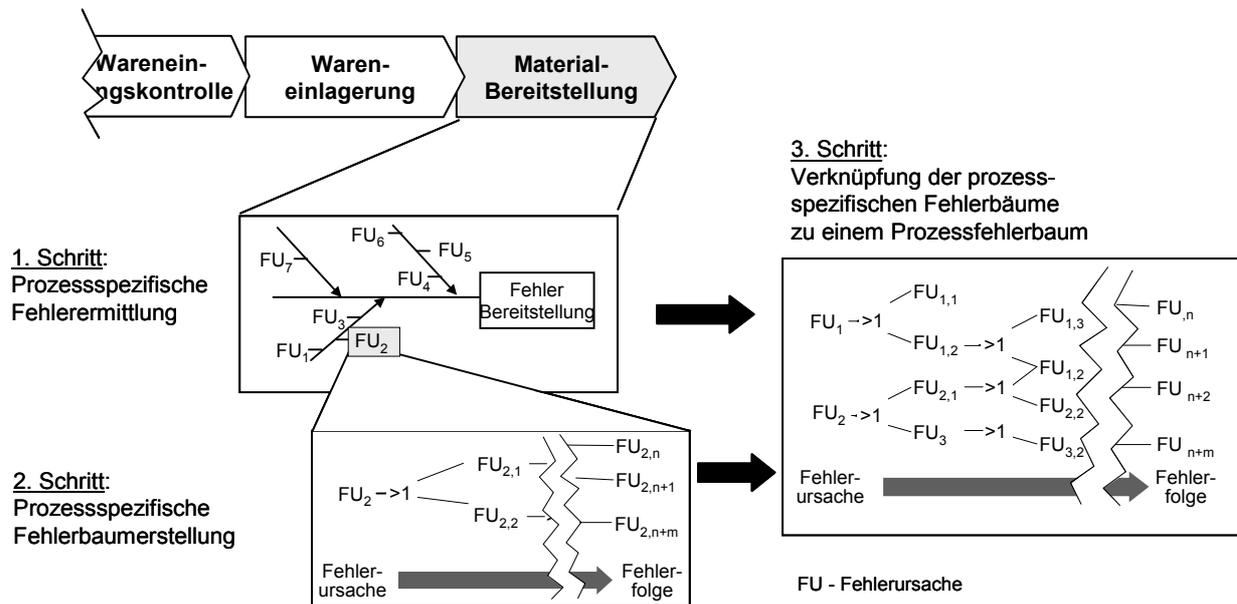


Bild 3-6: Vorgehensweise zur Erstellung prozessspezifischer Fehlerbäume

Die Erstellung eines prozessspezifischen Fehlerbaums erfolgt in drei Schritten (vgl. Bild 3-6).

- Im ersten Schritt werden die Fehlerursachen bzw. unerwünschte Zustände in einem Prozess aufgenommen und dokumentiert. Kreativitätstechniken sowie Ishikawa-Diagramme unterstützen bei der strukturierten Suche nach Fehlerursachen.
- Der zweite Schritt beinhaltet die Ableitung möglicher Fehlerfolgen aus den identifizierten Fehlerursachen. Für jede erkannte Fehlerursache muss nachfolgend die Fehlerfolge aufgenommen und dokumentiert werden. Hierbei können Fehler, die im Rahmen des ersten Schrittes ermittelt wurden, Fehlerfolgen anderer Fehler sein. In einem solchen Fall müssen die anknüpfenden Fehlerfolgen für beide Fehlerursachen identisch sein.
- Im dritten Schritt müssen die jeweiligen fehlerspezifischen Fehlerbäume miteinander zu einem durchgängigen prozessspezifischen Fehlerbaum verknüpft werden. Dabei ist auf die Konsistenz des entstandenen Fehlerbaumes zu achten.

Wurden für alle Prozesse die Fehlerbäume erstellt, so werden diese in einem gemeinsamen Fehlerbaum für die Beschaffungslogistik zusammengeführt. Dabei ist darauf zu achten, dass in allen Fehlerbäumen derselbe Detaillierungsgrad vorherrscht.

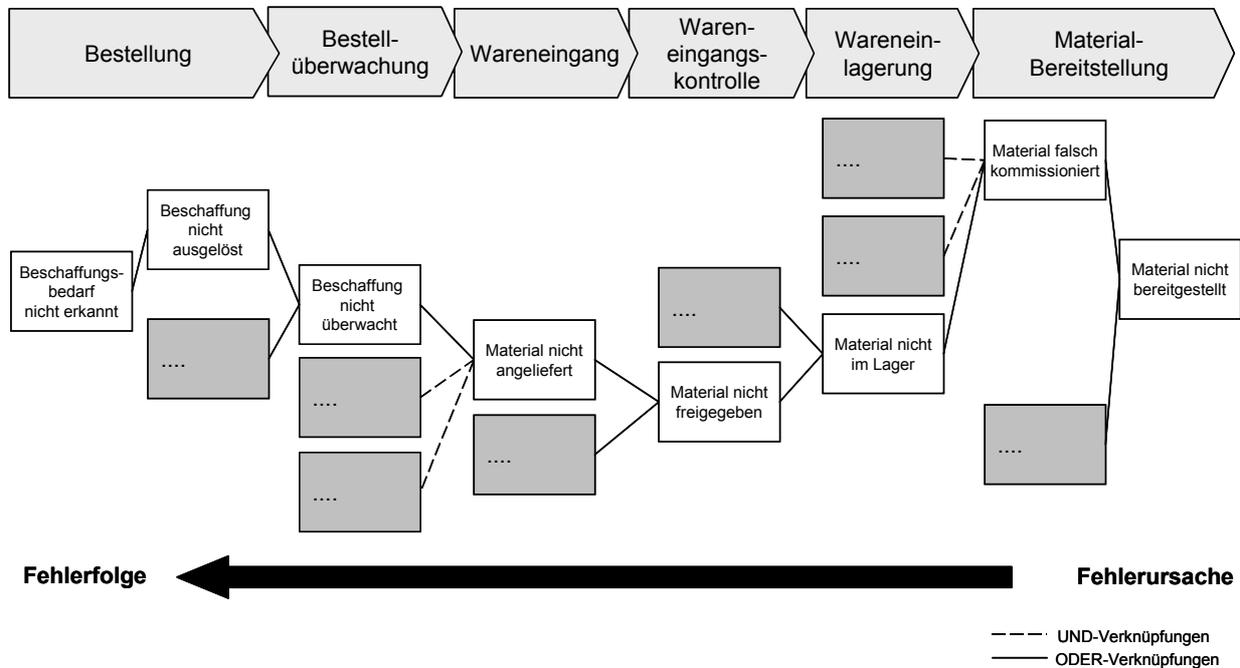


Bild 3-7: Beispielhafter Fehlerbaum für die Beschaffungslogistik

Bild 3-7 zeigt beispielhaft einen Ausschnitt aus dem beschaffungslogistischen Fehlerbaum. Im oberen Teil des Bildes sind die relevanten Prozesse dargestellt. Die Fehlerursachen und -folgen sind den entsprechenden Prozessen zugeordnet. Ziel der Beschaffungslogistik ist die wirtschaftliche und bedarfsgerechte Bereitstellung von Beschaffungsartikeln für die Produktion. Im Beispielt resultiert hieraus das primäre Versagen *Material nicht bereitgestellt* im Prozess Materialbereitstellung.

Die Fehlerfolge der Fehlerursache *Material nicht bereitgestellt* im Prozess Materialbereitstellung lässt sich über alle Prozesse bis zur Bestellung weiterverfolgen, in der z. B. die Fehlerfolge *Beschaffungsbedarf nicht erkannt* endet. Entgegen einem Fehlerbaum für Produktfehler, an dessen Anfang ein primäres Versagen und an dessen Ende die Fehlerquellen stehen, kann bei einem Fehlerbaum, der logistische Prozesse betrachtet, jede Fehlerfolge, die innerhalb einer Fehlerkette steht, für das primäre Versagen im Prozess verantwortlich sein. Der Fehlerbaum ist daher eher als Netzwerk zu verstehen, das Fehler und Folgefehler in

den jeweiligen Prozessen aufzeigt. Es ist jedoch im Einzelfall zu klären, in welchem Prozess die Fehlerfolge endet.

### **3.5 Entwicklung eines Frühwarnsystems zur Zielgrößenüberwachung**

#### *3.5.1 Aufgabe und Aufbau des Frühwarnsystems*

Ziel der Methode ist das frühzeitige Erkennen potenzieller Fehler auf der Basis von Kennzahlen. Das Verfahren der Fehleridentifikation wird durch eine nicht akzeptable Abweichung der Ist-Kennzahlen von ihren Ziel-Kennzahlen initiiert. Da Kennzahlen jedoch nur eine Ex-post-Betrachtung der zu operationalisierenden Zielgröße erlauben, sind bei identifizierten Zielwertabweichung bereits Störungen aufgrund von Fehlern in der Beschaffungslogistik aufgetreten. Eine präventive Fehlervermeidung kann deshalb nicht mehr angestoßen werden.

Eine Möglichkeit, Fehler vor dem eigentlichen Auftreten zu erkennen, bieten so genannte Frühwarnsysteme. Frühwarnsysteme sind Informationssysteme, die ihren Benutzern latente, d.h. verdeckt bereits vorhandene Gefährdungen in Form von Informationen mit zeitlichem Vorlauf vor deren Eintritt signalisieren [GAB97].

Um mit Hilfe von Kennzahlen Fehler präventiv identifizieren zu können, dürfen nicht nur Vergangenheitswerte betrachtet werden. Vielmehr müssen aus den generierten Kennzahlen der Vergangenheit Rückschlüsse auf zukünftige, zu erwartende Werte geschlossen werden können. Die Prognoseverfahren der Statistik unterstützen bei der Ermittlung solcher, für die Zukunft zu erwartenden Werte durch die Regression von Vergangenheitsdaten. Dadurch lassen sich Aussagen bzgl. der beschaffungslogistischen Zielgrößen für die nahe Zukunft generieren.

Die in den beschaffungslogistischen Prozessen auftretenden Fehler beeinflussen die Zielgrößen nachhaltig. Mit Hilfe des Frühwarnsystems sollen die Zielgrößen identifiziert werden, deren Kennzahlen aufgrund von Fehlern starke Abweichungen der Ist-Werte von den Zielwerten aufweisen bzw. eine starke Abweichung erwarten lassen. Der Aufbau und die Vorgehensweise zur Erstellung eines Frühwarnsystems zur Zielgrößenüberwachung wird in den folgenden Abschnitten erläutert.

Das Frühwarnsystem besteht im Wesentlichen aus einem Monitoring und einem „Ampelsystem“.

Das Monitoring zeigt die Kennzahlenverläufe der verschiedenen beschaffungslogistischen Zielgrößen über einen definierten Zeitraum auf und berechnet anhand der ermittelten Kennzahlen einen Prognosewert. Einen Ansatz für ein derartiges Monitoringsystem bietet u.a. Ullmann [ULL94]. Hierbei werden die im laufenden beschaffungslogistischen Prozess anfallenden Planungs- und Bewegungsdaten periodisch aufbereitet und zu entsprechenden Kennzahlen verdichtet. Werden die Kennzahlen in periodischen Abständen über der Zeit aufgetragen, so ergibt sich ein Kennzahlenverlauf, wie er in Bild 3-8 exemplarisch dargestellt ist.

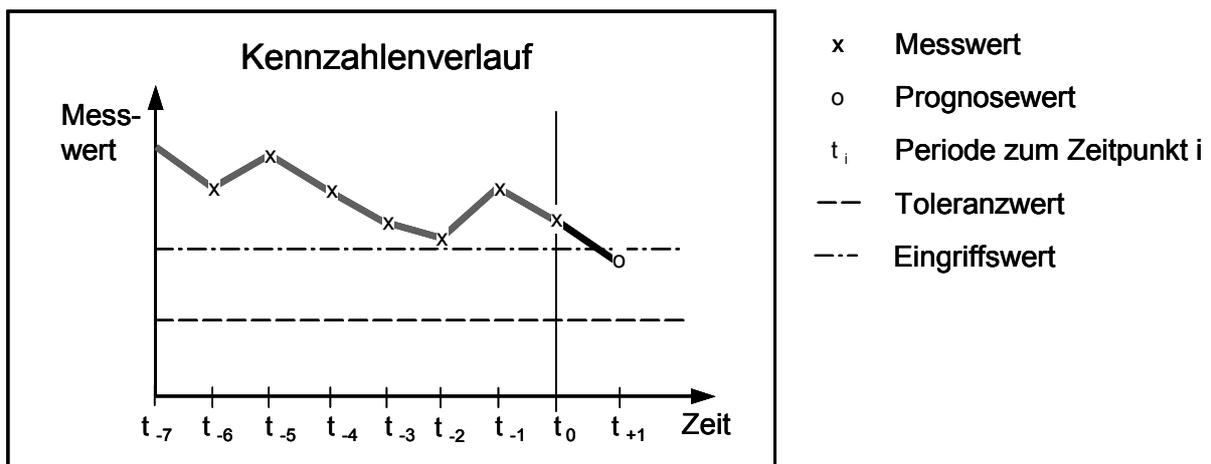


Bild 3-8: Beispielhafter Kennzahlenverlauf

Das Bild zeigt einen Kennzahlenverlauf über 8 Perioden bis zum aktuellen Zeitpunkt sowie einen Prognosewert, der für die nächste Periode berechnet wurde.

Das Ampelsystem ermittelt die Zustände der verschiedenen Zielgrößen. Hierzu müssen kennzahlenspezifische Toleranz- und Eingriffswerte definiert werden, die entsprechende Zielgrößenzustände repräsentieren. In Abhängigkeit der Lage des Messpunktes zu Toleranz- oder Eingriffswert erfolgt die zeitpunktabhängige Spezifikation des jeweiligen Zielgrößenzustandes.

Aus der Kopplung von kennzahlenspezifischem Monitoring- und Ampelsystem resultiert das Frühwarnsystem, das mittels prognostizierter Werte den erwarteten Zustand eines Zielwerts erkennt und visualisiert.

### 3.5.2 Ermittlung des Prognosewertes

Die Verfahren der Statistik bieten eine Vielzahl an Methoden zur Ermittlung von Prognosewerten, die je nach Anwendungsfall variieren. Die verschiedenen Methoden basieren jedoch alle auf derselben Grundidee. Grundsätzlich wird versucht, die

Beziehung zwischen mindestens zwei Merkmalen mit einer mathematischen Funktion wiederzugeben. Dabei besteht ein Merkmal mindestens aus zwei Variablen ( $x$ ,  $y$ ). Ordnet man die Merkmale anhand ihrer  $x$ -Werte aufsteigend, so ergibt sich eine Punktwolke der zugehörigen  $y$ -Werte. Mit Hilfe der statistischen Verfahren werden zu beobachtende Tendenzen innerhalb der Punktwolke durch eine mathematische Funktion beschrieben. Die Aufgabe ist es, die Parameter der Funktion, wie bspw. Ordinatenabschnitt oder Steigung, so zu bestimmen, dass die Abweichung der einzelnen  $y$ -Werte zu den jeweils aus der Funktion berechneten  $y'$ -Werte minimal ist. Ist die mathematische Funktion bekannt, die eine bestmögliche Annäherung der berechneten  $y'$ - zu den realen  $y$ -Werten bietet, so kann auch für einen beliebigen Wert der Abszisse der entsprechende Ordinatenwert ermittelt werden.

Der Zusammenhang mehrerer Merkmale kann durch verschiedene mathematische Funktionen beschrieben werden. In Abhängigkeit von den Merkmalsausprägungen bieten sich unterschiedliche Funktionen an, wie beispielsweise lineare Funktionen, Funktionen höherer Ordnung oder exponentielle Funktionen. Zur Bestimmung der Funktionsparameter existieren in der Literatur zahlreiche Ansätze und Verfahren, auf die im Rahmen dieser Arbeit nicht detailliert eingegangen werden soll. Es wird auf die einschlägige Literatur verwiesen (vgl. u.a. [RIE00], [POK94], [BLU80], [ECK20], [HAR95]).

Um einen realitätsnahen Prognosewert für das Frühwarnsystem ermitteln zu können, sind verschiedene Anforderungen an das Verfahren zu stellen, die sich aus der Besonderheit der Beschaffungslogistik bzw. der Fehlerbeseitigung ergeben:

- Maßnahmen zur Vermeidung von Fehlern, die innerhalb der letzten Perioden durchgeführt wurden und zu einer Verbesserung des Prozesses beigetragen haben, spiegeln sich in den Messwerten der Zielgrößen wider. Um die Auswirkungen dieser Maßnahmen auf die Zielgrößen bei der Ermittlung des Prognosewertes entsprechend zu berücksichtigen, müssen bei der Berechnung die Messwerte der aktuellen Perioden eine stärkere Gewichtung erfahren als die Messwerte früherer Perioden.
- Fehler in Prozessen können schnell und spontan auftreten und führen zu einer sprunghaften Veränderung des aktuellen Messwertes im Vergleich zu den

restlichen Messwerten. Die ausgewählte Methode zur Berechnung der Prognosewerte muss deshalb in der Lage sein, diese sprunghaften Änderungen bei der Berechnung des Prognosewertes schnell auszugleichen.

Ein mathematisches Verfahren zur Ermittlung von Prognosewerten, das diesen Anforderungen entspricht, ist die exponentielle Glättung 2. Ordnung nach Brown. Dieses Verfahren wird u.a. bereits bei der Materialbedarfsplanung, Programm- und Absatzplanung in bestehenden ERP-Systemen erfolgreich angewendet [GLI00].

Auf die Herleitung des Verfahrens und die Berechnung von Prognosewerten wird hier verzichtet, es wird auf den Anhang verwiesen.

### 3.5.3 Eingriffs- und Toleranzwerte

Neben Mess- und Prognosewert bilden der Toleranz- und der Eingriffswert wesentliche Bestandteile des Früherkennungssystems. Ähnlich einer Qualitätsregelkarte bilden diese Werte die Grenzen, bei deren Über- bzw. Unterschreiten die Zielgröße zum Fokus einer Fehlerfrüherkennung werden muss. Ansätze zum Ableiten der Werte bieten die Zielvorgaben des Unternehmens bzw. die logistischen Zielwerten. Dabei entspricht der Eingriffswert der maximalen Grenze, die nicht über- bzw. unterschritten werden darf. Der Toleranzwert bildet die maximal tolerierte Abweichung der Einzelwerte von den Zielwerten, bei deren Unterschreiten ein Eingreifen in den Prozess zur längerfristigen Sicherung der Zielgröße erforderlich wird. In der Nomenklatur der SPC entspricht der Toleranzwert der Warngrenze. Entgegen der SPC leiten sich Toleranz- und Eingriffswert jedoch nicht aus der Standardverteilung der Messwerte ab, sie resultieren ebenfalls aus den unternehmensspezifischen Zielvorgaben.

In Bild 3-9 ist die beispielhafte Bestimmung der Toleranz- und Eingriffswerte für die Zielgröße *geringe Bestandskosten* dargestellt. Als Eingangsdaten dienen die logistischen Zielwerte bzw. Vorgaben für einen Lagerartikel. Zur Veranschaulichung werden diese Werte im Lagermodell visualisiert (Vgl. Abschnitt 2.2.3.2). In Bild 3-9 ist ersichtlich, dass der obere bzw. untere Toleranzwert aus den vorgegebenen Werten mittlerer Bestandskosten, mittleren Lagerzugangswert sowie mittleren Losbestandswert ableiten lässt. Unter Berücksichtigung einer tolerierten Abweichung des Bestands von 10€ lassen sich die entsprechenden oberen und unteren Eingriffswerte ermitteln.

**Zielgröße: Geringe Bestandskosten:**

Mittlerer Lagerbestandswert:	70 T€
Mittlerer Lagerzugangswert:	80 T€
Tolerierte Bestandsweichung:	+/- 10 T€
Wert Sicherheitsbestand:	30 T€

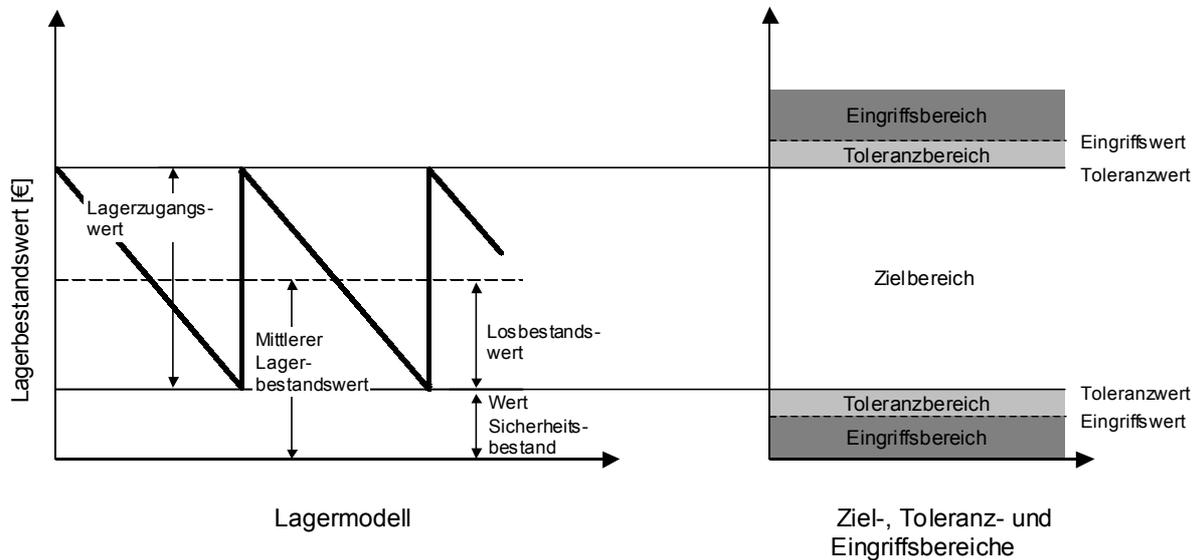


Bild 3-9: Beispielhafte Ermittlung der Eingriffs- und Toleranzgrenze für die Zielgröße geringe *Bestandskosten*

Die Zielgröße geringe Bestandskosten ist die einzige Zielgröße, bei der sowohl obere als auch untere Toleranz- und Eingriffswerte festgelegt werden. Die oberen Werte resultieren aus den maximalen Kapitalbindungskosten, die durch die Bestände geduldet werden. Zur Gewährleistung der Materialbereitstellung für die Produktion auch bei schwankenden Bedarfen oder Lieferzeiten müssen die unteren Werte definiert werden. Einen möglichen unteren Anhaltspunkt für die Werte kann deshalb, wie im Beispiel dargestellt, der Sicherheitsbestand bilden.

Für die Zielgrößen die *kurze Wiederbeschaffungszeit* oder *geringe Prozesskosten* können Toleranz- und Eingriffswert nur eine obere Grenze bilden, die nicht überschritten werden darf. *Hohe Liefertreue*, *hoher Lieferservice* und *hohe Produktivität* dagegen sind Ziele, deren Toleranz- und Eingriffswerte nicht unterschritten werden dürfen.

### 3.5.4 Beurteilung der Zielgrößen

Mit Hilfe eines „Ampelsystems“ sollen die Zustände der verschiedenen Zielgrößen visualisiert werden. Der Zustand einer Zielgröße wird durch den letzten Messpunkt

sowie durch den Prognosewert definiert. Befinden sich beispielsweise beide Werte innerhalb des Zielbereichs, so sind in den Prozessen, die auf die Zielgröße einen nachhaltigen Einfluss ausüben, keine Fehler aufgetreten. Die Zielgröße befindet sich im „grünen“ Bereich (vgl. Bild 3-10).

Liegen der letzte Mess- oder der Prognosewert oder beide Werte innerhalb des Toleranzbereichs, so sind bereits Fehler in den entsprechenden Prozessen aufgetreten oder Maßnahmen zu deren Beseitigung haben bisher noch zu keiner bemerkbaren Verbesserung der Logistikqualität beigetragen. Die Zielgröße befindet sich im „gelben“ Bereich. Ist die Lage des Prognosewertes innerhalb des Toleranzbereichs, so sind potenzielle Fehlerursachen zu ermitteln. Befindet sich nur der Messwert im Toleranzbereich, so ist zu überprüfen, ob bereits Maßnahmen zur Fehlervermeidung erstellt und umgesetzt wurden.

		Prognosewert		
		Innerhalb Zielbereich	Zwischen Ziel- und Eingriffsbereich	Innerhalb Eingriffsbereich
Messwert	Innerhalb Zielbereich			
	Zwischen Ziel- und Eingriffsbereich			
	Innerhalb Eingriffsbereich			

	„grüner Bereich“
	„gelber Bereich“
	„roter Bereich“

Bild 3-10: Matrix zur Ermittlung der jeweiligen Zielgrößenzustände

Ist ein Mess- oder ein Prognosewert innerhalb des Eingriffsbereiches, so sind bereits vermehrt signifikante Fehler in den Prozessen aufgetreten, die zu einer Beeinträchtigung der Zielgröße beigetragen haben. Die Zielgröße befindet sich in einem „roten“ Zustand. Die relevanten Fehlerursachen sind sofort zu identifizieren und Maßnahmen zu deren Beseitigung sind zu ermitteln.

Aufgrund der in den Unternehmen vorhandenen großen Teilevielfalt, der verschiedenen Dispositionsstrategien sowie der unterschiedlichen Bedeutung der verschiedenen Teile für die Produktion kann eine Beurteilung der Zielgrößen durch die Zusammenfassung aller Beschaffungsartikel nicht vorgenommen werden.

Andererseits erscheint ein Überwachungsaufwand auf der Articlebene nicht angemessen, da für jeden Artikel fünf Zielgrößen zu beobachten sind. Daher müssen die Beschaffungsartikel segmentiert und in verschiedenen Artikelgruppen zusammengefasst werden [vgl. WIL88]. Ansätze zur Bildung von Artikelgruppen können beispielsweise funktionale (nach hierarchischem Klassifizierungsschlüssel) oder dispositive Ähnlichkeiten (nach ABC-, XYZ-Klassifizierung), aber auch die Lieferanten oder die Bedarfsverursacher sein (vgl. [GLÄ95]). Auch bieten die im ERP-Systemen verwendeten Warenschlüssel, die zur Bildung von Artikelgruppen beitragen, eine mögliche Segmentierung.

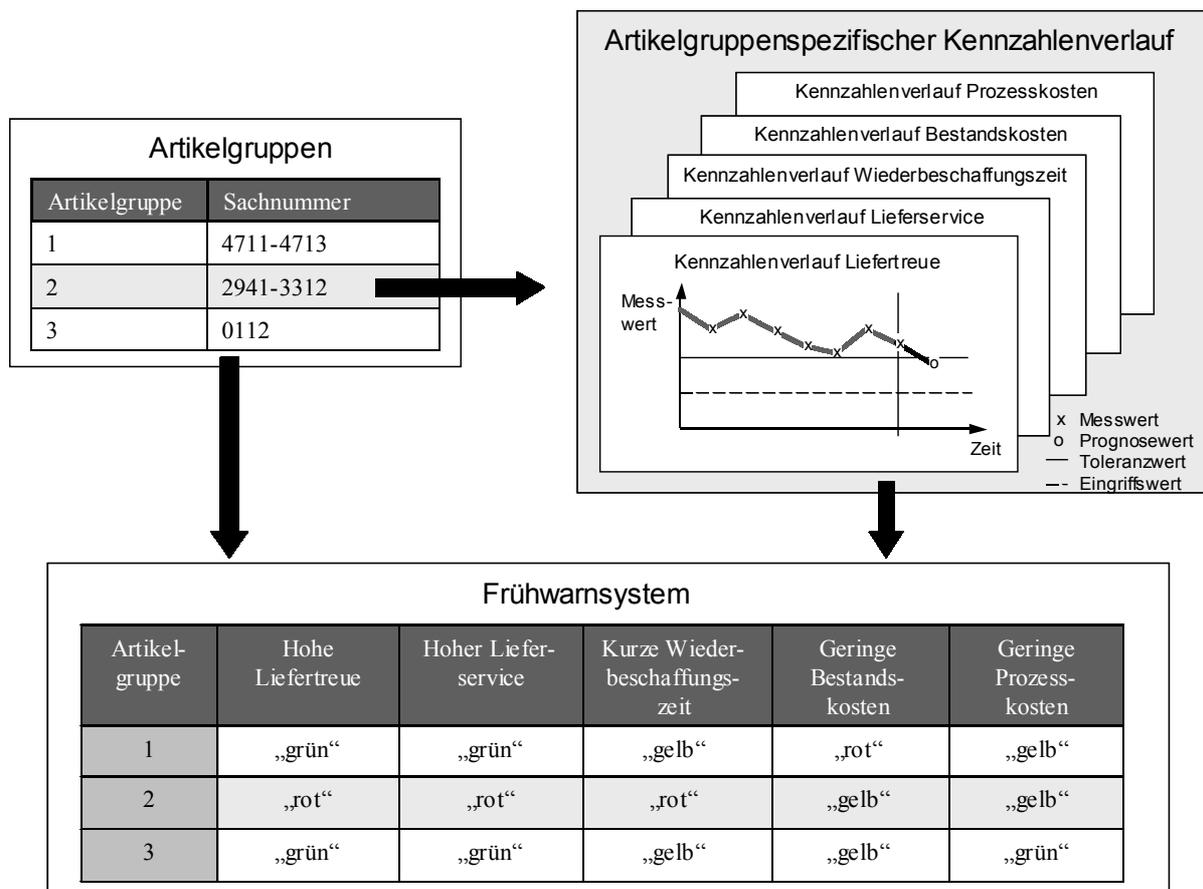


Bild 3-11: Prinzipdarstellung Frühwarnsystem

Für jede gebildete Artikelgruppe werden in festen periodischen Abständen die Kennzahlen zur Bewertung der logistischen Zielgrößen generiert sowie die entsprechenden Prognosewerte errechnet. Wie in Bild 3-11 dargestellt, erfolgt für jede Artikelgruppe und Zielgröße die Zuordnung des aktuellen Zustands in Abhängigkeit der Lage von Mess- und Prognosewert zu den Ziel- bzw. Eingriffsgrenzen. Das Ergebnis ist ein Frühwarnsystem, das zum jeweiligen

Betrachtungszeitpunkt den Zustand einzelner Zielgrößen in den jeweiligen Artikelgruppen aufzeigt.

### 3.5.5 Betrachtung der Fehlerart

Grundsätzlich sind bei der Fehlerbetrachtung zwei Fälle zu unterscheiden: Einerseits können Fehler innerhalb der beschaffungslogistischen Prozesse auftreten. Dies bedeutet, dass die Artikelgruppen, die in der entsprechenden Periode die beschaffungslogistischen Prozesse durchliefen, durch das Auftreten von Fehlern negativ beeinflusst wurden. In diesem Fall muss mindestens eine Zielgröße für mehrere Artikelgruppen in einem gelben bzw. roten Zustand sein. Ist andererseits nur eine Artikelgruppe bei mehreren Zielgrößen in einem gelben bzw. roten Bereich, während alle anderen Artikelgruppen über alle Zielgrößen im grünen Bereich sind, so deutet dies auf artikelgruppenspezifische Fehler hin. Ursachen hierfür können einerseits ein artikelgruppenspezifisches Dispositions- oder Anlieferungs- und Bevorratungsverfahren sein, andererseits können fehlerhafte Stammdaten oder Dispositionsdaten als Ursache genannt werden.

Bei der Untersuchung der Fragestellung bzgl. artikelspezifischer oder prozessspezifischer Fehler ist es daher notwendig, den relativen Grad und die relative Tiefe der Fehler in den betrachteten Artikelgruppen zu kennen. Diese Kennzahlen sollen im Folgenden definiert und erläutert werden.

Der relative Fehlergrad resultiert aus dem Verhältnis der Anzahl fehlerhafter Zielgrößen einer Artikelgruppe zu der Anzahl fehlerhafter Zielgrößen aller betrachteter Artikelgruppen. Unter fehlerhaften Zielgrößen sind Zielgrößen zu verstehen, deren zeitpunktspezifischer Messwert und/oder Prognosewert außerhalb des Zielbereichs liegen.

Der relative Fehlergrad berechnet sich wie folgt:

$$FG_{rel, Artgr.} = \frac{AnzZG_{Artgr.} (> 0)}{\sum_{i=1}^{Anzahl\ Artgr.} AnzZG_{Artgr., i.} (> 0)} \quad [\%] \quad (3.1)$$

mit:  $FG_{rel, Artgr.}$  = relativer artikelgruppenspezifischer Fehlergrad  
 $AnzZG$  = Anzahl Zielgrößen

Ein hoher relativer Fehlergrad bedeutet, dass in einer einzelnen Artikelgruppe im Vergleich zu den restlichen Artikelgruppen eine überproportional hohe Anzahl an fehlerhaften Zielgrößen vorliegt.

Bei der Berechnung der Kennzahl des relativen Fehlergrads wird nur die Anzahl der fehlerhaften Zielgrößen betrachtet. Eine Differenzierung der fehlerhaften Zielgrößen hinsichtlich ihrer Ausprägung (Mess-/Prognosewert im Toleranz- oder im Eingriffsbereich) erfolgt jedoch nicht. Zur Bewertung der unterschiedlichen Ausprägung der fehlerhaften Zielgrößen wird deshalb eine zweite Kennzahl, die relative Fehlertiefe, bestimmt. Sie ist durch das Verhältnis der Ausprägung fehlerhaften Zielgrößen zu der Ausprägung fehlerhafter Zielgrößen aller Artikelgruppen definiert.

Zur Berechnung der Kennzahl muss im ersten Schritt eine Quantifizierung der unterschiedlichen Zielgrößenzustände erfolgen. Wie in Bild 3-12 beispielhaft dargestellt, werden nachfolgend die grünen Bereiche mit „0“, die gelben mit „1“ und die roten Bereiche mit „2“ quantifiziert.

Auf Basis der Quantifizierung kann die Kennzahl der relativen Fehlertiefe wie folgt berechnet werden:

$$FT_{rel, Artgr} = \frac{\sum BW_{Artgr.}}{\sum_{i=1}^{Anzahl_{Artgr.}} BW_{Artgr,i.}} \quad [\%] \quad (3.2)$$

mit:  $FT_{rel, Artgr}$  = relative artikelgruppenspezifische Fehlertiefe

$BW_{Artgr}$  = artikelgruppenspezifische Bewertung

Weist eine Artikelgruppe eine hohe Fehlertiefe auf, so bedeutet dies, dass in der betrachteten Artikelgruppe viele Zielgrößen im roten Bereich sind. Ist der Wert der Fehlertiefe klein, so ist das ein Anzeichen dafür, dass viele Zielgrößen im grünen und nur sehr wenige im gelben Bereich sind.

Werden die Zielgrößenzustände aus dem Frühwarnsystem über die Bewertungsskala in eine Matrix transformiert, so entsteht eine Matrix, die nachfolgend als *Aktuelle Zielgrößen-Zustandsmatrix* bezeichnet wird. Durch die

Quantifizierung der jeweiligen aktuellen Zustände in den Zielgrößen wird die Berechnung des relativen Fehlergrades und der relativen Fehlertiefe der jeweiligen Zielgrößenzustände auf Artikelgruppenebene ermöglicht (Vgl. Bild 3-12).

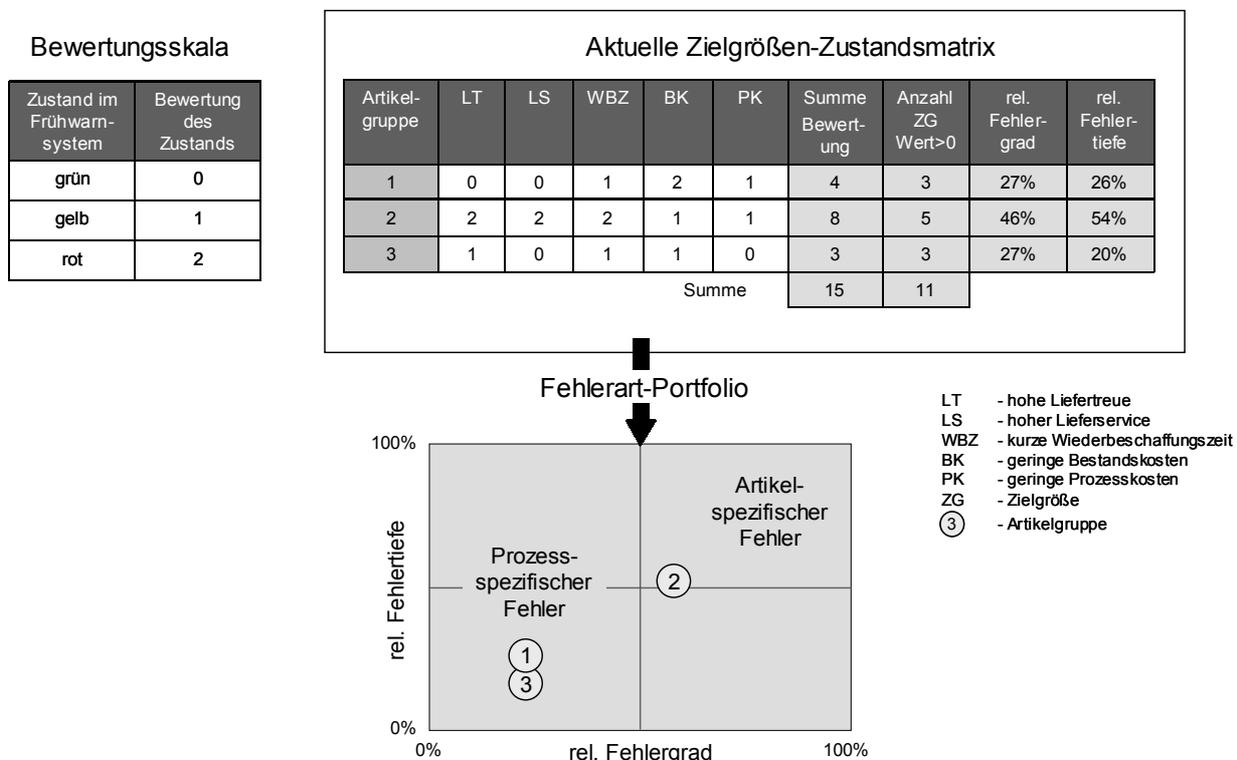


Bild 3-12: Beispielhafte quantitative Bewertung der Beschaffungslogistik und zugehöriges Fehlerportfolio

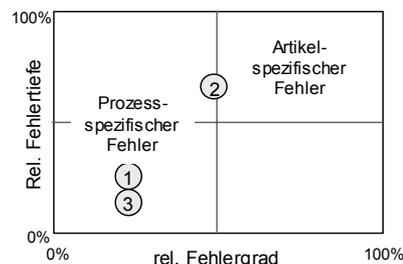
Relativer Fehlergrad und relative Fehlertiefe einer Artikelgruppe können mit Hilfe eines Portfolios grafisch dargestellt werden. In diesem Fehlerart-Portfolio ergeben sich folgende charakteristische, für die Auswertung wesentliche Bereiche.

*Prozessspezifischer Fehlerbereich*

Befinden sich alle Artikelgruppen im prozessspezifischen Fehlerbereich (Bild 3-13, oben), so deutet dies auf eine geringe Streuung der relativen Fehlergrade und der relativen Fehlertiefen hin. Dies bedeutet, dass unterschiedliche Zielgrößen der verschiedenen Artikelgruppen in roten oder gelben Zuständen sind oder bei einer Zielgröße in mehreren Artikelgruppen ein roter oder gelber Zustand vorliegt. Daraus lässt sich ableiten, dass Fehler in beschaffungslogistischen Prozessen aufgetreten sind, die mindestens eine Abweichung der Zielgröße bei mehreren Artikelgruppen zur Folge haben. Das für diesen Fall charakteristische Portfolio zeigt alle Artikelgruppen in den linken Quadranten.

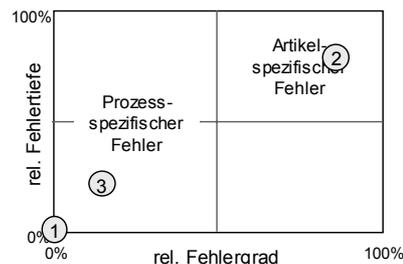
a) Prozessspezifische Fehlerursachen

AG	LT	LS	WB	BK	PK	rel. FG	rel. FT
1	0	0	1	2	1	27%	26%
2	2	2	2	1	1	46%	54%
3	1	0	1	1	0	27%	20%



b) Artikelspezifische Fehlerursachen

AG	LT	LS	WB	BK	PK	rel. FG	rel. FT
1	0	0	0	0	0	0%	0%
2	2	2	2	2	1	83%	82%
3	0	0	0	2	0	17%	18%



- LT - hohe Liefertreue
- LS - hoher Lieferservice
- WB - kurze Wiederbeschaffungszeit
- BK - gering Bestandskosten
- PK - geringe Prozesskosten
- ZG - Zielgröße
- AG - Artikelgruppe
- rel. FG - Relativer Fehlergrad
- rel. FT - Relative Fehlertiefe
- ③ - Artikelgruppe

Bild 3-13: Beispielhafte Portfolios für prozess- und artikelspezifische Fehlerursachen

*Artikelspezifischer Fehlerbereich*

Liegen für eine oder für sehr wenige Artikelgruppen ein hoher relativer Fehlergrad und eine hohe relative Fehlertiefe vor, so bedeutet dies, dass die aufgrund von Fehlern auftretenden Zielgrößenabweichungen im Frühwarnsystem hauptsächlich durch diese Artikelgruppe verursacht werden (vgl. Bild 3-13, unten). Da die Mehrheit der Zielgrößen der restlichen Artikelgruppen im grünen Bereich ist, deutet dies darauf hin, dass diese Fehler nicht in den Prozessen aufgrund von grundsätzlichen beschaffungslogistischen Mängeln auftreten, sondern aufgrund von Fehlern, die nur die einzelne Artikelgruppe betreffen. Diese sind primär zu identifizieren und nachfolgend durch geeignete Maßnahmen zu beseitigen. Das für diesen Fall charakteristische Portfolio zeigt eine Vielzahl von Artikelgruppen im unteren linken Bereich, während sich eine sehr geringe Anzahl an Artikelgruppen im rechten oberen Bereich befindet.

**3.6 Aufbau eines Wirkgefüges zur Fehleridentifikation**

Das entwickelte Frühwarnsystem vereinfacht die Identifizierung von Zielgrößenabweichungen. Durch den Prognosewerte wird das frühzeitige Erkennen

potenzieller Problemfelder ermöglicht. Das Frühwarnsystem mit seinen Prognosewerten erlaubt jedoch keinen Rückschluss auf die möglichen Fehlerursachen, die das Auftreten einer Abweichung der Zielgrößen von ihren Vorgaben im Wesentlichen beeinflussen. Hierzu soll in den folgenden Abschnitten ein Wirkgefüge entwickelt werden, das in Abhängigkeit von den jeweiligen aktuellen Zielgrößen situativ die entsprechenden Fehlerursachen ermittelt.

Das Wirkgefüge besteht aus einer allgemeinen und einer dynamischen Komponente. Die erste Komponente, das *Allgemeine Wirkgefüge*, besteht aus mehreren Vernetzungsstufen, in denen die allgemeinen beschaffungslogistischen Zusammenhänge von Zielgrößen, Prozessen und Fehlerursachen so miteinander verknüpft werden, dass eine stringente, allgemein gültige Fehleridentifikation ermöglicht wird.

Durch die Verknüpfung des *Allgemeinen Wirkgefüges* mit der aus dem Frühwarnsystem resultierenden *Aktuellen Zielgrößen-Zustands-Matrix* entsteht das *Dynamische Wirkgefüge*. Basierend auf den jeweiligen Zuständen der Zielgrößen können so die aktuellen Fehlerursachen ermittelt und entsprechend ihrem Einfluss auf die aktuelle Situation bewertet werden.

### 3.6.1 Das Allgemeine Wirkgefüge

Die durch den Einsatz von Kennzahlen operationalisierten Zielgrößen unterstützen bei der Identifikation von Zielabweichungen. Die im Kennzahlensystem verwendete Hierarchisierung der Kennzahlen kann den Anwender bei der Lokalisierung der Bereiche bzw. Prozesse der für die Zielabweichung verantwortlichen Fehler unterstützen. Welche Fehlerursachen innerhalb dieser Bereiche existieren und welche dieser Fehlerursachen eine Zielgrößenveränderung beeinflussen, kann anhand der Kennzahlensysteme nicht ermittelt werden. Hierzu wird das Allgemeine Wirkgefüge entwickelt, mit dessen Hilfe von Zielgrößenveränderungen auf die verantwortlichen Fehlerursachen geschlossen werden kann.

Das Allgemeine Wirkgefüge setzt sich aus drei Bestandteilen sowie deren Vernetzung zusammen. Als Bestandteile sind zu nennen:

- Die Prozess-Zielgrößen-Einflussmatrix, die den Einfluss einzelner Teilprozesse auf die jeweiligen Zielgrößen darstellt,

- die Fehlerortmatrix, die die Zuordnung einer Fehlerursache zu einem Teilprozess erlaubt,
- die Fehlerursachen-Bewertungsmatrix, die den Einfluss einer Fehlerursache auf eine Zielgröße bewertet,

sowie als Vernetzungsstufen

- die allgemeine Fehlerursachen-Zielgrößenmatrix und
- die gewichtete Fehlerursachen-Zielgrößenmatrix.

### *Prozess-Zielgrößen-Einflussmatrix*

Die in der Literatur beschriebenen Zielsysteme weisen häufig definierte Kennzahlen zur Bewertung einzelner Zielgrößen auf. Unter Zuhilfenahme von Kennzahlen kann zu jedem beliebigen Zeitpunkt eine Aussage über die logistischen Zielgrößen getroffen werden. Die zur Kennzahlengenerierung erforderlichen Daten werden aus verschiedenen Prozessen der Beschaffungslogistik aufgenommen und zu aussagefähigen Kennzahlen verdichtet. Dadurch wird gewährleistet, dass alle zur Sicherung der Aussagekraft der Kennzahl erforderlichen Aspekte berücksichtigt werden. Die durch Kennzahlen operationalisierten Zielgrößen betrachten jedoch die Beschaffungslogistik als ein System und quantifizieren daher die Beschaffungslogistik als Ganzes. Eine durchgängige Bewertung der Zielgrößen über die einzelnen Prozesse der Beschaffungslogistik wird selten vorgeschlagen. Dies liegt oftmals auch in dem hohen Aufwand zur Kennzahlenerhebung und -auswertung begründet

Die aus den Aktivitäten der jeweiligen Prozesse resultierenden Ergebnisse beeinflussen die Zielerreichung der einzelnen Prozesse und damit einen Teil der beschaffungslogistikübergreifenden Zielerreichung. Aufgrund der unterschiedlichen Aktivitäten der einzelnen Prozesse werden allerdings die verschiedenen Zielgrößen unterschiedlich stark beeinflusst. Entsprechend der ersten Prämisse haben einzelne Prozesse daher einen stärkeren Einfluss auf einzelne Zielgrößen als andere Prozesse.

Dieser Zusammenhang von Prozess und Zielgröße soll mittels des *Prozess-Zielgrößen-Einflussfaktors (PZE)* bewertet werden. Der PZE  $(x, y)$  gibt an, wie stark

eine Zielgröße  $x$  durch den jeweiligen Prozess  $y$  beeinflusst wird. Als praktikabel hat sich eine Bewertung des Prozesseinflusses auf die Zielgröße mittels der Kriterien „kein Einfluss“, „geringer Einfluss“, „mittlerer Einfluss“ und „hoher Einfluss“ erwiesen. Basierend auf dieser linguistischen Beurteilung wird der PZE durch eine entsprechende Zuordnung quantitativer Werte bewertet (Tabelle 3-1).

<b>Einflussnahme des Prozesses auf die Zielgröße</b>	<b>PZE</b>
Prozess hat keinen Einfluss auf Zielgröße	0
Prozess hat geringen Einfluss auf Zielgröße	1
Prozess hat mittleren Einfluss auf Zielgröße	2
Prozess hat hohen Einfluss auf Zielgröße	3

Tabelle 3-1: Bewertungskriterien PZE

Trägt man die einzelnen Prozesse über alle Zielgrößen auf, so erhält man die *Prozess-Zielgrößenmatrix*, in der die zugehörigen PZE-Werte eingetragen werden (Bild 3-14, oben).

### *Fehlerortmatrix*

Die Fehlerortmatrix unterstützt bei der Lokalisierung einzelner Fehlerursachen. Hierzu werden, basierend auf den in Abschnitt 3.4.1 erstellten Fehlerbäumen, die verschiedenen ermittelten Fehlerursachen sowie die beschaffungslogistischen Prozesse in einer zweidimensionalen Matrix eingetragen. Durch die prozessspezifischen Fehlerbäume können bereits die Fehlerursachen den Prozessen, in denen sie auftreten, zugeordnet werden. Diese Zuordnung entspricht jedoch einer binären und damit qualitativen Bewertung, da nur grundsätzliche Aussagen darüber getroffen werden, ob die Fehlerursache in einem Prozess auftritt oder nicht. Da einzelne Fehlerursachen jedoch häufiger Probleme nach sich ziehen als andere, muss diese Auftretenshäufigkeit berücksichtigt werden. Deshalb muss jede Fehlerursache, die in einem entsprechenden Prozess auftritt, bzgl. ihrer

Auftretenshäufigkeit bzw. ihrer Auftretenswahrscheinlichkeit bewertet werden. Der Faktor, der diese Häufigkeit berücksichtigt, ist die *Fehlerauftretenswahrscheinlichkeit (FAW)*.

<b>Fehlerauftretenswahrscheinlichkeit/-häufigkeit</b>	<b>FAW</b>
Fehler tritt im Prozess nicht auf	0
Fehler tritt sehr selten im Prozess auf	1
Fehler tritt gelegentlich im Prozess auf	3
Fehler tritt häufig im Prozess auf	5

Tabelle 3-2: Bewertungskriterien FAW

Die Ausprägungen der FAW lassen sich durch die Kriterien „Fehler tritt nicht auf“, „Fehler tritt selten auf“, „Fehler tritt gelegentlich auf“ oder „Fehler tritt häufig auf“ differenzieren. Zur Quantifizierung der FAW werden den einzelnen Kriterien reale Zahlen für die spätere Bewertung zugeordnet (Tabelle 3-2).

Zur Ermittlung können einerseits Erfahrungswerte herangezogen werden. Andererseits können durch Fehleranalysen der Vergangenheit oder durch die Dokumentation von Fehlern über einen definierten Zeitraum vor Erstellung der Fehlerortmatrix empirische Aussagen über Fehlerursachen und deren Auftretenshäufigkeit getroffen werden.

Wurden nach einer kennzahlenbasierten Identifizierung verschiedene responsible Fehlerursachen ermittelt sowie Maßnahmen zu deren Beseitigung vollzogen, so treten die Fehlerursachen mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit wieder auf. Daher müssen nachfolgend in der Fehlerortmatrix die entsprechenden FAW-Werte der neuen Situation angepasst werden.

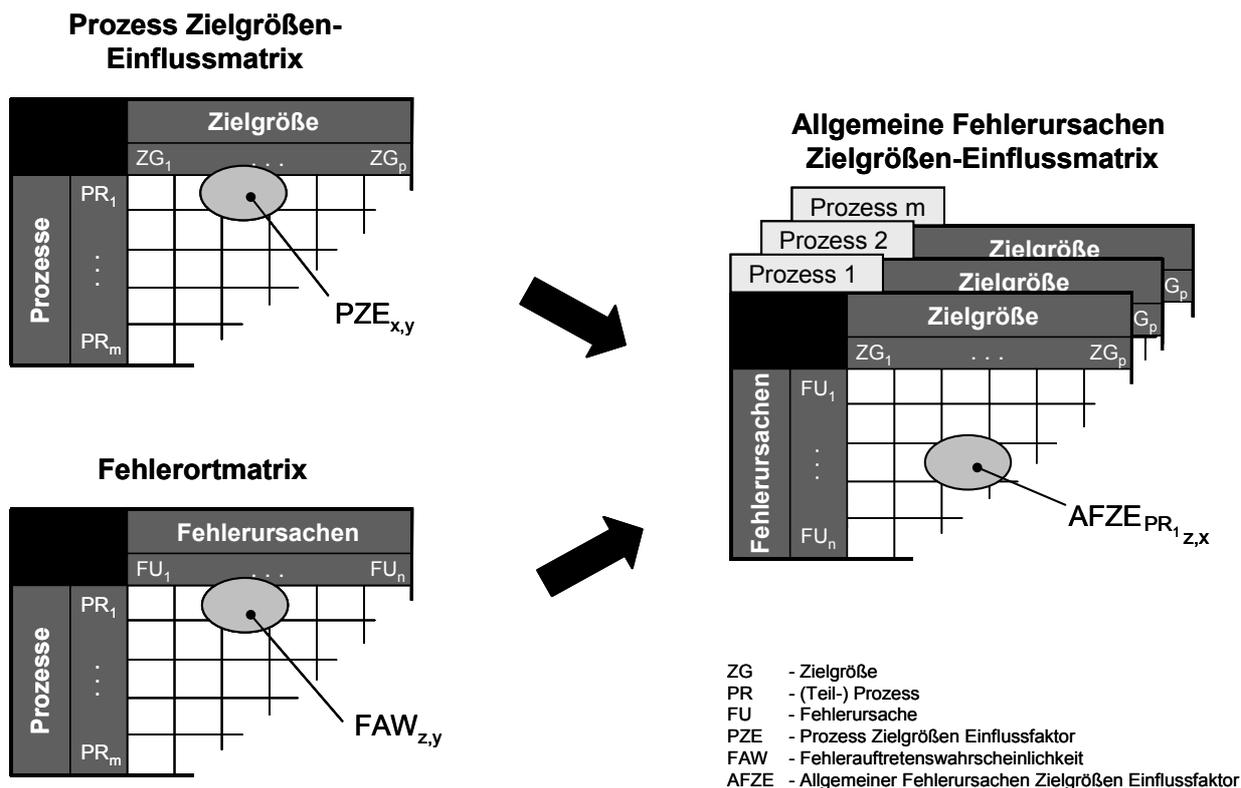


Bild 3-14: Darstellung der ersten Vernetzungsstufe des statischen Wirkgefüges

*Allgemeine Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussmatrix*

Die *Prozess-Zielgrößen-Einflussmatrix* erlaubt die Identifizierung der für die Zielabweichung wesentlichen Prozesse. Mit Hilfe der *Fehlerortmatrix* können die Fehlerursachen in den jeweiligen Prozessen ermittelt werden. Multipliziert man diese beiden Matrizen, so kann von einer Zielgrößenabweichung über die Prozesse direkt auf die Fehlerursachen geschlossen werden. Dieser Zusammenhang wird in der *Allgemeinen Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussmatrix* dargestellt (Bild 3-14, rechts). Eine Aussage, wie stark die jeweilige Fehlerursache eine Zielgröße beeinträchtigt, wird qualitativ mit dem *Allgemeinen Fehler-Zielgrößen-Einflussfaktor (AFZE)* bewertet. Diese Kennzahl leitet sich aus dem Produkt des Prozess-Zielgrößen-Einflussfaktor mit der zugehörigen Fehlerauftrittswahrscheinlichkeit ab. Die Kennzahldefinition lautet:

$$AFZE_{PR_y}(z, x) = PZE(x, y) \cdot FAW(z, y) \quad (3.3)$$

mit:      *AFZE* = Allgemeiner Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussfaktor  
         *PZE* = Prozess-Zielgrößen-Einflussfaktor  
         *FAW* = Fehlerauftretenswahrscheinlichkeit  
         *x*    = 1 ... Anzahl Zielgrößen  
         *y*    = 1 ... Anzahl Prozesse  
         *z*    = 1 ... Anzahl Fehlerursachen

#### *Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussmatrix*

Die bisher ermittelte Kennzahl des *Allgemeinen Fehler-Zielgrößen-Einflussfaktors* (*AFZE*) ermöglicht die Identifizierung der für die Zielgrößenabweichungen verantwortlichen Fehlerursachen. Aufgrund der Definition der Kennzahl bewertet der *AFZE* die Fehler nur bzgl. ihrer Auftretenswahrscheinlichkeit. Dies bedeutet, dass durch das Auftreten eines prozessspezifischen Fehlers alle Zielgrößen gleichermaßen negativ beeinträchtigt werden. Da dies jedoch nicht der Realität entspricht, muss eine zusätzliche Differenzierung bei der Fehlerbewertung vorgenommen werden.

Verschiedene Fehlerursachen innerhalb eines Prozesses haben unterschiedlich starke Auswirkungen auf den Prozess. Das Ausmaß von Fehlerursachen reicht von kleinen, sofort reparablen Fehlerursachen, die keine Auswirkung auf den Prozess haben, bis hin zu Fehlerursachen, die den gesamten Prozess beeinträchtigen. Entsprechend diesen Ausmaßen auf die Prozesse können die Fehlerursachen gleichermaßen die Zielgrößen beeinträchtigen. Eine objektive Bewertung, wie stark der Einfluss einer Fehlerursache auf den Prozess wirkt und wie sie im Rahmen der FMEA durch die Bewertungs-Kennzahl *Bedeutung* zur Geltung kommt, kann bisher noch nicht vollzogen werden [ARN92].

Neben den unterschiedlichen Auswirkungsstärken von Fehlerursachen auf die Prozesse kann eine Unterscheidung bzgl. der Fehlerart durchgeführt werden. Hierbei wird unterschieden, ob die Fehler materielle, informatorische oder menschliche Ursachen haben [RUT99].

Fehlerbedeutung und Fehlerart haben gemeinsam, dass sie sich in unterschiedlichem Maße auf die verschiedenen Zielgrößen auswirken. Entsprechend

der zweiten Prämisse kann ein auftretender Fehler innerhalb eines Prozesses eine Zielgröße nachhaltig beeinflussen, während eine andere Zielgröße dadurch nicht beeinträchtigt wird. Daher soll die Bewertung der Fehlerursache nachfolgend über den Einfluss auf die jeweilige Zielgröße erfolgen, die durch den *Fehler-Zielgrößen-Einflussfaktor (FZE)* beschrieben wird.

Grundlage für die Bewertung der Fehlerursachen sind die in Abschnitt 3.4.1 erstellten Fehlerbäume. Für jede der identifizierten Fehlerursachen muss der individuelle Einfluss auf jede Zielgröße bewertet werden. Zur Bewertung wird unterschieden in:

- Fehlerursache hat keinen Einfluss auf die betrachtete Zielgröße,
- Fehlerursache kann einen Einfluss auf die betrachtete Zielgröße haben und
- Fehlerursache muss einen Einfluss auf die betrachtete Zielgröße haben.

Bild 3-15 zeigt beispielhaft die Vorgehensweise zur Bewertung der Fehlerursachen.

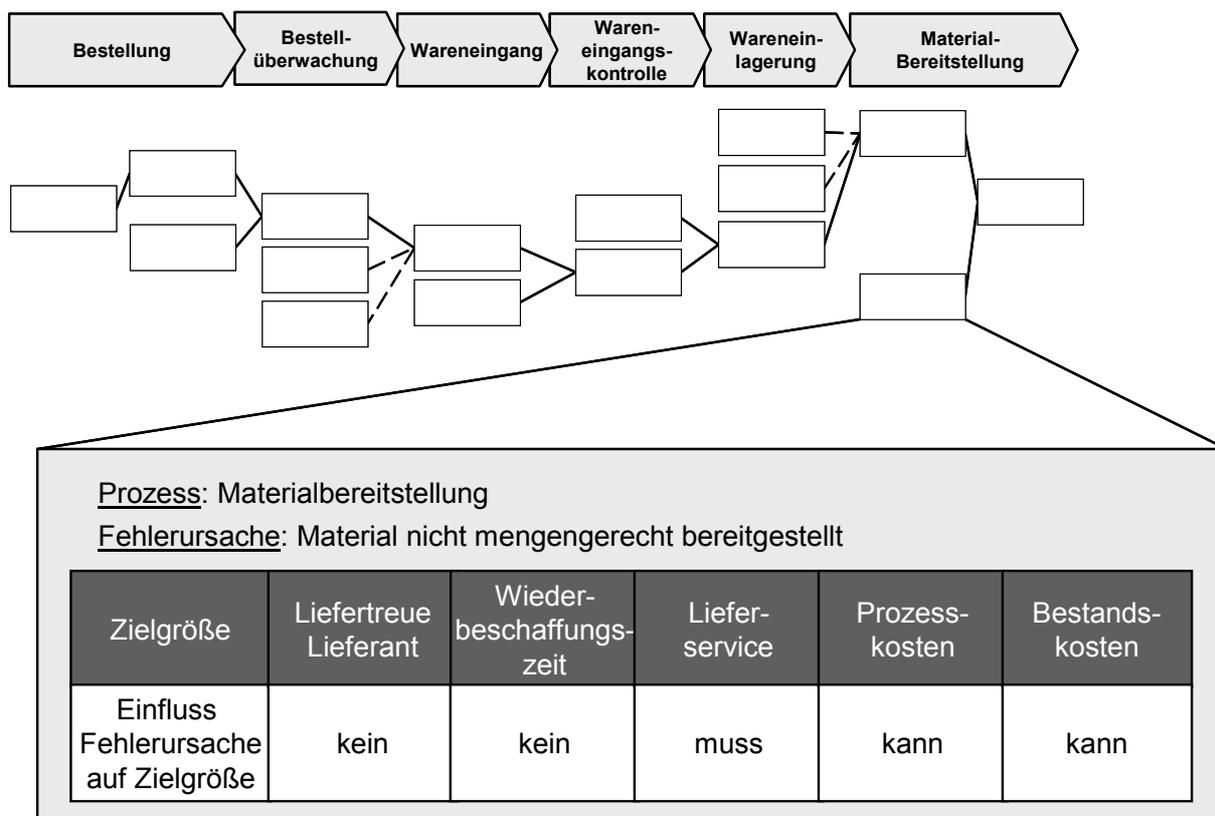


Bild 3-15: Bewertung der Fehlerursachen hinsichtlich ihres Einflusses auf die Zielgrößen

In dem dargestellten Beispiel wurde zuvor im Prozess Materialbereitstellung die Fehlerursache „Material nicht mengengerecht bereitgestellt“ identifiziert. Das

Auftreten dieser Fehlerursache hat keinen Einfluss auf die Zielgrößen *Liefertreue Lieferant* und *Wiederbeschaffungszeit*. Da der Lieferservice durch die termin- und mengengerechte Bereitstellung des geforderten Beschaffungsartikels definiert ist, muss diese Fehlerursache direkt eine Auswirkung auf die Kennzahl zur Bewertung des Lieferservices haben.

Grundsätzlich kann nicht bestimmt werden, ob zusätzliche ungeplante Aktivitäten der Mitarbeiter zur Beschaffung oder Bereitstellung der fehlenden Anzahl an Beschaffungsartikeln durchgeführt werden. Im Falle der Durchführung von Maßnahmen steigen die Werte der *Prozesskosten* an. Wird jedoch auf eine Durchführung zur Neutralisierung des Fehlers verzichtet, so hat dies keine Auswirkung auf die beiden Zielgrößen. Aufgrund alternativer Optionen wird in diesem Fall eine „Kann“-Bewertung vollzogen.

Für die Zielgröße *Bestandskosten* gilt Ähnliches. Durch das Auftreten der Fehlerursache kann sich die fehlende Anzahl des Beschaffungsartikels noch im Zwischenlager oder im Umlaufbestand befinden und damit einen Anstieg der Bestandskosten verursachen. Erfolgte dagegen keine mengengerechte Lieferung durch den Lieferanten, so ist entweder eine Unterschreitung oder kein Einfluss auf das Ziel Bestandskosten möglich. Daher erfolgt auch für diese Zielgröße eine „Kann“-Bewertung.

Durch die Übertragung der ermittelten Fehlerursachen sowie der Zielgrößen in eine Matrix entsteht die *Fehlerursachen-Zielgrößen-Bewertungsmatrix* (Bild 3-16, unten). Die Bestimmung des Fehler-Zielgrößen-Einflussfaktors erfolgt durch die Transformation der linguistischen Bewertung „muss“, „kann“ und „kein“ nach dem in Tabelle 3-2 dargestellten Bewertungsschema.

Einfluss des Fehlers auf die Zielgröße	FFZ
Fehler hat keinen negativen Einfluss auf Zielgröße ( <i>kein</i> )	0
Fehler kann verzögerten negativen Einfluss auf Zielgröße haben ( <i>kann</i> )	1
Fehler hat direkten negativen Einfluss auf die Zielgröße ( <i>muss</i> )	2

Tabelle 3-3: Bewertungskriterien FZE

Erfolgt eine Vernetzung der allgemeinen Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussmatrix mit der Fehlerursachen-Zielgrößen-Bewertungsmatrix, so wird die zuvor allgemeine Bewertung der Fehlerursachen bezüglich ihres Einflusses auf die Zielgrößen gewichtet. Das Ergebnis bildet die in Bild 3-16 rechts dargestellte *Gewichtete Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussmatrix*.

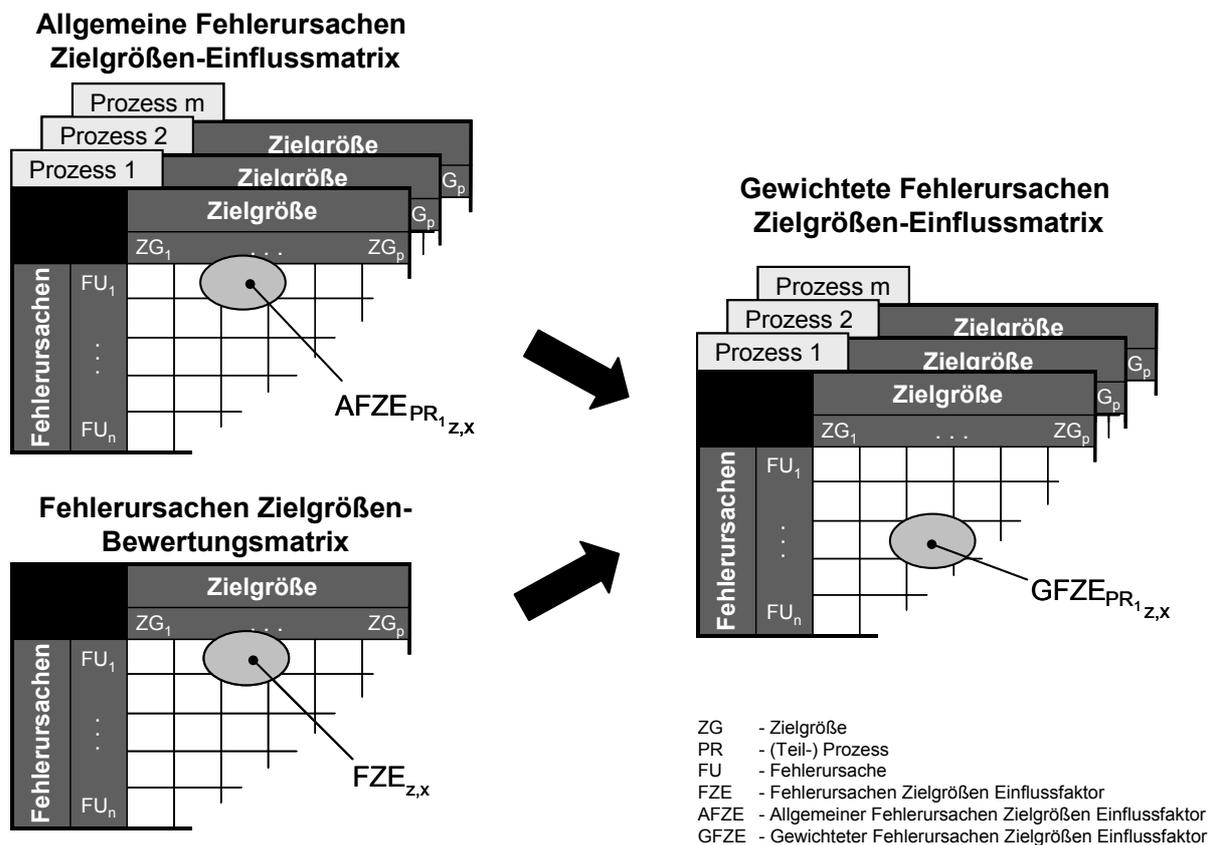


Bild 3-16: Darstellung der zweiten Vernetzungsstufe des statischen Wirkgefüges

Der *Gewichtete Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussfaktor (GFZE)* spiegelt den tatsächlichen Einfluss einer Fehlerursache auf eine spezifische Zielgröße wider. Die Berechnung des GFZE-Faktors leitet sich durch die Verknüpfung der beiden Matrizen ab:

$$GFZE_{PR_y}(z, x) = AFZE_{PR_y}(z, x) \cdot FZE(z, x) \tag{3.4}$$

- mit:
- GFZE* = Gewichteter Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussfaktor
  - AFZE* = Allgemeiner Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussfaktor
  - FZE* = Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussfaktor
  - x* = Anzahl Zielgrößen
  - y* = Anzahl Prozesse
  - z* = Anzahl Fehlerursachen

Die hieraus resultierende Matrix bildet ein statisches Wirkgefüge zur Ermittlung von Fehlerursachen und ermöglicht eine erste situationsunabhängige Identifizierung und Unterscheidung wesentlicher von unwesentlichen Fehlerursachen.

### 3.6.2 Das Dynamische Wirkgefüge

Die entwickelte *Gewichtete Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussmatrix* befähigt zur Erkennung des grundsätzlichen Zusammenhangs von Zielgröße und Fehlerursache. In dieser ersten Stufe des Wirkgefüges wird der Zustand der Zielgrößen nicht spezifiziert. Vielmehr wird von einer gleichen Gewichtung der verschiedenen Zielgrößen ausgegangen. Daher bildet dieses Wirkgefüge einen statischen Zustand der Beschaffungslogistik ab.

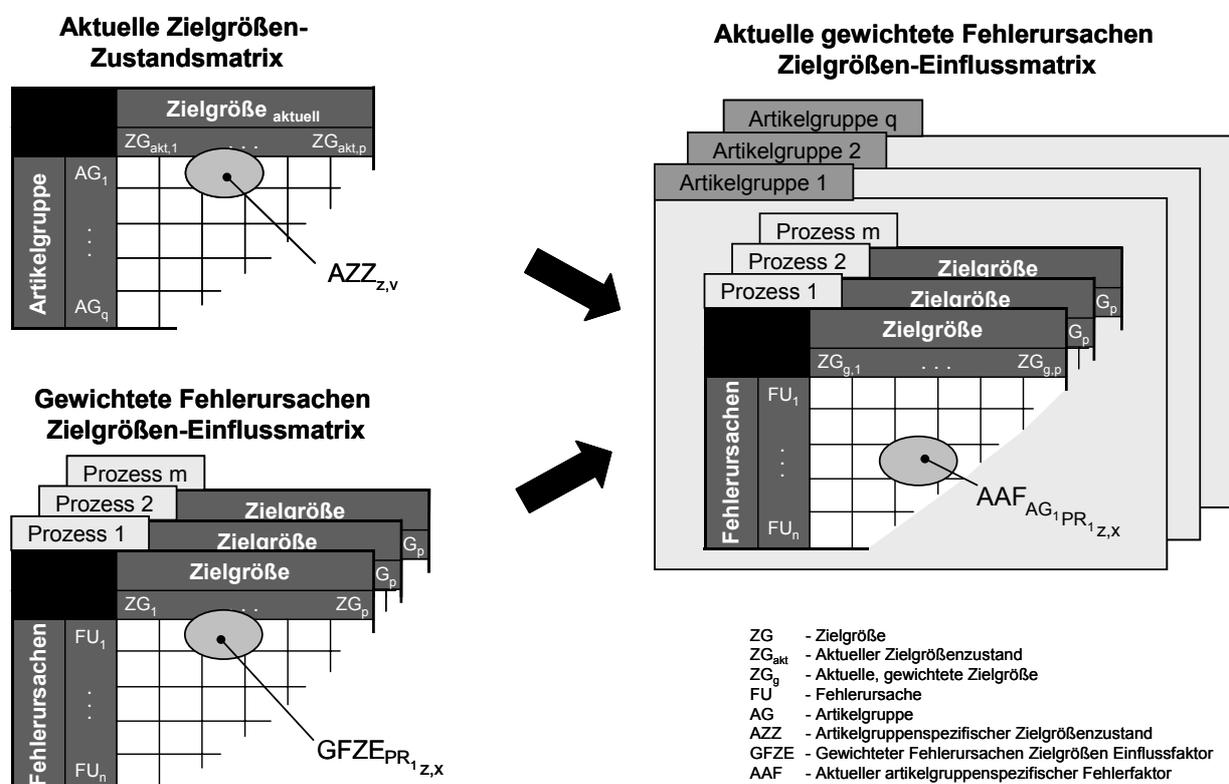


Bild 3-17: Darstellung des dynamischen Wirkgefüges

Zur Identifizierung der tatsächlichen situationsbedingten Fehlerursachen in der Beschaffungslogistik müssen besonders die dynamischen Zielgrößenveränderungen und Zielabweichungen betrachtet werden. Eine Möglichkeit der dynamischen Betrachtung bietet das in Abschnitt 3.5.5 entwickelte Frühwarnsystem und die daraus abgeleitete *Aktuelle Zielgrößen-Zustandsmatrix*, in der für jeden betrachteten Zeitpunkt der aktuelle Zustand der Zielgrößen aufgezeigt und entsprechend

quantifiziert wird. Bildet dieser aktuelle Zielgrößenzustand den Eingangswert für die *Gewichtete Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussmatrix*, so kann in Abhängigkeit von Artikelgruppe und Prozess der entsprechende spezifische Fehlerfaktor berechnet werden (vgl. Bild 3-17). Dieser *Aktuelle Artikelgruppenspezifische Fehlerfaktor* (AFF) ist ein Maß für den tatsächlichen Einfluss einer Fehlerursache auf den jeweiligen situationsabhängigen Zustand einer Zielgröße der Beschaffungslogistik. Der *Aktuelle Artikelgruppenspezifische Fehlerfaktor* AAF berechnet sich in Abhängigkeit von Artikelgruppe und Prozess wie folgt:

$$AAF_{AG_v, PR_y}(z, x) = AAZ(z, v) \cdot GFZE_{PR_y}(z, x) \quad (3.5)$$

mit:

- AAF<sub>AG,PR<sub>y</sub></sub> = Aktueller Artikelgruppenspezifischer Fehlerfaktor
- AZZ = Aktueller Zielgrößen-Zustandsfaktor
- GFZE = Gewichteter Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussfaktor
- v = Anzahl Artikelgruppen
- x = Anzahl Zielgrößen
- y = Anzahl Prozesse
- z = Anzahl Fehlerursachen

Erfolgt für alle Prozesse und Artikelgruppen die Berechnung des entsprechenden AFFs, so können die hieraus resultierenden Werte in der *Aktuellen Gewichteten Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussmatrix* zusammengeführt werden.

### 3.6.3 Berechnung der Fehlerfaktors

Der berechnete *Aktuelle Artikelgruppenspezifische Fehlerfaktor* bewertet den derzeitigen Einfluss einer prozessspezifischen Fehlerursache auf eine einzelne artikelgruppenspezifische Zielgröße. Von Interesse ist jedoch, welche Fehlerursachen welchen Einfluss auf die Beschaffungslogistik ausüben. Zur Identifizierung dieses Einflusses einzelner Fehlerursachen, die die logistische Qualität und die Kosten in der Beschaffung negativ beeinflussen, ist deshalb eine ganzheitliche Betrachtung über alle Zielgrößen, Prozesse und Artikelgruppen erforderlich. Daher muss eine Kennzahl gebildet werden, die den Einfluss einer Fehlerursache auf den gesamten beschaffungslogistischen Prozess quantifiziert. Zur Ermittlung der Kennzahl gelten die folgenden Annahmen:

Die bisherige Betrachtung fokussiert auf eine individuelle Betrachtung der Zielgrößen. Diese Zielgrößen sind Teilaspekte, die das Hauptziel der Beschaffungslogistik, die hohe Logistikqualität, spezifizieren (vgl. Abschnitt 3.3.1). Um den Einfluss einer Fehlerursache auf die Beschaffungslogistik ermitteln zu können, werden zuerst die einzelnen Einflüsse des Fehlers auf die unterschiedlichen Zielgrößen zu einem Wert zusammengefasst. Der hieraus resultierende Fehlerfaktor bewertet eine Fehlerursache hinsichtlich ihres Einflusses auf die artikel- und prozessspezifische Logistikqualität.

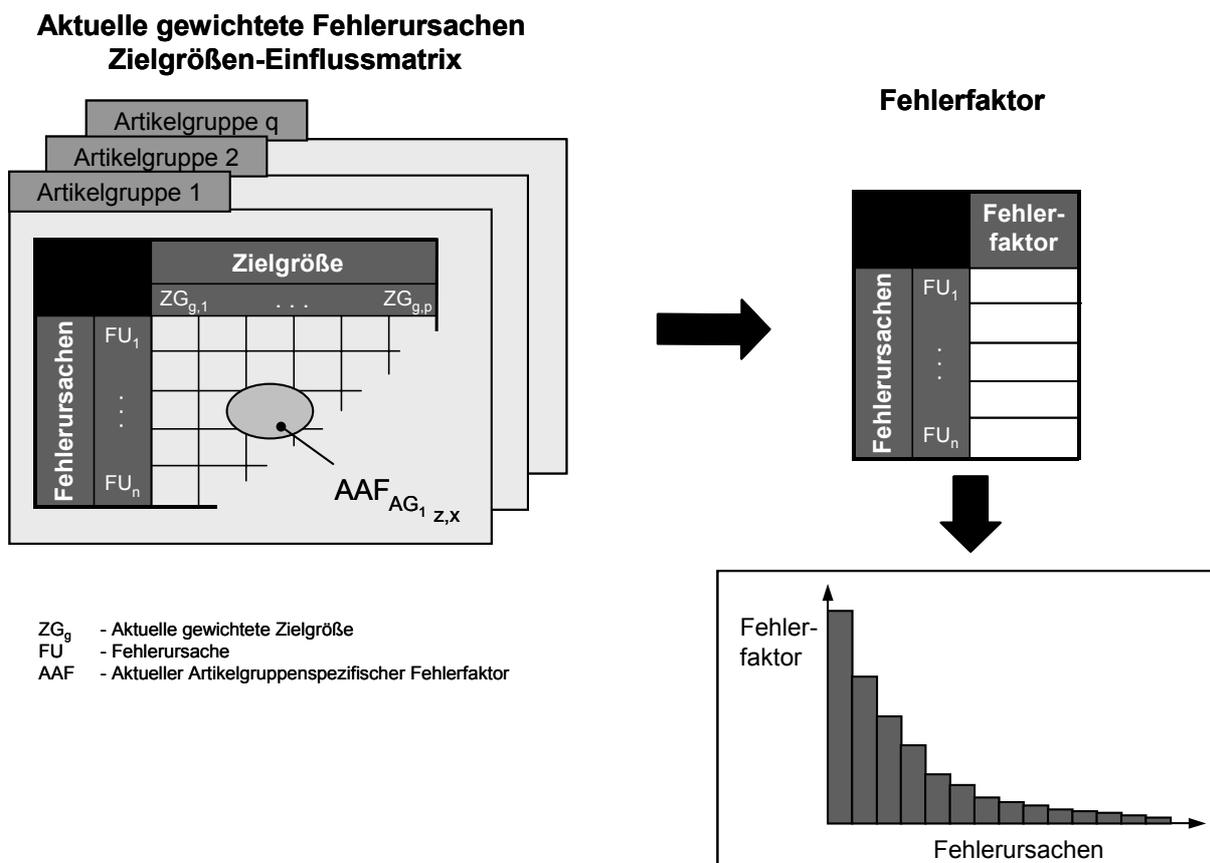


Bild 3-18: Ermittlung des Fehlerfaktors

Da definitionsgemäß die jeweiligen Fehlerursachen nur in einem Prozess auftreten können, können die prozessspezifischen Teilmatrizen zu einer artikelgruppenspezifischen Matrix zusammengefasst werden.

Zur Bewertung der logistischen Qualität in der Beschaffung müssen alle Artikel, die innerhalb der letzten Periode die beschaffungslogistischen Prozesse durchlaufen haben, betrachtet werden. Da Fehler, die in einzelnen Artikelgruppen auftreten, sich direkt auf die gesamte Beschaffungslogistik auswirken, können die einzelnen

artikelgruppenspezifischen Fehlerfaktoren in einem *Allgemeinen Fehlerfaktor* zusammengefasst werden.

Der Allgemeine Fehlerfaktor wird daher wie folgt errechnet:

$$FF_x = \sum_{v=1}^q \sum_{i=1}^p AAF_{AG_v}(z_i, x) \quad (3.6)$$

mit:

- $FF$  = Fehlerfaktor
- $AFF$  = Aktueller Artikelgruppenspezifischer Fehlerfaktor
- $q$  = Anzahl Artikelgruppen
- $p$  = Anzahl Zielgruppen
- $x$  = Anzahl Fehlerursachen

Ein hoher Wert der Kennzahl bedeutet, dass die bewertete Fehlerursache einen hohen Einfluss auf die aktuelle, durch die Zielgrößen bewertete Situation in der Beschaffungslogistik hat und stärker zu einer verminderten logistischen Qualität beiträgt, als eine Fehlerursache mit einem geringeren Wert.

Durch die Bildung von Fehlerursachen-Ranglisten oder einer Pareto-Darstellung können die wesentlichen verantwortlichen Fehlerursachen für eine Beeinträchtigung der logistischen Qualität in der Beschaffung von den unwesentlichen unterschieden werden. Die so identifizierten Fehlerursachen bilden den größten Stellhebel zur Verbesserung der logistischen Qualität in der Beschaffungslogistik.

## 4 Realisierung eines softwaretechnischen Assistenzsystems

### 4.1 Anforderungen an ein Assistenzsystem

Zur schnelleren und effizienteren Durchführung der kennzahlenbasierten Identifizierung potenzieller Fehler bietet sich die Unterstützung durch ein EDV-gestütztes Assistenzsystem an. Es verwaltet alle im Laufe der Methode generierten Daten und unterstützt den Anwender bei der Ermittlung situationsbedingter responsabler Fehlerursachen. Neben der Ermittlung der erforderlichen Kennzahlen aus den unternehmensspezifischen ERP-/PPS-Systemen bietet das System insbesondere die Möglichkeit des Rückgriffs auf bestehendes Wissen, so dass die Wirkzusammenhänge nicht immer neu erarbeitet werden müssen und Fehlerursachen effizient bestimmt werden können.

Für die Entwicklung des Assistenzsystems werden im Folgenden zunächst die Anforderungen spezifiziert und darauf aufbauend die Systemarchitektur sowie das Funktions- und Datenmodell erläutert.

Die Anforderungen an ein softwaregestütztes Assistenzsystem werden im Allgemeinen sowohl aus Anwender- als auch aus Entwicklersicht definiert [RAA91]. Für den Anwender sind insbesondere die für ihn sichtbaren Aspekte von Bedeutung. Eine umfassende Funktionalität, eine hohe Zuverlässigkeit und Sicherheit sowie eine komfortable Bedienung des Assistenzsystems sind hier als wesentliche Punkte zu nennen. Für den Entwickler stehen hingegen eine einfache Erweiterbarkeit, leichte Wartung des Systems sowie die Anwendung einer zukunftsorientierten Soft- und Hardwareplattform im Vordergrund.

Das im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Assistenzsystem zur kennzahlenbasierten Identifikation potenzieller Fehler unterstützt den Anwender in den Phasen des Aufbaus der Wirkgefüge, bei der Generierung von Kennzahlen sowie bei der Ermittlung responsabler Fehlerursachen. Zur Gewährleistung einer hohen Zuverlässigkeit und Sicherheit, basiert das Assistenzsystem auf der marktgängigen MS-Office-Softwarekomponente MS-Access 2000, die durch das Betriebssystem MS-Windows sowie alle Derivate wie Windows 98, NT, 2000 und XP unterstützt wird. Diese Software ist weit verbreitet und kann auf kostengünstigen und zukunftsfähigen Hardware-Komponenten betrieben werden. Die Bedienung des Assistenzsystems

orientiert sich an den in MS-Windows etablierten Standards, so dass die Anwendung des Systems einem erfahrenen Windowsanwender leicht fallen dürfte. Gleichmaßen kann der Einarbeitungsaufwand auf ein Minimum begrenzt werden kann. Eine langfristige Anwendung des Assistenzsystems ist gewährleistet, da die auf Access 2000 basierenden Entwicklungen auch unter zukünftigen Microsoft-Betriebssystemen genutzt werden können.

Das Assistenzsystem wurde konform zu den Standards der objektorientierten Softwareentwicklung gestaltet und zeichnet sich aufgrund der gewählten Systemarchitektur durch einen modularen Aufbau, eine leichte Wartbarkeit sowie durch uneingeschränkte Erweiterbarkeit aus.

## 4.2 Systemarchitektur

Zentraler Bestandteil des Assistenzsystems ist die MS-Access-2000-Datenbank (Bild 4-1). Diese enthält sowohl die unveränderlichen Anwendungsdaten als auch die durch den Nutzer veränderlichen Unternehmensdaten. Durch eine definierte Schnittstelle kann das Assistenzsystem mit den Datenbanken der unternehmensspezifischen ERP-/PPS-Systeme gekoppelt und die benötigten BDE-Daten können bereitgestellt werden.

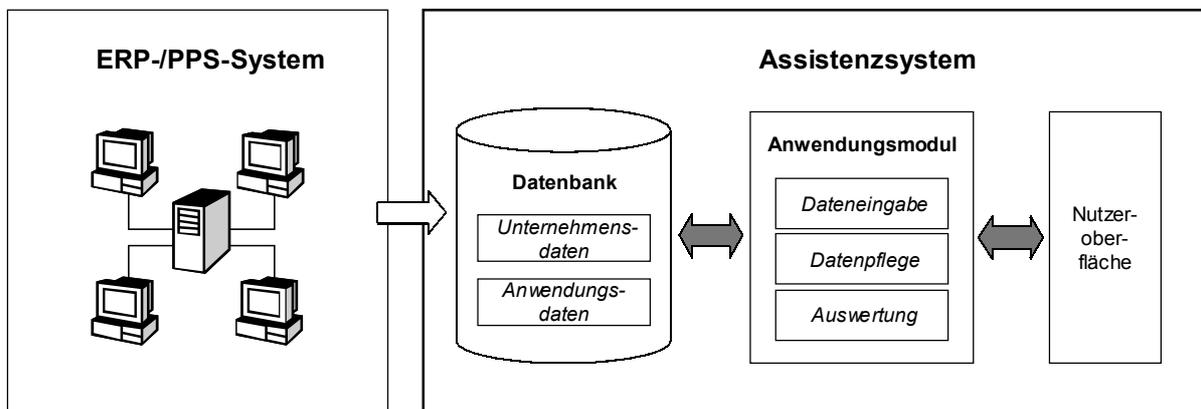


Bild 4-1: Systemarchitektur

Über eine Anpassung der Anwendungsdaten lassen sich elementare Parameter des Anwendungsmoduls verändern, so dass die Datenbank leicht an zukünftige Anforderungen angepasst werden kann. Über eine Access-spezifische Schnittstelle ist die Datenbank mit dem Anwendungsmodul verbunden, in dem die für die Erstellung der Wirkmodelle erforderlichen Daten eingegeben und gepflegt sowie die Rechenvorgänge zur Bestimmung der Fehlerursachen durchgeführt werden. Mit Hilfe

der mit dem Anwendungsmodul verknüpften Nutzeroberfläche werden die aufbereiteten Daten und Ergebnisse des Assistenzsystems in einer Windows-Oberfläche anwenderfreundlich dargestellt. Dabei steuert das Anwendungsmodul die Interaktion mit dem Anwender und veranlasst die Datenein- und -ausgaben in der Nutzeroberfläche. Weiterhin übernimmt das Anwendungsmodul die Auswertung der in der Datenbank enthaltenen Informationen und das Rückführen veränderter und neuer Informationen in die Datenbank.

### 4.3 Datenbankstruktur

Datenmodelle dienen zur Abbildung statischer Eigenschaften von Daten und deren Beziehung zueinander. Hierzu werden die für das Assistenzsystem benötigten Daten getrennt betrachtet und derart strukturiert, dass sie in einer relationalen Datenbank implementiert werden können. Weit verbreitet ist das von Chen entwickelte Entity-Relationship-Modell (ER-Modell) [Che76]. Aus diesem kann direkt die Struktur eines relationalen Datenbankschemas abgeleitet werden, das in die Access-2000-Datenbank einfließt.

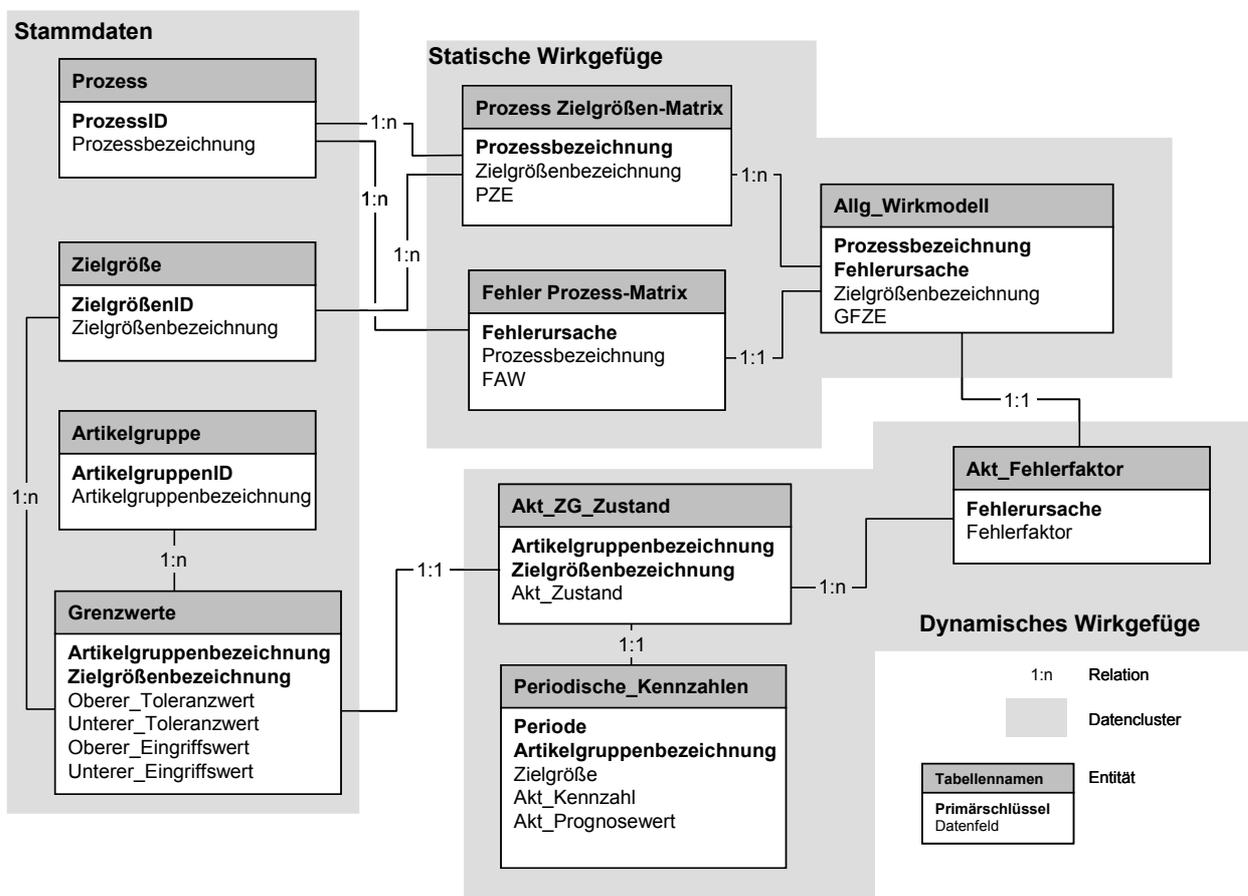


Bild 4-2: Entity-Relationship-Modell der Datenbank

Das ER-Modell für die Datenbank des Assistenzsystems stellt Bild 4-2 dar. Zur Strukturierung wurden den Entitäts- und Beziehungstypen drei Datencluster zugeordnet.

- Im Datencluster *Stammdaten* werden die beschaffungslogistischen Bedingungen im Unternehmen beschrieben. Neben den Prozessen und den Artikelgruppen werden die beschaffungslogistischen Zielgrößen sowie die artikelgruppenspezifischen Zielwerte und Eingriffswerte hinterlegt.
- Im Datencluster *Statisches Wirkgefüge* erfolgt aus dem Datencluster Stammdaten sowie aus den identifizierten Fehlerursachen der Aufbau der Vernetzungsstufen, die im statischen Wirkgefüge münden.
- Der Datencluster *Dynamisches Wirkgefüge* beschreibt über die periodisch generierten Kennzahlen, deren Abweichung zu den Ziel- bzw. Eingriffswerten sowie über der Gewichteten Fehlerursachen-Zielgrößen-Einflussmatrix in mehreren Berechnungsschritten die Ermittlung des spezifischen Fehlerfaktors.

Jeder Datencluster besteht aus mehreren Entitäten, die wiederum mehrere Attribute enthalten. Hierbei kann zwischen statischen und dynamischen Entitäten unterschieden werden. Statische Entitäten repräsentieren Daten, die sich im Rahmen der Ermittlung des Fehlerfaktors nicht verändern. Diese umfassen im Wesentlichen alle Entitäten, die sich im Datencluster *Stammdaten* befinden. Dynamische Entitäten beinhalten Daten, die sich von Anwendungsfall zu Anwendungsfall unterscheiden oder im Ablauf der Ermittlung des Fehlerfaktors sukzessiv erzeugt werden.

Über Relationen werden die Zusammenhänge einzelner Entitäten untereinander dargestellt. Eine Relation entsteht, sobald durch geeignete Schlüsselfelder eine logische Beziehung zwischen zwei Entitäten hergestellt wird. Die Datensätze der Entität werden durch Primärschlüssel, die aus einem oder mehreren Attributen bestehen können, eindeutig identifiziert. Mittels des Fremdschlüssels werden die Relationen zu anderen Entitäten hergestellt. Ein Fremdschlüssel einer Entität ist gleichzeitig der Primärschlüssel der über die Relation verknüpften Entität. Beispielsweise können mehrere Fehlerursachen einem Prozess zugeordnet werden. Die Zuweisung einer Fehlerursache zu mehreren Prozessen ist dagegen aus Reglementierungsgründen nicht erlaubt und macht daher wenig Sinn. Eine solche

Beziehung wird datentechnisch durch eine 1:n-Relation zwischen den Entitäten Prozess und Fehler-Prozess-Matrix dargestellt.

#### 4.4 Systemoberfläche

Die Anwendung des Assistenzsystems erfolgt über die Nutzeroberfläche, die dem Windows-Standard entspricht (Bild 4-3). Das Hauptmenü stellt dem Anwender verschiedene Funktionen für alle Schritte der kennzahlenbasierten Identifikation zur Verfügung.

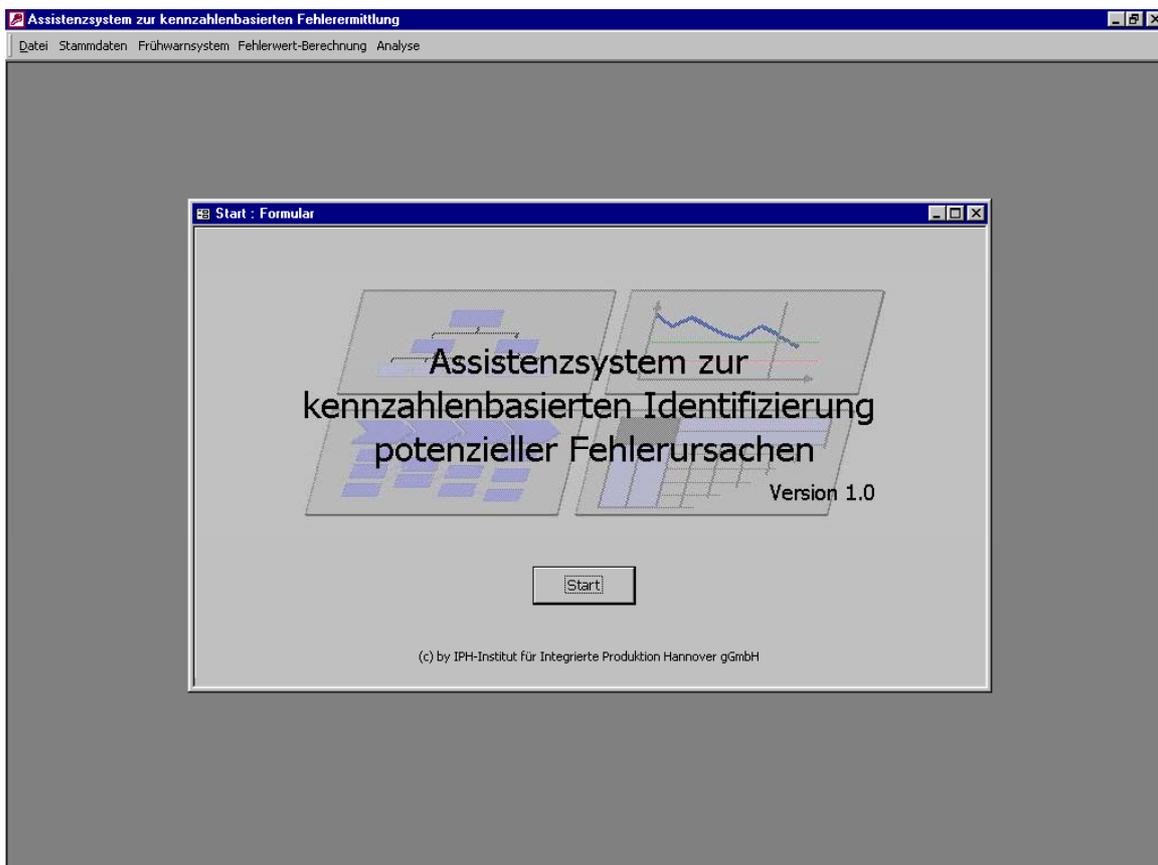


Bild 4-3: Hauptmenü des Assistenzsystems

Der Menüpunkt *Datei* beinhaltet die gängigen Windows-Funktionen zum Öffnen und Speichern von Datei sowie die verschiedenen Funktionen zum Drucken oder Versenden als E-Mail.

Im Menüpunkt *Stammdaten* können alle zur Erstellung des statischen Wirkgefüges erforderlichen Daten durch den Nutzer eingegeben, bewertet und aktualisiert werden. Hierzu zählen die Bestimmung der Artikelgruppen, die Definition der Prozesse und Zielgrößen sowie die Zuordnung von Fehlerursachen zu den Prozessen. Der

Einfluss, den einzelne Prozesse und Fehlerursachen auf die entsprechenden Zielgrößen haben, wird ebenfalls in diesem Menüpunkt quantifiziert.

Über den Menüpunkt *Frühwarnsystem* werden die zur Operationalisierung der Zielgrößen gebildeten Kennzahlen einer Periode generiert sowie die entsprechenden Prognosewerte berechnet. Durch den Abgleich mit den Toleranz- und Eingriffswerten wird dem Nutzer für jede Periode und Artikelgruppe der entsprechende aktuelle Zustand der Zielgröße dargestellt. Bild 4-4 stellt die Systemoberfläche des Frühwarnsystems dar.

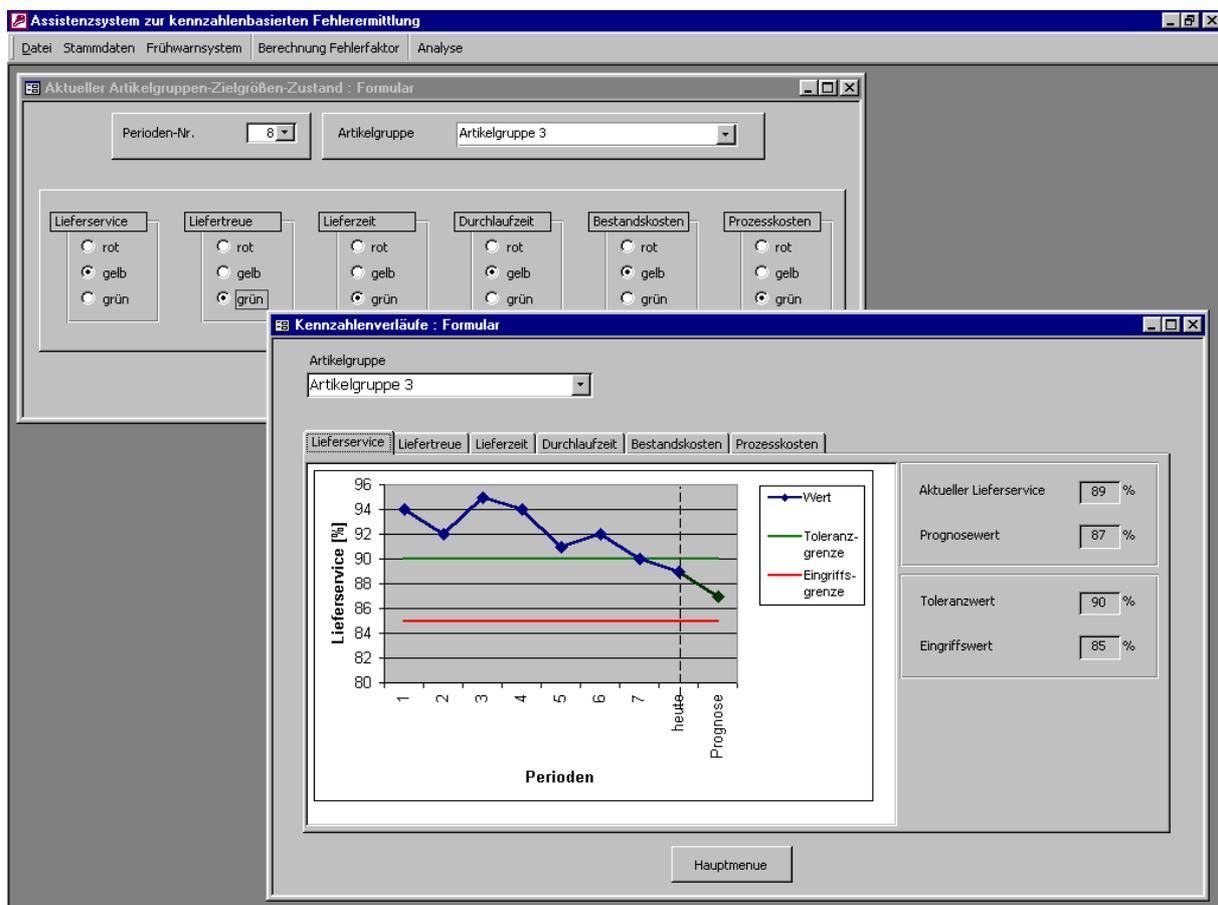


Bild 4-4: Beispielhafte Darstellung des Menüpunktes Frühwarnsystem

Der Nutzer wählt hierzu die entsprechende Periode sowie die zu betrachtende Artikelgruppe aus und erhält für jede zuvor definierte Zielgröße den aktuellen Zustand. Zur detaillierteren Betrachtung der Zielgrößen wird es dem Nutzer durch den Untermenüpunkt *Kennzahlenverläufe* ermöglicht, die Entwicklung der unterschiedlichen Zielgrößen über die vergangenen Perioden bis zum aktuellen Zeitpunkt zu analysieren. Die Visualisierung des zuvor berechneten Prognosewertes

sowie der Ziel- und Eingriffswerte sollen den Nutzer zusätzlich bei der Interpretation der zuvor dargestellten Zustände der Zielgrößen unterstützen.

Nachdem die artikelgruppenspezifischen Zustände der Zielgrößen berechnet und visualisiert worden sind, kann der Nutzer des Assistenzsystems die potenziellen Fehlerursachen ermitteln lassen. Dies erfolgt durch die Aktivierung des Tasks Fehlerwert-Berechnung. Das Assistenzsystem überträgt den aktuellen Zielgrößenzustand in eine temporäre Datei und erstellt nachfolgend das dynamische Wirkmodell, das in der Berechnung der ursachenspezifischen Fehlerfaktoren mündet.

Unter dem Menüpunkt Analyse werden dem Nutzer die berechneten Ergebnisse anwendungsgerecht aufbereitet. Hierzu werden zwei verschiedene Sichtweisen angeboten.

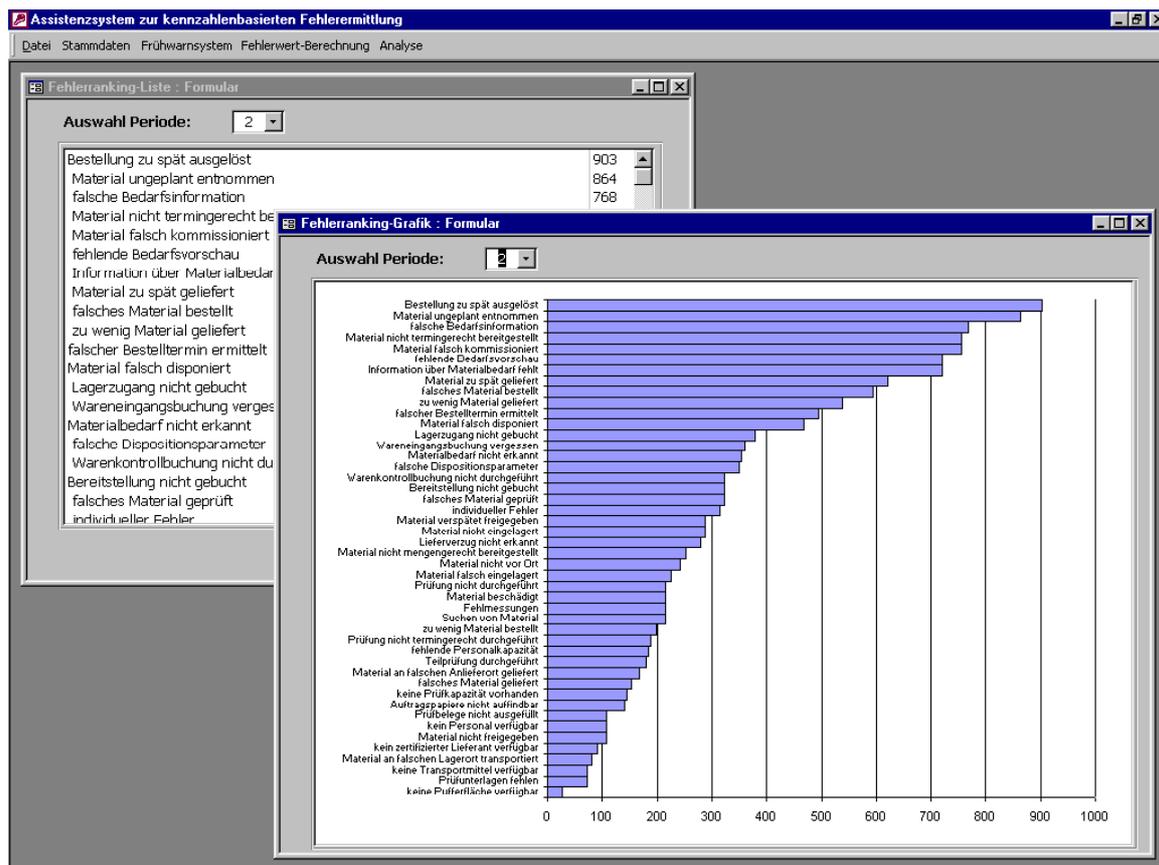


Bild 4-5: Auswertung Fehlerursachen

Die erste Sichtweise betrachtet die vom Anwender ausgewählte Periode. Die periodenspezifischen Ergebnisse in Abhängigkeit vom Zielgrößenzustand sowie von

der Fehlerauftretenswahrscheinlichkeit können in tabellarischer oder grafischer Form dargestellt und ausgewertet werden (Bild 4-5).

Mit Hilfe dieser Darstellung können die wesentlichen Fehlerursachen einer Periode detailliert ermittelt und nachfolgend Maßnahmen zu deren Beseitigung eingeleitet werden.

Die zweite Sichtweise ermöglicht die Beurteilung der Wirksamkeit eingeleiteter Maßnahmen auf die beschaffungslogistische Qualität der Prozesse durch eine Visualisierung über einen mehrere Perioden umfassenden Zeitraum. Hierzu bietet das Assistenzsystem mehrere Ansätze zur Analyse an. Bild 4-6 zeigt die exemplarische Entwicklung ursachenspezifischer Fehlerfaktoren. Durch die Auswahl einzelner Fehlerursachen (Bild 4-6, linkes Fenster) kann der Anwender gezielte Betrachtungen einzelner Entwicklungen ursachenspezifischer Fehlerfaktorenverläufe (Bild 4-6, rechtes Fenster) durchführen und Rückschlüsse über die Auswirkung von Maßnahmen zur Fehlerbeseitigung ableiten.

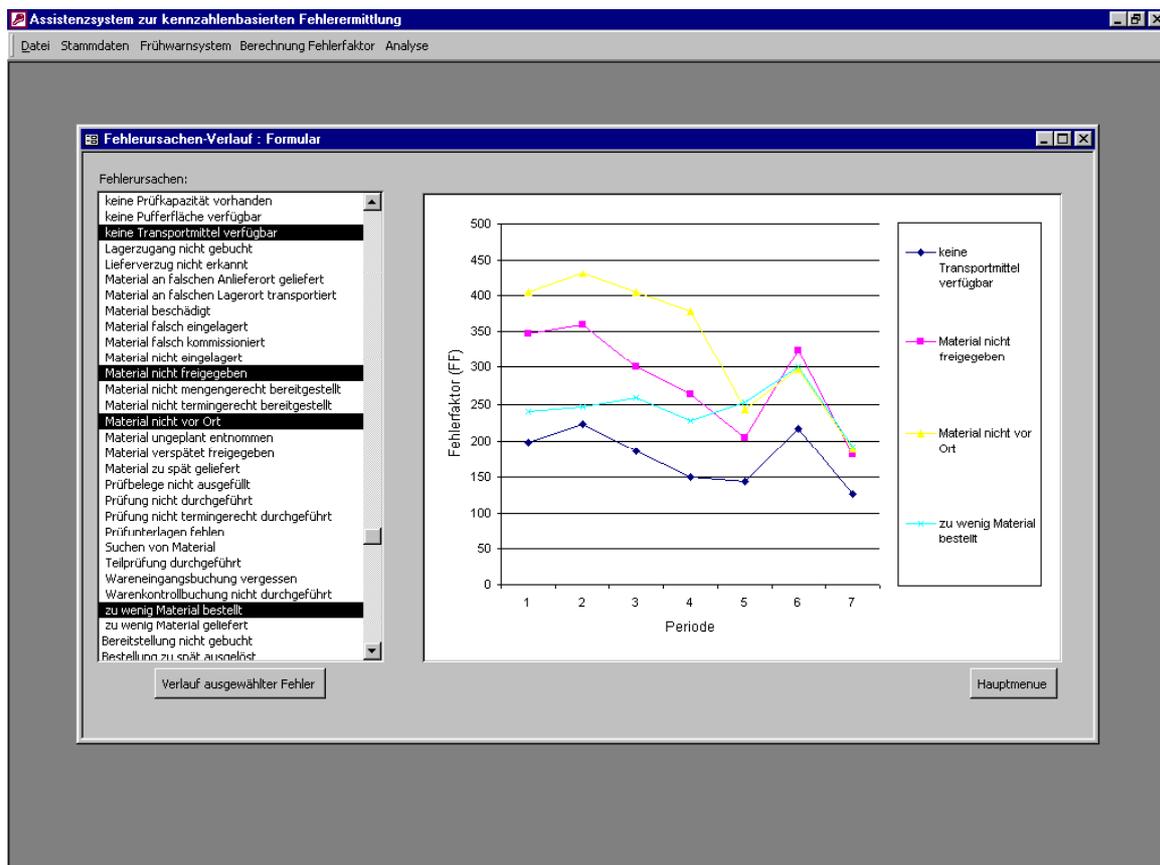


Bild 4-6: Entwicklung von Fehlerfaktoren über die Perioden

Neben der Betrachtung der Fehlerursachen und deren Faktoren kann zusätzlich der Verlauf der Zielgrößen über einen Zeitraum visualisiert werden. Auf den Aufbau und die Darstellung dieser Auswertung wird in Kapitel 5 detaillierter eingegangen.

Sämtliche Auswertungen können durch im System hinterlegte Funktionen ausgedruckt, extern gespeichert oder per E-Mail versendet werden und unterstützen somit die Dokumentation und einfache Verbreitung der Ergebnisse an Dritte.

## 5 Pilotanwendung

Für eine Validierung der entwickelten Methode hinsichtlich der Ergebnisse und der Praxistauglichkeit wurde eine Pilotanwendung bei einem Unternehmen des Maschinenbaus durchgeführt. Die Ergebnisse sollen zeigen, ob eine Identifizierung wesentlicher Fehlerursachen auf Basis von Kennzahlen in der Praxis möglich ist und ob deren Beseitigung entscheidend zur Steigerung der logistischen Qualität in der Beschaffungslogistik beiträgt.

### 5.1 Ausgangssituation

Bei dem betrachteten Unternehmen handelt es sich um einen Werkzeugmaschinenhersteller, der im Jahr 2000 mit ca. 2000 Mitarbeitern weltweit einen Umsatz von 270 Mio. Euro erwirtschaftete. Die Produktpalette des Unternehmens umfasst ein weit gefächertes Spektrum an Universalschleif- und Qualitätsprüfmaschinen sowie an Maschinen zur Produktion und Bearbeitung von Kreissägeblättern. Das Unternehmen ist organisatorisch produktorientiert in verschiedene Bereiche aufgliedert. Für die Validierung der Methode wurde der Bereich „Maschinenbau“ ausgewählt, in dem CNC-Schleifmaschinen produziert werden.

Die Herstellung der Schleifmaschinen erfolgt kundenbezogen in Einzelfertigung. Aufgrund der hohen weltweiten Konkurrenz ist es ein wesentliches Ziel des Unternehmens, die kundenindividuellen Schleifmaschinen kurzfristig mit einer hoher Liefertreue dem Kunden bereitstellen zu können. Die Versorgung der Produktion durch die Beschaffungslogistik spielt insbesondere deshalb eine entscheidende Rolle, weil in diesem Bereich eine Fertigungstiefe von null vorherrscht und alle zur Montage erforderlichen Artikel fremdbezogen werden müssen. Die Gewährleistung eines hohen Lieferservices der fremdbezogenen Artikel kann nur bedingt durch eine Bevorratung realisiert werden, da hohe Bezugskosten von bis zu 75.000 Euro pro Baugruppe einen wirtschaftlichen Erfolg stark mindern würden. Zur Sicherung und Verbesserung der Logistikqualität in der Beschaffung müssen daher Fehler frühzeitig identifiziert und beseitigt werden.

## 5.2 Vorgehensweise

### 5.2.1 Vorbereitung

#### 5.2.1.1 Ermittlung des beschaffungslogistischen Prozesses

Zu Beginn der Pilotanwendung wurden im Rahmen von Interviews mit Leitern und Mitarbeitern der an der Beschaffung involvierten Abteilungen die beschaffungslogistischen Prozesse für den betrachteten Bereich aufgenommen. Es wurde offenkundig, dass alle fremdbezogenen Artikel denselben beschaffungslogistischen Prozess durchlaufen. Dabei erfolgt die Bedarfsermittlung und Bestellauslösung durch den Disponenten der Produktion. Während die Durchführung der Bestellung und die Bestellüberwachung organisatorisch im Einkauf angesiedelt sind, werden die Aufgaben Wareneingang und –kontrolle sowie die Lagerung und Materialbereitstellung für die Produktion von der Materialwirtschaft, die organisatorisch einem Zentralbereich Logistik zugeordnet ist, durchgeführt. Eine JIT-Anlieferung bzw. ein Beschaffungsprozess ohne Zwischenlagerung ist nicht geplant.

#### 5.2.1.2 Erstellung Ziel- und Kennzahlensystem

Im zweiten Schritt wurden die Zielgrößen und die zu deren Operationalisierung erforderlichen Kennzahlen definiert. Das in Abschnitt 3.3.2 erstellte Kennzahlensystem wurde nahezu komplett übernommen. Abweichungen ergaben sich jedoch bei der Bewertung der Zielgröße Liefertreue bzw. Lieferservice. In beiden Fällen wurde die Liefertermintreue als wesentliche Kennzahl zur Operationalisierung bestimmt. Darüber hinaus wurde die Zielgröße Bestandskosten allein durch die Kennzahl *mittlere Lagerbestandskosten* bewertet.

Durch einen Abgleich von Prozessen, Zielgrößen und den bereits im Unternehmen generierten Kennzahlen erfolgte die Ermittlung des Bedarfs an erforderlichen Unternehmensdaten zur durchgängigen Bewertung der logistischen Qualität in der Beschaffung.

#### 5.2.1.3 Ermittlung und Bewertung der Fehlerursachen

Der dritte Schritt beinhaltete die Ermittlung prozessspezifischer Fehlerursachen sowie die Gestaltung der entsprechenden Fehlerbäume. Grundlage hierfür bot eine im Unternehmen durchgeführte mehrwöchige Fehleraufnahme, bei der in einer Fehlerliste erkannte Mängel täglich aufgenommen und in ihrer Auftretenshäufigkeit

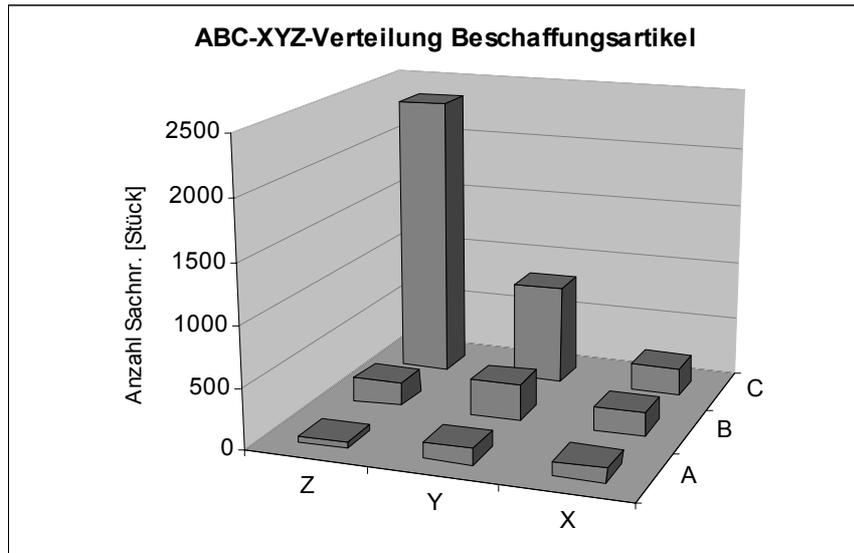
quantifiziert wurden. Im Rahmen eines Workshops wurde diese Liste mittels Brainstorming um weitere Fehlerursachen sowie deren Auftretenshäufigkeit ergänzt.

Erfolgte die Identifikation von Fehlerursachen und deren Bewertung durch ein Team, in dem Mitarbeiter unterschiedlicher hierarchischer Ebenen und aller am Beschaffungsprozess involvierten Abteilungen beteiligt waren, so fand die Bewertung der Fehlerursachen hinsichtlich ihres Einflusses auf die logistischen Zielgrößen im Wesentlichen durch die Leiter der beteiligten Abteilungen statt. Dies fand im Rahmen eines zweiten Workshops statt, in dem zusätzlich die zur Vervollständigung des Wirkgefüges notwendige Prozess-Zielgrößen-Einflussmatrix erstellt wurde.

#### 5.2.1.4 Gestaltung von Artikelgruppen

Im vierten Schritt wurden Artikelgruppen gebildet. Auf der Basis von Rückmeldedaten wurde eine Analyse hinsichtlich des wertbezogenen Bedarfs (ABC-Analyse) und der Regelmäßigkeit des Bedarfs (XYZ-Analyse) durchgeführt. Der Betrachtungsgegenstand war der Lagerabruf der Montage an fremdbezogenen Artikeln. Die Klassifizierung für die in dem Untersuchungszeitraum vor der Montage abgerufenen Artikel (ca. 4500 Sachnummern) ist im oberen Teil von Bild 5-2 dargestellt.

Neben der wert- und abrufbezogenen Bewertung der Artikel wurde eine Beurteilung hinsichtlich der Möglichkeit der Substitution von Artikeln durch ähnliche Artikel oder durch mehrere Bezugsquellen vorgenommen. Das Ergebnis zeigte jedoch eine hohe Korrelation von Substitutionspotenzial und der wertmäßigen Verteilung des Artikelspektrums. So lagen bei über 93 % der A-Artikel und über 65 % der B-Artikel keine alternativen Bezugsquellen oder Substitutionsmöglichkeiten durch ähnliche Artikel vor. Die C-Artikel dagegen sind häufiger substituierbar. Zusätzlich sind für diese Artikel mehrere Bezugsquellen vorhanden.



	A	B	C
X	Artikelgruppe I		
Y	Artikel- gruppe II	Artikel- gruppe III	Artikel- gruppe IV
Z			

Bild 5-1: Kriterien zur Bildung von Artikelgruppen

Aufgrund der Analyse der Beschaffungsartikel und der vollzogenen Klassifizierung wurde eine Einteilung des Artikelspektrums in 4 Artikelgruppen vorgenommen.

- Artikelgruppe I umfasste dabei die Artikel, die einen wertmäßig hohen Anteil am Gesamtbedarf besitzen und deshalb für eine Bevorratung in nur sehr geringer Stückzahl geeignet sind. Diese Artikel sind Bestandteile nahezu jeder Maschine. Daher sind diese Artikel nur geringen Bedarfsschwankungen unterworfen.
- Artikelgruppe II beinhaltet die teuren Artikel, die in geringer Stückzahl und in Abhängigkeit der Produktvariante unregelmäßig bis selten von der Montage benötigt werden. Darüber hinaus existieren nahezu keine Substitutionsmöglichkeiten dieser Artikel durch andere Artikel oder alternative Bezugsquellen.
- In Artikelgruppe III werden alle Beschaffungsartikel zusammengefasst, die einen höheren wertmäßigen Anteil an dem gesamten von der Montage geordneten Artikelwert besitzen. Da die Verbauung dieser Teile abhängig von der Produktvariante ist, schwankt der Bedarf dieser Teile stark.

- Die C-Artikel wurden in einer Gruppe zusammengefasst. Diese Teile werden in dem betrachteten Unternehmen nach dem Bestellpunktverfahren disponiert, wobei die Losgröße in der Regel einen Jahresbedarf dieser Teile annimmt. Für diese Teile liegen mehrere Bezugsquellen vor und eine hohe Möglichkeit der Substitution dieser Artikel ist gegeben.

#### 5.2.1.5 Ermittlung der Toleranz- und Eingriffswerte

Im letzten Schritt der Vorbereitungsphase erfolgte die Bestimmung der Toleranzwerte sowie der Eingriffswerte für die verschiedenen Zielgrößen. Für diejenigen Zielgrößen, für die im Unternehmen bereits explizite Zielvorgaben existieren, erfolgte eine Zuordnung der Vorgaben auf die entsprechenden Artikelgruppen. Hierbei wurde beispielsweise die unternehmensseitige Zielvorgabe der Bestandskosten anteilig entsprechend der tatsächlichen Wertverteilung der Artikel den entsprechenden Artikelgruppen zugewiesen. Für Zielgrößen, für die keine unternehmensseitigen Vorgaben existieren, wurden in Absprache mit den Leitern der beteiligten Bereiche entsprechende Zielvorgaben festgelegt. Aufbauend auf den Zielvorgaben wurden Toleranz- und Eingriffswerte bestimmt.

#### 5.2.2 1. Analyse

Zur Bewertung der Zielgrößen und Ableitung wesentlicher Fehlerursachen wurden die Rückmeldedaten der beteiligten Abteilungen über einen Zeitraum von 7 Monaten sukzessiv aufgenommen, verdichtet und unter Einsatz des Assistenzsystems analysiert. Für die Dauer einer Periode wurde ein Zeitraum von 20 Betriebskalendertagen festgelegt. Bild 5-3 zeigt die Analyseergebnisse der ersten Periode.

Auf der linken Seite ist der periodenspezifische Zustand der Zielgrößen dargestellt. Hierzu fließt der aktuelle Zustand jeder Artikelgruppe in die Betrachtung ein und wird zu einem Gesamtbild verdichtet. Die Farbe der Balken gibt den jeweiligen Zustand an, die Länge die Anzahl von Artikelgruppen, die sich in dem Zustand befinden. Im oberen Teil der Maske unterstützen Kennzahlen eine ganzheitliche Bewertung der aktuellen Zielgrößenzustände.

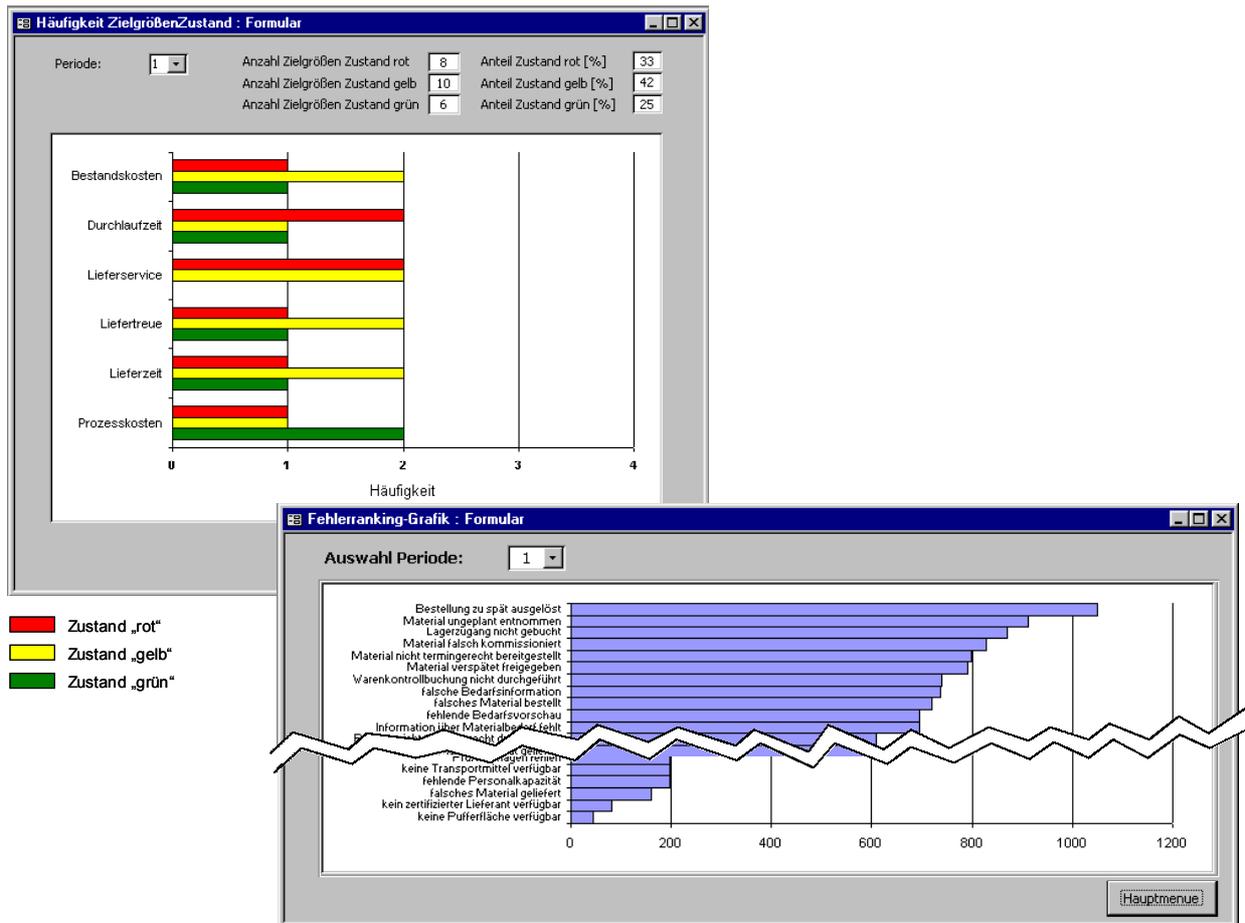


Bild 5-2: Ergebnisse der ersten Analyse

Die Situation der ersten Periode ist geprägt durch eine hohe Anzahl von Abweichungen der realen Werte von ihren Zielgrößen. 33 % aller Artikelgruppen befinden sich in einem roten Zielgrößenzustand, weitere 42 % aller Artikelgruppen haben bereits den Eingriffsbereich über-/unterschritten bzw. drohen in naher Zukunft diesen Grenzwert zu über-/unterschreiten. Als besonders gefährdete Zielgrößen lassen sich der Lieferservice sowie die Durchlaufzeit identifizieren.

Basierend auf dem identifizierten Zielgrößenzustand lassen sich die für diesen Zustand relevanten Fehlerursachen ermitteln. Bild 5-3 zeigt auf der rechten Seite eine grafische Auswertung der Fehlerwertberechnung, bei der jede Fehlerursache entsprechend ihrem Fehlerwert in absteigender Reihenfolge dargestellt ist. Die Länge des Balkens spiegelt den jeweilig berechneten Fehlerwert wider. Als wesentliche Fehlerursachen konnte die verspätete Auslösung der Bestellung, die ungeplante Materialentnahme, das Unterlassen der Lagerzugangsbuchung sowie das falsche Kommissionieren der Beschaffungsartikel identifiziert werden.

Während die letzten drei Fehlerursachen direkt mit dem Beschaffungslager in Verbindung stehen und den schlechten Zielgrößenzustand des Lieferservices widerspiegeln, scheint der Bezug der Fehlerursache mit dem höchsten Fehlerwert zu den Zielgrößen mit den stärksten Abweichungen zuerst nicht direkt gegeben zu sein. Werden jedoch gleichzeitig die restlichen Zielgrößen betrachtet und erkennt man, dass sich eine verspätete Bestellauslösung auf nahezu alle Zielgrößen negativ auswirkt, so kann ein Zusammenhang registriert werden. Darüber hinaus hat eine nachträglich durchgeführte Analyse dieser Fehlerursache ergeben, dass 53 % aller Bestellungen im betrachteten Unternehmen zu spät ausgelöst werden. Als zu spät wurden alle die Bestellungen deklariert, deren Bestelldatum hinter dem geforderten Wareneingangstermin und der vom Lieferanten zugesagten Lieferzeit lag.

In einem weiteren Workshop wurden die Ergebnisse diskutiert und für einzelne Fehlerursachen gezielt Maßnahmen zu deren Eindämmung und Beseitigung ermittelt. Es wurden die verantwortliche Mitarbeiter zur Umsetzung der Maßnahmen bestimmt und Vorgehensweisen terminiert.

### 5.2.3 2. Analyse

Zur Überprüfung der Wirksamkeit der Methode und der umgesetzten Maßnahmen erfolgte sechs Monate nach der erste Fehlerermittlung eine zweite Analyse der beschaffungslogistischen Zielgrößen. Hierzu wurden alle in der Zeit zwischen der ersten und der zweiten Analyse rückgemeldeten Daten ausgewertet. Das Ergebnis zeigt zum Zeitpunkt der zweiten Analyse (7. Periode) eine wesentliche Verbesserung der Zielgrößenzustände. Die Anzahl der sich im roten Bereich befindenden Zielgrößen hat sich von acht auf drei reduziert. Da sich der Anteil der im gelben Bereich befindlichen Zielgrößen nur marginal verändert hat, ist ein Anstieg der im grünen Bereich vorzufindenden Zielgrößen um 17 % zu erkennen.

Der im Vergleich zur ersten Analyse verbesserte Zustand der beschaffungslogistischen Zielgrößen spiegelt sich in den berechneten Faktoren der Fehlerursachen wider. Während sich der mittlere Fehlerfaktor um über 50 % von 465 auf 214 reduziert, verringert sich der maximale Wert des Fehlerfaktors von 1056 auf 583.

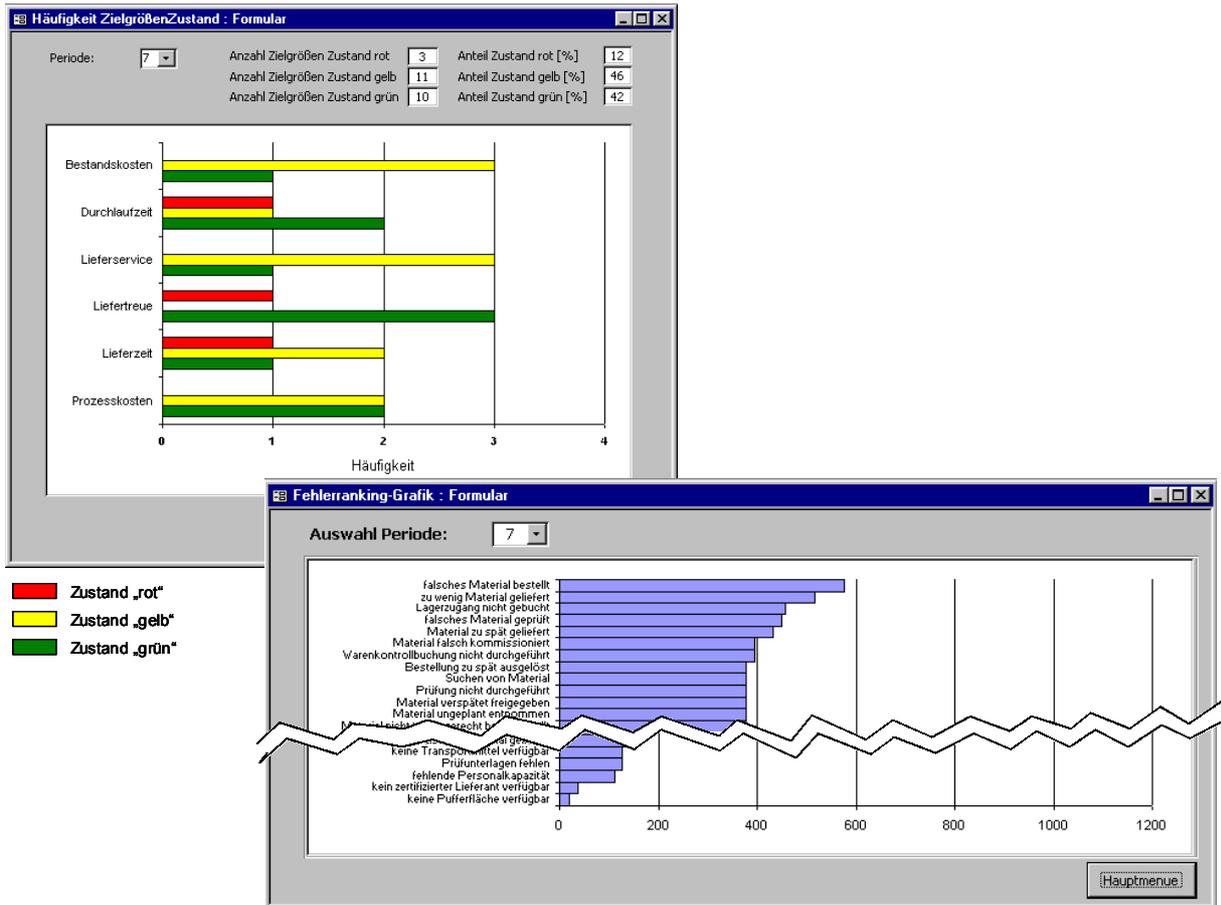


Bild 5-3: Ergebnisse der zweiten Analyse

Zusätzlich ist zu erkennen, dass die in der ersten Analyse identifizierten Fehlerursachen, die den höchsten Fehlerfaktor aufwiesen, an Bedeutung im Vergleich zu den anderen Fehlerursachen verloren haben. Dies lässt darauf schließen, dass die in der ersten Analyse als bedeutsam eingestuft Fehlerursachen tatsächlich eine starke Auswirkung auf die Beschaffungslogistik hatten und die Maßnahmen zu deren Beseitigung zu einer Verbesserung der logistischen Zielgrößen beitragen konnten.

In Bild 5-5 wird eine weitere Analysefunktion des Assistenzsystems dargestellt, das die Visualisierung des Verlaufs fehlerspezifischer Fehlerwerte über den betrachteten Zeitraum erlaubt. In dem im rechten Teil des Bildes dargestellten Verlauf wird ersichtlich, dass sich die im Vorfeld geplanten und durchgeführten Maßnahmen zur Beseitigung der Fehlerursache „Bestellung zu spät ausgelöst“ ab der 5. Periode positiv auf die Beschaffungslogistik und deren Zielgrößen auswirken. Auch die innerhalb des Prozessschrittes „Materialbereitstellung“ initiierten Maßnahmen zur

Minderung der in diesem Bereich identifizierten Fehlerursachen zeigen eine positive Auswirkung auf die Zielgrößen und damit auf die jeweiligen Fehlerfaktoren.

Nachdem die Maßnahmen zur Beseitigung der Fehlerursachen durchgeführt worden waren und sich positive Ergebnisse zeigten, erfolgte eine Reduzierung der fehlerursachenspezifischen Auftretenswahrscheinlichkeit um ein bis zwei Punkte.

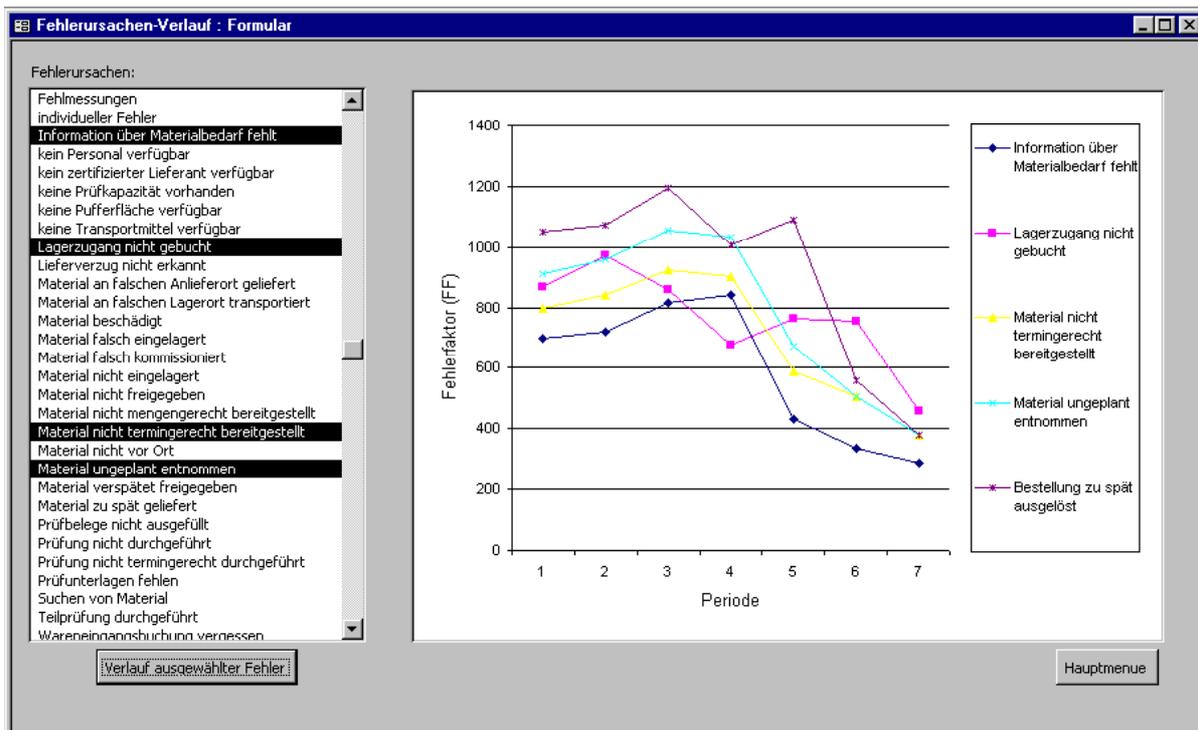


Bild 5-4: Darstellung spezifischer Fehlerfaktoren über die Perioden

Die im Rahmen der Pilotanwendung involvierten Mitarbeiter beurteilten den Einsatz der Methode durchweg positiv und die resultierenden Ergebnisse als geeignetes Mittel zur Erkennung nicht direkt identifizierbarer Fehlerursachen. Der Aufwand zur Bestimmung der Prozesse, Zielgrößen und Fehlerursachen in der Vorbereitungsphase wurde als hoch empfunden. Da dieser Aufwand zur Erstellung der Wirkgefüge jedoch einmalig ist, wurde für einen späteren permanenten Einsatz dieser Methode der Aufwand als gerechtfertigt eingeschätzt. Zusätzlich wurde das mit der Methode verknüpfte Assistenzsystem als probates Mittel im Rahmen einer kontinuierlichen Verbesserung der Beschaffungslogistik bewertet.

## 6 Zusammenfassung und Ausblick

### 6.1 Zusammenfassung

Die kundenseitigen Anforderungen an individuelle Produkte und der hieraus resultierende Anstieg der Variantenvielfalt hat zur Folge, dass Produktionsunternehmen Kostenvorteile nicht mehr über Skaleneffekte realisieren können. Um dennoch zu wettbewerbsfähigen Kosten produzieren zu können, konzentrieren sich die Unternehmen zunehmend auf ihre Kernkompetenz. Die hieraus resultierende Reduzierung der Fertigungstiefe und der damit verbundene Anstieg an Fremdbezugsteilen hat zur Folge, dass die Beschaffung für den wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens an Bedeutung gewonnen hat. Insbesondere in Zeiten, in denen Produkte in kurzen Lieferzeiten und mit hoher Termintreue von den Kunden gefordert werden, muss die Beschaffungslogistik die wirtschaftliche Versorgung der Produktion mit fremdbezogenen Artikeln auf einem hohen und stabilen Niveau gewährleisten [GLÄ95].

In einem Spannungsfeld von Flexibilitätsanforderungen seitens der Produktion und des logistischen Leistungsvermögens der Lieferanten wird versucht, durch den Einsatz geeigneter Controlling- und Monitoring-Instrumente eine hohe logistische Leistung in der Beschaffung zu realisieren. Da bestehende Controlling- und Monitoring-Ansätze auf der Basis von Vergangenheitsdaten beruhen, können Fehler erst dann identifiziert werden, nachdem sie aufgetreten sind und die logistische Leistung in der Beschaffung negativ beeinträchtigt haben. Bestehende Methoden, die, wie beispielsweise die FMEA, eine präventive Fehlererkennung ermöglichen, beruhen i.d.R. auf subjektiven Bewertungen individueller Ansichten.

Ziel der Arbeit war es deshalb, eine Methode zu erarbeiten, die eine frühzeitige Identifizierung potenzieller Fehlerursachen auf der Basis von objektiven aktuellen Zuständen beschaffungslogistischer Zielgrößen ermöglicht. Mittels dieser Methode können bei Abweichungen der Zielgrößen von ihren Zielwerten direkt die potenziellen Fehlerursachen erkannt werden, die einen wesentlichen Einfluss auf die Beschaffungslogistik ausüben.

Hierzu wurde im ersten Schritt ein allgemein gültiges Prozessmodell aufgebaut, das eine Abbildung unternehmensspezifischer Beschaffungsprozesse ermöglicht.

Ausgehend von den beschaffungslogistischen Zielgrößen erfolgte im zweiten Schritt die Erstellung eines Kennzahlensystems, das eine periodische Operationalisierung ausgewählter Zielgrößen erlaubt. Der dritte Schritt umfasst die Entwicklung prozessspezifischer Fehlerbäume zur Ermittlung und Bewertung von Fehlerursachen in der Beschaffung. Durch die stringente Verknüpfung von Zielgrößen, Prozessen und Fehlerursachen und die quantitative Beurteilung der gegenseitigen Beeinflussung entstand ein statisches Wirkgefüge, das die Korrelation von Zielgröße und Fehlerursache aufzeigt.

Das im vierten Schritt entwickelte Frühwarnsystem bewertet die Zustände aktueller Zielgrößen auf der Basis periodisch ermittelter Kennzahlen sowie der aus Vergangenheitsdaten abgeleiteten Prognosewerte. Dabei erfolgt die Definition der Zielgrößen in Abhängigkeit der Parameter „aktuelle Kennzahl“ und „Prognosewert“.

Durch die Verknüpfung des statischen Wirkgefüges mit dem Frühwarnsystem entsteht ein dynamisches Wirkmodell, mit dessen Hilfe eine Bewertung von Fehlerursachen bzgl. des Einflusses auf die Zielgrößen – und damit auf die Logistikqualität in der Beschaffung – vorgenommen werden kann. Dies eröffnet die Möglichkeit, die Fehlerursachen, die den größten Stellhebel zur Verbesserung der Beschaffungslogistik bilden, zu erkennen, um nachfolgend Maßnahmen zu deren Beseitigung einzuleiten.

Die Berechnung der fehlerspezifischen Faktoren wird durch ein prototypisch entwickeltes Assistenzsystem unterstützt. Die Praxistauglichkeit der Methode konnte in einer Pilotanwendung erfolgreich nachgewiesen werden.

## **6.2 Ausblick**

Die bisherigen Erfahrungen zeigen, dass die Methode zur kennzahlenbasierten Identifizierung verantwortlicher Fehler in der Beschaffungslogistik in mehreren Punkten verfeinert und weiterentwickelt werden kann.

Ein Ansatz zur Verfeinerung kann durch die Einbindung eines Monitoringsystems gewährleistet werden, das die Dynamik veränderter Kundenwünsche abbildet und kundenseitige Abweichungen von Planvorgaben zu den tatsächlichen Bedarfen in der Berechnung des Lieferservices mit berücksichtigt.

Einen Ansatz zur Erweiterung der Methode bietet die Ausweitung der für die Beschaffungslogistik entwickelten Methode sowohl auf die Produktion als auch auf die Distribution. Hierzu müssen analog zur Beschaffungslogistik die Prozesse definiert, Zielgrößen bestimmt und Fehlerursachen ermittelt werden. Darüber hinaus müssen die Interaktionen dieser drei Komponenten bestimmt und die entsprechenden Wirkgefüge entwickelt werden. Hierzu müssen die spezifischen Besonderheiten von Produktion und Distribution berücksichtigt und die Methode entsprechend adaptiert werden.

Wird die Beschaffungslogistik eines Unternehmens als Bestandteil einer Lieferkette betrachtet, so ist im nächsten Schritt eine Ausweitung der Methode im Sinne einer Kunden-Lieferanten-Beziehung auf die gesamte Supply-Chain denkbar. Zu diesem Zweck muss die bisher isolierte Betrachtung einzelner Bereiche auf eine ganzheitliche Betrachtung erweitert und die Interaktion der lieferkettenübergreifenden Kunden-Lieferanten-Beziehungen berücksichtigt werden.

## 7 Literatur

- ABE94 Abels, H.; Anagnostou, E.; Brockmann, K.-H.: Wie gut ist Ihre Logistik? – Richtwertekatalog für Produktionsunternehmen. Verlag TÜV Rheinland, Köln 1994.
- ALB97 Albien, E.; Grot, U.; Schneiderei, U.: Neue Wege im Qualitätsmanagement – Anwendung der FMEA auf die Ablauforganisation. VDI-Z 139 (1997) 10, S. 26-29.
- ARN92 Arnold, R.; Bauer, C.-O.: Qualität in Entwicklung und Konstruktion. Köln, 1992.
- ARN97 Arnold, U.; Eßig, M.: Einkaufskooperationen in der Industrie. Verlag Schäffer-Poeschel, Stuttgart 1997.
- BAU93 Baumgarten, H.; Ihde, G. (Hrsg.): Führend durch Total-Supply-Quality – Produktivität und Qualität in der Logistik. Huss-Verlag, München 1993.
- BAU97 Baumgarten, H.; Wiegand, A.: Trends und Strategien in der Logistik 2000. Ergebnisse der Untersuchung: Informations- und Kommunikationssysteme in der Logistik. Verlag TU Berlin, Berlin 1997.
- BAU98 Bauer, M.: Prozessorientierte Beschaffungslogistik am Beispiel der Automobilfertigung. Europäische Hochschulschriften: Reihe 5, Volks- und Betriebswirtschaft; Bd. 2310. Verlag P. Lang, Frankfurt/Main 1998.
- BIC94 Bichler, K.; Gerster, W.; Reuter, R.: Logistik-Controlling mit Benchmarking. Praxisbeispiele aus Industrie und Handel. Gabler Verlag, Wiesbaden 1994.
- BIL97 Bilstein, P.: Einkaufsmanagement – Neue Standards für die Materialwirtschaft. In: Logistik Spektrum 9 (1997) 5, S. 10-11.
- BOW86 Bowersox, D.J.; Closs, D.J.; Helferich, O.K.: Logistical Management. A Systems Integration of Physical Distribution, Manufacturing Support and Material Procurement. 3. Aufl., New York 1986.
- DET98 Deters, R.: Fallbasierte Diagnose dezentraler technischer Systeme. Wissenschaftliche Schriftenreihe Informatik, Band 4, zugl. Diss. Universität der Bundeswehr München. Verlag Dr. Köster, Berlin 1998.

- DOM88 Dombrowski, U.: Qualitätssicherung im Terminwesen der Werkstattfertigung. Dissertation Universität Hannover, Fortschritt-Bericht VDI, Reihe 2, Nr. 159, VDI-Verlag, Düsseldorf 1988.
- ECK99 Ecksele, H.: Industrielle Beschaffungslogistik. In: Weber, J. (Hrsg.); Baumgart, H. (Hrsg.): Handbuch Logistik-Management von Material- und Warenflußprozessen. Schaeffel-Poeschel Verlag, Stuttgart 1999, S. 150-165.
- ECK20 Eckey, H.-F.; Kosfeld, R.; Dreger, C.: Statistik: Grundlagen-Methoden-Beispiele. Gabler-Verlag, Wiesbaden 2000.
- EID95 Eidenmüller, B.: Die Produktion als Wettbewerbsfaktor. Herausforderungen an das Produktionsmanagement. 3., neu überarb. und erw. Auflage, Verlag TÜV Rheinland, Köln 1995.
- EIS99 Eisenführ, F.; Weber, M.: Rationales Entscheiden. 2., verbesserte Auflage. Springer-Verlag, Berlin 1999.
- EUL98 Euler, M.: Effizienzbewertung präventiver Qualitätsmanagementprozesse. FQS-DGQ-Band 84-03. Zugleich Diss. Universität Hannover. Berlin 1998.
- EVE95 Eversheim, W.: Prozessorientierte Unternehmensorganisation: Konzepte und Methoden zur Gestaltung schlanker Organisationsstrukturen. Berlin 1995.
- FEI91 Feigenbaum, A.V.: Total Quality Control. 3<sup>rd</sup> Edition, Revised. McGraw-Hill, New-York 1991.
- FIE84 Fieten, R.: Integrierte Materialwirtschaft: Definition, Aufgabe, Tätigkeiten. BME-Schriftenreihe „wissen und beraten“. Bundesverband Materialwirtschaft und Einkauf e.V. (BME), Frankfurt a.M. 1984.
- FOR85 Ford Motor Company (Hrsg.): Statistische Prozessregelung, Leitfaden (Form EU 880b), Köln 1985.
- FRA89 Franke, W.: FMEA. Landsberg 1989.
- FRI98 Friemuth, U.; Stich, V.: Industrielle Logistik. 4., überarbeitete Auflage. Verlag der Augustinus Buchhandlung, Aachen 1998.

- FRI99 Friemuth, U.: Kennzahlenbasierter Vergleich und Verbesserung von Logistikprozessen in Produktionsunternehmen. Schriftenreihe: Rationalisierung und Humanisierung; Bd. 23., zugl. Diss., Aachen, Techn. Hochschule, 1999.
- GAB97 Gabler Wirtschaftslexikon, 14. Auflage. Verlag Gabler, Wiesbaden 1997.
- GAI94 Gaitanides, M.: Prozessmanagement – Konzepte, Umsetzung und Erfahrungen des Reengineering. Hanser-Verlag, München 1994.
- GAL02 Gallasch, A.: Fehlerbaumanalyse. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 137-145.
- GEI98 Geiger, W.: Qualitätslehre – Einführung, Systematik, Terminologie. 3. Auflage. Vieweg Verlag, Wiesbaden 1994.
- GLÄ95 Gläßner, J.: Modellgestütztes Controlling der beschaffungslogistischen Prozesskette. Dissertation Hannover, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 337, VDI-Verlag, Düsseldorf 1995.
- GLI01 Glistau, E.; Mrech, H.; Ziems, D.: Methodenbanken verbinden Wissensmanagement und Componentware. <http://www-wi.cs.uni-magdeburg.de/workshops/komponenten3>. 10. Oktober 2001.
- 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.
- HAA80 Haase, K.: Zur Planungs- und Kontrollorganisation des Controlling. Der Betrieb 33 (1980), S. 313-318.
- HAL94 Hall, G.; Rosenthal, X.; Wade, S.: Reengineering: Es braucht kein Flop zu werden. In: Harvard Business Manager, 4/1994, S. 82-93.
- HAM97 Hammer, M.; Champy, J.: Reengineering the Corporation – a manifesto for business. Brealey, London 1997.
- HAR91 Harting, D.: Beträchtliche Anforderungen an die Lieferantenauswahl über Preisvergleiche hinaus. Maschinenmarkt, Würzburg 97 (1991) 31, S. 110-113.

- HAR95 Hartung, J.; Elpett, B.; Kloessner, K.-H.: Statistik. Oldenburg-Verlag, München 1995.
- HER93 Hering, E.: Qualitätssicherung für Ingenieure. VDI-Verlag, Düsseldorf 1993.
- HER98 Herb, R.; Herb, T.; Kratzer, M.: Potenzielle Fehler vollständig erfassen. QZ 43 (1998) 2, S. 183-187.
- HOR90 Horvath, P.; Urban, G.: Qualitätscontrolling. Poeschel-Verlag, Stuttgart 1990.
- HOR95 Horvarth, P.; Mayer, R.: Konzeption und Entwicklungen der Prozesskostentechnik. In: Männel, W. (Hrsg.): Prozesskostenrechnung. Gabler Verlag, Wiesbaden 1995, S. 59-86.
- JAC94 Jacoby, J.: Untersuchung zur Bedeutung und Methodik zielorientierter logistischer Leistungszielgrößen. Dissertation, Berlin 1994.
- JÜN89 Jünemann, R.: Materialfluss und Logistik. Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen. Springer-Verlag, Berlin 1989.
- KAN02 Kanitz, F.: Logistik-FMEA für die Produktion. In: Wiendahl, H.-P.: Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2., überarb. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 112-118.
- KIS94 Kistner, W.: SPC bei kleinen Losumfängen. In: QZ Qualität und Zuverlässigkeit, 39 (1994). Hanser Verlag, München, S. 678-682.
- KLA93 Klappner, N.: Präventive Qualitätssicherung von Logistikleistungen in der Produktion: Eine empirische Untersuchung. Dissertation TU München, Grundlagen der Praxis der Betriebswirtschaft Bd. 65. Erich Schmidt-Verlag, Berlin 1993.
- KLO99 Kloth, M.: Steuerung der Supply-Chain auf Basis des SCOR-Modells. In: Weber, J. (Hrsg.), Dehler, M. (Hrsg.): Effektives Supply Chain Management auf Basis von Standardprozessen und Kennzahlen. Verlag Praxiswissen, Dortmund 1999.
- KOS68 Kosiol, E.: Einführung in die Betriebswirtschaftslehre. Verlag Oldenburg, Wiesbaden 1968.

- KUH95 Kuhn, A.: Prozessketten in der Logistik. Verlag Praxiswissen, Dortmund 1995.
- KUH95 Kuhn, A.: Prozessketten in der Logistik: Entwicklungstrends und Umsetzungsstrategien. Verlag Praxiswissen, Dortmund 1995.
- KÜP92 Küpper, H.-U.: Logistik-Controlling. In: Controlling, 3 (1992) 5/6, S. 124-132.
- LOH86 Lohmeyer, P.: Permanente Anwendung der ABC/XYZ-Analyse für Verbrauch und Bestände. In: VDMA-Tagungsband „Bestände senken und Durchlaufzeiten minimieren“. Frankfurt 1986.
- LÜC93 Lücker, M.: Qualitätsorientierte Beschaffung. Ein Beitrag zur Integration der Qualitätssicherung in den Beschaffungsprozess. Berichte aus der Produktionstechnik, Bd. 93/4, zugl. Diss. RWTH Aachen. Verlag Shaker, Aachen 1993.
- LUD94 Ludwig, E.: Modellgestützte Diagnose logistischer Produktionsabläufe. Dissertation Universität Hannover. Fortschrittsberichte VDI-Reihe 2, Nr. 362. VDI-Verlag, Düsseldorf 1994.
- LUZ00 Luczak, H.; Weber, J.; Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Logistik-Benchmarking Praxisleitfaden mit LogiBEST. Springer-Verlag, Berlin 2000.
- MAS88 Masing, W. (Hrsg.): Handbuch der Qualitätssicherung. 2., völlig neu bearb. Auflage. Carl Hanser Verlag, München 1988.
- MCD96 McDermott, R.; Mikulak, R.; Beauregard, M.: The Basic of FMEA. Quality Resources, New York 1998.
- MEI95 Meier, K.J.: Bestandsoptimierung durch Fertigungsablaufsimulation. ZWF 90 (1995) 4, S. 157-160.
- MEL94 Melzer-Ridinger, R.: Materialwirtschaft und Einkauf. Bd. 1: Grundlagen und Methoden. 3. verb. Auflage. Oldenburg-Verlag, München 1994.
- NIP95 Nippa, M.; Piccot, A.: Prozessmanagement und Reengineering: Die Praxis im deutschsprachigen Raum. Campus-Verlag, Frankfurt 1995.
- NIP95b Nippel, H.: Qualitätsmanagement in der Logistik. Gabler Edition Wissenschaft: Unternehmensführung und Controlling. Zugl. Dissertation

- Wiss. Hochschule für Unternehmensführung, Koblenz. Gabler-Verlag, Wiesbaden 1995.
- NYH99 Nyhuis, P; Wiendahl, H.P.: Logistische Kennlinien: Grundlagen, Werkzeuge, Anwendungen. Springer Verlag, Hamburg 1999.
- OST99 Oster, M.; Sesterhenn, J.: Prozessmodell für die Beschaffungslogistik. In: FIR+IAW-Mitteilungen (99) 2, S. 5-7.
- PFE96 Pfeifer, T.: Qualitätsmanagement – Strategien, Methoden, Techniken. München, Hanser Verlag 1996.
- PFE97 Pfeifer, T.; Reinecke, R.: Das Wissen über Fehlermöglichkeiten. QZ 42 (1997) 8, S. 856.
- PFE98 Pfeifer, T.; Reinecke R.; Grebner H.: FMEA-Wissen transparent machen. In: QZ 43 (1998) 10, S. 1210-1213.
- PFO96 Pfohl, H.-C.: Logistiksysteme – Betriebswirtschaftliche Grundlagen. Springer-Verlag, Berlin 1990.
- PFO99 Pfohl, H.-C.; Koldau, A.: Qualitätsmanagement-Methoden für die Logistik : Was taugen sie wirklich? Logistik-Spektrum 11 (1999) Nr. 3, S. 8-11.
- POK94 Pokopp, A.: Lineare Regression und Varianzanalyse. Oldenburg Verlag, München 2000.
- PRA91 Prahalad, C.K.; Hamel, G.: Nur Kernkompetenzen sichern das Überleben. In: Harvard Manager, 13 (1991) 2, S. 66-78.
- QS9000 Chrysler Corp., Ford Motor Comp., General Motor Copr. (Hrsg.): Quality Systems Requirements QS-9000. Grays, Essex 1995.
- RAA91 Raasch, J.: Systementwicklung mit strukturierten Methoden. Carl Hanser Verlag, München 1991.
- RAH96 Rahtz, J.: Entwicklung eines prozessorientierten Planungsinstruments zur Optimierung der Beschaffungslogistik der industriellen Serienfertigung. Dissertation, TU-Berlin, 1996
- REI02 Reinsch, S.; Ruta, A.: Statistische Prozesslenkung. In: Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002, S. 130-136.

- REI95 Reichmann, T.: Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten. Grundlagen einer systemgestützten Controlling-Konzeption. 4., überarb. und erw. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München 1995.
- REI88 Reinschmidt, J.: Beschaffungscontrolling mit Kennzahlensystemen. Dissertation Universität Siegen. Verlag Joseph Eul, Köln 1988.
- RIE20 Riedwyl, A.; Ambuehl, M.: Statistische Auswertungen mit Regressionsprogrammen. Oldenburg-Verlag, München 2000.
- ROL95 Rolstadas, A.: Performance Management. A Business Process Benchmarking Approach. Chapman & Hall, London 1995.
- ROS96 Rosemann, M.: Komplexitätsmanagement in Prozessmodellen. Gabler-Verlag, Wiesbaden 1996.
- RUT99 Ruta, A.: Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse FMEA für die Produktionslogistik. Dissertation Universität Hannover, Fortschritt-Berichte VDI, Reihe 2, Nr. 518, VDI-Verlag, Düsseldorf 1999.
- SCH95 Schulte, C.: Logistik – Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses. 2. Auflage, Verlag Franz Vahlen, München 1995.
- SCH95b Scheer, A.-W.: Wirtschaftsinformatik. Referenzprozesse für industrielle Geschäftsprozesse. 6. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 1995.
- SCH95c Scholtissek, P.: Simulationsprüfstand für Logistikkonzepte der Produktion. Dissertation Universität Hannover. Fortschrittsberichte VDI-Reihe 2, Nr. 377. VDI-Verlag, Düsseldorf 1995.
- SCH96 Schürrie, L.-H.: Prozessorientierte Kennzahlen als Analyseinstrument. Shaker-Verlag, Darmstadt 1995.
- SCO00 SCOR-Supply-Chain Council: Supply-Chain Operations Reference-model. SCC, Pittsburgh 2000. Siehe auch.: [www.supply-chain.org](http://www.supply-chain.org).
- 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.
- SIE98 Siegart, G.: Kennzahlen für die Unternehmensführung. 5., aktualisierte und erweiterte Auflage. Verlag Paul Haupt, Wien 1998.

- STA94 Stamatis, D.: Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution. ASQC, Wisconsin 1994.
- STR01 Strigl, T.: Bewertung der Logistikeffizienz von Produktionsunternehmen durch datenbankgestütztes Benchmarking. Fortschrittsberichte VDI, Reihe 2, Nr. 567. VDI-Verlag, Düsseldorf 2001.
- SYSK90 Syska, A.: Kennzahlen für die Logistik – Entwicklung einer Vorgehensweise zur Bildung von betriebsspezifischen Logistik-Kennzahlensystemen. Dissertation TH Aachen. Springer-Verlag, Heidelberg 1990.
- TEM93 Tempelmeier, H.: Beschaffung, Materialwirtschaft, Logistik. In: Wittmann, W. (Hrsg.): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft. Teilband 1, 1. Auflage. Verlag C.E. Poeschel, Stuttgart 1993, S. 312-325.
- THE74 Theisen, P.: Beschaffungspolitik. In: Grochla, E. (Hrsg.), Wittman, W. (Hrsg.): Handwörterbuch der Betriebswirtschaft, Bd. 1, 4. Auflage. Verlag C.E. Poeschel, Stuttgart 1974, S. 494-503.
- TRA97 Tracht, T.: Auditierung der Produktionsplanung und –steuerung. Fortschrittsberichte VDI, Reihe 2, Nr.430, VDI-Verlag, Düsseldorf 1997.
- ULL94 Ullmann, W.: Controlling logistischer Produktionsabläufe am Beispiel des Fertigungsbereichs. Fortschrittsberichte VDI, Reihe 2, Nr. 311, VDI-Verlag, Düsseldorf 1994.
- VDA96 N.N.: Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie: Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz. Band 4, Verband der Automobilindustrie e.V., Frankfurt a.M. 1996.
- VDA97 N.N.: Qualitätsmanagement in der Automobilindustrie: Sicherung der Qualität vor Serieneinsatz. Teil 3, Verband der Automobilindustrie e.V., Frankfurt a.M. 1997.
- VDI76 VDI (Hrsg.): Elektronische Datenverarbeitung bei der Produktionsplanung und –steuerung VI, Begriffszusammenhänge, Begriffsdefinitionen. VDI-Verlag, Düsseldorf 1976.
- VDI00 VDI (Hrsg.): VDI-Richtlinie 4400: Logistikkennzahlen für die Beschaffung. VDI-Handbuch Materialfluss und Fördertechnik, Band 8. VDI-Verlag, Düsseldorf 2000.

- WEB93 Weber, J.: Logistik-Controlling. 3., überarbeitete und erw. Auflage, Schaeffel-Poeschel Stuttgart 1993.
- WEB99 Weber, J.: Logistik- und Produktionscontrolling. In: Eversheim, W. (Hrsg.), Schuh, G. (Hrsg.): Produktion und Management, Band 4: Betrieb von Produktionssystemen. Springer-Verlag, Berlin 1999, S. 18-1 – 18-88.
- WEB00 Weber, J.; Müller, S.; Sesterhenn, J.: Entwicklung einer instrumental abgestützten Vorgehensweise zum Benchmarking in der Beschaffungslogistik kleiner und mittlerer Produktionsunternehmen. Abschlussbericht zum AIF-Forschungsvorhaben Nr. 11250N. FIR-Forschungsinstitut für Rationalisierung, Aachen 2000.
- WES99 Westkämper, E.: Qualitätsmanagement in der Produktion. In: Eversheim, W. (Hrsg.), Schuh, G. (Hrsg.): Betrieb von Produktionssystemen. Band 4. Springer-Verlag, Berlin 1999, S. 13-1 – 13-74.
- WIE97 Wiendahl, H.-P.: Fertigungsregelung – logistische Beherrschung von Fertigungsabläufen auf Basis des Trichtermodells. Carl Hanser-Verlag, München 1997.
- WIE97b Wiendahl, H.-P.: Betriebsorganisation für Ingenieure. 4., vollst. überarb. Auflage. Hanser-Verlag, München 1997.
- WIE98 Wiendahl, H.-P.; Engelbrecht, A.; Hernandez, R.: Erfolgsfaktor Logistik im Spannungsfeld zwischen Industrie und Handel. Logistikorientierung als Differenzierungskriterium zur Wettbewerbssicherung. In: Werkstattstechnik 88(1998),4 S. 153-168.
- WIE98b Wiendahl, H.-P.; Ruta, A.: Einsatz der Logistik-FMEA in einer Gesenkschmiede. In: Werkstatt-Technik 88 (1998) 4, S. 165-170.
- WIE00 Wiendahl, H.-P.; Strigl, T.: Benchmarking von Logistikprozessen. In Baumgarten, H.; Wiendahl, H.-P.; Zentes, J. (Hrsg.): Expertensystem Logistik. Springer-Verlag, Heidelberg 2000.
- WIE02 Wiendahl, H.-P. (Hrsg.): Erfolgsfaktor Logistikqualität – Vorgehen, Methoden und Werkzeuge zur Verbesserung der Logistikleistung. 2. Auflage. Springer-Verlag, Berlin 2002.
- WIL86 Wildemann, H.: Just-in-Time-Produktion. 3 Bände, Schäffer-Verlag Stuttgart 1986.

- WIL88 Wildemann, H.: Produktionssynchrone Beschaffung. Zürich 1988.
- WIL94 Wildemann, H.: Die modulare Fabrik: Kundennahe Produktion durch Fertigungssegmentierung. 4. Auflage TCW, München 1994.
- WIL97 Wildemann, H.: Logistik-Prozessmanagement. TCW Transfer-Centum Verlag, München 1997.
- WIL99 Wildemann, H.: Ansätze für Einsparungspotenziale. In: Logistik heute, 21(1999)4, S. 64-67.
- WIT95 Witter, A.: Entwicklung eines Modells zur optimierten Nutzung des Wissenspotenzials einer Prozess-FMEA. Fortschrittsberichte VDI Reihe 20, Nr. 176, VDI-Verlag, Düsseldorf 1995.
- WIT01 Witthüser, K.-P.: Wege zur Erfolgs- und Leistungsmessung in der Beschaffung. In: IIR: Effizienz- und Leistungsmessung in der Beschaffung. Tagsband zum gleichnamigen Seminar, Frankfurt 2001.
- ZÄP01 Zäpfel, G.: MRP II System. In: Schulte, C. (Hrsg.): Lexikon der Logistik. Oldenburg-Verlag, München 2001.
- ZOL01 Zollondz, H.D. (Hrsg.): Lexikon Qualitätsmanagement: Handbuch des modernen Qualitätsmanagements. Oldenburg-Verlag, München 2001.
- ZÜN85 Zünd, A.: Der Controller-Bereich. In: Probst, J. (Hrsg.); Schmitz-Dräger (Hrsg). S. 28-40.

## 8 Anhang

Verfahren der exponentiellen Glättung 2. Ordnung nach Brown

1. Schritt: Ermittlung des erwarteten Mittelwerts aus den 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 des Verbrauchs zum aktuellen Zeitpunkt nach der exponentiellen Glättung 1. Ordnung

$y_t$  = Gemessener Wert zum Zeitpunkt  $t$

$\alpha$  = Glättungsfaktor

$n$  = Anzahl betrachteter Perioden

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

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

mit

$\bar{y}_t$  = 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

$\bar{y}_{t-1}$  = Mittelwert des Verbrauchs (nach exp. Glättung 2. Ordnung) der vorherigen Periode

$\alpha$  = Glättungsfaktor

3. Schritt: Berechnung der Trendsteigung:

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

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

$\alpha$  = 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 des Verbrauchs zum aktuellen Zeitpunkt nach der exponentiellen Glättung 1. Ordnung

$b_t$  = Trendsteigung für den aktuellen Zeitpunkt

$\alpha$  = 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

## **Lebenslauf**

### **Persönliche Daten**

19.11.1970 Frieder Kanitz  
geboren in Stuttgart  
Eltern: Dipl.-Ing. Hans-Wolfgang Kanitz und  
Doris Kanitz, geb. Flinspach

### **Schulbildung**

08/77 – 06/81 Friedrich-Glück-Schule in Nürtingen-Oberensingen  
07/81 – 06/88 Max-Planck-Gymnasium in Nürtingen  
07/88 – 05/90 Wilhelms-Gymnasium in Stuttgart-Degerloch  
09.05.1990 Abitur

### **Auslandsaufenthalt**

06/90 – 10/91 Australien, Neuseeland, USA

### **Studium**

11/91 – 10/92 Studium der Politik und neueren Geschichte an der  
Ludwig-Maximilians-Universität München  
11/92 – 06/97 Studium des Maschinenwesens an der Technischen  
Universität München (Fachrichtung Produktionstechnik)  
13. Juni 1997 Diplom

### **Berufstätigkeit**

11/92 – 06/96 Praktika in verschiedenen Industrieunternehmen in  
Deutschland und den USA (Knorr-Bremse AG, München;  
Modine Manufacturing Inc., Racine (WIS), USA)  
03/95 – 03/96 Wissenschaftliche Hilfskraft am Institut für  
Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb)  
der Technischen Universität München  
07/97 – 12/01 Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Abteilung Logistik am  
Institut für Integrierte Produktion Hannover gGmbH  
seit 03/02 Mahle GmbH, Stuttgart