

**Beitrag zur  
Bestimmung der Betriebskennlinien  
von Logistikzentren der Fashion Branche**

von der Fakultät Maschinenbau  
der Technischen Universität Dortmund  
zur Erlangung des Grades eines  
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)  
vorgelegte Dissertation

von  
Dipl.-Logist. Karsten Hoyndorff  
aus Oldenburg

Berichter  
Univ.-Prof. Dr. Michael ten Hompel

Dortmund, 07.04.2010

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation.....	1
1.2	Zielsetzung und Aufbau der Arbeit.....	3
<b>2</b>	<b>Grundlagen .....</b>	<b>7</b>
2.1	Definition wichtiger Begriffe.....	7
2.2	Logistikzentrum .....	12
2.2.1.	Funktionsbereiche von Logistikzentren .....	13
2.2.2.	Modellierung von logistischen Systemen .....	16
2.2.3.	Kennzahlen und Kennlinien.....	20
2.2.4.	Zufallsprozesse und zeitliche Veränderungen .....	24
2.2.5.	Wirtschaftlichkeit von logistischen Systemen .....	26
2.3	Fashion Logistik .....	28
2.3.1.	Anforderungen und Ziele der Fashion Branche.....	28
2.3.2.	Ausprägungsformen der Fashion Logistik.....	33
2.3.3.	Teilnehmer der Fashion Logistik.....	37
<b>3</b>	<b>Entwicklung der Betriebskennlinien von Logistikzentren .....</b>	<b>41</b>
3.1	Bildung von Betriebskennlinien .....	41
3.2	Analytische Berechnung relevanter Zielgrößen.....	43
3.2.1.	Service Level .....	46
3.2.2.	Lieferverzug.....	48
3.2.3.	Ressourcenbestand.....	51
3.2.4.	Logistikkosten.....	52
<b>4</b>	<b>Aufbau eines Modells zur Ableitung von Betriebskennlinien ....</b>	<b>55</b>
4.1	Entwicklung eines dynamischen Modells.....	55
4.1.1.	Auftragsdisposition.....	57
4.1.2.	Prozesssteuerung.....	58
4.1.3.	Ressourceneinsatz.....	59
4.2	Beschreibung eines Verfahrens zum Einsatz des Modells.....	63

<b>5</b>	<b>Validierung der Berechnungen .....</b>	<b>69</b>
5.1	Auswahl von Unternehmen.....	69
5.2	Aufnahme von Prozessen und Daten .....	72
5.3	Bestimmung der Genauigkeit der Berechnungen .....	76
<b>6</b>	<b>Analyse der Betriebskennlinien von Fashion Logistikzentren ...</b>	<b>83</b>
6.1	Das Fashion Logistikzentrum und seine Anforderungen.....	84
6.1.1.	Prozesse von Hängewaren .....	85
6.1.2.	Prozesse von Liegewaren.....	94
6.1.3.	Kennwerte des dynamischen Umfelds.....	100
6.2	Ableitung von vier typischen Logistikzentren .....	104
6.2.1.	Manueller Umschlag .....	105
6.2.2.	Aufbereitung von Hängeware .....	107
6.2.3.	Retourenabwicklung .....	109
6.2.4.	Automatisierter Umschlag .....	111
6.3	Ableitung von zwei typischen Szenarien .....	114
6.3.1.	Mittlere Dynamik.....	114
6.3.2.	Hohe Dynamik.....	116
6.4	Analyse der Betriebskennlinien .....	118
6.4.1.	Leistungsfähigkeit von typischen Logistikzentren .....	118
6.4.2.	Einflussmöglichkeiten auf die Leistungsfähigkeit.....	127
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>133</b>
7.1	Zusammenfassung .....	133
7.2	Ausblick.....	135
	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>137</b>
	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>139</b>
	<b>Abkürzungsverzeichnis .....</b>	<b>141</b>
	<b>Symbolverzeichnis .....</b>	<b>143</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>147</b>
	<b>Anhang.....</b>	<b>157</b>



# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

Eine zunehmende Globalisierung in Verbindung mit der Verbreitung des elektronischen Handels, stets kürzer werdende Produktlebenszyklen und eine hohe Variantenvielfalt konstituieren ein schnelllebiges und unvorhersehbares unternehmerisches Umfeld. Dabei gewinnt die Logistik für Unternehmen an Bedeutung und wird gleichzeitig komplexer. Beispiele dafür sind eine differenzierter werdende Nachfrage, die Abnahme von Kundenbindungen und die Atomisierung von Aufträgen. Die optimale Gestaltung von logistischen Systemen und von deren Prozessen nimmt deshalb zunehmenden Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen.

Während in der Vergangenheit das vorherrschende Konzept des Supply Chain Managements die ganzheitliche Steuerung der Logistik vorsah, um entlang der gesamten Lieferkette Einsparpotenziale zu erzielen, rückt die Intralogistik<sup>1</sup> inzwischen deutlicher in den Vordergrund. Sie ist zwar nur ein einzelnes Glied der Lieferkette, dafür aber das Wichtigste: Durch sie wird die Leistung der gesamten Lieferkette bestimmt ([MEI07], S.30). Die Kosten der Intralogistik haben bei vielen Unternehmen einen hohen Stellenwert. Sie machen im Handel 15,9 Prozent und in der Industrie 7,0 Prozent der Gesamtkosten aus ([SP08], S.114). Darüber hinaus beeinflusst die Intralogistik mit den Themen Personal, Infrastruktur und Bestände die drei elementaren Einflussfaktoren einer Distributionsstrategie [MM06].

Um die intralogistischen Leistungen effizient erbringen zu können, werden sie in Logistikzentren zentralisiert. Da die Strukturen globaler Wertschöpfungsketten einem permanenten Wandel unterliegen, müssen gerade auch die Logistikzentren an diese Änderungen permanent angepasst werden, damit die Lieferkette im Ganzen leistungsfähig bleiben kann [BAK04]. Dabei stehen Aspekte wie Flexibilität, Adaptivität und Proakti-

---

<sup>1</sup> Die Intralogistik als Branchenname umfasst die Organisation, Durchführung und Optimierung innerbetrieblicher Materialflüsse in Unternehmen der Industrie, des Handels und in öffentlichen Einrichtungen. Wichtige Funktionen sind hier z.B. die Lagerung, Kommissionierung oder Sortierung.

vität im Vordergrund, um flexibel auf solche Veränderungen reagieren und den Ansprüchen der Unternehmen jederzeit genügen zu können [CT01].

Zur Erfüllung der wechselnden Anforderungen, können Logistikzentren unterschiedlich gestaltet werden und sich damit in ihren Investitions- und Betriebskosten stark unterscheiden. Dabei muss über zwei grundsätzliche Merkmale der intralogistischen Prozessabwicklung entschieden werden: Zum einen zwischen Automatisierungsgrad und Flexibilität, und zum anderen zwischen Komplexität und Einfachheit der Prozesse. Hierin liegt auch das Potenzial, das die Logistikzentren kosten- und serviceseitig bieten und schließlich zu einer Vielzahl unterschiedlicher Systeme führt [LUE03].

Als problematisch stellt sich im Zusammenhang der Bewertung eines Logistikzentrums die vom dynamischen Umfeld abhängige Leistungsfähigkeit dar. So gibt es viele Logistikzentren, die in einem statischen Umfeld ihre Aufgabe zwar erfüllen, deren Effizienz bei dynamischen Anforderungen aber deutlich abnimmt. Die fortlaufenden Veränderungen können dann oft nicht mehr durch die zur Verfügung stehenden Ressourcen ausgeglichen werden, ohne deren Kapazität zu erweitern. Dieser Aspekt wird dadurch verstärkt, dass die auf die Logistikzentren wirkenden Marktanforderungen zwar mittels einer großen Anzahl wissenschaftlicher Verfahren prognostiziert werden können, die Realität aber dennoch meist von den Vorhersagewerten abweicht [MAN05]. In diesem Fall muss der Unsicherheit durch eine pauschale Überdimensionierung entgegen gewirkt werden. Wenn die Dynamik des unternehmerischen Umfelds nicht oder nur durch ungenaue Planungszahlen berücksichtigt wird, kann man demnach Gefahr laufen, Logistikzentren zu planen und in Betrieb zu nehmen, die wirtschaftlich ungeeignet sind.

Eine weitere Problematik ergibt sich daraus, dass die Leistungsfähigkeit der Logistikzentren mit mehr als einer Kennzahl beschrieben werden kann ([NW03], S.10). Dabei sind diese Kennzahlen nicht immer widerspruchsfrei oder lokal und temporär gleichbleibend. Die Veränderung einer einzelnen Kennzahl bewirkt nicht immer zwingend eine entsprechende Veränderung in der Leistungsfähigkeit des gesamten Logistikzentrums. So erfordert ein hoher Lieferservice oft eine hohe Kapazität, die ihrerseits hohe Kosten verursacht. Es müssen demnach immer die Auswirkungen und Zusammenhänge von allen Kennzahlen gleichzeitig betrachtet werden, um Aussagen über die Leistungsfähigkeit eines Logistikzentrums tätigen zu können.

Aus diesen Gründen ist es erforderlich, die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren auf Basis verschiedener Kennzahlen bewerten zu können. Mit Hilfe der Kennzahlen muss es möglich sein, die Sensibilität der Leistungsfähigkeit in einem dynamischen Umfeld zu untersuchen.

## 1.2 Zielsetzung und Aufbau der Arbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung von Betriebskennlinien, die die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren abbilden. Dabei geben Betriebskennlinien die Werte von Kennzahlen wieder, die zueinander in Abhängigkeit stehen. Die Kennzahlen sollen die Leistungsfähigkeit der Logistikzentren beschreiben und den Einfluss eines veränderlichen unternehmerischen Umfelds berücksichtigen. Durch die Variation einer der Kennzahlen entstehen die Betriebskennlinien.

Mit den Betriebskennlinien werden Erkenntnisse angestrebt, die - im Gegensatz zu allgemeinen Richtlinien - Aufschluss über die Sensibilität der Leistungsfähigkeit von Logistikzentren geben. Dies soll durch eine umfassende Beschreibung der Leistungsfähigkeit ermöglicht werden, die über die Bewertung einer einzelnen Kennzahl hinausgehen soll. Dabei sollen auch die Auswirkungen von organisatorischen oder technischen Änderungen im Logistikzentrum vor dem Hintergrund einer langfristigen Leistungsfähigkeit untersucht werden können. Durch den Einsatz der Betriebskennlinien soll eine wirtschaftliche Flexibilisierung der Logistikzentren ermöglicht werden - auch ohne eine pauschale Überdimensionierung.

Um die Betriebskennlinien von Logistikzentren zu ermitteln, soll ein Modell entwickelt werden, mit dem diese abgebildet werden können. Nur durch die Nutzung eines solchen Modells ist es möglich, die komplexen betrieblichen Abläufe eines Logistikzentrums zu verstehen und die geforderten Kennzahlen davon abzuleiten ([NW03], S.6).

Die beschriebenen Betriebskennlinien stellen eine Neuerung für die Planung und den Betrieb von Logistikzentren dar. So sind bislang noch keine Kennzahlen zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit von Logistikzentren identifiziert und gleichzeitig in Abhängigkeit von einer Einflussgröße im wissenschaftlichen Rahmen abgebildet worden. Auch die Berücksichtigung eines dynamischen Einflusses im zeitlichen Verlauf ist nicht bekannt.

Die Untersuchungen werden am Beispiel der Fashion Branche durchgeführt. Die zentralen Charakteristika der Fashion Branche sind ihre komplexen länderübergreifenden Materialflüsse und Umschlagvorgänge sowie ein dynamisches, sich schnell veränderndes unternehmerisches Umfeld. So sind Fashion Logistikzentren durch eine hohe Dynamik, wie z.B. Nachlieferungen bei besonders guten Abverkäufen einzelner Kleidungsstücke, starke saisonale Schwankungen (vor allem im Volumen der Artikel), regionale Unterschiede der Produktpalette, Sonderaktionen in den Geschäften, punktgenaue Auslieferung neuer Kollektionen, Erweiterung der Vertriebskanäle (Store, Print, Katalog, Handy, Internet und TV) und

die damit verbundene Zunahme an Retouren geprägt [LIP07b]. Fashion Unternehmen produzieren ihre Artikel nur noch sehr selten vollständig in eigenen, heimischen Produktionsstätten ([LAN01], S.41). Ihre Kernkompetenz liegt nicht mehr in der Produktion der Waren, sondern bei der Kollektionsentwicklung, dem Einkauf oder auch der Vermarktung und dem Vertrieb. Aus diesem Grund wird die Gewährleistung einer reibungslosen Logistik, insbesondere in Bezug auf den Lieferservice und verschiedene Zusatzleistungen, immer wichtiger für den Erfolg des ganzen Unternehmens ([NST07], S.698).

Die beschriebenen Charakteristika wirken sich auf den Transport und den Umschlag von Waren aus und sind repräsentativ für die gesamte Logistik Branche. Allerdings sind sie in der Fashion Branche besonders stark ausgeprägt, weshalb diese für tiefer gehende Analysen besonders geeignet ist. Auch die zentralen an die Fashion Branche gestellten Anforderungen, wie die Lieferfähigkeit und Liefertreue sind branchenübergreifend, so dass die gewonnenen Ergebnisse direkt auf andere Branchen übertragen werden können.

Die vorliegende Arbeit gliedert sich in sieben Kapitel, die aufeinander aufbauen (vgl. Abb. 1.1). Inhalt von **Kapitel 1** ist die Motivation, die Zielsetzung und der Aufbau der Arbeit. Damit wird ein Einstieg in das Thema der Arbeit vermittelt. Ein wichtiger Aspekt ist es dabei, die zugrunde liegende Problemstellung zu beschreiben.

Als Ausgangspunkt der nachfolgenden Ausarbeitungen werden in **Kapitel 2** die Grundlagen der Arbeit vorgestellt. Dazu werden zunächst wichtige, in der Arbeit eingesetzte Begriffe definiert und erläutert. Danach werden die wesentlichen Aspekte des Logistikzentrums, wie seine Funktionen und Prozesse, beschrieben. Zusätzlich wird die Möglichkeit diskutiert, Logistikzentren zu modellieren. Da es das Ziel ist Betriebskennlinien zu ermitteln, werden die wesentlichen Aspekte von Kennzahlen und Kennlinien zusammengefasst. Ebenso werden die Dynamik des unternehmerischen Umfelds und die betriebswirtschaftliche Kostenrechnung ausführlich dargestellt. Schließlich wird die Fashion Branche mit ihren spezifischen Anforderungen und Zielen vorgestellt.

**Kapitel 3** stellt den Kern dieser Arbeit dar. In diesem Kapitel werden die Grundlagen für die Bestimmung Betriebskennlinien entwickelt und die hierfür notwendigen Kennzahlen hergeleitet. Dazu wird zunächst die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren ausführlich diskutiert, um anhand dessen vier Kennzahlen zu bestimmen, die diese beschreiben. Die Kennzahlen werden mathematisch hergeleitet und stehen in gegenseitiger Abhängigkeit. Dabei fließt die Dynamik des unternehmerischen Umfelds mit in die

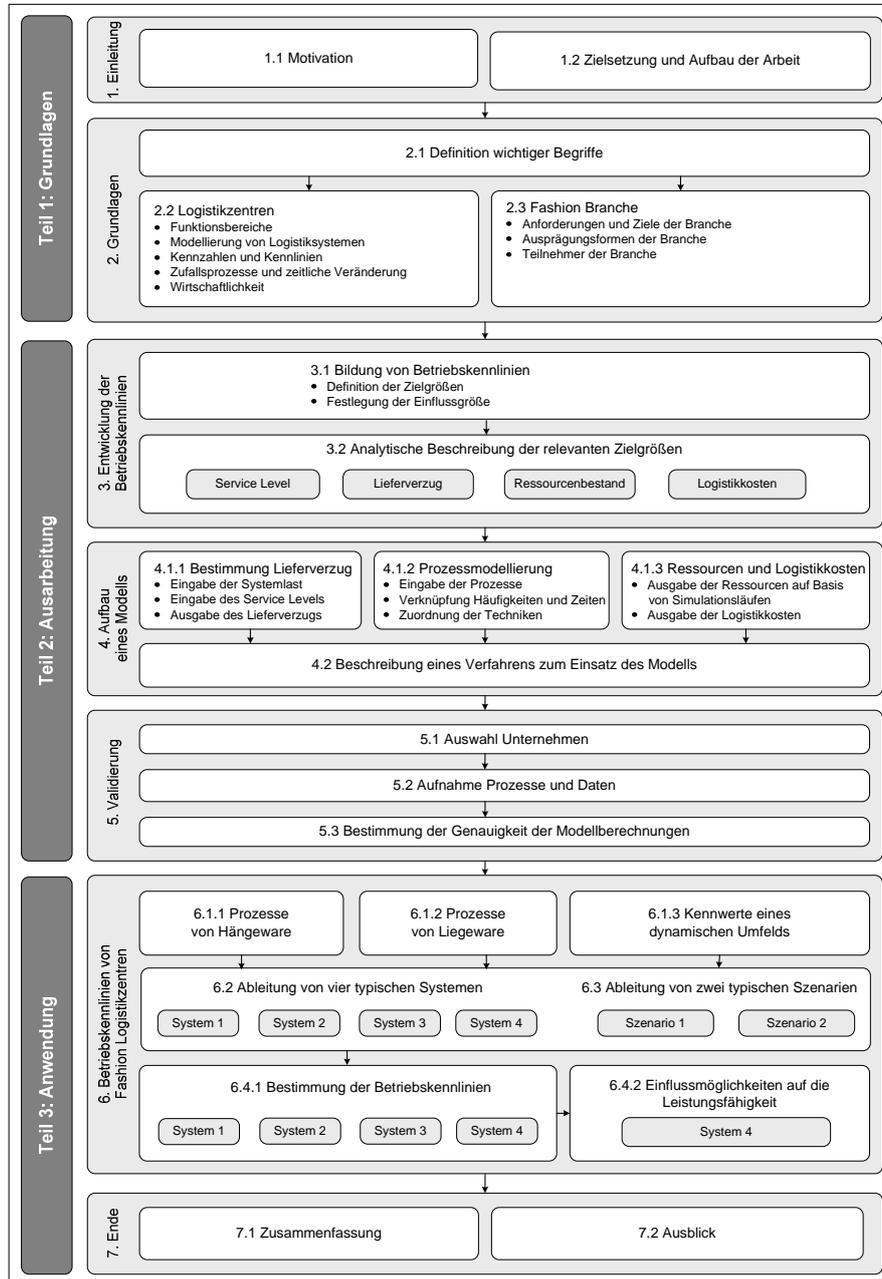


Abb. 1.1. Aufbau der Arbeit

Kennzahlen ein, die in wesentlichen Teilen auf in der Statistik bekannten Formeln basieren, welche im Rahmen dieser Arbeit auf das Logistikzentrum übertragen werden.

Inhalt von **Kapitel 4** ist die Entwicklung eines Modells zur Bestimmung der Betriebskennlinien. Dazu wird zunächst der Unterschied zwischen statischen und dynamischen Modellen verdeutlicht, um schließlich ein dynamisches Modell zu entwickeln. Anschließend werden neben der Eingabe einer Systemlast und der prozessorientierten Modellierung des Logistikzentrums auch die Ermittlung der Ausgabewerte erklärt. Im Modell werden für deren Berechnung Simulationsläufe durchgeführt und damit die Anpassungsfähigkeit des Logistikzentrums an ein dynamisches Umfeld nachgebildet. Am Ende des Kapitels wird ein Verfahren vorgestellt, mittels dessen das Modell eingesetzt werden kann.

Die mit dem Modell durchgeführten Berechnungen werden in **Kapitel 5** validiert. Dazu werden elf Unternehmen der Fashion Branche analysiert. Am Anfang des Kapitels wird zunächst erläutert, wie die Unternehmen ausgewählt wurden. Anschließend wird beschrieben, wie die intralogistischen Prozesse und die Systemdaten aufgenommen wurden. Um die Berechnungen zu validieren, werden die Unternehmensprozesse modelliert und jeweils der berechnete Verlauf des Personalbedarfs mit den realen Begebenheiten für den Zeitraum eines Jahres verglichen.

In **Kapitel 6** werden die Betriebskennlinien von verschiedenen Logistikzentren bestimmt. Der Einsatz der Betriebskennlinien wird auf diese Weise demonstriert. Dazu werden vier Logistikzentren beschrieben, in denen typische Prozessabläufe enthalten sind. Zusätzlich werden zwei Szenarien abgeleitet, die das unternehmerische Umfeld mit unterschiedlicher Dynamik beschreiben. Anschließend werden die Betriebskennlinien der Logistikzentren bestimmt und graphisch dargestellt. Um die Einsatzmöglichkeiten weiter vorzustellen, werden verschiedene Möglichkeiten diskutiert, die die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren beeinflussen können. Darauf aufbauend wird eines der vier Logistikzentren technisch erweitert und die Veränderung in den Betriebskennlinien untersucht. Durch die Ergebnisse dieses Kapitels haben Unternehmen die Möglichkeit, ihr eigenes Logistikzentrum mit den untersuchten Fällen zu vergleichen und erste Schlüsse daraus zu ziehen, ohne eine eigene Untersuchung durchführen zu müssen.

Die Arbeit schließt in **Kapitel 7** mit einer Zusammenfassung der Ergebnisse und einem Ausblick auf weitere Forschungsaufgaben ab. Es wird gezeigt, wo die Arbeit neuen Forschungsbedarf aufgedeckt hat und welche Aspekte für weitere Arbeiten als Grundlage dienen können.

## **2 Grundlagen**

In der vorliegenden Arbeit werden die Betriebskennlinien von Logistikzentren entwickelt. Die Beschreibung des grundlegenden Wissens, auf das dabei zurück gegriffen wird, ist Inhalt dieses Kapitels.

Am Anfang des Kapitels werden die zentralen Begriffe dieser Arbeit definiert und damit eine Basis für die weiteren Ausführungen geschaffen. Anschließend wird das Logistikzentrum detailliert vorgestellt, das im Fokus dieser Arbeit steht. Es soll verdeutlicht werden, wie das Logistikzentrum in die Supply Chain eingebunden ist und welche Anforderungen daran gestellt werden. Darauf aufbauend wird die Modellierung von Logistikzentren beschrieben, wodurch deren Abläufe näher untersucht werden können. Um schließlich die Betriebskennlinien ermitteln zu können, werden die wissenschaftlichen Grundlagen über Kennzahlen und Kennlinien zusammengefasst. Ein wichtiger Aspekt der Kennzahlen ist die Berücksichtigung der Dynamik des unternehmerischen Umfelds, die ebenfalls diskutiert wird. Da die Wirtschaftlichkeit eine wesentliche Rolle beim Betrieb eines Logistikzentrums spielt, wird diese ebenfalls ausgeführt.

Mit einer ausführlichen Beschreibung der Logistik in der Fashion Branche endet dieses Kapitel. Dabei werden neben ihren Anforderungen auch ihre Ausprägungsformen und Teilnehmer vorgestellt.

### **2.1 Definition wichtiger Begriffe**

Für eine exakte Einordnung der vorliegenden Arbeit werden zunächst wichtige Begriffe in ihrer Bedeutung definiert. Als erstes wird dabei auf das Logistikzentrum eingegangen. Dieses wird als System aufgefasst, weshalb der Systemgedanke als nächstes vorgestellt wird. Das Logistikzentrum soll mit Hilfe eines Modells untersucht werden. Deshalb wird auch das Modell erläutert und insbesondere vom System abgegrenzt. Da es das Ziel der Arbeit ist, Betriebskennlinien zu ermitteln, werden diese anschließend beschrieben. Am Ende wird die Fashion Branche definiert, in der die Untersuchungen dieser Arbeit durchgeführt werden.

### **Logistikzentrum**

Logistikzentren werden betrieben, um unterschiedliche Funktionen der Distributionslogistik an einem Ort zu zentralisieren. Die Distributionslogistik hat es dabei zur Aufgabe, die Produkte eines Unternehmens art- und mengenmäßig für den Abnehmer bereit zu stellen ([JUE89], S.53). Hierzu gehören die Lager- und Transportplanung sowie die Kommissionierung und Verpackung der Güter. Durch die Zentralisierung dieser Funktionen im Logistikzentrum kann ein besserer Service zu oft auch geringen Preisen angeboten werden. Zusätzlich können in einem Logistikzentrum die Beschaffungs- und Distributionsströme gebündelt werden. Diese Bündelung resultiert ebenfalls in günstigeren Transportkosten ([GUD05], S.25).

Bei Logistikzentren kann zwischen einer offenen und geschlossenen Form unterschieden werden. Offene Logistikzentren bestehen aus mehreren Gebäuden verschiedener Logistikbetriebe. Geschlossene Logistikzentren beschreiben ein Gebäude, in dem von einem Unternehmen (dedicated warehouse) oder von mehreren Unternehmen (multi-user warehouse) die Waren umgeschlagen werden ([GUD05], S.25f).

Das Logistikzentrum, in dem sämtliche Kundenanforderungen bedient und die Ware ausgeliefert werden, stellt somit ein Kernelement der in Lieferkette dar ([GF07], S.88). Aus diesem Grund werden auch der Aufbau und die Struktur des Logistikzentrums von den Anforderungen beeinflusst, die an die Lieferkette gestellt werden. Hierzu zählen z.B. die damit verbundenen Informations-, Steuerungs- und Kontrollanforderungen ([WAN06], S.307).

### **System**

Bei der Planung und im Betrieb von Logistikzentren wird dieses oft auch als „System“ bezeichnet. Dabei wird unter einem System ein aus mehreren Elementen zusammengesetztes Ganzes verstanden. Die Elemente sind aufgaben-, sinn- oder zweckgebunden miteinander verbunden und grenzen sich auf diese Weise von ihrer Umgebung ab. Wichtig für ein System sind dessen Elemente, Beziehungen sowie Grenzen. [ROP78]

Ein System kann entweder konkret (z.B. ein Logistikzentrum) oder abstrakt (z.B. das Buchungssystem eines Logistikzentrums) sein. Entscheidend ist, dass es zu seiner Umwelt in einer definierten Beziehung steht (z.B. kann das Buchungssystem des Logistikzentrums zur Rechnungsstellung von Auslieferungen dienen). Alle nicht im System enthaltenen Elemente, die aber einen Einfluss auf Elemente des Systems haben, bilden das Systemumfeld. Im Rahmen dieser Arbeit wird das Logistikzentrum als System und das unternehmerische Umfeld als Systemumfeld betrachtet.

Durch eine Prozesssteuerung werden die Elemente eines Systems derartig koordiniert, dass alle im System eintreffenden Aufträge richtig bearbeitet werden können. Ein Element besitzt dabei sowohl Eingabe- als auch Ausgabewerte, die dazu dienen, verschiedene Elemente miteinander zu verknüpfen. So ist der Ausgabewert eines Elements gleichzeitig auch der Eingabewert eines anderen Elements. Bei der Planung eines neuen Systems, aber auch bei der Bewertung eines bestehenden Systems, sind die an das System gestellten Leistungsanforderungen wichtig. Sie resultieren aus den Aufträgen und deren Zusammensetzung, die von Betreibern und Benutzern des Systems gestellt werden.

### **Modell**

Systeme, bzw. Logistikzentren, können durch die direkte Beobachtung analysiert werden. Auf diese Weise können bestimmte Eigenschaften identifiziert und beschrieben werden. Dies ist jedoch dann nicht mehr möglich, wenn Daten nicht zugänglich sind oder Informationen schwer extrahiert werden können. In diesem Fall können die verschiedenen Zustände des Systems nicht vollständig aufgenommen werden ([MAR04], S.8). So können die vielfältigen, betrieblichen Aspekte eines Logistikzentrums nur durch die Nutzung eines geeigneten Modells verstanden werden ([NW03], S.6). Mit Hilfe der Modelle können auch bei vielen voneinander abhängigen Systemgrößen Aussagen über das System ermittelt werden ([GRU04], S.52). Ein Modell stellt somit die Nachbildung eines ganzheitlichen Systems dar, das auf die für eine Analyse wesentlichen Aspekte reduziert wurde und mittels dessen neue Aussagen über das betrachtete System getroffen werden können [FUR07]. Da Modelle modular aufgebaut sind, kann ein System auch durch die Kombination verschiedener Modelle abgebildet werden ([MAR04], S.10).

Unter einem Modell wurde in der Vergangenheit eine Abbildung der Realität verstanden. Inzwischen ist der Begriff „Modell“ allerdings erheblich ausgedehnt worden. So dienen Modelle nicht mehr nur dem anschaulichen Verständnis, sondern tragen auch dazu bei, Probleme und Ausprägungsformen der Realität durch die Darstellung der Situation zu verstehen. Erst wenn die Ursachen von bestehenden Problemen erkannt wurden, können lösende Maßnahmen ergriffen werden. Ein Modell dient dabei als informelle Basis für die Ableitung dieser Maßnahmen. Letztendlich wird das statische und dynamische Verhalten von Systemen besser verstanden und somit die Auslegung der Systeme gezielt unterstützt. [FUR06]

### Betriebskennlinien

In verschiedenen technischen Wissensgebieten werden Betriebskennlinien bereits zur Beschreibung von Betriebszuständen eingesetzt, um vergleichende Bewertungen von Systemen vorzunehmen, Maßnahmen systematisch zuzuordnen und Effekte solcher Maßnahmen möglichst allgemeingültig erklären zu können [KUH97]. Durch die Variation einer Einflussgröße ist es möglich, die Abhängigkeiten von Zielgrößen zu zeigen.

Durch die Wiendahl'schen Betriebskennlinien ist dies für Systeme der Werkstattfertigung erforscht [WIE85]. Hier ist es möglich, die vier Zielgrößen der Fertigungssteuerung (Bestand, Durchlaufzeit, Auslastung, Termintreue) in Relation zu stellen.

Aufbauend auf den Wiendahl'schen Betriebskennlinien wurden logistische Transportkennlinien entwickelt [WLE00]. Diese sollen den Zusammenhang zwischen Durchlaufzeit, Bestand und Leistung eines Transportmittels beschreiben. In einem weiterführenden Ansatz wurden logistische Kennlinien von Nyhuis für die Produktion entwickelt [NW03].

Nyhuis unterteilt die Kennlinien in drei getrennte Referenzprozesse und beschreibt dadurch Produktionskennlinien, Transportkennlinien und Lagerkennlinien. Hier werden die Zielkonflikte von Termineinhaltung, Durchlaufzeit, Leistung und Kosten anschaulich verdeutlicht.

Bei den existierenden Untersuchungen ist festzustellen, dass der Einfluss von Veränderungen im Systemumfeld noch nicht bei der Beschreibung von Betriebskennlinien berücksichtigt wurde. Auch beziehen sich die Betriebskennlinien bislang auf einzelne Aspekte (Fertigungssteuerung, Produktion und Transport) und nicht auf ganzheitliche Logistikzentren.

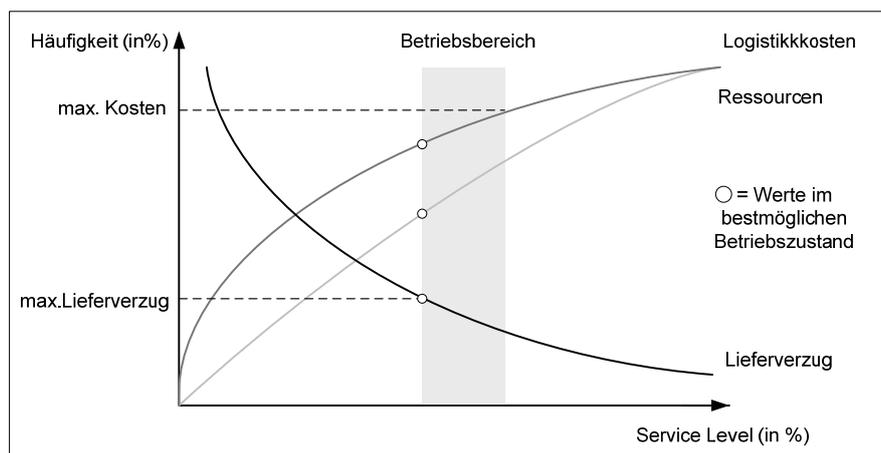


Abb. 2.1. Betriebskennlinien zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit

In Abb. 2.1 werden vier Kennzahlen beispielhaft dargestellt. Es ist zu erkennen, dass in dem Beispiel drei Kennzahlen in Abhängigkeit des Service Levels abgebildet werden. Je nach Gestaltung des Systems können diese Betriebskennlinien unterschiedliche ausgeprägt sein. So würde ein automatisches System einen anderen Kostenfaktor und einen anderen Zeitfaktor generieren als ein manuelles System.

In dem Beispiel werden die Werte der Kennzahlen für ein bestimmtes Service Level als **Betriebszustand** bezeichnet. Der optimale Betriebszustand eines Systems beschreibt die Situation, in der das System ressourcen-, kosten-, zeit- und serviceoptimal arbeitet. Da sich die Kennzahlen teilweise negativ beeinflussen, ist im Normalfall kein optimaler Betriebszustand erreichbar. Über die Gewichtung der Kennzahlen kann aber ein **bestmöglicher Betriebszustand** bestimmt werden.

Je nach Marktlage oder Unternehmensphilosophie können Grenzwerte für die Kennzahlen vorgegeben werden. Dabei handelt es sich um Maximalwerte, die nicht überschritten werden dürfen. Durch die Variation des Service Levels können aber dennoch Betriebszustände gefunden werden, die Zielgrößenwerte enthalten, welche sich nicht im Rahmen vorgegebener Grenzen befinden. Der Bereich, in dem die Grenzen nicht überschritten werden, wird an dieser Stelle als **Betriebsbereich** bezeichnet.

### **Fashion Branche**

Die Untersuchungen dieser Arbeit werden am Beispiel der Fashion Branche durchgeführt. Aufgrund ihrer Saisonalität und einer hohen Dynamik im unternehmerischen Umfeld, die stärker als in anderen Branchen ausgeprägt sind, bietet sie sich besonders für die Untersuchungen an. Dabei sind die gegebenen Bedingungen in ihrer Art repräsentativ für die gesamte Logistik Branche. Aus diesem Grund können die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit über die Fashion Branche hinaus genutzt werden.

Die Fashion Branche steht in engem Verhältnis zur Textil- und Bekleidungsindustrie. Da diese Bereiche bislang nur wenig differenziert wurden, sollen sie im Folgenden geeignet voneinander abgegrenzt werden.

Unternehmen der Bekleidungsindustrie beschäftigen sich mit der Herstellung von Herren-, Damen-, und Kinderoberbekleidung, Leibwäsche, Miederwaren, Krawatten, Kopfbedeckung, Berufs- und Sportbekleidung, Strumpfwaren und Socken ([FEI07], S.25). Hiervon ist die Textilindustrie zu unterscheiden, die aus pflanzlichen, tierischen oder chemischen Fasern textile Produkte wie Gespinste, Gewebe und Gewirke produziert. Die Produkte der Textilindustrie werden unter anderem in der Bekleidungsindustrie weiterverarbeitet. So gehört die Erstellung aller gestrickten oder gewirkten Fertigerzeugnisse (Maschenwaren) der Bekleidungsindustrie an.

Die Grenzen zwischen Textilindustrie und Bekleidungsindustrie sind somit fließend. Aus diesem Grund werden die beiden Zweige meist nicht unterschieden, sondern gemeinsam als „Textil- und Bekleidungsindustrie“ eingeordnet.

Während unter der Fashion Branche oft die Textil- und Bekleidungsindustrie verstanden wird, unterscheidet sie sich dennoch davon. Unter der Fashion Branche kann die Kombination der Produktion und des Vertriebs von Schuhen, Accessoires und Bekleidung verstanden werden. Sie stellt also eine Erweiterung der Bekleidungsindustrie dar. Unter einer Branche wird per Definition eine Gruppe von Unternehmen verstanden, die ähnliche Produkte herstellen oder ähnliche Dienstleistungen erbringen. Deshalb bezeichnet die Fashion Branche eine Gruppe von Industrie- und Handelsunternehmen, die Bekleidung, Schuhe und Accessoires herstellen oder verkaufen.

## 2.2 Logistikzentrum

Logistikzentren erfüllen unterschiedliche Funktionen und bestehen aus verschiedenen Prozessen, die abhängig von der Funktion ausgeprägt sind. Im Folgenden werden zunächst die Funktionsbereiche von Logistikzentren beschrieben. Durch die damit gegebenen systemtechnischen Variationsmöglichkeiten ist zu erkennen, wie sehr die Verknüpfung der einzelnen Prozesse die Effizienz des Logistikzentrums beeinflussen. Im Anschluss wird erläutert, wie ein Logistikzentrum abgebildet werden kann. Schließlich wird dargestellt wie durch Kennzahlen und deren Darstellung in Form von Kennlinien logistische Zusammenhänge erfasst und beschrieben werden können.

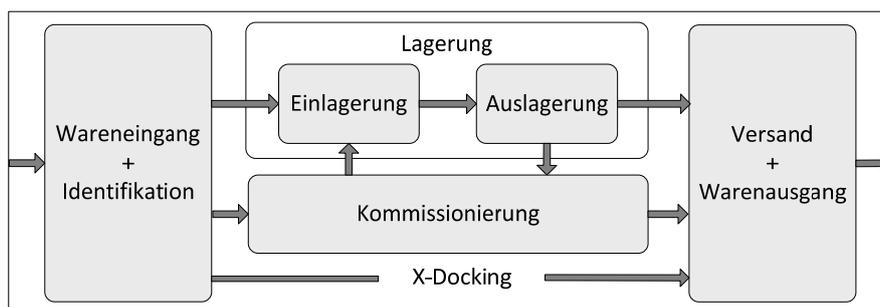


Abb. 2.2. Funktionsbereiche von Logistikzentren ([HSN08], S.53)

### 2.2.1. Funktionsbereiche von Logistikzentren

Ein Logistikzentrum besteht aus unterschiedlichen Funktionsbereichen, in denen verschiedene Prozesse abgewickelt werden. In der VDI-Richtlinie 4490 wurden die Funktionsbereiche zusammengefasst [VDI07a]. Sie sind in Abb. 2.2 dargestellt. Auf Basis der VDI-Richtlinie und einiger weiterer Literaturquellen ist es damit möglich, einen Überblick der Funktionsbereiche und der dort durchgeführten Prozesse zu geben, der für die weiteren Untersuchungen als Grundlage notwendig ist.

In Abb. 2.3 sind die Prozesse für den Wareneingang und die Identifikation beispielhaft so aufgeführt, wie sie in der VDI-Richtlinie zu finden sind. In gleicher Form sind sie auch für die übrigen Funktionsbereiche in der Richtlinie enthalten. Es ist zu erkennen, dass die Prozesse bereits detailliert beschrieben werden, wenn sie auch nicht hinsichtlich ihrer technischen oder organisatorischen Ausführungsform diskutiert werden.

#### Wareneingang & Identifikation

Alle im Logistikzentrum eintreffenden Waren werden im Wareneingang vereinnahmt und identifiziert. Vorher werden die Artikel einer Termin- bzw. Zollprüfung unterzogen. Erst danach kann die Ware entladen werden. Die folgende Identifizierung beinhaltet eine qualitative und quantitative Kontrolle [VDI07a]. Weitere Prozessschritte sind das Puffern, Auspacken, Sortieren, neu Verpacken, Zusammenstellen der Ware sowie die Vorbereitung zur Einlagerung ([MAR06], S.319). Schließlich wird die Ware nach dem Wareneingang entweder eingelagert, kommissioniert oder direkt zum Versand weitergeleitet. Im Funktionsbereich „Wareneingang“ stehen die Bewegungsprozesse im Vordergrund. So ist es das Ziel, den Aufenthalt der Ware im Wareneingangsbereich so kurz wie möglich zu gestalten. Vielmehr soll die Ware möglichst schnell eingelagert bzw. zum Kunden gebracht werden ([PFO04], S.130).

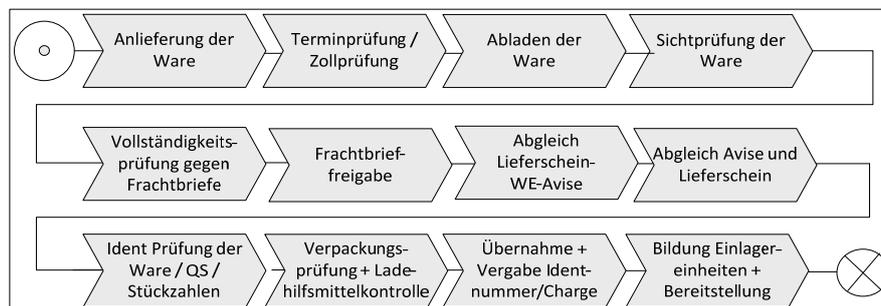


Abb. 2.3. Wareneingangs- und Identifikationsprozesse [VDI07a]

### Lagerung

Der Einlagerungsprozess umfasst die Aufnahme der Lagereinheiten, den Transport zum Stellplatz und das Abstellen auf diesen. Dazu ist es notwendig, ein passendes Transportmittel und den kürzesten Weg zum Lagerort zu finden. Gleichzeitig wird der gesamte Prozess auf die richtige Durchführung überwacht, um einen permanenten und transparenten Warenfluss zu gewährleisten ([AIK+08], S.379).

Laut VDI-Richtlinie 2411 ist unter dem Lagern „jedes geplante Liegen von Gütern und Arbeitsgegenständen im Material- und Warenfluss“ zu verstehen [VDI70]. Lager dienen zum einen als Ausgleich einer schwankenden Nachfrage. Zum anderen werden im Lager Warenströme aufgelöst oder konzentriert. Schließlich werden oft Preisvorteile aufgrund von Mengeneffekten ausgenutzt, wobei die Waren bis zu deren Einsatz zwischengelagert werden müssen ([JET07], S.29). Die Lagersysteme lassen sich grundsätzlich in zwei verschiedene Kategorien einteilen. So gibt es auf der einen Seite die statische Lagerung und auf der anderen Seite die dynamische Lagerung. Bei der statischen Lagerung bleiben die Waren vom Zeitpunkt der Einlagerung bis zur Auslagerung an einem Lagerplatz. Im Gegensatz dazu werden bei der dynamischen Lagerung die Waren während der Lagerung bewegt. Beispiele sind etwa das Durchlaufregallager oder das vertikale Umlauflager ([GF07], S.90; [JUE89], S.163ff).

Die Auslagerung wird angestoßen wenn Auslieferungsaufträge vorliegen oder wenn ein interner Versorgungsprozess notwendig ist. Für Auslieferungsaufträge werden die Artikel im Lager aufgenommen und in den Warenausgang transportiert. Ein interner Versorgungsprozess tritt dann auf, wenn die Kommissionierung von der Lagerung getrennt wird. In diesem Fall wird der Kommissionierbereich aus dem Lager mit Nachschub versorgt. Sobald ein festgelegter Sicherheitsbestand im Kommissionierbereich unterschritten wurde, wird ein Auslagerauftrags generiert.

### Kommissionierung

Besteht ein Kundenauftrag aus mehreren Artikeln, so müssen diese im Logistikzentrum zusammengestellt werden. Dieser Prozess wird als Kommissionieren bezeichnet. Das Kommissionieren besteht aus drei Elementen: Dem Bereitstellort der Artikel, dem Kommissionierer und dem Abgabeort der Kommissionieraufträge. Für den Bereitstell- und den Abgabeort ist zu entscheiden, ob diese zentral oder dezentral realisiert werden. Dabei befindet sich ein zentraler Ort immer an der gleichen Stelle, während ein dezentraler Ort an unterschiedlichen Stellen aufzufinden ist. Je nach Realisierungsform bewegt sich der Kommissionierer durch das System oder die

Artikel werden zu ihm gebracht. In gleicher Form kann sich der Kommissionierer auch bei der Auftragsabgabe zum Abgabeort bewegen oder die Aufträge werden bei ihm abgeholt. Bewegt sich der Kommissionierer so nennt man dies statische, und andernfalls dynamische Kommissionierung. ([HS05], S.34ff)

Das Kommissionieren kann seriell oder parallel abgewickelt werden. Bei der seriellen Kommissionierung wird ein Auftrag schrittweise abgearbeitet bis alle Artikel eingesammelt wurden. Im Gegensatz dazu werden bei der parallelen Kommissionierung einzelne Abschnitte des Auftrags gleichzeitig bearbeitet. Auf diese Weise wird die Abwicklung beschleunigt, was aber aufgrund der nachträglichen Konsolidierung in einem erhöhten Kontrollaufwand resultiert.

Die Kommissionierung kann auftrags- oder artikelorientiert durchgeführt werden. Während bei der auftragsorientierten Kommissionierung die Aufträge einzeln bearbeitet werden, werden die Artikel verschiedener Aufträge bei der artikelorientierten Kommissionierung zusammengefasst und zu neuen Kommissionieraufträgen umgewandelt. Die artikelorientierte Kommissionierung führt dadurch zu einer effizienteren Kommissionierung, setzt aber eine zusätzliche Sortierung zu den ursprünglichen Kundenaufträgen nach der Kommissionierung voraus. Sie wird deshalb auch als zweistufige Kommissionierung bezeichnet. ([JUE89], S.403ff)

### **Versand und Warenausgang**

Die Prozesse von Versand und Warenausgang werden in der Literatur sehr ähnlich beschrieben. So nennt Schulte folgende Prozesse: Warenübernahme, Verpacken, vorbereiten Papiere, Bereitstellen, Ausgangsprüfung und Verladung ([SCH04b], S.221). Wannowitsch beschreibt folgende Prozesse: Auslagerung aus dem Lager, Verpackung der Teile, Fertigstellung zum Versand und Transport zum Kunden ([WAN06], S.13).

Zusammenfassend werden die Waren nach der Kommissionierung oder nach einer direkten Auslagerung an die Versandabteilung übergeben. Hier werden Artikel auf ihre Richtigkeit kontrolliert und anschließend in Kartons oder auf Paletten verpackt. Die verpackte Ware wird zusätzlich für den nachfolgenden Transport gesichert ([MAR06], S.319). Im Warenausgang werden die fertigen Ladeeinheiten auf die jeweiligen Transportmittel geladen.

### **Cross-Docking**

Das Cross-Docking dient der Umschlagzeitverkürzung im Logistikzentrum. In diesem Fall wird die Ware nicht mehr zwischengelagert, sondern

direkt auf neue Zielstellen verteilt und zu diesen versendet. Dabei kann zwischen einem ein- und zweistufigen Cross Docking unterschieden werden. Beim einstufigen Cross Docking kommt die Ware auftragsrein an und wird direkt weiter gesendet. Im Gegensatz dazu ist die Ware beim zweistufigen Cross Docking artikelrein und muss zunächst auftragsbezogen kommissioniert werden bevor sie versendet wird. Mittels des Cross Dockings können auch die Durchlaufzeiten im Logistikzentrum verkürzt und die Bestände in der Supply Chain gesenkt werden ([HS05], S.69).

### 2.2.2. Modellierung von logistischen Systemen

In der Literatur ist eine Reihe von Ansätzen für die Modellierung von logistischen Systemen zu finden [JUE89]; [ARN98]; [AGG00]; [WES03]; [FH07]. In diesem Unterkapitel wird die Modellierung des Logistikzentrums mit Hilfe des Dortmund Prozesskettenmodells vorgestellt. Mit Hilfe dieser Methode können Logistikzentren abgebildet und analysiert werden. Dazu wird zunächst der Unterschied zwischen statischen und dynamischen Modellen verdeutlicht.

Wird ein System mit einem Modell abgebildet, so ist der Detaillierungsgrad des Modells geeignet auszuwählen. Durch sehr detaillierte Modelle werden die Ergebnisse zwar detaillierter, doch steigt der mit der Modellierung verbundene Aufwand mit an. Der geforderte Detaillierungsgrad wird deshalb mit dem Untersuchungsziel festgelegt. Hierzu gehört auch die Auswahl der Systemeigenschaften, die relevant sind und solcher, die vernachlässigbar sind ([GRU04], S.53). Schließlich ist bei der Modellierung eines Systems immer die Balance zwischen Allgemeingültigkeit, Exaktheit und Handhabbarkeit zu wahren. So geben zu allgemeine Modelle keine Antwort auf spezielle Problemstellungen oder sind zu ungenau. Andererseits ist der Aufwand eines detaillierten Modells für globale Untersuchungen zu umfangreich. Diese Modelle sind für lokale Probleme sehr gut geeignet ([MAR04], S.10).

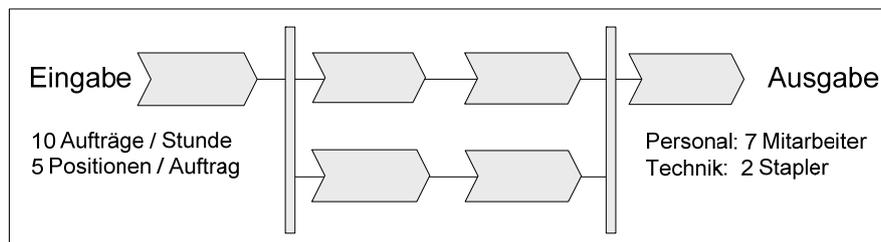
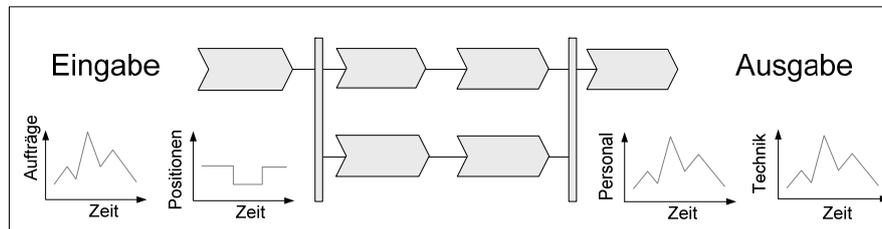


Abb. 2.4. Statisches Prozessmodell



**Abb. 2.5.** Dynamisches Prozessmodell

Bei der Auswahl von geeigneten Modellen ist zwischen statischen und dynamischen Modellen zu unterscheiden. Mit welchem Modell ein System dargestellt werden sollte, hängt vom analysierten Zeitraum und vom Grad der Änderung der Umweltfaktoren ab. Die Erstellung und Nutzung von dynamischen Modellen ist grundsätzlich umfangreicher als von statischen Modellen [JFH07]. Der Mehraufwand in der Erstellung und Nutzung eines dynamischen Modells ist nur dann gerechtfertigt, wenn ansonsten falsche oder sehr ungenaue Werte entstehen würden.

In statischen Modellen werden Ausgabewerte ohne manuelle Einflussnahme von außen auf Basis von Eingabewerten mit immer der gleichen Funktionsweise ermittelt. Sie werden genutzt, um einen schnellen Prozessüberblick zu bekommen und die Leistung für eine fixe Last zu analysieren. Für kurze Analysezeiträume oder für eine wenig dynamische Umwelt können die fixen Werte aus den Mittel- oder Maximalwerten der Realwerte gebildet werden. In Abb. 2.4 ist zu sehen, wie fixe Werte in ein Prozessmodell eingegeben werden. Das Modell hat fest eingestellte Lenkungsgrößen, die die Last durch die Prozesse lenken. Wenn die Prozesse mit Zeitwerten sowie einzusetzenden Ressourcen belegt sind, kann auf diese Weise eine fixe Ausgabe errechnet werden. Probleme treten jedoch dann auf, wenn die Systemlast im Analysezeitraum eine starke Dynamik aufweist. Über die Zeit veränderliche Begebenheiten können nicht im Modell widergegeben werden. Die einzige Möglichkeit stellt eine erneute Modellierung unter neuen (aber konstanten) Umweltbedingungen dar. Abhängigkeiten, die durch vorherige Modellzustände entstehen, können allerdings nur sehr schwer berücksichtigt werden. Dadurch steigt der Aufwand sehr schnell und es bietet sich bald an, ein dynamisches Modell zu nutzen.

Dynamische Modelle sind gekennzeichnet durch die Beachtung des zeitlichen Verlaufs. Mit ihnen ist es nicht mehr notwendig, verschiedene Systemzustände zu modellieren, da sie automatisch vom Modell erfasst und berücksichtigt werden. Damit hängt die Ausprägung des Ausgabewerts vom Zeitpunkt und vom Zustand des Modells ab. Mittels eines veränderlichen Eingabewerts wird ein Ausgabewert generiert, der ebenfalls kein konstanter Wert mehr ist, sondern sich im zeitlichen Verlauf ändert (vgl.

Abb. 2.5). Die Berechnungen beruhen dabei auf theoretisch hergeleiteten funktionalen Zusammenhängen und Formeln. Teilweise können die Ergebnisse nach bekannten Auswahlverfahren des Operations Research bestimmt werden. In diesem Fall wird basierend auf einer Zielfunktion systematisch eine optimale bzw. annähernd optimale Lösung gesucht ([GUD05], S.125).

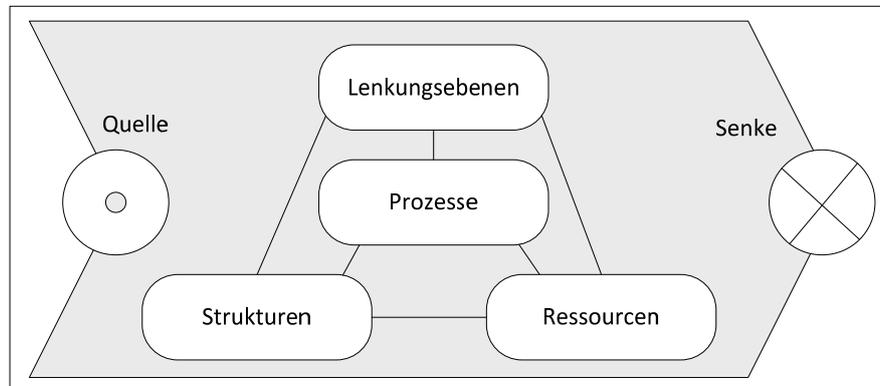
Eine spezielle Ausprägungsform der dynamischen Modellierung ist die rechnergestützte Simulation, die meist zur Analyse von Systemen genutzt wird, die für eine formelmäßige Behandlung zu kompliziert ist. In der VDI-Richtlinie 3633 wird die Simulation folgendermaßen definiert:

*„Simulation ist das Nachbilden eines Systems mit seinen dynamischen Prozessen in einem experimentierfähigen Modell, um zu Erkenntnissen zu gelangen, die auf die Wirklichkeit übertragbar sind.“ [VDI07b]*

Für den Einsatz von Simulationsmodellen werden insbesondere in der Intralogistik ein sehr genaues Prozesswissen sowie der Zugang zu umfangreichem Datenmaterial vorausgesetzt ([AIK+08], S.74). So werden Aufträge und Ladeeinheiten genutzt oder generiert, die im zeitlichen Verlauf durch das Modell laufen. Für jedes dieser Elemente wird ermittelt, welchen Weg es durch das Modell nimmt ([GUD05], S.126). Mathematisch-analytische Methoden stoßen dabei schnell an ihre Grenzen, während in der Simulation das zeitliche Verhalten komplexer Systeme noch untersucht werden kann. Ein weiterer Vorteil der rechnergestützten Simulation ist die Experimentierbarkeit, wie sie bereits in der VDI-Definition angesprochen wurde. Hier bezeichnet ein Simulationsexperiment die zielgerichtete Untersuchung des Modellverhaltens, das mit unterschiedlichen Parametern in verschiedenen Simulationsläufen abgebildet und ausgewertet wird [VDI07b]. Im Rahmen dieser Arbeit werden die Logistikzentren mit einem dynamischen Modell und mit Hilfe von rechnergestützten Simulationsläufen untersucht. Durch die Simulation können Zustandsfolgen des Modells berücksichtigt werden und in die Ermittlung relevanter Kennzahlen mit einfließen.

### **Modellierung mit dem Dortmunder Prozessketteninstrumentarium**

Um Logistikzentren zu modellieren hat sich die Prozesskettendarstellung auf Basis des Dortmunder Prozessketteninstrumentariums als gängige Methode zur Strukturierung verschiedener Unternehmensbereiche durchgesetzt. Die Grundlagen dieser Methode werden in Unterkapitel 4.1 genutzt, um ein neues dynamisches Modell zu entwickeln. Bei der Methode wird zwischen Auftragsprozessen, Lenkungsprozessen, Informationsprozessen



**Abb. 2.6.** Prozesselement nach dem Dortmunder Prozessketteninstrumentarium

und Materialflussprozessen unterschieden. So lässt sich das Verfahren universell zur Modellierung von Prozessen und Strukturen nutzen. [HHJ+07]; [CRS07]; [KBJ07]

Jedes Logistikzentrum wird aus einzelnen Prozessen gebildet, die als Prozesskettenelemente bezeichnet werden. Die Prozesskettenelemente sind selbständig, d.h. sie können sich aus Teilprozessen zusammensetzen, die ebenfalls Prozesskettenelemente darstellen. Auf diese Weise kann in jeder Situation ein sinnvolles Detailniveau gewählt werden. Dabei ist das Niveau als sinnvoll anzusehen, mit dem ein gewünschtes Ergebnis erreicht werden kann. Aufgrund dieser Tatsache ist die Prozesskettendarstellung insbesondere für Logistikzentren geeignet, da sich ab einem bestimmten Detaillierungsgrad die dortigen Prozesse vollständig wiederholen bzw. strukturell und inhaltlich nur leicht verändert werden müssen, um ein beliebiges System abbilden zu können [HHJ+07]. Ein Prozesskettenelement wird anhand von fünf Hauptbestandteilen beschrieben (vgl. Abb. 2.6). Diese sind:

- Die Prozesse,
- die Quellen und Senken,
- die Ressourcen,
- die Strukturen und
- die Lenkungebenen.

Der zentrale Bestandteil eines Prozesskettenelements ist die Beschreibung des enthaltenen Prozesses. Jeder dieser Prozesse hat eine Quelle und eine Senke. An der Quelle treten Leistungsobjekte in den Prozess ein und an der Senke verlassen sie diesen wieder. Innerhalb des Prozesses werden die Leistungsobjekte mit Hilfe von Ressourcen bearbeitet. Zu den Ressourcen zählen Personal, Fläche, Bestände, Arbeitsmittel, Arbeitshilfsmittel und Organisationsmittel. Zusätzlich kann auch der Eigner eines Prozes-

ses angegeben werden. Dies wird durch die Struktur beschrieben, die darstellt, wie der Prozess in das Unternehmen einzuordnen ist. Die Struktur beschreibt zusätzlich die Anordnung der Ressourcen und die technische Kommunikationsstruktur. Schließlich verfügt jedes Prozesselement auch über eine Lenkungsebene, die Regeln und Steuerungsvorschriften enthält. Hier ist die Zeitdauer ein wichtiger Aspekt, die ein Leistungsobjekt benötigt, um den Prozess zu durchlaufen.

Das Dortmunder Prozessketteninstrumentarium eignet sich für die Modellierung von Prozessen. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Methode aufgegriffen und an die speziellen Bedürfnisse angepasst. Eine wichtige Aufgabe ist es hier, das dynamische Umfeld berücksichtigen zu können, da dieser Aspekt bislang noch nicht in dem Instrumentarium enthalten ist.

### **2.2.3. Kennzahlen und Kennlinien**

Kennzahlen haben in der Vergangenheit stark an Bedeutung gewonnen und spielen heutzutage eine zentrale Rolle bei der Unternehmensführung. Mit Kennzahlen können verschiedene Informationen erfasst und übersichtlich dargestellt werden. Der Entscheidungsträger greift auf Kennzahlen zurück, um existierende Alternativen miteinander zu vergleichen. Aber auch bei der Prognose von Wirkungen verschiedener Zukunftsalternativen können Kennzahlen unterstützend eingesetzt werden. Durch Kennzahlen kann bewertet werden wie stark der Einfluss einer Einflussgröße auf die Erreichung strategischer Ziele ist und zu welchem Zeitpunkt er wirksam wird ([AIK+08], S.1073f). Unter Kennzahlen, die auch in der Logistik eingesetzt werden können, werden Zahlen verstanden, die für die Darstellung von quantitativ erfassbaren Sachverhalten in konzentrierter Form eingesetzt werden können ([REI01], S.19; [HS05], S.67). Kennzahlen sollen relevante Zusammenhänge in verdichteter, quantitativ messbarer Form wiedergeben. Damit dienen Kennzahlen der Informationsversorgung verschiedener Bereiche in einem Unternehmen.

Kennzahlen können in absolute und relative Kennzahlen unterschieden werden ([BW06], S.64f; [HOR06], S.568f). Absolute Kennzahlen lassen sich weiter in Bestands- oder Bewegungszahlen untergliedern. Hierzu gehören Einzelzahlen, Summen, Differenzen und Mittelwerte. Die relativen Kennzahlen werden auch Verhältniszahlen genannt und besitzen in der Regel eine höhere Aussagekraft. Sie sind Beobachtungs- und Bezugszahlen, welche sich als Gliederungs-, Beziehungs-, Mess- oder Indexzahlen darstellen lassen ([HOR06], S.568ff; [WEB95], S.188).



**Abb. 2.7.** Funktionen von Kennzahlen

Die Funktionen von Kennzahlen, welche in Abb. 2.7 zusammengefasst sind, können nach Weber in Operationalisierungs-, Anregungs-, Vorgabe-, Steuerungs- und Kontrollfunktion untergliedert werden ([WEB95], S. 188). Becker greift diesen Gedanken auf und erweitert ihn um die Koordinationsfunktion ([BW06], S.64). Die Koordinationsfunktion nimmt dabei eine übergreifende Stellung bei der Handhabung von Kennzahlen ein.

Im Zusammenhang eines komplexen und oft auch intransparenten wirtschaftlichen Prozesses ist die Aussagekraft einer einzelnen Kennzahl relativ eingeschränkt. Um einen logistischen Zusammenhang vollständig erfassen und beschreiben zu können, ist eine einzelne Kennzahl demnach nicht ausreichend. Abhilfe kann die gleichzeitige Nutzung verschiedener Kennzahlen liefern. Dabei muss darauf geachtet werden, dass die Kennzahlen auch bei hoher Komplexität harmonieren und sich gegenseitig ergänzen. In ihrer gemeinsamen Ausrichtung müssen sie einen Sachverhalt einheitlich erklären ([WEB95], S.190). Die derartige Nutzung von verschiedenen Kennzahlen wird als Kennzahlensystem bezeichnet. So versteht Reichmann unter einem Kennzahlensystem die Zusammenstellung von quantitativen Kennzahlen, wobei die einzelnen Zahlen in einer sachlich sinnvollen Beziehung zueinander stehen, einander ergänzen oder erklären und insgesamt auf ein übergeordnetes Ziel ausgerichtet sind ([REI01], S.23). Das Ziel eines Kennzahlensystems ist es, Mehrdeutigkeiten zu vermeiden und die Abhängigkeiten zwischen den Kennzahlen zu erfassen ([HR03], S.346).

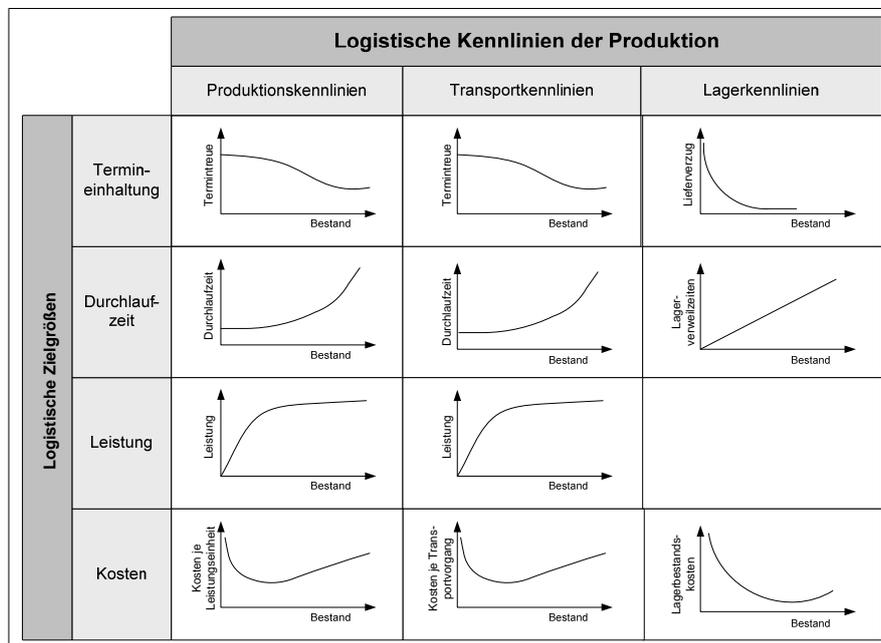


Abb. 2.8. Logistische Kennlinien der Produktion ([NW03], S.13)

Werden Kennzahlen zueinander in Relation graphisch dargestellt, so ergeben sich Kennlinien. Durch die gezielte Variation einer unabhängigen Einflussgröße werden die Kennlinien demnach aus den Kennzahlen generiert. Es ist dadurch möglich zu untersuchen, wie sich die Kenngrößen selbst und auch zueinander verhalten, wenn die Einflussgröße variiert wird. Die Einflussgrößen können frei gewählt werden. Sie müssen aber Einfluss auf die Kenngrößen haben. Nyhuis und Wiendahl fassen diesen Zusammenhang folgendermaßen zusammen:

*„Eine Kennlinie ist die graphische Darstellung des Zusammenhangs zwischen einer unabhängigen Einflussgröße und einer sich ergebenden Zielgröße in Form einer Kurve“ ([NW03], S.11)*

Der zentrale Vorteil von Kennlinien liegt nach Inderfurth und Schulz in der Möglichkeit, logistische Zusammenhänge in der Produktion sowie Distribution mit geringerem Aufwand als bei der Anwendung der Simulationstechnik einzusetzen. Gleichzeitig wird eine größere Realitätsnähe als bei der Nutzung der Warteschlangentheorie ermöglicht, wodurch sie in der Praxis besser eingesetzt werden können [IS08].

Zu Beginn der wissenschaftlichen Entwicklung von logistischen Kennlinien standen die Berechnung von Leistungs- und Reichweitekennlinien, die schnell um die Durchlaufzeit erweitert wurden. Diese Produktions-

kennlinien sind unter dem Begriff der Wiendahl'schen Betriebskennlinien bekannt [WIE85]. Darauf aufbauend wurden Transport- und Logistikkennlinien entwickelt [WLE00]; [NW03]. Heutzutage lassen sich logistische Kennlinien für die Produktion in Produktions-, Transport- und Lagerkennlinien unterteilen (vgl. Abb. 2.8).

Mittels der Produktionskennlinien können Zusammenhänge zwischen dem Bestand, der Durchlaufzeit, der Leistung und den resultierenden Kosten dargestellt werden. Sie zielen darauf ab, die Kosten und Termineinhaltung als Ergebnis eines Prozesses durch die genannten Einflussgrößen positiv zu beeinflussen. Um die Produktionskennlinien einsetzen zu können, muss zum einen die Beschreibung eines idealisierten Produktionsprozesses existieren und zum anderen die Parameter in ausreichender Genauigkeit gemessen werden können. ([NW03], S.11ff)

Anders als die Produktionskennlinien werden die Transportkennlinien dazu genutzt, den Zusammenhang zwischen den logistischen Zielgrößen Transportleistung, Transportbestand und Transportdurchlaufzeit, sowie der zugrunde liegenden Kosten zu erfassen. Mit Hilfe der Transportkennlinien lässt sich der „optimale“ Transportprozess ermitteln. ([EGL01], S.55ff)

Lagerkennlinien werden z.B. eingesetzt, um den Zusammenhang zwischen Bestandshöhe und Dauer einer Lieferverzögerung innerhalb eines Lagersystems zu analysieren. Es wird mit diesen Kennlinien ermöglicht, den schmalen Grand zwischen einer hohen Lieferfähigkeit und einem niedrigen Lagerbestand zu finden. Dazu ist es notwendig zu prüfen, welche Lagerbestände notwendig sind, um eine hinreichende Lieferfähigkeit sicherzustellen. [IS08]

Abb. 2.9 beschreibt eine weiterführende Vorgehensweise, den Beschaffungs- und Lagerhaltungsprozess mit Hilfe von Lagerkennlinien zu bewerten. In der Abbildung ist eine Kurve für Lagerbestandszugänge und eine für Lagerbestandsabgänge enthalten. Die Fläche zwischen den Kurven beschreibt den Lagerbestand. Es können drei verschiedene Lastzustände differenziert werden, die sich in Bezug auf den Bestand und den Lieferverzug unterscheiden. Bei Unterlast ist der Lagerbestand sehr gering, so dass oft Versorgungsengpässe auftreten. Im Übergangsbereich steigt das Niveau an, so dass keine Versorgungsengpässe mehr auftreten und die Nachfrage befriedigt werden kann. Diese Situation ist auch für den Überlastbereich zutreffend. Jedoch ist in diesem Fall das Lagerbestandsniveau höher als notwendig, wodurch die Kosten ebenfalls steigen. Diese drei Zustände können durch Kennlinien in der Form beschrieben werden, als dass der mittlere Lieferverzug über den mittleren Lagerbestand aufgetragen wird. ([IS08]; [NW03], S.240ff)

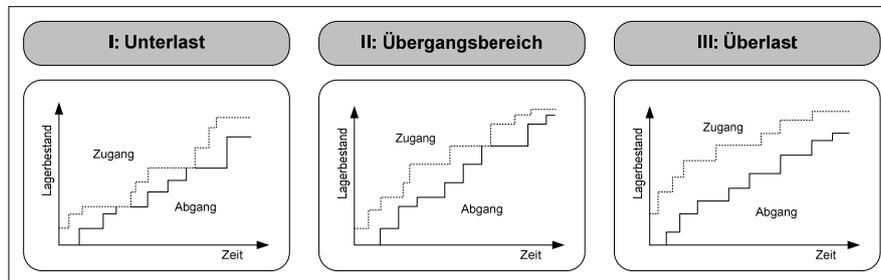


Abb. 2.9. Lastzustände ([NW03], S.243)

Viele Unternehmen verzichten trotz der offensichtlichen Vorteile auf den Einsatz von Kennzahlen, Kennzahlensystemen und Kennlinien. So kommt es oft dazu, dass keine eindeutige Interpretation der Kennzahlen stattfindet, der Anwender dadurch die falschen Schlüsse zieht und die falschen Entscheidungen trifft. Meist liegt der Fokus allein auf der Ermittlung von quantitativen Kennzahlen. Qualitative Zahlen hingegen, beispielsweise die Kundenzufriedenheit, werden selten berücksichtigt. Begründet werden kann diese Tatsache darin, dass qualitative Aspekte oft nur schwer in Form von Kennzahlen beschrieben werden können. Ein weiteres Problem ist, dass viele Kennzahlen nicht zweckdienlich sind, um ein Ziel zu erreichen oder irrelevante Informationen enthalten. All diese Punkte sind bei der Einführung und Nutzung von Kennzahlen, Kennzahlensystemen und Kennlinien zu berücksichtigen. ([BW06], S.67f)

#### 2.2.4. Zufallsprozesse und zeitliche Veränderungen

Das unternehmerische Systemumfeld ist schon längst als ein dynamischer Faktor wahrgenommen worden [ATT85]. Logistikzentren müssen in diesem Zusammenhang genauso anpassungsfähig sein wie es der sie umgebende Markt ist ([NW03], S.1). Des Weiteren werden die Schwankungen der Kundennachfrage als treibenden Faktor der Dynamik des heutigen unternehmerischen Umfelds identifiziert [ZM06].

Dadurch, dass Auftraggeber, Auftragnehmer und die Größe von Aufträgen ein unregelmäßiges Zeitverhalten vorweisen, entstehen entlang der gesamten Supply Chain sowie in den beteiligten Unternehmen zufallsabhängige (stochastische) Prozesse. Die Stochastik hat in diesem Sinne einen gravierenden Einfluss auf die Logistik. Einige Beispiele für stochastische Logistikprozesse sind das Erscheinen von Personen oder LKW, die Entstehung von Bedarf, das Eintreffen von Aufträgen oder auch das Auftreten von Informationen. Die Höhe dieser Größen, sowie ihr Eintreten, sind zu-

fällig. Gleichzeitig verändern sich viele stochastische Prozesse mit der Zeit. Bei solchen Prozessen können die systematischen Änderungen allerdings erst nach einigen Perioden identifiziert werden. Vorher werden die Strukturen noch von den stochastischen Schwankungen überlagert. ([GUD05], S.271)

Die Dynamik des unternehmerischen Umfelds lässt sich durch die Häufigkeit, Dauer, Stärke und Lage ihrer Schwankungen beschreiben. Unter der Schwankungshäufigkeit wird die Anzahl der Ausschläge pro Zyklus verstanden und unter der Schwankungsdauer, die Zeit vom Beginn bis zum Ende der Abweichung. Die Schwankungsstärke ist ein Maß für die Höhe des Ausschlags im Bezug auf den Durchschnitt des betrachteten Zeitraums. Unter der Lage einer Schwankung wird deren Eintrittszeitpunkt verstanden. ([WER00], S.8)

Viele Schwankungen werden durch saisonale Veränderungen hervorgerufen und im Allgemeinen durch das Zusammenwirken von konjunkturellen, saisonalen, unregelmäßigen und zufälligen Schwankungen begründet. Eine saisonale Auftragsschwankung kann aus witterungs- und kulturbedingten Nachfrageschwankungen resultieren. Grundsätzlich ist der witterungsbedingte Effekt umso geringer, je teurer der Artikel ist ([WER00], S.9f). Neben den saisonalen Einflüssen gibt es aber auch noch andere Faktoren, die für die Schwankungen verantwortlich sind.

Ein Beispiel ist die Werbung. Durch zunehmende Ähnlichkeiten der Produkte und eine Sättigung der Märkte sind Unternehmen stark darauf angewiesen, sich zusätzlich Aufmerksamkeit zu verschaffen. Durch Sonderaktionen wird das emotionale Kaufverhalten der Kunden beeinflusst, was sich in unregelmäßigen Nachfragespitzen niederschlägt. Zwischen diesen Spitzen nimmt die Nachfrage allerdings nur einen Bruchteil der Höhe ein, die sie zu Spitzenzeiten hat. Die Unternehmen sind gezwungen, auf diese Schwankungen einzugehen, um versprochene Lieferzeiten einzuhalten und somit Kunden auf Dauer nicht zu verlieren.

Aber auch der Peitschenschlageffekt (bullwhip effect) hat hohen Einfluss auf die Schwankungen, die bei einem intralogistischen System auftreten können. Er beschreibt den Sachverhalt, dass bei lokal begrenzten Informationen und lokalen Entscheidungen kleinere Schwankungen der Kundennachfrage auf jeder weiteren Stufe der Supply Chain zu immer größeren Streuungen der Bedarfsmengen führen. Die Ursache ist hauptsächlich in mangelnder Koordination entlang der Supply Chain zu finden. Beteiligte Unternehmen haben entweder nur einen eingeschränkten Überblick über die gesamte Supply Chain oder sie reagieren zu stark auf Schwankungen, da sie Engpässen bei ihren Lieferanten erwarten und deshalb größere Bestellmengen im Vorfeld anfordern [CG02].

Ein weiterer Aspekt der Dynamik kann durch die Chaostheorie erklärt werden [BS96]. So können mittels Vergangenheitsdaten zwar Prognosen getätigt werden, doch weichen diese meist von der Realität ab. Auch dann, wenn ein Umfeld komplett ohne stochastische Einflüsse angenommen wird, können scheinbar zufällige Schwankungen auftreten. Das bedeutet zum einen, dass immer ein bestimmter Grad an dynamischen Veränderungen angenommen werden kann und zum anderen, dass er nicht prognostizierbar ist.

Auch im Logistikzentrum unterliegt die Systemlast einer systematischen zeitlichen Veränderung, sowie einem stochastischen Einfluss, die die täglichen Mengen von einer regelmäßigen Struktur abweichen lassen. Die durch die beiden Einflüsse hervorgerufenen Konsequenzen sind unterschiedlich. Durch systematische (saisonale) Veränderungen des Mengendurchsatzes werden primär die Kapazitäten, die zur Bewältigung der Lasten erforderlich sind, beeinflusst. Die Kapazität muss grundsätzlich auch mit der höchsten systematischen Veränderung zurechtkommen. Der stochastische Einfluss bewirkt hingegen, dass kurzfristige Kapazitätsengpässe entstehen können. Durch eine unregelmäßige Mengenabweichung können einige Aufträge zeitlich in ihrer Bearbeitung verschoben werden, wenn nicht genug Kapazität flexibel bereit gestellt werden kann. Es folgt ein Lieferverzug, der wiederum die Zufriedenheit der Kunden senken und dadurch zum Kundenverlust führen kann. Dahingegen sind Überkapazitäten mit erhöhten Kosten verbunden.

Deswegen besteht ein Optimierungspotenzial, das durch die Anpassung der Kapazitäten an den jeweiligen Bedarf erschlossen werden kann [JR95]. Die Dynamik beeinflusst also zum einen die Durchlaufzeit der Aufträge und zum anderen die Kosten. Die Schwierigkeit und gleichzeitige Notwendigkeit besteht dabei in der Bestimmung des Kapazitätsbedarfs basierend auf einer ungewissen Auftragslast. So ist das Eintreten der stochastischen Einflüsse grundsätzlich nicht vorhersehbar. Einzig deren Wahrscheinlichkeit kann berechnet werden. Diese Wahrscheinlichkeiten, die von einer pauschalen Mittelwertberechnung zu differenzieren sind, sind maßgeblich für die Ausgestaltung und Steuerung von Logistiksystemen.

### **2.2.5. Wirtschaftlichkeit von logistischen Systemen**

Den Kern aller wirtschaftlichen Entscheidungen stellt die Auswahl zwischen einzelnen Investitionsalternativen dar. Zum Treffen dieser Investitionsentscheidungen werden Investitionsrechnungen als zentrales Hilfsmittel

herangezogen. Sie sollen im Rahmen des Investitionsentscheidungsprozess dabei helfen, die voraussichtlichen wirtschaftlichen Auswirkungen einer geplanten Maßnahme vorab zu ermitteln. Investitionsrechnungen sollen demnach aufzeigen, inwiefern ein spezifisches Investitionsprojekt zum zukünftigen Unternehmenserfolg beiträgt, indem sie alle zahlenmäßig erfassbaren Faktoren der Kapitalanlage verrechnen und daraus eine Bewertung herleiten ([SPR96], S.367). Hinsichtlich der Berücksichtigung des Zeitaspektes von Investitionen wird auch an dieser Stelle zwischen statischen und dynamischen Modellen unterschieden:

Bei statischen Modellen wird lediglich ein Zeitabschnitt explizit berücksichtigt. Dabei handelt es sich um eine „Durchschnittsperiode“. Wobei die Daten, die die Durchschnittsperiode charakterisieren, aus den Daten des gesamten Planungszeitraums abgeleitet werden. Die möglichen statischen Modelle unterscheiden sich hinsichtlich der berücksichtigten Zielgröße. Dabei handelt es sich um eine periodenbezogene Erfolgsgröße oder eine daraus abgeleitete Größe: Kosten, Gewinn, Rentabilität oder Amortisationszeit ([GB02], S.50). Die statischen Verfahren der Investitionsrechnung werden meist zum Vergleich von Investitionen eingesetzt, da sich die Alternativen hier gegenseitig ausschließen ([SWO96], S.28).

Dynamische Modelle sind durch die Berücksichtigung mehrerer Perioden gekennzeichnet. Die Investitionsobjekte werden durch die Ein- und Auszahlungen charakterisiert, die im Zeitablauf erwartet werden. Dabei sind dynamische Verfahren keine Durchschnittsbetrachtungen. Es geht vielmehr um eine möglichst genaue Erfassung von Einnahmen und Ausgaben in der entsprechenden Periode. Kosten und Erlöse werden nicht betrachtet. Dafür finden unterschiedliche Zahlungszeitpunkte und die Zinseszinsrechnung Berücksichtigung. ([GB02], S.66f)

Unter mehreren möglichen Modellen ist die Kapitalwertmethode das am häufigsten angewandte Verfahren der dynamischen Investitionsrechnung [DA05]. Es berücksichtigt alle mit einer Investition verbundenen Zahlungen zeitlich differenziert und misst die Vorteilhaftigkeit einer Investition absolut in einem Wert, dem Kapitalwert. Der Kapitalwert ist dabei die Summe aller von einem Investitionsobjekt verursachten, auf einen Zeitpunkt abgezinsten Ein- und Auszahlungen. Zu den Ein- und Auszahlungen zählt sowohl ein eventuell anfallender Restwert am Ende der Nutzungsdauer als auch die Investitionsausgabe selbst. Unter diesen Voraussetzungen ist der Kapitalwert nichts anderes als ein Barwert, der die Geldvermögensänderung bei einem gegebenen Abzinsungssatz angibt. Ein Investitionsobjekt ist absolut vorteilhaft, falls sein Kapitalwert größer ist als Null. Der Kapitalwert wird auf den Beginn des Planungszeitraumes bezogen, d.h. der Zeitpunkt unmittelbar vor den ersten Zahlungen. Beim Kapitalwertmodell

wird die Existenz eines vollkommenen Kapitalmarktes angenommen, auf dem ein einheitlicher Kalkulationszinssatz vorliegt. ([GB02], S.71)

Der Kapitalwert (KW) lässt sich zusammenfassend als die Summe der Barwerte aller Zahlungen, berechnet in der Periode  $i = 0$  gemäß der folgenden Gleichung bestimmen:

$$KW = \sum_{i=0}^J \ddot{U}_i (1+z)^{-i} \quad (2.2)$$

In der Formel wird für eine Laufzeit von  $J$  Perioden (bzw. Jahren) die Summe des periodischen Einnahmenüberschusses  $\ddot{U}_i$  (Einnahmen abzüglich Ausgaben) gebildet. Dabei wird der Einnahmenüberschuss mit dem Kalkulationszinsfuß  $z$  abgezinst.

Bei den meisten Investitionen ist es zweckmäßig, nicht alle Zahlungen zusammen zu betrachten, sondern die Summe der Barwerte sämtlicher Zahlungen nach  $i = 0$  zu berechnen und diese Summe den Anschaffungskosten  $I = \ddot{U}_0$  gegenüberzustellen. Den Barwert sämtlicher den Anschaffungskosten folgenden Zahlungen  $\ddot{U}_i$  bezeichnet man als „Ertragswert“ der Investition. Der Kapitalwert ist dann definiert als Ertragswert weniger der Anschaffungskosten der Investition:

$$KW = \sum_{i=1}^J \ddot{U}_i (1+z)^{-i} - I \quad (2.3)$$

## 2.3 Fashion Logistik

Die Fashion Logistik ist die Branche, auf der die Untersuchungen dieser Arbeit beruhen. Sie stellt in ihrer Dynamik und ihren Anforderungen ein geeignetes Beispiel für den gesamten Logistikbereich dar. In diesem Teilkapitel werden zunächst speziellen Anforderungen der Branche verdeutlicht. Anschließend werden die Fashion Supply Chain und deren Teilnehmer vorgestellt, um zu zeigen, welche Verbindungen zu einem Fashion Logistikzentrum bestehen und somit berücksichtigt werden müssen.

### 2.3.1. Anforderungen und Ziele der Fashion Branche

Die zentralen Charakteristika der Fashion Branche sind ihre komplexen länderübergreifenden Materialflüsse und Umschlagvorgänge sowie ein dynamisches, sich schnell veränderndes unternehmerisches Umfeld ([WOJ96], S.64f). Diese Charakteristika wirken sich auch auf den Trans-

port und das Handling der Waren aus und sind dabei repräsentativ für die Logistik aller Branchen. Allerdings sind sie stärker ausgeprägt als in anderen Branchen, was sie besonders geeignet für tiefer gehende Analysen macht. So nimmt die Branche aufgrund des Rückgangs der eigenen Produktion der deutschen Bekleidungsindustrie hin zur weltweiten Beschaffung der gewünschten Ware eine besondere Stellung innerhalb der Industrieunternehmen ein. Während bei den meisten Industriezweigen (z.B. Automobil- und Elektroindustrie) die Fertigung trotz sinkender Wertschöpfungstiefe weiterhin als Kernkompetenz angesehen wird, produzieren nur noch sehr wenige Bekleidungsunternehmen ihre Artikel vollständig in eigenen heimischen Produktionsstätten. Ihre Kernkompetenz liegt nicht mehr in der Produktion der Waren, sondern bei der Kollektionsentwicklung, dem Einkauf oder auch der Vermarktung und dem Vertrieb. Somit wird die Logistik, insbesondere in Bezug auf den Lieferservice und auf verschiedene Zusatzleistungen, immer wichtiger für den Erfolg des ganzen Unternehmens. Inzwischen zählen vertikale Fashion Unternehmen die Logistik sogar zu ihren Kernkompetenzen. ([LAN01], S.41; [NST07], S.698)

Die Anforderungen der Fashion Branche an ihre Logistik stehen in enger Verbundenheit zu ihrem kontinuierlichen Wandel. So lassen sich die wesentlichen Anforderungen durch vier Punkte zusammen fassen. Die sind

- der Modegrad,
- die Saisonalität,
- das Handling und
- die Art des Handels.

Der **Modegrad** der Bekleidung wird, wie in Tab. 2.1 dargestellt, in Basics, Modische Artikel und hochmodische Artikel eingeteilt. Unter Basics werden solche Artikel verstanden, die zu jeder Zeit im Store verfügbar sind oder sein sollen. Beispiele sind Miederwaren, Socken und klassische Hemden. Basics werden oft auch mit dem Begriff never-out-of-stock (NOS) bezeichnet. Bei modischen und vor allem bei hochmodischen Artikeln werden regelmäßig neue Designs entwickelt, so dass die Lebensdauer der Artikel sinkt. Einerseits liegt in den hochmodischen Bereichen der größtmögliche Ertrag, da der Käufer mehr auf Image und Design der Kleidung als deren Preis-Leistungs-Verhältnis (die Zweckbestimmung) achtet. Dem Käufer ist auch bewusst, dass der Artikel nur für kurze Zeit verfügbar und kaum wieder zu beschaffen ist. Andererseits steigt dabei aber auch die Gefahr von Fehlmengen oder Überbeständen aufgrund eines risikoreichen Setzens auf den richtigen Trend ([FEI07], S.31).

Für die Logistik sind speziell die modischen und hochmodischen Waren von Bedeutung. Aufgrund von potenziell hohen Margen und stark volatiler

**Tab. 2.1.** Differenzierung hinsichtlich des Modegrads ([WOJ96], S.66)

Kriterium	Hochmodische Artikel	Modische Artikel	Basics
Neuigkeit	ständige Neuentwicklung	regelmäßige Neuentwicklungen	kaum Neuentwicklungen
Lebensdauer	sehr kurz	kurz	lang
Absatz- bzw. Moderisiko	sehr hoch	hoch	gering
Zweckbestimmung	Modegrad steht im Vordergrund	Modegrad steht im Vordergrund	Zweckerfüllung steht im Vordergrund
Wiederbeschaffungsmöglichkeit	kaum gewährleistet	eingeschränkt möglich	ist gewährleistet

Kundenanforderungen stecken in diesen beiden Gruppen aber auch die größten Herausforderungen. Eine zentrale Aufgabe ist es dabei, das logistische Zieldreieck aus Kosten, Zeit und Qualität zu einem Optimum zu führen ([AIK+08], S.876).

Somit ist der Modegrad für die Auswahl von Transport-, Lager- und Umschlagprozessen von besonderer Bedeutung. Zu berücksichtigen ist jedoch, dass ein Artikel im Laufe seines Lebenszyklus den Modegrad wechseln kann. So könnte ein Artikel, der früher hochmodisch war, inzwischen zu den Basics gehören. Ein solches Beispiel sind die Leggings ([WOJ96], S.66).

Die **Saisonalität** ist die zweite wesentliche Anforderung der Fashion Branche an die Logistik. Dabei kann bei der Saisonalität nach natürlichen und künstlichen Schwankungen unterschieden werden. Natürliche Schwankungen treten bedingt durch die Jahreszeiten auf. Die natürlichen Schwankungen sind relativ gut im Voraus planbar, da sie immer zur gleichen Zeit in der gleichen Art und Weise auftreten. Die Herausforderung ist es, die Umschlagtechniken auf die vorhersehbaren Änderungen einzurichten. Künstliche Schwankungen entstehen z.B. durch Werbung, Ausstellungen und Messen, Ferien oder Schlussverkäufe ([WOJ96], S.67f). Während die natürlichen Schwankungen relativ planbar sind, stellen künstliche Schwankungen die Risikokomponente beim Verkauf von Fashion-Artikeln dar. Je mehr Vorlauf der Produktionsauftrag vor dem Verkauf an den Kunden braucht, desto größer wird die Unsicherheit.

Einige Unternehmen versuchen diesem Effekt entgegen zu wirken, indem sie ihre Kunden dazu bewegen, vor der Produktion der Ware die Artikel zu bestellen. Diese Möglichkeit haben aber nur Unternehmen mit einer großen Marktmacht, da die Unsicherheit dadurch nicht verschwindet, sondern auf den Kunden übertragen wird. Die Gefahr eines plötzlichen Nach-

fragerückgangs steigt dann auf der Handels- bzw. Kundenseite ([WOJ96], S.69f).

Einen anderen Weg gehen die vertikalen Unternehmen. Diese haben es geschafft, die Unsicherheit durch eine verkürzte Durchlaufzeit (vom Design bis zum Verkauf) zu mindern. Traditionelle Unternehmen müssen noch immer auf die mehr oder minder verlässlichen Prognosen vertrauen. Auf diese Weise entsteht eine große Lücke zwischen Order-, Produktions- und Lieferrhythmus. Aufgrund der Ungewissheit wird ein Großteil der Ware auf Verdacht gefertigt und in die Supply Chain eingeschleust. Die Logistik ist somit gezwungen, die Artikel in großen Stückzahlen am Anfang der Saison einzulagern und erst nach und nach auszuliefern ([FEI07], S.34). Unter anderem aufgrund dieser Situation und einer immer mehr zunehmenden Dynamik des Markts, erleben die meisten vertikalen Unternehmen in der letzten Zeit einen deutlichen Aufschwung.

Ebenso relevant wie die Saisonwechsel sind auch die Unterschiede im Volumen und der von der Jahreszeit abhängigen Menge der umzuschlagenden Artikel. So haben die Artikel im Winter deutlich mehr Volumen als im Sommer. Beispielhaft werden im Sommer T-Shirts und im Winter gefütterte Jacken umgeschlagen. Aber auch die Menge der Artikel unterscheidet sich über das Jahr. Kunden neigen dazu, mehr Artikel für Sommer und Winter zu kaufen, als sie es in den Übergangsphasen tun.

Das **Handling** (Handhabung) der Artikel ist eine weitere Anforderung der Fashion Branche an die Logistik. Es beschreibt die Art und Weise, wie die Kleidung transportiert werden kann, um in einem verkaufsfähigen Zustand beim Kunden anzukommen. Dabei kann grundsätzlich zwischen hängendem und liegendem Handling unterschieden werden. Hängende Ware wird auf Kleiderbügel transportiert, während liegende Ware z.B. in Kartons verpackt ist, die wiederum palettiert sein können [VDI02b]. Ebenso ist es möglich, dass die Artikel von der Produktion zum Kunden beide Handhabungsarten durchlaufen ([WOJ96], S.73). In diesem Fall wird die liegende Ware meist aus Übersee in einem Logistikzentrum angeliefert, aufgebügelt und dann hängend weiter an Verkaufshäuser oder direkt an den Endkunden versandt.

Neben den logistischen Handling-Prozessen wird die Ware selbst auch weiter bearbeitet. Diese Bearbeitungs-Prozesse unterteilen sich in Aufbereitung und Value Added Services (VAS). Die Aufbereitung wird notwendig, da die Ware aufgrund von großen Transportentfernungen häufig Knickspuren aufweist. Unter einem Aufbereitungsprozess versteht man u.a. das Toppen, Puppen, Tunnelfinishen oder Handbügeln der Ware ([LAN01], S.97). Die Durchführung dieser Dienste beansprucht bestimmte maschinelle Geräte. Auf dem Weg zum Kunden werden oft auch Value Added Services notwendig. Das Durchführen von Value Added Services

besteht aus dem Umpacken der Ware, Etikettierung und Preisauszeichnung, wobei diese Dienste an verschiedenen Stellen eines Logistikzentrums erbracht werden können.

Sowohl der Aufbereitung als auch die Value Added Services sind sehr arbeits- und zugleich kostenintensiv. Laut Pfohl besteht ein Einsparungspotenzial von 10% der Logistikkosten, wenn diese Dienste in das Herstellerland verschoben werden. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass einige Dienste nicht im Herstellungsland erbracht werden können, sofern dieses durch einen langen Transportweg vom Verkaufsort entfernt ist. Der Grund ist, dass bei einigen Services (Preisauszeichnung, Etikettierung) die notwendige Information zum Zeitpunkt der Produktion noch gar nicht feststeht [PGS07].

Das Handling der Fashion Ware setzt bestimmte technische Geräte oder Gebäudeausstattungen voraus. Hierzu gehören auf der einen Seite passende Transportfahrzeuge und -behälter sowie Wechselbrücken und Container. Auf der anderen Seite zählen Lager- und Umschlageinrichtungen dazu ([WOJ96], S.75). Für liegende Ware entsprechen diese denen anderer Branchen. Die besondere Anforderung der Fashion Branche entsteht auf Seiten der hängenden Ware. Hier müssen die Transportfahrzeuge mit Stangen oder Nylonschnüren ausgerüstet sein. Diese als „garment-on-hanger“ bezeichnete Art des Transports hat trotz der erhöhten Transportkosten durch die geringe Kapazitätsauslastung den Vorteil, dass die Ware ohne weitere Aufbereitung weiter umgeschlagen werden kann.

Um den Materialfluss entlang der Supply Chain zu vereinheitlichen haben einige Firmen, wie z.B. die Marinetti Group, spezielle Bügel entworfen, die sowohl für die Logistik, als auch für die Präsentation in der Filiale verwendet werden können, so dass kein Wechsel in der Filiale mehr notwendig wird [PGS07]. Auch bei den Lager- und Umschlagprozessen unterscheidet sich die hängende Ware. Hier sind spezielle Förderanlagen im Einsatz, die den Transport von einzelnen Kleiderbügel oder von sogenannten Trolleys, auf denen mehrere Bügel hängen können, ermöglichen. Da die Trolleyförderung als minimale Voraussetzung angesehen werden kann, ist die Anfangsinvestition für den hängenden Umschlag entsprechend hoch.

Nachdem in den letzten Jahren der Anteil in Asien produzierter Ware zugenommen hatte, entwickelt sich dieser Prozess langsam zurück. Aus diesem Grund wächst der Anteil des Hängeversands wieder an. Zudem entsteht trotz der Platz- und Kostenintensität des Transportes ein transparenter, durchgängiger Warenfluss. Wichtig sind in diesem Zusammenhang auch die eingesparten Technik- und Lohnkosten der Aufbereitung. ([NST07], S.689)

Die **Art des Handels** ist die vierte Anforderung der Fashion Branche an die Logistik. So werden die Kleidungsstücke inzwischen nicht mehr nur in der Filiale verkauft. Vielmehr gewinnt auch in der Fashion Branche der Versandhandel unter dem Stichwort „E-Commerce“ an Bedeutung.

In diesem Zusammenhang ist E-Commerce der elektronische Handel mit Waren und Dienstleistungen, der in die für die Fashion Branche relevanten Formen Business-to-Business (B2B) und Business-to-Customer (B2C) aufgeteilt werden kann. Hier steht B2B für die elektronischen Geschäftsbeziehungen zwischen verschiedenen Unternehmen. B2C hingegen steht für die Beziehung zwischen einem Unternehmen und dem Endkunden ([WAN05], S.31).

Das E-Commerce bewirkt erhebliche Veränderungen in der Auftragsstruktur, was sich direkt in den Anforderungen an die Logistik widerspiegelt. Hierzu gehören kleinere Sendungen in größerer Anzahl und deutlich mehr Retouren. Retouren müssen kontrolliert und dann entweder neu aufbereitet oder aussortiert werden. Sowohl das Auftreten als auch der Bearbeitungsaufwand der einzelnen Positionen ist kaum vorab abschätzbar. Die Fashion Unternehmen sind gezwungen, ihre Mengen genauer vorzuplanen und unter Umständen das Sortiment auf einen weniger risikoreichen Bereich anzupassen. Zu erwähnen ist allerdings, dass die Anforderungen für alle Unternehmen, die dieses Feld betreten, gleichermaßen gelten und eine gewissenhafte Bearbeitung der anfallenden Aufgaben Kunden gewinnen und interne Prozesse verbessern lässt [SEE07].

Insgesamt führt die Einführung des E-Commerce bei einem Unternehmen zu komplexen Strukturen, die verantwortungsvoll verwaltet werden müssen. So deklarieren einige Unternehmen die Logistik in diesen Fällen als eigenständige Kernkompetenz oder geben diese an Dienstleister ab (Outsourcing) [LIP07a].

### **2.3.2. Ausprägungsformen der Fashion Logistik**

Der größte Teil der Fashion Branche überschneidet sich, wie in Unterkapitel 2.1 definiert, mit der Textil- und Bekleidungsindustrie, die sich in einem dynamischen Wandel befindet. Dieser Wandel betrifft demnach auch die Fashion Branche. Schon seit Jahrzehnten sinken die Beschäftigungs-, Produktions-, und Umsatzzahlen in der mittelständisch geprägten Textil- und Bekleidungsindustrie. Inzwischen sind in Deutschland weniger als 3,2% der Beschäftigten des verarbeitenden Gewerbes in diesem Wirtschaftszweig tätig ([SCH04a], S.133). Diese Situation gilt gleichermaßen für ganz Westeuropa. Durch Produktionsverlagerungen nach Asien, Süd-

europa und Afrika wurde diese Entwicklung ausgelöst. Hauptursache sind die niedrigen Lohnkosten in diesen Regionen. Mit Hilfe von innovativen Technologien oder durch die Verlagerung der Produktion ins Ausland wurde versucht, der Abwanderung des gesamten Unternehmens entgegen zu wirken ([SCH04a], S.137ff). Eine typische Ausprägungsform ist die Produktion in Form der passiven Lohnveredelung. Hierunter versteht man, dass die Ware für die kostenintensiven Prozesse der Bearbeitung, Verarbeitung und Ausbesserung (Veredelung) zu ausländischen Betrieben exportiert und im Anschluss wieder reimportiert wird ([LAN01], S.39).

Die Fashion Branche hat mit zum Teil gravierenden Umsatzeinbußen zu kämpfen. Diese ist vor allem auf eine schwankende Kundennachfrage, gesättigte Märkte und einen steigenden Wettbewerbsdruck zurück zu führen ([RIE08], S.439). Um diesem Effekt entgegen zu wirken hat sich das noch relativ neue Geschäftsmodell der vertikalen Unternehmen entwickelt. In Abb. 2.10 ist die Supply Chain von vertikalen und traditionellen Unternehmen im Vergleich dargestellt. Die Supply Chain, auch Lieferkette, umfasst dabei die unternehmensübergreifende Abwicklung von Material- und Informationsflüssen von der Rohstoffgewinnung bis zum Endkunden ([BUS04], S.6). Es ist zu erkennen, dass die dargestellte Supply Chain der Unternehmen in eine Inbound- und eine Outbound-Seite unterteilt werden kann. Dabei beinhaltet die Inbound-Seite alle Prozesse von der Gewinnung der Rohstoffe bis zum Wareneingang bei den Herstellern (Konfektionäre). Die Outbound-Seite erstreckt sich vom Konfektionär bis zum Endkunden.

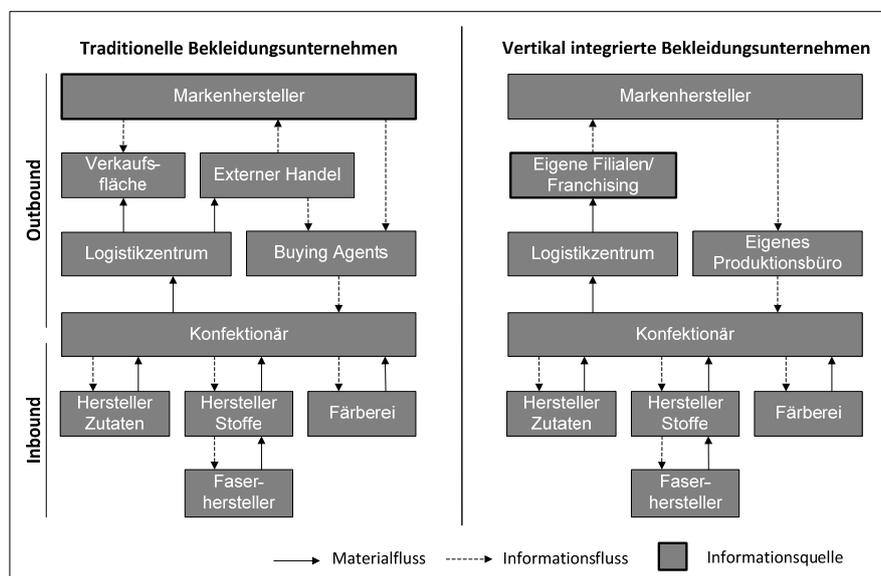


Abb. 2.10. Zwei Formen der Fashion Logistik (vgl. [NST07], S.683)

	Orderanteile bis zu 6 Monate vor Saison	Wareneingänge		Umsatzanteil abgeschriebene Ware
		Saisonstart	Saisonmitte/ Saisonende	
<b>Traditionelle</b>	40 – 60 % „Vorkauf“	80 – 100 %	+ 0 – 20 %	30 – 40 %
		Posten		
<b>Vertikale</b>	15 – 25 % „Vorkauf“	50 – 60 %	+ 40 – 50 %	15 – 20 %
		Neue Ware		

**Abb. 2.11.** Der Reaktionsvorteil der vertikal Integrierten ([JS07], S.54)

Die traditionellen Unternehmen bieten zwei Kollektionen im Jahr mit einer Vorlaufzeit von bis zu 260 Tagen an. Das bedeutet, dass schon knapp neun Monate vor dem Verkauf feststeht, welche Artikel produziert und verkauft werden sollen. In Abb. 2.11 ist dargestellt, dass mit 40-60% ein Großteil der Artikel bereits Monate vor Beginn der Saison in Vororders geordert wird. Bei Saisonstart sind sogar 80-100% der Wareneingänge im Logistikzentrum verbucht worden. Aufgrund der langen Vorplanungszeit werden 30-40% der Waren am Ende der Saison abgeschrieben. Die Produktionsaufträge werden schließlich an sogenannte Buying Agents in den Herstellungsländern übermittelt. Bei traditionellen Unternehmen findet demnach an dieser Stelle ein Bruch der Kommunikationskette statt. Der Markenhersteller gibt die Verantwortung vollständig an die Buying Agents ab, welcher selbstständig für die Herstellung der Ordermengen verantwortlich ist und die Produktion koordiniert. Somit hat der Markenhersteller keinen Kontakt zum Produzenten und nur eingeschränkte Informationen über den Produktionsverlauf. Nach der Produktion werden die Waren zum Logistikzentrum transportiert, wo oftmals noch Aufbereitungsdienste und Value Added Services notwendig sind. ([NST07], S.683f)

Vertikale Unternehmen unterscheiden sich zu traditionellen Unternehmen in zwei zentralen Punkten. Auf der einen Seite sind die Saisons deutlich kürzer. So treten zwölf oder mehr Saisons pro Jahr auf. Diese werden dadurch ermöglicht, dass die Durchlaufzeit von der Designidee bis zum Verkauf nur etwa vier Wochen beträgt. So müssen nur noch 15-25% der Produktionsaufträge mit viel Vorlauf getätigt und 15-20% der Artikel am Ende der Saisons abgeschrieben werden. Auf der anderen Seite gibt es bei den vertikalen Unternehmen keine Buying Agents, wodurch der Einfluss auf die Produktion nicht abgegeben wird. Zudem sind die Unternehmen auf verschiedenen Stufen der Supply Chain aktiv und haben durch vertikale Kooperationen mit anderen Unternehmen Einfluss auf das gesamte Netzwerk.

Das primäre Ziel von beiden Geschäftsmodellen ist es, die Gewinne zu maximieren. Dabei werden völlig unterschiedliche Pfade eingeschlagen. Da die traditionellen Unternehmen weniger aktuelle Mode zu geringen Preisen anzubieten, liegt ihr Fokus auf einer Herstellung zu niedrigen Kosten und einer möglichst optimalen Ausnutzung der gegebenen Ressourcen. Ihren Unternehmenserfolg versuchen sie, durch Economies of Scale zu erreichen. Hier werden große Mengen gleichzeitig produziert, um Mengeneffekte ausnutzen zu können. Dabei ist das Risiko, auf einen falschen Modetrend zu setzen, bei den gegebenen langen Durchlaufzeiten relativ hoch. Dieses Risiko steigt dadurch noch weiter an, dass eine durchgängige Kommunikation entlang der Supply Chain aufgrund der vielen Teilnehmer und deren Schnittstellen nur sehr eingeschränkt möglich ist.

Für vertikale Unternehmen ist es nicht das Ziel, die Ware möglichst günstig zu produzieren. Hier kommt es vielmehr auf Geschwindigkeit an. Mit der Realisierung der Economies of Speed sollen die oft hochmodernen Artikel möglichst schnell beim Kunden sein. Nicht mehr der Preis, sondern die Aktualität der Artikel ist entscheidendes Kriterium. Aufgrund der vielen Saisons und des Ziels, die Lagerbestände klein zu halten, werden die Ressourcen sogar meist nicht vollständig ausgenutzt. So lässt z.B. Zara teilweise nur halbvolle LKW fahren. Mittels der Überkapazitäten sind die vertikalen Unternehmen aber in der Lage, auf Schwankungen zu reagieren und auch in Spitzenzeiten genügend Reserve zur Verfügung zu haben. Es ist sogar möglich, so auf den Markt zu reagieren, dass sehr gut laufende Artikel schnell nachproduziert werden. Somit ist es nicht mehr notwendig, große Mengen vorzuproduzieren, wodurch die Restmengen am Ende der Saisons sehr gering sind. Die Aufgabe der Logistik ist es bei vertikalen Unternehmen, einen schnellen Transport von der Produktion zum Kunden zu gewährleisten. Hierdurch hat die Logistik einen großen Einfluss auf den gesamten Erfolg des Unternehmens. Die besondere Herausforderung an die Logistik ist es dabei, Kapazitäten so vorzuhalten, dass auch in Spitzenzeiten die Nachfrage befriedigt werden kann, ohne dass die Kosten dabei unbegrenzt in die Höhe schnellen ([NST07], S.684f; [JS07], S.54).

Generell kann die Ausrichtung der Logistik in der Supply Chain in drei Formen eingeteilt werden: die Push-, die Pull- und die Push-Pull-Strategie [HH06]. Bei der Herstellung von großen Mengen für einen kundenanonymen Markt wird die traditionelle Push-Strategie eingesetzt. Da die Nachfrage noch nicht feststeht, wird diese prognostiziert und nach der Produktion bis zum Gebrauch zwischengelagert. Diese Strategie setzt eine gute Vorhersage der Nachfrage voraus. Im Gegensatz zur Push-Strategie steht der Pull-Ansatz. Dieser beginnt mit dem Kundenauftrag, der die Produktion eines Produkts auslöst. Es wird demnach nur dann produziert, wenn die Nachfrage tatsächlich vorhanden ist. So ist die Pull-Strategie auch die Ba-

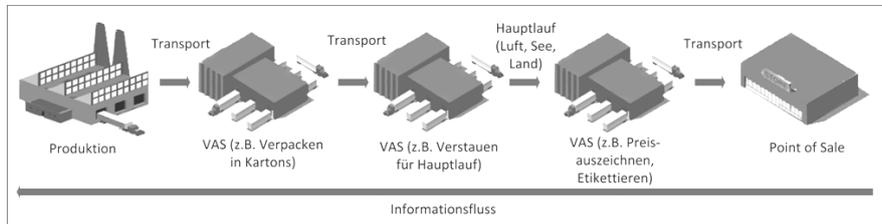
sis der Just-In-Time Philosophie ([CHR05], S.123f). Problematisch an diesem Ansatz ist allerdings, dass je nach Herstellungsprozess eine zu lange Wartezeit zwischen Auftragsauslösung und Auslieferung entstehen kann. Aus dieser Situation heraus ist die Push-Pull-Strategie entstanden. In dieser werden die Produkte zunächst nach der Push-Strategie bis zu einer bestimmten Stufe vorgefertigt und erst bei einer konkreten Nachfrage nach der Pull-Strategie fertig gestellt. Den Übergangspunkt zwischen den beiden Formen nennt man Kundenauftragsentkoppelungspunkt (splitting point). Ein Beispiel für diesen Ablauf stellt das Textilunternehmen Benetton dar. Dieses hält seine Pullover zunächst ungefärbt in den Fabriken bereit und färbt sie nach beim Eintreffen eines Auftrags ein ([WER08], S.104; [FFM03], S.188).

Eine in den USA für die Konsumgüterindustrie entwickelte Strategie der Logistikabwicklung stellt das Efficient Consumer Response dar. Die Strategie zählt zu den vertikalen Kooperationsformen und ist Pull-gesteuert. Zentrale Aufgabe ist die effiziente Befriedigung der Kundennachfrage. Deshalb werden dort, wo die Produkte verkauft werden (point of sale), die Mengen artikelgenau erfasst und unternehmensübergreifend zur Verfügung gestellt. Auf diese Weise entsteht ein verbesserter Informationsaustausch zwischen Handel und Hersteller ([FFM03], S.188f).

Zusammenfassend scheinen die vertikalen Unternehmen den traditionellen Unternehmen derzeit darin überlegen, ihren Unternehmenserfolg auszubauen. Der Reaktionsvorteil der vertikalen Unternehmen im Vergleich zu traditionellen ist Abb. 2.11 zu entnehmen. So sind die Traditionellen am Saisonende nur noch fähig, alte Ware zu verkaufen. Vertikale Unternehmen sind zu diesem Zeitpunkt hingegen noch immer in der Lage, bis zu 50% neue Waren anzubieten. Während traditionelle Unternehmen mit Preisnachlässen locken müssen, bieten vertikale Unternehmen kontinuierlich neue Mode an. ([NST07], S.685; [JS07], S.25ff)

### **2.3.3. Teilnehmer der Fashion Logistik**

Nachdem im letzten Unterkapitel die vielfältigen und komplexen Anforderungen der Fashion Branche an die Logistik beschrieben wurden, werden im Folgenden die Teilnehmer der Fashion Logistik vorgestellt. Anhand eines typischen Verlaufs der Ware von der Produktion bis zum Endkunden wird auf die Teilnehmer, mit ihren individuellen Aufgaben, eingegangen. Auf diese Weise wird Transparenz in die Prozesse gebracht und zusätzlich verdeutlicht, welche Faktoren bei einer Analyse der Fashion Supply Chain von Bedeutung sind.



**Abb. 2.12.** Typischer Verlauf der Outbound-Supply Chain ([NST07], S.689)

In Abb. 2.12 wird der typische Verlauf der Outbound-Supply Chain dargestellt. Darin sind die Teilnehmer, sowie der Fluss von Material und Information, zu erkennen. Im Vergleich zur Inbound-Supply Chain liegen in diesem Bereich die größten Kostentreiber für die Logistik. Dadurch sind aber im Gegenzug auch die größten Potenziale in diesem Bereich enthalten. Aus diesem Grund, und weil die Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse der Inbound-Supply Chain eher textilunspecifisch sind, wird im weiteren Verlauf der Fokus auf die Outbound-Supply Chain gelegt ([NST07], S.687f).

Ausgangspunkt der Outbound-Supply Chain ist der Produzent, der die Kleidungsstücke herstellt. Mittels eines LKW werden die Artikel in ein Lager transportiert, in dem Value Added Services stattfinden. Hierzu gehören z.B. das Verpacken der Artikel in Versandkartons oder das Aufhängen auf Kleiderbügel. Sind die Informationen bereits verfügbar, kann an dieser Stelle auch eine Preisauszeichnung und Sicherung der Artikel erfolgen. Die Lage der Produktion und die Zuordnung des Sortiments zu diesen Standorten haben bereits einen großen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Supply Chain. So variieren die Produktions- und Transportkosten je nach Wahl des Herstellungslandes. Einige Unternehmen, wie zum Beispiel Zara, fertigen ihre Basics im Ausland, während die hochmodernen Artikel in Europa produziert werden [AL06]. Somit wird die Standortwahl, unter Berücksichtigung von Kosten, Qualität und Verfügbarkeit der Ware, zu einem Schlüsselfaktor des erfolgreichen Aufbaus eines Unternehmensnetzwerkes. In der weiteren Betrachtung werden unter der „Produktion“ die beiden Schritte der Herstellung und der nachfolgenden Lagerung gemeinsam verstanden. Der Grund ist, dass sich das Lager meist im direkten Anschluss an das Produktionswerk befindet oder teilweise mit im Werk enthalten ist.

Nach der Produktion und der angeschlossenen Lagerung wird die Ware in ein Konsolidierungslager transportiert. Dort können die Waren verschiedener Produzenten eintreffen, die dann für den Hauptlauf vorbereitet werden. Die Art des Hauptlaufs hängt vom Herstellungsland ab. Ist dieses

**Tab. 2.2.** Unterscheidungsmerkmale der Distribution ([ZNS06], S.21ff)

Merkmal	Integrationsform	Stufigkeit	Geschäfts- beziehung
Ausprägungs- form	integriert	Nullstufig	B2B
	vertikal-kooperativ	Einstufig	B2C
	ausgegrenzt	Mehrstufig	

etwa in Asien und ist genügend Lieferzeit vorhanden, so wird der Hauptlauf in Containern mit dem Schiff durchgeführt. Alternativ kann auch das Flugzeug eingesetzt werden, um Zeit zu sparen. Der LKW wird für kürzere Strecken eingesetzt, so zum Beispiel für Transporte innerhalb von Europa. Das Ergebnis der Verkehrsträgerwahl hat somit einen entscheidenden Einfluss auf die Kosten, Qualität und Dauer der Lieferung.

Nach dem Hauptlauf werden die Artikel in einem Logistikzentrum, welches sich in der Bestimmungsregion befindet, für den Versand zum Point of Sale vorbereitet. Hierzu gehören z.B. die Kommissionierung, die Aufbereitung und die Durchführung von zusätzlichen Value Added Services. Zu den Value Added Services gehören wieder die Preisauszeichnung und Etikettierung, für die nun alle notwendigen Informationen vorhanden sind.

Nachdem die Ware im Logistikzentrum umgeschlagen wurde, wird sie zur Filiale eines Unternehmens oder direkt zum Endkunden transportiert. Es gibt allerdings verschiedene Formen und Größen von Filialen und auch unterschiedliche Arten von Kunden und der Warenpräsentation. Die Formen von Stores lassen in Independent Retailer (z.B. SportScheck), Flagship Stores und Factory Outlets unterteilen ([ZNS06], S.55). Die Konzepte der Warenpräsentation sind sehr vielfältig. Sie sollen zum Kauf anregen und gleichzeitig das Kaufverhalten analysierbar machen. Hier gibt es verschiedene Ausprägungsformen, wie die Multi-Brand Areas, die Identity Corners, die Shop-in-Shop Konzepte und auch Partnership Stores ([ZNS06], S.66). Die Art der Kunden stellt verschiedene Anforderungen an die Fashion Logistik. Sie lassen sich in Groß- und Kleinkunden sowie in Privatkunden (meist E-Commerce) unterteilen. Während Aufträge von Großkunden viele verschiedene Positionen enthalten, rufen Kleinkunden geringere Mengen mit ihren Aufträgen aus dem Logistikzentrum ab. Beim E-Commerce sinkt die Auftragsgröße auf ein bis drei Teile pro Auftrag, während die Anzahl der Retouren stark zunimmt.

Die Distribution in der Fashion Supply Chain kann schließlich in drei verschiedenen Punkten variieren (vgl. Tab. 2.2):

- Manche Fashion Unternehmen haben ihre Distribution vollständig in ihre eigene Supply Chain integriert (integrative bzw. secured distribution). Andere wiederum arbeiten mit Vertriebspartnern zusammen, auf die sie Einfluss ausüben können (vertikal-kooperative bzw. controlled distribution). Schließlich kann das Fashion Unternehmen seine Produkte auch an externe vertraglich unabhängige Absatzmittler verkaufen (z.B. Großhandel oder Einzelhandel).
- Die Ware kann nullstufig (direkt vom Hersteller zum Abnehmer), einstufig (Nutzung von Einzel-/ oder Großhandel zwischen Hersteller und Abnehmer) sowie mehrstufig (Nutzung von Einzel-/ und Großhandel zwischen Hersteller und Abnehmer) abgesetzt werden.
- Es kann zwischen B2B und B2C differenziert werden. B2B (Business-to-Business) steht dabei für die Beziehungen zwischen (mindestens zwei) Unternehmen. Beziehungen zwischen Unternehmen und Privatpersonen wird als B2C (Business-to-Consumer) bezeichnet. ([ZNS06], S.21ff)

Im Zusammenhang mit der Distribution ist die besondere Stellung von Dienstleistern hervorzuheben. Diese führen heutzutage mehr als 80% der Transporte durch ([WOJ96], S.78f). Neben dem Transport sind die Dienstleister aber auch im Betrieb von ganzen Logistikzentren tätig. So ist das komplette Outsourcing von Diensten wie VAS, Qualitätskontrolle, Warehousing, Retourenmanagement und Zollabwicklung bis hin zur Steuerung der kompletten SC nicht unüblich, wird jedoch in der Praxis noch nicht in vollem Umfang in Anspruch genommen ([NST07], S.689). Zu den Diensten, die verstärkt an Dienstleister abgegeben werden, gehören die Aufbereitung (z.B. Bügeln oder Tunnelfinishen) sowie die Kommissionierung und das Etikettieren [LIP06].

### **3 Entwicklung der Betriebskennlinien von Logistikzentren**

Die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren wird in dieser Arbeit mit Betriebskennlinien beschrieben. Bei den Betriebskennlinien handelt es sich um Kennzahlen, die in Abhängigkeit von einer Einflussgröße abgebildet werden und dadurch Kennlinien bilden. Die Betriebskennlinien stellen dabei den Verlauf der Kennzahlenwerte dar, wie sie im Betrieb eines Logistikzentrums erreicht werden. Von ihrem Verlauf kann die Sensibilität der Leistungsfähigkeit abgeleitet werden.

Inhalt dieses Kapitels ist die Entwicklung der Kennzahlen, die zur Bildung der Betriebskennlinien eingesetzt werden sollen. Dazu werden vier Kennzahlen bestimmt und eine von ihnen als Einflussgröße ausgewählt. Alle Kennzahlen werden mit Formeln beschrieben. Diese sind in wesentlichen Teilen in der Statistik bekannt und werden im Rahmen dieser Arbeit auf das Logistikzentrum übertragen.

Um eine breite Anwendbarkeit zu gewährleisten, sind die im Folgenden dargestellten Ausarbeitungen unternehmens- und branchenneutral. Die Beschreibung der Kennzahlen kann somit auf beliebige Logistikzentren übertragen werden.

#### **3.1 Bildung von Betriebskennlinien**

Der Begriff der Betriebskennlinie wurde bereits in Kapitel 2.1 definiert. Nun sollen die passenden Kennzahlen für die Beschreibung der Leistungsfähigkeit von Logistikzentren ausgewählt werden. Ausgangspunkt dazu sind die logistischen Leistungsmerkmale „Lieferfähigkeit“ und „Liefertreue“, die für Unternehmen zu immer wichtigeren Differenzierungsmerkmalen werden. Die Lieferfähigkeit beschreibt, inwieweit eine geforderte Leistung erbracht werden kann. Die Liefertreue charakterisiert, in welchem Maße geforderte Termine eingehalten werden können. Dabei müssen die Lieferfähigkeit und Liefertreue mit geeigneten Strategien systemtechnisch ermöglicht werden ([NW03], S.2f). Von besonderer Bedeutung ist es dabei, verschiedene Systemansätze kostenmäßig zu bewerten,

um damit ein Minimum an Kosten und Aufwand für die Erbringung der logistischen Leistung zu erzeugen [WR06]. Die damit angestrebte „hohe Effizienz“ stellt ein günstiges Verhältnis zwischen der erbrachten Leistung und dem notwendigen Aufwand dar. Nyhuis fasst die Notwendigkeit, logistisch leistungsfähig zu sein, wie folgt zusammen:

*„Die Zielsetzung muss es sein, bei gegebenem Lagerzu- und -abgang die Lagerbestände und damit verbundenen Lagerverweilzeiten so gering wie möglich zu halten, aber dennoch einen hohen Lieferservice durch einen geringen Lieferverzug gegenüber den verbrauchenden Bereichen sicherzustellen.“ ([NW03], S.10)*

Die vorliegende Arbeit unterscheidet sich durch ihren Betrachtungsgegenstand von der gegebenen Definition. Es wird davon ausgegangen, dass Bestände immer in ausreichendem Maße vorhanden sind und somit das Ziel der Bestandsverbesserung nicht in die Untersuchung mit aufgenommen wird. Dieser Fall ist typisch für Logistikdienstleister, die meist keinen Einfluss auf ihre Bestände ausüben können. Bei ihnen geht es primär darum, ausreichend Ressourcen zu geringen Kosten bereit zu stellen und dem Auftraggeber gleichzeitig eine möglichst geringe Durchlaufzeit zu bieten. Vor allem bei vertikalen Unternehmen, die z.B. in der Fashion Branche weit verbreitet sind, tritt der beschriebene Fall oft ein. In deren Logistikzentren werden die Artikel kaum langfristig eingelagert und es ist das Ziel, die Artikel auf neue Sendungsrelationen zu verteilen und dabei langfristige Bestände zu vermeiden. Es geht auch hier vordergründig um den Einsatz von Ressourcen sowie die Einhaltung bzw. Minimierung von Durchlaufzeiten. Eine treffendere und hier angewendete Formulierung lautet nun:

*„Die Zielsetzung (in der Fashion Branche) muss es sein, bei gegebenem Lagerzu- und -abgang die Ressourcen und die damit verbundenen Lagerkosten und -verweilzeiten so gering wie möglich zu halten, aber dennoch einen hohen Service Level durch einen geringen Lieferverzug gegenüber den verbrauchenden Bereichen sicherzustellen.“ [eigene Definition]*

Aus der Vielzahl bekannter Logistikkennzahlen können damit vier relevante Zielgrößen abgeleitet werden, die aber auch direkt auf andere Branchen übertragen werden können. Diese werden als zentrale Punkte anerkannt und sind in der Zielhierarchie beinahe jeder Unternehmensstruktur wiederzufinden. Es handelt sich dabei um ([VDI99]; [NW03], S.11):

- Service Level,
- Lieferverzug,
- Ressourcenbestand und
- Logistikkosten.

Bei der gesonderten Verfolgung der logistischen Zielgrößen wirken sich die mit ihnen verbundenen Maßnahmen oft negativ auf andere Zielgrößen aus. Um in Abhängigkeit von der aktuellen Marktsituation und den geforderten Durchlaufzeiten Sollwerte für die Gestaltung und den Betrieb eines Logistikzentrums vorzugeben, ist man bislang darauf angewiesen, auf Erfahrungswissen zurück zu greifen. Allein aufgrund der Komplexität der Abläufe im Logistikzentrum und der wechselseitigen Beeinflussung der logistischen Zielgrößen ist es unwahrscheinlich, dass bei diesem Vorgehen ein guter Kompromiss gefunden wird ([NW03], S.10). Es ist praktisch ausgeschlossen, dass ein Optimum auch nur einer Zielgröße erreicht wird. Aus diesem Grund sollen die Zielgrößen so dargestellt werden, dass die Wechselwirkungen der einzelnen Zielgrößen zu erkennen sind [VDI99]. Dies wird durch den Einsatz von Betriebskennlinien möglich, die die gegenseitigen Relationen graphisch abbilden. Zur deren Darstellung wird das Service Level als Einflussgröße gewählt. Die übrigen Zielgrößen sind in Abhängigkeit davon dargestellt (siehe Abb. 2.1 auf Seite 10). Der Zielkonflikt der Zielgrößen ist in der Abbildung zu erkennen. Während z.B. die Kosten und der Ressourcenbestand sinken, steigt der Lieferverzug.

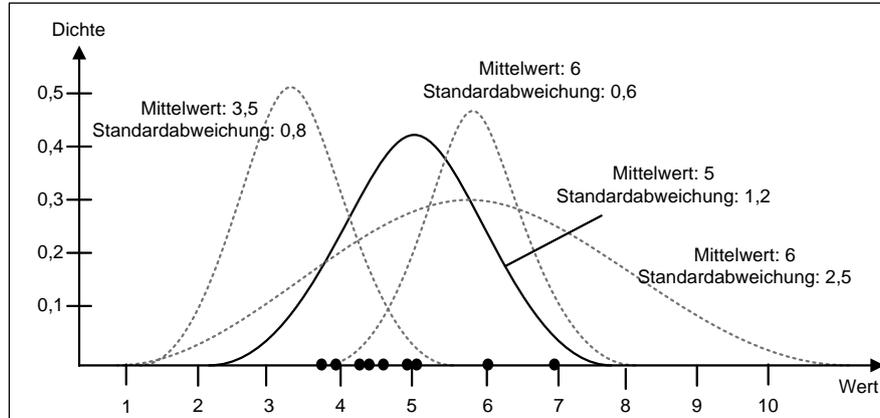
### 3.2 Analytische Berechnung relevanter Zielgrößen

Die in einem Logistikzentrum zu erbringende Leistung wird durch die Systemlast  $\lambda_t$  pro Zeiteinheit  $t$  beschrieben. Hier tritt die Systemlast in Form von Beförderungsaufträgen, Transportaufträgen, Lageraufträgen, Kommissionieraufträgen und Lieferaufträgen auf. Ausgelöst werden diese durch Anlieferungen im Wareneingang und durch Kundenaufträge. Die Systemlast setzt sich aus der Anzahl an Auftragseingängen  $A_t$  und einem mittleren Auftragsinhalt  $M_t$  zusammen:

$$\lambda_t = A_t * M_t \quad (3.1)$$

Über diese Formel ist direkt erkenntlich, dass aus einem stochastischen Auftragseingang auch eine stochastisch schwankende Systemlast folgt. ([GUD05], S.569f)

Um die Systemlast eines Logistikzentrums untersuchen zu können ist es wichtig festzustellen, welcher statistischen Verteilung sie in ihrem Auftreten folgt. Erst mit dieser Erkenntnis kann die Systemlast weiter mathematisch beschrieben werden. Hier besagt der zentrale Grenzwertsatz, dass die Summation unabhängiger Zufallsvariablen, die die gleiche Verteilung besitzen, normalverteilt ist. Dieser Fall tritt im Logistikzentrum ein, denn die eintreffenden Aufträge, mit denen die Systemlast beschrieben wird, sind



**Abb. 3.1.** Normalverteilungen mit verschiedenen Parameterwerten

unabhängige Zufallsvariablen ([BOL07], S.219). Der Auftragsinhalt stellt einen Multiplikator dar, der keinen Einfluss auf die Verteilung hat. Die Wahrscheinlichkeitsdichte der Systemlast kann demnach durch die in der Statistik eingesetzte Formel der Normalverteilung beschrieben werden, für deren Verlauf einige graphische Beispiele in Abb. 3.1 gegeben sind [NKN+99, S.1319]:

$$f(\lambda_t, \bar{\lambda}, \hat{\sigma}) = \frac{1}{\hat{\sigma} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[ -\frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\lambda_t - \bar{\lambda}}{\hat{\sigma}} \right)^2 \right] \quad (3.2)$$

Der Mittelwert  $\bar{\lambda}$  und die Standardabweichung  $\hat{\sigma}$  der normalverteilten Systemlast kann nach der Maximum-Likelihood Schätzung berechnet werden. Als Maximum-Likelihood Schätzung bezeichnet man in der Statistik eine Parameterschätzung, die nach der Maximum-Likelihood-Methode berechnet wurde. Bei der Maximum-Likelihood Methode handelt es sich um ein Verfahren, bei dem ein Parameter bestimmt wird, der für die Realisierung von beobachteten Daten am plausibelsten erscheint. Die Methode kann folgendermaßen verdeutlicht werden:

In den meisten Fällen ist es unmöglich oder mit unververtretbarem Aufwand verbunden, eine gesamte Population zu untersuchen. Deshalb sind die wichtigen Kennwerte der Population, wie der Mittelwert oder die Standardabweichung, unbekannt. Diese Kennwerte sind jedoch notwendig, um statistischen Rechnungen durchführen zu können. Möglich ist es nun, die Untersuchung anhand einer Stichprobe der Population durchzuführen. Anhand der Stichprobe können die Kennwerte der gesamten Population geschätzt werden. Als Maximum-Likelihood Schätzer wird jetzt derjenige Parameter bezeichnet, der die Wahrscheinlichkeit, die Stichprobe zu erhalten, maximiert. [NKN+99, S.1322f]

Zur Veranschaulichung ist in Abb. 3.1 die Normalverteilung für verschiedene Mittelwerte und Standardabweichungen abgebildet. Die X-Achse beschreibt dabei einen Wert  $\lambda_t$ , dessen Häufigkeit auf der Y-Achse wiedergegeben wird. Gleichzeitig sind die Werte einer Stichprobe auf der X-Achse eingezeichnet. Es ist zu erkennen, dass die Stichprobe die meisten Werte im Bereich zwischen 4 und 5 hat. Von den abgebildeten Normalverteilungen hat nun eine die höchste Wahrscheinlichkeit, zur Stichprobe zu passen. In diesem Beispiel hat sie einen Mittelwert von 5 und eine Standardabweichung von 1,2. Um diese Normalverteilung mathematisch bestimmen zu können, wird die Maximum-Likelihood Schätzung genutzt. Durch ihren Einsatz können die passende Normalverteilung und damit der Mittelwert sowie die Standardabweichung bestimmt werden.

Um die beschriebenen Kennwerte zu bestimmen muss auf Basis der Wahrscheinlichkeitsdichte (siehe Formel 3.2) die Log-Likelihood Funktion  $\ln(L)$  bestimmt werden. Dazu wird zunächst das Produkt  $L$  der Wahrscheinlichkeitsdichte von jedem Wert der Stichprobe gebildet:

$$\begin{aligned} L(\bar{\lambda}, \hat{\sigma} | \lambda_t) &= \prod_{t=1}^n \left\{ \frac{1}{\hat{\sigma} \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot \exp \left[ -\frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\lambda_t - \bar{\lambda}}{\hat{\sigma}} \right)^2 \right] \right\} \\ &= \left[ \frac{1}{\hat{\sigma} \cdot \sqrt{2\pi}} \right]^n \cdot \exp \left[ -\frac{1}{2} \cdot \left( \frac{\sum_{t=1}^n (\lambda_t - \bar{\lambda})^2}{\hat{\sigma}^2} \right) \right] \end{aligned} \quad (3.3)$$

Durch Logarithmierung erhält man die Log-Likelihood Funktion:

$$\ln(L) = -n \cdot \ln(\hat{\sigma}) - n \cdot \ln(\sqrt{2\pi}) - \frac{1}{2\hat{\sigma}^2} \cdot \sum_{t=1}^n (\lambda_t - \bar{\lambda})^2 \quad (3.4)$$

Die Log-Likelihood Funktion dient als Grundlage für die Bestimmung des Mittelwerts  $\bar{\lambda}$  und der Standardabweichung  $\hat{\sigma}$ . Dazu wird das Maximum der Funktion gebildet. Dieses wird dadurch bestimmt, dass man die Log-Likelihood Funktion jeweils nach einem der beiden unbekanntenen Werten auflöst und anschließend gleich Null setzt:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln(L)}{\partial \bar{\lambda}} &= \frac{2}{2\hat{\sigma}^2} \cdot \sum_{t=1}^n (\lambda_t - \bar{\lambda}) = 0 \\ \sum_{t=1}^n \lambda_t &= n \cdot \bar{\lambda} \\ \bar{\lambda} &= \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n \lambda_t = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}{n} \end{aligned} \quad (3.5)$$

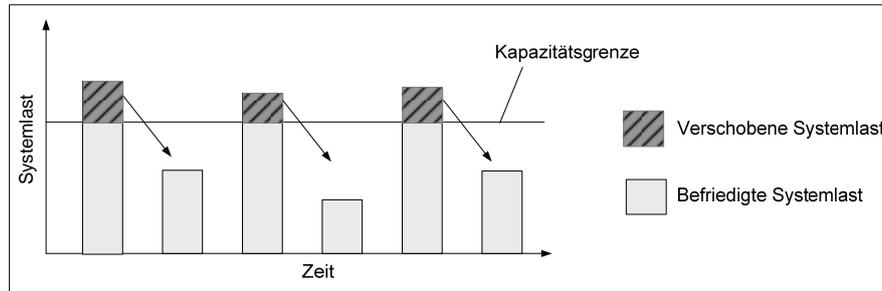
Die Formel beschreibt den Mittelwert  $\bar{\lambda}$  der Systemlast. Er wird dadurch gebildet, dass die Systemlastwerte für jeden Zeitpunkt  $t$  innerhalb eines Betrachtungszeitraums von  $n$  Zeitpunkten summiert werden. Anschließend wird diese Summe durch die Gesamtanzahl an Zeitpunkten geteilt. Bei dem beschriebenen Wert handelt es sich um das arithmetische Mittel der Systemlast.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln(L)}{\partial \hat{\sigma}} &= -\frac{n}{\hat{\sigma}} + \frac{1}{\hat{\sigma}^3} \cdot \sum_{t=1}^n (\lambda_t - \bar{\lambda})^2 = 0 \\ \Leftrightarrow n \cdot \hat{\sigma}^2 &= \sum_{t=1}^n (\lambda_t - \bar{\lambda})^2 \\ \Leftrightarrow \hat{\sigma} &= \sqrt{\frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n (\lambda_t - \bar{\lambda})^2} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Die Standardabweichung  $\hat{\sigma}$  beschreibt nun, wie stark die Systemlastwerte dazu tendieren, vom Mittelwert abzuweichen. Sie ist Maß für die Streuung der Werte. Laut Formel ist sie die Wurzel des quadrierten, summierten Mittelwerts der Abweichung aus jedem Zeitpunkt  $t$ .

### 3.2.1. Service Level

Das Service Level dient der Messung der Lieferfähigkeit. Zur Definition und Bestimmung des Service Levels wird der Faktor  $sl$  genutzt, der angibt, mit welcher Wahrscheinlichkeit die Systemlast  $\lambda_t$  die Kapazitätsgrenze  $k$  des Logistikzentrums nicht überschreitet. Die Kapazität wird durch die verfügbaren Techniken (z.B. über die Anzahl Gabelstapler) und Mitarbeiter begrenzt. Die Systemlast, die nicht aufgrund der begrenzten Kapazität in eine andere Periode verschoben werden muss, wird als befriedigte Systemlast  $\lambda_t^B$  bezeichnet und der Rest als verschobene Systemlast  $\lambda_t^V$  [VDI04]. In Abb. 3.4 auf Seite 49 ist dargestellt, dass in einigen Zeiteinheiten eine Systemlast auftritt, die über der Kapazitätsgrenze des Logistikzentrums liegt. Die in diesem Fall nicht befriedigte Systemlast wird in die nächste Zeiteinheit verschoben. Es ist ersichtlich, dass die zur Leistungserbringung notwendige Kapazität gemeinsam mit dem Service Level steigt und sinkt [HH08].



**Abb. 3.2.** Systemlast und Kapazitätsgrenze

Die folgende Formel beschreibt das Service Level allgemein:

$$sl = \sum_{t=1}^n \lambda_t^b / \sum_{t=1}^n \lambda_t \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.7)$$

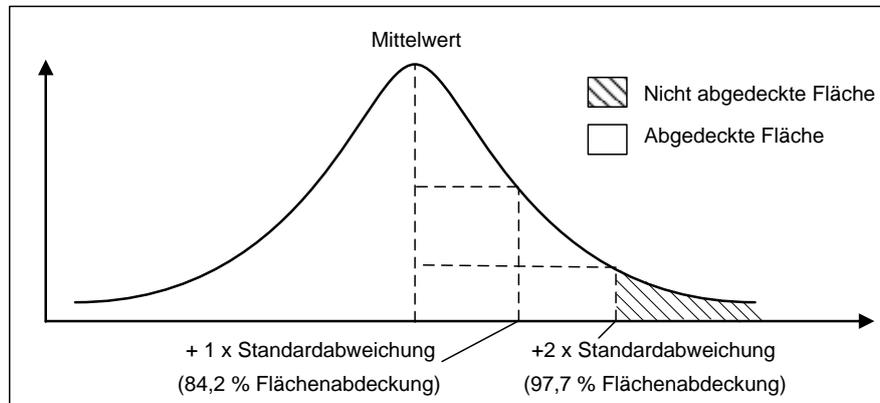
Der Formel ist zu entnehmen, dass das Service Level den Anteil der Systemlast beschreibt, der innerhalb eines Betrachtungszeitraums bei seinem Auftreten befriedigt werden kann. Im Rahmen dieser Arbeit beträgt dieser Zeitraum einen Tag. Dabei werden die Abläufe von der Auftragsfreigabe bis zur Auftragsabgabe betrachtet.

Wie zuvor beschrieben ist die Systemlast normalverteilt, wodurch auch ihr Mittelwert und ihre Standardabweichung mathematisch beschrieben werden konnten. Basierend auf diesen Werten werden im Folgenden zwei in der Statistik bekannte Formeln auf das Logistikzentrum übertragen, um das Service Level und die notwendige Kapazitätsgrenze zu bestimmen.

Zur Bestimmung des Service Levels wird die Verteilungsfunktion der Systemlast genutzt, und damit der Anteil der Systemlast berechnet, der bis zu einer gegebenen Kapazitätsgrenze  $K$  bearbeitet werden kann. Die entsprechende Formel lautet [STO07, S.63]:

$$sl = F(K) = \frac{1}{\hat{\sigma} \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^K \exp \left[ -\frac{1}{2} \cdot \left( \frac{i - \bar{\lambda}}{\hat{\sigma}} \right)^2 \right] di \quad (3.8)$$

In Abb. 3.3 ist das Service Level graphisch dargestellt. Es handelt sich um den Anteil der Fläche unter dem Graphen, der bis zur Kapazitätsgrenze erreicht wird. Der nicht erreichte Teil ist in der Abbildung schraffiert. Es ist zu erkennen, wie die Kapazitätsgrenze mit der Standardabweichung und dem Mittelwert verbunden ist. Die im Graphen enthaltenen Werte für das Service Level sind der in der Statistik genutzten Tabelle der Standardnormalverteilung auf Basis des Mittelwerts und der Standardabweichung zu entnehmen.



**Abb. 3.3.** Service Level und Kapazitätsgrenze

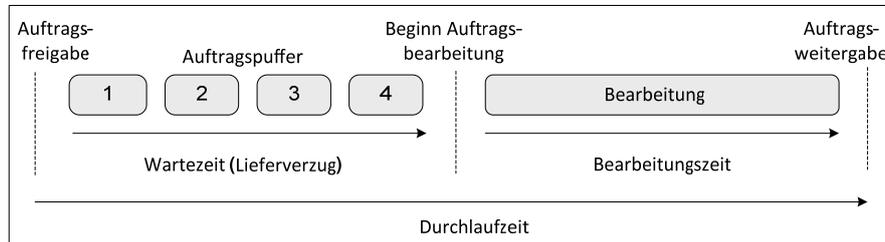
Umgekehrt ist es jetzt auch möglich, die Kapazität  $K$  vom Service Level abzuleiten, wenn der Mittelwert und die Standardabweichung der Systemlast bekannt sind. Demnach kann die Kapazität mit der in der Statistik genutzten Formel der Wahrscheinlichkeitsdichte der inversen Normalverteilung (inverse Gauß-Verteilung) bestimmt werden [BM03, S. 48]:

$$K(sl) = \begin{cases} \left( \frac{\hat{\sigma}}{2\pi \cdot sl^3} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \exp \left[ \frac{-\hat{\sigma} \cdot (sl - \bar{\lambda})^2}{2 \bar{\lambda}^2 \cdot sl} \right] & , sl > 0 \\ 0 & , sl \leq 0 \end{cases} \quad (3.9)$$

Das Ergebnis  $k$  ist die Kapazität, die bei einem Service Level von  $sl$  notwendig wird. Es ist zu erkennen, dass die Kapazität von der Systemlast abhängig ist und damit auch vom Mittelwert und dem Schwankungsverhalten der Systemlast abhängig ist.

### 3.2.2. Lieferverzug

Der Lieferverzug beschreibt, mit wie viel Wartezeit ein Auftrag bearbeitet werden kann. Damit hängt der Lieferverzug eng mit der Durchlaufzeit zusammen. Die mittlere Durchlaufzeit pro Auftrag beschreibt, wie lange ein Auftrag benötigt, um durch das System zu laufen. Dabei wird der Zeitraum ab der Freigabe des Auftrags bis zu dessen Fertigstellung und Weitergabe gemessen. Die Durchlaufzeit ist demnach abhängig von dem bestehenden Ressourcenbestand [HH08]. Je nachdem wie schnell Ressourcen für die Bearbeitung eines Auftrags zur Verfügung stehen, unterscheidet sich die Durchlaufzeit in verschiedenen Szenarien [VDI02a].



**Abb. 3.4.** Wartezeit, Bearbeitungszeit und Durchlaufzeit

Die Durchlaufzeit besteht aus der Bearbeitungszeit und der Wartezeit, d.h. dem Lieferverzug (vgl. Abb. 3.4). Wenn kein Lieferverzug auftritt, stellt die Bearbeitungszeit die minimale Durchlaufzeit dar. Im Rahmen dieser Arbeit wird die Bearbeitungszeit als konstant angesehen. Sobald die eintreffende Systemlast größer als die zur Verfügung stehende Kapazität wird, entsteht eine Wartezeit. Die Wartezeit ist demnach die Abweichung von der Bearbeitungszeit und ist ein Maß für die Leistungsfähigkeit des Hauptprozesses. Je höher die Abweichung ist, desto geringer ist die Leistungsfähigkeit. Dieser als Lieferverzug bezeichnete Wert wird deshalb als Zielgröße eingesetzt und kann durch die Summe der Abweichungen von der Bearbeitungszeit beschrieben werden. Der Lieferverzug wird für jede Zeiteinheit  $t$  berechnet und beschreibt die Anzahl an Zeiteinheiten, die bis zur Bearbeitung der bestehenden Systemlast notwendig werden. Die Formel lautet:

$$L_t = \frac{\max(0; \lambda_{t-1}^v + \lambda_t - K)}{K}, \text{ für } t = 1, \dots, n \quad (3.10)$$

Zur Berechnung des Lieferverzugs wird die aktuelle Systemlast  $\lambda_t$  zu der aufgrund von unzureichender Kapazität verschobenen Systemlast  $\lambda_{t-1}^v$  addiert und mit der Kapazitätsgrenze  $K$  verglichen. Dazu wird die Kapazitätsgrenze von der Systemlast subtrahiert. Ist die Kapazität groß genug, so beträgt der Lieferverzug mindestens Null. Ansonsten wird die verbleibende Systemlast durch die Kapazitätsgrenze geteilt und damit der Lieferverzug in Anzahl Zeiteinheiten bestimmt.

Das in Tab. 3.1 dargestellte Beispiel soll die Berechnung des Lieferverzugs weiter verdeutlichen. Hier sind für drei Zeiteinheiten verschiedene Lastmengen aufgeführt. So besteht in der ersten Zeiteinheit eine Last von 600 Einheiten, während nur eine Kapazität zur Bearbeitung von 350 Einheiten zur Verfügung steht. Es müssen also 250 Einheiten verschoben werden ( $\lambda_t^v$ ), was 71% der Kapazität ausmacht. In der zweiten Zeiteinheit müssen sogar 100% der Einheiten verschoben werden, bis in der letzten Zeiteinheit alle Anforderungen erfüllt werden können.

**Tab. 3.1.** Berechnung des Lieferverzugs (Beispiel)

t	$\lambda_t$	K	$\lambda_t^v = \max(0; \lambda_{t-1}^v + \lambda_t - K)$	$L_t = \frac{\lambda_t^v}{K}$
1	600	350	250	0,71
2	450	350	350	1,00
3	0	350	0	0,00

t = Zeiteinheit

$\lambda_t$  = Systemlast zur Zeiteinheit t

K = Kapazitätsgrenze

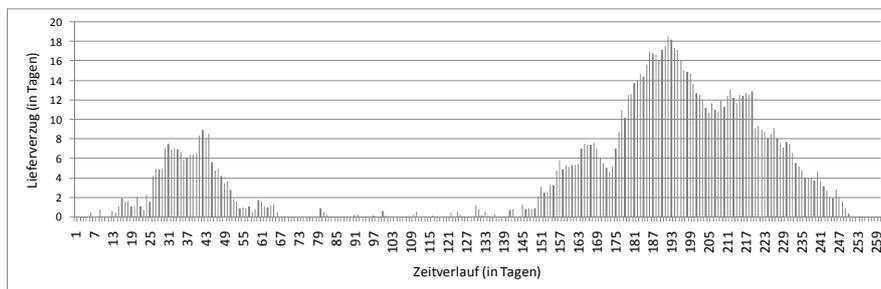
$\lambda_t^v$  = Systemlast, die von Zeiteinheit t in t+1 verschoben wird

$L_t$  = Lieferverzug zur Zeiteinheit t (in Zeiteinheiten)

In Abb. 3.5 ist der Lieferverzug eines Unternehmens auf Tagesbasis für den Zeitraum eines Jahres dargestellt. Es ist zu erkennen, dass sich die Werte des Lieferverzugs innerhalb eines Jahres ändern können. Um nun den Lieferverzug für den gesamten Zeitraum zu beschreiben, kann für dieses Unternehmen ein mittlerer Lieferverzug  $\bar{L}$  berechnet werden. Dieser Wert wird oft für Logistikdienstleister in ihren Verträgen festgelegt, um sie vertraglich an eine schnelle Abwicklung im Logistikzentrum zu binden oder sie daran zu messen. Um den mittleren Lieferverzugs zu berechnen wird folgende Formel genutzt:

$$\bar{L} = \sum_{t=1}^n L_t / n = \sum_{t=1}^n \frac{\max(0; \lambda_{t-1}^v + \lambda_t - K)}{K} / n \quad (3.11)$$

Zur Ermittlung des mittleren Lieferverzugs werden alle Lieferverzüge innerhalb des Betrachtungszeitraums addiert und durch die Anzahl an Zeiteinheiten geteilt.

**Abb. 3.5.** Lieferverzug im zeitlichen Verlauf

Es fällt jedoch in Abb. 3.5 schnell auf, dass innerhalb eines Jahres erhebliche Unterschiede im Lieferverzug auftreten können. Im Beispiel liegt der Lieferverzug zwischen 0 und 18 Tagen. Diese Unterschiede liegen z.B. daran, dass saisonale Schwankungen auftreten. So gibt es in der Fashion Branche Systemlastspitzen im Frühjahr und im Herbst. Die daraus resultierenden Unterschiede können nicht mit dem mittleren Lieferverzug erfasst werden. Allerdings ist dies mit dem maximalen Lieferverzug aus  $n$  Zeiteinheiten möglich. Dieser wird wie folgt beschrieben:

$$\begin{aligned} L^{\max} &= \max(L_1, L_2, \dots, L_n) \\ &= \max\left(0; \frac{\lambda_0^v + \lambda_1 - K}{K}, \frac{\lambda_1^v + \lambda_2 - K}{K}, \dots, \frac{\lambda_2^v + \lambda_3 - K}{K}\right) \quad (3.12) \end{aligned}$$

Der maximale Lieferverzug wird somit dadurch bestimmt, dass alle Lieferverzüge verglichen werden und der Längste ausgewählt wird. Ein Unternehmen muss beim Einsatz der Kennlinien demnach darauf achten, dass der Lieferverzug im Mittel einen vertretbaren Rahmen einnimmt. Gleichzeitig darf der Wert aber auch über kurze Perioden keine extremen Formen annehmen. Erst durch die gemeinsame Nutzung des mittleren und des maximalen Lieferverzugs ist dies möglich.

### 3.2.3. Ressourcenbestand

Der Ressourcenbestand ist eine Möglichkeit, die Komplexität des zu organisierenden Logistikzentrums zu beschreiben. Je mehr Personal eingestellt und ggf. in Schichten eingeteilt werden muss, desto schwieriger wird diese Aufgabe. Bei der Betrachtung des Ressourcenbestands kann grundsätzlich zwischen Technik und Personal unterschieden werden.

Da im Rahmen dieser Arbeit keine Systeme optimiert werden, sondern für Logistikzentren die Betriebskennlinien bestimmt werden, ist die dort eingesetzte Technik vorgegeben. Dabei kann zwischen variabler und fixer Technik unterschieden werden. Fixe Technik ist fest installiert und wird bei Schwankungen nicht verändert (z.B. Regaltechnik). Sie stellt demnach ausschließlich einen Kostenfaktor im System dar. Variable Technik hingegen wird dann eingesetzt, wenn die Schwankungen es erfordern. Der Einsatz von Gabelstaplern ist ein Beispiel hierfür. Aber auch diese Technik wird nur einmal beschafft und steht danach immer im Logistikzentrum zur Verfügung. Deshalb kann durch Technik nicht die Komplexität beschrieben werden, was der Fokus dieser Zielgröße ist. Aus diesem Grund ist die eingesetzte Technik kein Bestandteil der Zielgröße „Ressourcenbestand“.

Der Technikbedarf wird allerdings berechnet, um als Kostenfaktor in die vierte Zielgröße „Logistikkosten“ mit einzufließen.

Das Personal wird variabel eingesetzt und muss täglich neu geplant werden. Aufgrund dieser Anpassungsfähigkeit können Schwankungen der Systemlast oft ausgeglichen werden. Dazu muss zunächst entschieden werden, ob die Arbeit von Stammarbeitern  $S_t$  oder von Zeitarbeiter  $Z_t$  erbracht werden soll. Dabei ist einerseits zu berücksichtigen, dass Stammarbeiter Urlaub nehmen können und auch manchmal krank werden. Dieser Abwesenheitsfaktor kann mit  $S_t^u$  beschrieben werden, der für jede Zeiteinheit  $t$  angegeben wird. Andererseits verfügen die Zeitarbeiter über eine andere Produktivität  $Z^p$  als die Stammarbeiter. Um die Anzahl der täglichen Mitarbeiter zu berechnen muss für beide Ressourcengruppen eine Verteilzeit  $R^v$  in die Berechnung mit einfließen, die Pausenzeiten berücksichtigt. Schließlich können die Stammarbeiter Arbeitszeitkonten führen, über die sie Überstunden machen und auch wieder abfeiern können. Die Nutzung der Konten zur Zeiteinheit  $t$  wird durch den Faktor  $K_t^n$  beschrieben. Werden die genannten Aspekte aufgegriffen, kann der Einsatz von Personal zur Zeiteinheit  $t$  über folgende Formel beschrieben werden:

$$E_t = (S_t \cdot S_t^u + Z_t \cdot Z^p + K_t^n) \cdot R^v, \text{ für } t = 1, \dots, n \quad (3.13)$$

Zur Bestimmung des Personaleinsatzes  $E_t$  müssen demnach verschiedene Faktoren berücksichtigt werden und in die Berechnung mit einfließen. Der Personaleinsatz wird danach auch zur Beschreibung des Ressourcenbestands  $R$  genutzt. Dazu wird der mittlere Einsatz des Personals  $\bar{E}_t$  aus  $n$  Zeiteinheiten bestimmt:

$$\begin{aligned} R = \bar{E} &= \sum_{t=1}^n E_t / n \\ &= \sum_{t=1}^n (S_t \cdot S_t^u + Z_t \cdot Z^p + K_t^n) \cdot R^v / n \end{aligned} \quad (3.14)$$

Um den mittleren Personaleinsatz  $\bar{E}$  zu berechnen muss der Personaleinsatz pro Zeiteinheit für einen Betrachtungszeitraum summiert werden und anschließend durch die Anzahl an Zeiteinheiten  $n$  geteilt werden.

### 3.2.4. Logistikkosten

Die Logistikkosten beschreiben die Kosten, die für den Umschlag eines Artikels von Wareneingang bis Warenausgang anfallen. Sie setzen sich aus

Betriebs- und Investitionskosten zusammen. Um die Logistikkosten in Form einer Kennzahl ausdrücken zu können, werden sie in dieser Arbeit mit dem Kapitalwert beschrieben (vgl. Unterkapitel 2.2.5). Dazu werden zunächst die Betriebskosten je umgeschlagenem Artikel für jede Periode  $i$  von insgesamt  $J$  Perioden bestimmt:

$$\epsilon_i^B = (\epsilon_i^P + \epsilon_i^E + \epsilon_i^W + \epsilon_i^S) / A_i, \text{ für } i = 1, \dots, J \quad (3.15)$$

Die Betriebskosten umfassen die Personalkosten  $\epsilon_t^P$ , die Energiekosten  $\epsilon_t^E$ , die Wartungskosten  $\epsilon_t^W$  und die sonstigen Kosten  $\epsilon_t^S$  (z.B. für Staplermiete oder interne Verrechnungsfaktoren). Sie beruhen demnach auf der Gesamtmenge eingesetzter Ressourcen. Die Anzahl umgeschlagener Teile  $A_i$  stellt sämtliche im Betrachtungszeitraum bzw. in Periode  $i$  ausgelagerten und komplett abgearbeiteten, d.h. versendeten Teile dar.

Die Kapitalwertrechnung, mit dem Kapitalwert  $KW$ , stellt den vorher getätigten Investitionen  $I$  einen Gewinn gegenüber. Die Investitionen werden für die eingesetzte Technik und das Gebäude notwendig. Wenn der Kapitalwert gleich Null ist entspricht der Gewinn den Logistikkosten  $\epsilon_i^L$  weniger den jährlichen Betriebskosten  $\epsilon_i^B$ . Es wird angenommen, dass das System am Ende des Betrachtungszeitraums keinen Restwert mehr hat (vgl. Formel 2.3 auf Seite 28):

$$KW = \sum_{i=1}^J ((\epsilon_i^L - \epsilon_i^B) * (1 + z)^{-i}) - I = 0 \quad (3.16)$$

In der Formel ist zu erkennen, dass der Gewinn für den Zeitraum von  $J$  Perioden mit dem Zinssatz  $z$  abgezinst wird. Dadurch, dass der Kapitalwert Null gesetzt wurde, ist es nun möglich, die Logistikkosten zu bestimmen. Dazu wird die Formel zu diesen aufgelöst und es ergibt sich:

$$\epsilon_i^L = \frac{\sum_{i=1}^J (\epsilon_i^B * (1 + z)^{-i}) + I}{\sum_{i=1}^J (1 + z)^{-i}}, \quad (3.17)$$

für  $i = 1, \dots, J$

Auf Basis der Kapitalwertmethode kann somit eine einzelne Kennzahl zur Beschreibung der Logistikkosten bestimmt werden. Diese bewertet den Nutzen einer Investition über  $J$  Perioden hinweg ökonomisch und berücksichtigt dabei mögliche Veränderungen in den Betriebskosten je Periode.



## **4 Aufbau eines Modells zur Ableitung von Betriebskennlinien**

Um die komplexen Zusammenhänge eines Logistikzentrums untersuchen zu können, müssen diese in einem Modell abgebildet werden ([NW03], S.6). Deshalb wird im ersten Teil dieses Kapitels ein dynamisches Modell entwickelt, mittels dessen die Betriebskennlinien von Logistikzentren bestimmt werden können. Basierend auf einer Systemlast und der Beschreibung der intralogistischen Prozesse können mit dem Modell die in Kapitel 3 beschriebenen Kennzahlen in Simulationsläufen ermittelt werden.

Im zweiten Kapitelteil wird ein Verfahren zum Einsatz des Modells vorgestellt. Es wird erläutert, wie das für die Berechnungen notwendige Datenmaterial erhoben wird und wie aus den im Modell berechneten Kennzahlen die Betriebskennlinien abgeleitet werden können.

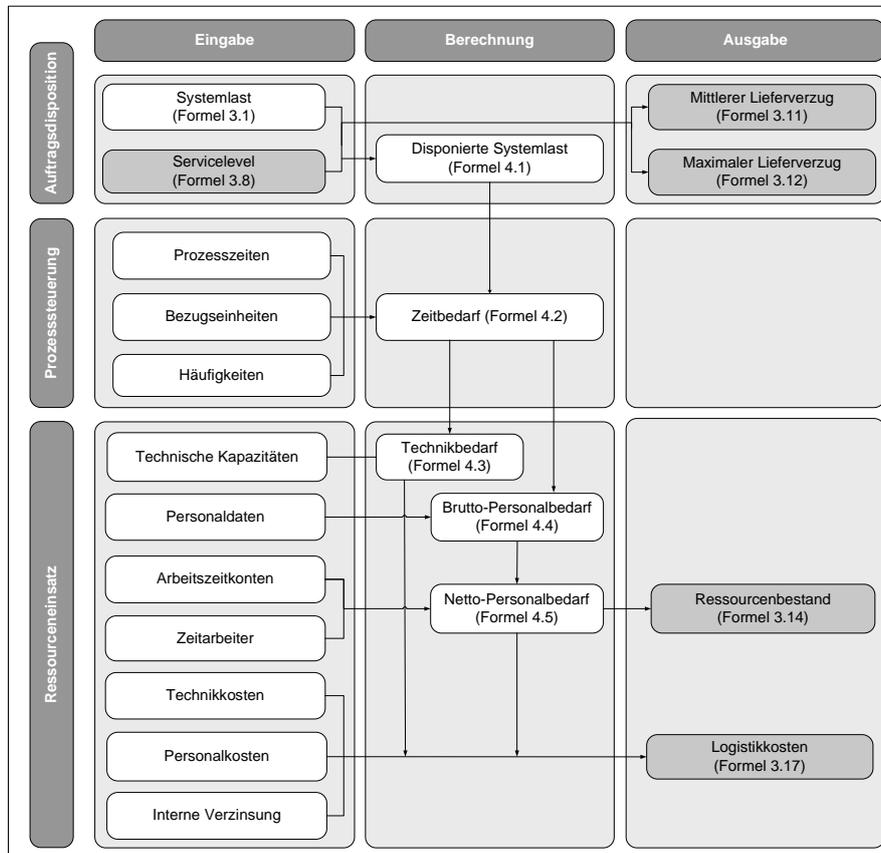
### **4.1 Entwicklung eines dynamischen Modells**

Ein dynamisches Modell wird dazu genutzt, die in Unterkapitel 3.2 beschriebenen Leistungskennzahlen zu bestimmen. Dabei wird im Modell eine Nachbildung des Logistikzentrums erstellt, die auf die für die Bestimmung der Kennzahlen wesentlichen Aspekte reduziert worden ist. Bei diesen Aspekten des Logistikzentrums handelt es sich um:

- die Auftragsdisposition,
- die Prozesssteuerung und
- den Ressourceneinsatz.

Bei der Auftragsdisposition werden die vorhandenen Auftragseingänge mit den Ressourcen abgeglichen und entsprechend der zur Verfügung stehenden Kapazitäten darauf verteilt. Die Aufträge werden danach durch die Prozesse des Logistikzentrums gesteuert. Dabei sollen die Ressourcen so effizient wie möglich eingesetzt werden. Im Folgenden werden diese drei Aspekte einzeln vorgestellt.

Die Dynamik des Modells stellt sich dabei so dar, dass die Systemlast des Logistikzentrums für einen Zeitraum eingegeben wird und deren

**Abb. 4.1.** Modellaufbau

Veränderungen berücksichtigt werden. Gleichzeitig hängt die Funktionsweise des Modells nicht nur von einem Zeitpunkt, sondern von der zeitlichen Entwicklung ab. Demnach ist z.B. der tägliche Personaleinsatz von der Nutzung der Arbeitszeitkonten abhängig und wird in Simulationsläufen bestimmt. In Abb. 4.1 wird der Aufbau des Modells abgebildet. Es ist zu erkennen, dass die im Rahmen dieser Arbeit aufgestellten Kennzahlen nicht nur auf Eingabewerten, sondern auch auf den Ergebnissen vorheriger Berechnungen aufbauen. Mit Hilfe des Modells können schließlich die drei Kennzahlen „Lieferverzug“, „Ressourcenbedarf“ und „Logistikkosten“ auf Basis der Einflussgröße „Service Level“ berechnet werden. Diese Größen sind in Abb. 4.1 grau markiert.

### 4.1.1. Auftragsdisposition

Die Aufgabe der Auftragsdisposition ist es, auftretende Aufträge zu erfassen und diese an die betreffenden Funktionsbereiche weiterzuleiten. Dabei wird die Freigabe der Aufträge zeitlich gesteuert. So ist es nicht sinnvoll, die Kapazität des Logistikzentrums auf die höchsten Ausschläge einer Systemlast auszulegen, die einer ständigen Schwankung unterliegt. Vielmehr muss eine Kapazitätsgrenze einem Service Level entsprechend festgelegt werden (vgl. Kapitel 3.2.1). Das System ist danach in der Lage, die Systemlast bis zur Kapazitätsgrenze zu bearbeiten. Die Aufträge werden dementsprechend frei gegeben. Darüber hinausgehende Anteile der Systemlast können erst zu einem Zeitpunkt bearbeitet werden, zu dem wieder Kapazität zur Verfügung steht.

Zur Veranschaulichung wird in Abb. 4.2 die Situation dargestellt, in der die Kapazitätsgrenze  $K$  in einigen Zeiteinheiten unter der Systemlast  $\lambda_t$  liegt. Der Teil der Systemlast  $\lambda_t^v$ , welcher über der Kapazitätsgrenze liegt, wird vom Modell erst in der nächsten Zeiteinheit bearbeitet ( $\lambda_t + \lambda_t^v$ ). Die Lastspitzen werden demnach erst vollständig bearbeitet wenn die entsprechende Kapazität frei wird und somit teilweise zeitlich verschoben. Im Logistikzentrum wird dadurch eine disponierte Systemlast  $\lambda_t^*$  bearbeitet. Diese wird in den folgenden Ressourcenberechnungen anstelle der Systemlast  $\lambda_t$  eingesetzt. Sie wird wie folgt beschrieben:

$$\lambda_t^* = \min(\lambda_t + \lambda_t^v; K), \text{ für } t = 1, \dots, n \quad (4.1)$$

Es ist zusätzlich zu beachten, dass die Systemlast aus Auftragseingängen besteht, die nicht in allen Funktionsbereichen gleichzeitig eintreffen (vgl. Abb. 4.3). So trifft ein Artikel zunächst im Wareneingang ein und wird eingelagert. Erst einige Zeit später wird der Artikel kommissioniert und schließlich versendet. Somit existiert ein erster Lieferverzug für die Prozesse von Wareneingang bis zur Einlagerung und ein zweiter Lieferverzug für die Prozesse von Kommissionierung bis zum Warenausgang. Die Lieferverzögerungen müssen addiert werden, wenn die Auftragsbearbeitung im zweiten Bereich durch den ersten Lieferverzug verzögert wird.

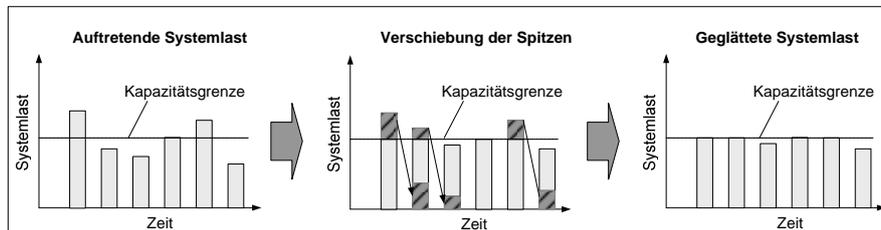
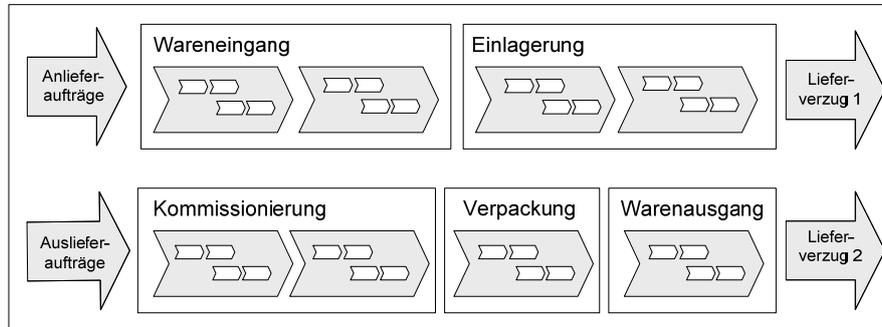


Abb. 4.2. Verschiebung der Systemlast



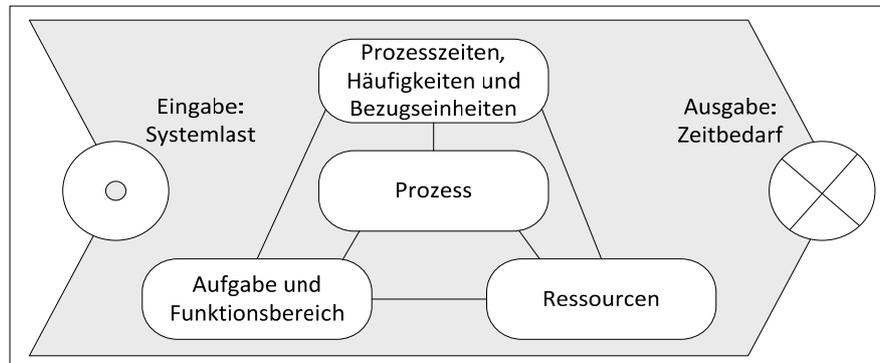
**Abb. 4.3.** Lieferverzug in Funktionsbereichen

#### 4.1.2. Prozesssteuerung

Ein weiterer Aspekt des Logistikzentrums, der im Modell enthalten ist, ist die Prozesssteuerung. Demnach werden die Aufträge durch die intralogistischen Prozesse des Logistikzentrums von Wareneingang bis Warenausgang gesteuert. Im Modell sind diese Prozesse und die dazugehörigen Steuerregeln nach der Methode des Dortmunder Prozesskettenmodells abgebildet (vgl. Unterkapitel 2.2.2). Dabei werden nicht alle Aspekte der Methode übernommen, sondern die für diese Arbeit wichtigen Aspekte aufgegriffen. So werden ausschließlich die Materialflussprozesse beschrieben. Diese basieren weiterhin auf den Prozesselementen  $P_{\text{fap}}$ , deren Hauptbestandteile konkretisiert wurden (vgl. Abb. 4.4). Diese sind:

- Prozess(nummer)  $p$ ,
- Funktionsbereich  $f$  und Aufgabe  $a$ ,
- Prozesszeit ( $P_{\text{fap}}^Z$ ), Bezugseinheit ( $P_{\text{fapt}}^e$ ) und Häufigkeit ( $P_{\text{fap}}^h$ ) und
- Ressourcen (Technik  $j$  und Personal)

Bei der Beschreibung eines Prozesselements  $P_{\text{fap}}$  wird das Detailniveau der VDI-Richtlinie 4490 gewählt (vgl. Unterkapitel 2.2.2). Neben dem Prozessnamen, wird angegeben welcher Aufgabe und welchem Funktionsbereich er zugeordnet ist. Zusätzlich wird eine Zeit angegeben, die notwendig ist, um den Prozess einmal durchzuführen. Ein Prozess bezieht sich dabei auf eine Bezugseinheit, die ausdrückt, wie viele Teile in einem Prozessschritt gleichzeitig behandelt werden. So werden durch den Transport einer Europalette mehr Teile zur gleichen Zeit bewegt, als es beim Transport eines Kartons der Fall wäre. Die Bezugseinheiten müssen für jede Zeiteinheit  $t$  angegeben werden, da sie sich im zeitlichen Verlauf verändern können. Diese Veränderung kann zum einen einer Änderung in der



**Abb. 4.4.** Konkretisiertes Prozesselement

Auftragsstruktur entsprechen. So führen z.B. mehr Positionen pro Auftrag zu neuen Anforderungen. Zum anderen kann sich auch die Artikelstruktur verändern. Neue Artikel mit anderen Dimensionen können dazu führen, dass weniger Teile in einer Bezugseinheit sind. Viele Prozesse sind nicht regelmäßig zu erbringen. So sind z.B. Qualitätskontrollen teilweise bei nur einigen wenigen Artikeln durchzuführen. Die entsprechende Häufigkeit ist bei jedem Prozess zusätzlich anzugeben. Über die zuvor eingegebene Systemlast kann schließlich für alle  $f$ ,  $a$  und  $p$ , sowie für jede Zeiteinheit  $t$ , ein Prozesszeitbedarf  $P_{fapt}^b$  bestimmt werden:

$$P_{fapt}^b = \lambda_t^* \cdot P_{fap}^z \cdot P_{fap}^h / P_{fapt}^e; \text{ für alle } f, a, p \text{ und } t \quad (4.2)$$

Der beschriebene Zeitbedarf wird im nächsten Unterkapitel als Grundlage für die Bestimmung des Bedarfs der im Prozesselement angegebenen Ressourcen genutzt.

### 4.1.3. Ressourceneinsatz

Um ein größtmögliches Maß an Flexibilität bei geringen Logistikkosten zu gewährleisten müssen die Ressourcen effizient eingesetzt werden. Um dies mit dem Modell nachzubilden sind folgende Daten notwendig:

- technische Kapazitäten  $T_j^k$  und Kosten  $T_j^\epsilon$  von Technik  $j$ ,
- tägliche Arbeitszeit  $R^a$ , Verteilzeit  $R^v$  und Urlaubsfaktor  $S_t^u$ ,
- Arbeitszeitkonten (untere Grenze  $K^u$  und obere Grenze  $K^o$ ),
- Zeitarbeiter (Anzahl  $Z_t$ , Anteil  $Z^a$  und Produktivität  $Z^p$ ),
- Personalkosten für Stammpersonal ( $S^\epsilon$ ) und Zeitarbeiter ( $Z^\epsilon$ ) und
- interne Verzinsung  $z$  von Investitionen.

Allen Prozessen wurden bei der Modellierung Ressourcen zugeordnet, die sich in das Personal und die Technik unterteilen lassen. Der Technikbedarf unterscheidet sich hinsichtlich variabler und fixer Größen. Eine fixe Technik ist dabei in ihrer Größe vorgegeben (z.B. ein IT-System), während eine variable Größe von der vorher bestimmten Kapazitätsgrenze abhängt (z.B. die Anzahl an Gabelstaplern). Um den variablen Bedarf  $T_j^b$  einer von  $T$  Techniken zu ermitteln, wird folgende Formel eingesetzt:

$$T_j^b = \max \left[ \frac{(\sum_{p=1}^P P_{1t}^b | R_{pj}^t = \text{wahr})}{T_j^k}, \dots, \frac{(\sum_{p=1}^P (P_{pt}^b | R_{pj}^t = \text{wahr}))}{T_j^k} \right],$$

für  $j = 1, \dots, T$  (4.3)

In der dargestellten Formel wird für jeden Prozess  $i$  von  $P$  Prozessen und in jeder Zeiteinheit einzeln überprüft, ob eine Technik  $j$  darin enthalten ist. In diesen Prozessen ist der Wert  $R_{pj}^t$  wahr und die entsprechenden Zeitbedarfe  $P_{pt}^b$  werden summiert. Die Summe wird durch die Kapazität der Technik  $T_j^k$  geteilt. Danach wird für jede Technik  $j$  die maximale Menge aus allen Zeiteinheiten ausgewählt.

Beim Personalbedarf wird zwischen eine Brutto- und einem Netto-Wert unterschieden. Der Brutto-Personalbedarf ( $B_t$ ) wird ähnlich dem Technikbedarf berechnet und berücksichtigt noch keine Arbeitszeitmodelle:

$$B_t = \left( \frac{(\sum_{p=1}^P P_{pt}^b | R_p^p = \text{wahr})}{R^a \cdot R^v} \right), \text{ für } t = 1, \dots, n \quad (4.4)$$

In der dargestellten Formel wird für jeden Prozess  $i$  überprüft, ob Personal darin zum Einsatz kommt. Ist dies der Fall ist der Wert  $R_p^p$  wahr und die entsprechenden Zeitbedarfe  $P_{pt}^b$  werden summiert. Das Ergebnis wird durch die Kapazität des Personals geteilt, das dem Produkt von Arbeitszeit  $R^a$  und Verteilzeit  $R^v$  entspricht. Die Verteilzeit berücksichtigt die mittlere Anzahl an Krankheitstagen und unproduktive Zeiten (z.B. aufgrund von Raucherpausen). Der Brutto-Personalbedarf wird einzeln für jede Zeiteinheit  $t$  berechnet.

Anders als die Technik ist der Personalbestand flexibel. Deshalb wird aus dem Brutto-Personalbestand ein Netto-Personalbestand ( $N$ ) in Simulationsläufen abgeleitet. In diesen wird die Anpassung des Personals an die täglich veränderlichen Leistungsanforderungen mit Hilfe von Stamm- ( $S_t$ ) und Zeitarbeitern ( $Z_t$ ), sowie der Nutzung von Arbeitszeitkonten ( $K_t^n$ ) und einem Urlaubsfaktor ( $S_t^u$ ) nachgebildet. Der Urlaubsfaktor beschreibt für

jede Zeiteinheit, zu welchem Anteil Stammarbeiter Urlaub genommen haben. Der Netto-Personalbedarf entspricht dem mittlerer Personalbestand  $\bar{E}$  in Formel 3.14 auf Seite 52. Er beschreibt damit die Zielgröße „Ressourcenbestand“. Die Berechnung des Netto-Personalbedarfs stellt eine lineare Optimierung dar, deren Ziel die Minimierung des Personalbedarfs ist:

$$\begin{aligned}
 \min [N &= \sum_{t=1}^n (S_t \cdot S_t^u + Z_t \cdot Z^p + K_t^n) \cdot R^v ] / n / \\
 \sum_{t=1}^n Z_t / (\sum_{t=1}^n S_t + \sum_{t=1}^n Z_t) &= Z^a, \\
 (S_t \cdot S_t^u + Z_t \cdot Z^p) \cdot R^v + K_t^n &\geq B_t, \\
 K^u \leq K_t^s \leq AK^o, \\
 K_t^n &\leq R^a \cdot S_t]
 \end{aligned}
 \tag{4.5}$$

Bei der Berechnung des Personalbedarfs sind einige Randbedingungen zu berücksichtigen:

- Das Verhältnis der Anzahl Zeitarbeiter ( $\sum_{t=1}^n Z_t$ ) an der Gesamtmenge von Arbeitern ( $\sum_{t=1}^n S_t + \sum_{t=1}^n Z_t$ ) muss dem eingegebenen Anteil  $Z^a$  entsprechen.
- Der Personaleinsatz darf an keinem Tag unter dem Brutto-Personalbedarf  $B_t$  liegen. Dabei setzt sich der Personaleinsatz aus Stammarbeitern ( $S_t \cdot S_t^u$ ) und Zeitarbeitern ( $Z_t \cdot Z^p$ ) zusammen. Zusätzlich können  $AN_t$  Stunden aus dem Arbeitszeitkonto genutzt werden. Dieser Werte unterliegen einer Verteilzeit  $R^v$ .
- Der Arbeitszeitkontostand  $K_t^s$  darf nicht die eingegebenen Grenzen  $K^u$  und  $K^o$  über- bzw. unterschreiten.
- Die Nutzung von  $K_t^n$  Stunden aus dem Arbeitszeitkonto darf nicht länger als die eigentliche Arbeitszeit ( $R^a \cdot S_t$ ) der Stammarbeiter sein.

Gewerbliche Zeitarbeiter können heutzutage zu geringen Kosten (€11-15 pro Stunde) über Zeitarbeitsfirmen bezogen werden. Sie können innerhalb weniger Stunden zur Verfügung stehen und sind deshalb für den Ausgleich täglicher Schwankungen sehr gut geeignet. Diese Arbeiter weisen aber teilweise eine geringe Motivation auf, die sich in einer geringeren Produktivität im Vergleich zu Stammarbeitern äußert. Dennoch liegen die mit Zeitarbeitern erreichbaren Stückkosten meist unter denen eines Stammarbeiters. Der Anteil der Zeitarbeiter wird von Unternehmen allerdings oft gering gehalten, da diese in ihrer Arbeit meist nur eine geringe Qualität erbringen und zugleich nur dann effektiv einsetzbar sind, wenn der Anteil der Stammarbeiter groß genug ist. Wie groß der Anteil ist, hängt wiederum von den zu erbringenden Aufgaben und der Philosophie des Unternehmens selbst ab. Aus diesem Grund kann der Anteil der Zeitarbeiter

nicht berechnet werden, sondern muss im Rahmen dieser Arbeit vorab bestimmt werden.

Stammarbeiter sind langfristig in einem Unternehmen einsetzbar. Demnach kann ihre Arbeitsleistung auch über die Zeit unterschiedlich verteilt werden. Durch die Nutzung von Arbeitszeitkonten kann in schwachen Zeiten Arbeitszeit angespart und in starken Zeiten erbracht werden. Diese Arbeitszeitkonten haben Grenzen, die sie im positiven, aber auch im negativen Bereich nicht überschreiten dürfen. An einem Tag kann das Arbeitszeitkonto nur begrenzt genutzt werden, da die Mitarbeiter ihre Tagesarbeitszeit nicht unbegrenzt ausdehnen können. Hier ist der Anpassungsfähigkeit des Personals eine Grenze gesetzt, weshalb Arbeitszeitkonten besonders für saisonale und langfristige Veränderungen geeignet sind. In Zeiten, in denen durch die Stammarbeiter zu viel Kapazität zur Verfügung gestellt wird, nutzen diese ihre Arbeitszeitkonten, um ihre Kapazität anzusparen. Ist die Grenze des Kontos jedoch erreicht, bleibt die unnötige Kapazität der Stammarbeiter bestehen. Insbesondere in solchen Fällen ist der Einsatz von Zeitarbeitern nicht mehr erforderlich. Wenn hingegen die Stammarbeiter trotz des Einsatzes von Arbeitszeitkonten nicht genug Leistung erbringen können, müssen an einem solchen Tag mehr Zeitarbeiter eingesetzt werden, als es im Mittel erforderlich ist. Insbesondere in Urlaubszeiten sind die Stammarbeiter nur teilweise anwesend (Urlaubsfaktor) und werden so lange durch Zeitarbeiter ersetzt.

Um zu gewährleisten, dass der Personalbestand unter Berücksichtigung der ersten drei Randbedingungen an keinem Tag unter dem Brutto-Personalbedarf liegt, wird die Menge der Zeitarbeiter schrittweise erhöht, bis keine Randbedingung mehr verletzt ist (lineare Optimierung).

Das Ergebnis der Berechnungen ist eine feste Menge an Stamm- und Zeitarbeitern für jeden Tag des Betrachtungszeitraums, der ein Jahr umfasst. Auf diese Weise ist demnach die dritte Zielgröße bestimmt worden.

Aufbauend auf den Personalmengen und dem Technikbedarf können nun auch die Kosten des Logistikzentrums bestimmt werden. Die Kosten werden hinsichtlich der Investitions- und der Betriebskosten unterschieden. Die Kosten für die Technik werden als Investition angesehen. Die Betriebskosten setzen sich an dieser Stelle aus den Personalkosten und den sonstigen Kosten zusammen. Sonstige Kosten umfassen Energie- und Wartungskosten der Technik. Diese Kostenstellen werden summiert und dazu eingesetzt, die ab Seite 52 beschriebenen Logistikkosten zu berechnen.

## 4.2 Beschreibung eines Verfahrens zum Einsatz des Modells

Um für ein Logistikzentrum Betriebskennlinien mit dem Modell zu bestimmen müssen die in Unterkapitel 3.2 beschriebenen Kennzahlen in Simulationsläufen berechnet werden. Durch die Variation der Einflussgröße „Service Level“ können die Betriebskennlinien abgeleitet werden. Für diesen Ablauf wird im Folgenden ein Verfahren in drei Schritten beschrieben:

1. Erstellung der Systemlast,
2. Einsatz des Modells und
3. Ableitung von Betriebskennlinien.

In Abb. 4.5 werden der Modelleinsatz und die dabei verwendeten Formeln dargestellt. Alle drei Schritte wurden im Rahmen dieser Arbeit in einem Tabellenkalkulationsprogramm umgesetzt. Zusätzlich wurde ein Softwaretool zur vereinfachten Prozessmodellierung entwickelt.

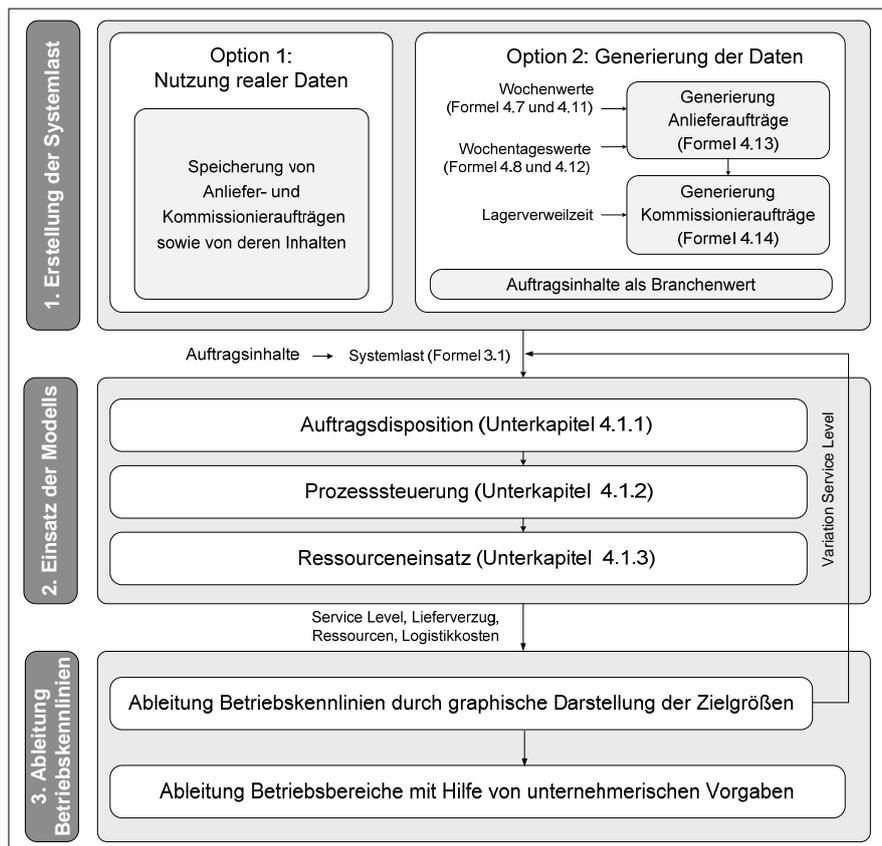


Abb. 4.5. Verfahren zum Einsatz des Modells

### Schritt 1 - Erstellung der Systemlast

Die mit dem Modell durchgeführten Berechnungen und Simulationsläufe beruhen auf einer Systemlast, die aus den Auftragseingängen und den Auftragsinhalten besteht (vgl. Formel 3.1 auf Seite 43). Während die Auftragseingänge im zeitlichen Verlauf auftreten, beschreibt der Auftragsinhalt den Aufwand, der zur Bearbeitung eines Auftrages erbracht werden muss. Im Rahmen dieser Arbeit werden die Auftragseingänge auf Tagesbasis betrachtet. Für die Erstellung der Systemlast kann aus zwei Optionen ausgewählt werden:

- Nutzung realer Daten oder
- Generierung der Daten.

Um reale Daten eines Logistikzentrums nutzen zu können, muss die Anzahl der Anliefer- und Kommissionieraufträge auf Tagesbasis in einer Datenbank abgespeichert werden. Hinsichtlich des Auftragsinhalts reicht es aus, wenn er in Form eines monatlichen Faktors berücksichtigt wird, der ausdrückt, wie aufwendig die Bearbeitung eines Auftrags ist. Auf diese Weise werden saisonale Veränderungen berücksichtigt.

Sind die realen Daten nicht vorhanden oder soll ein fiktives Szenario betrachtet werden, so muss die Systemlast erzeugt werden. Dazu werden die Auftragseingänge generiert, während für die Auftragsinhalte Branchenwerte genutzt werden können. Die Generierung der Auftragseingänge beruht auf Wochenwerten und Wochentageswerten. Mit dem Wochenwert wird der Anteil einer Woche an der Gesamtmenge der Auftragseingänge beschrieben. Der Wochentageswert beschreibt hingegen für jeden Wochentag den Anteil an den Auftragseingängen einer Woche.

Der Wochenwert  $W_i^w$  wird als das Verhältnis der Auftragseingänge  $A_i^w$  zum Mittelwert  $\bar{A}^w$  für jede Woche  $i$  bestimmt. Dabei beschreibt die Systemlast  $A_i^w$  die Auftragseingänge einer Woche  $i$  und  $\bar{A}^w$  den Mittelwert aller Wochen im Betrachtungszeitraum:

$$W_i^w = A_i^w / \bar{A}^w, \text{ für } i = 1, \dots, 52 \quad (4.7)$$

Eine ähnliche Rechenmethode wird für die Berechnung der Wochentageswert  $W_j^t$ , also für jeden Tag  $j$  einer Woche mit  $W$  Arbeitstagen, angewendet. Hier werden die Auftragseingänge aller Wochentage  $j$  mit  $\sum_{i=1}^{52} A_{ij}^t$  und die Summe der Auftragseingänge mit  $A$  beschrieben:

$$W_j^t = \sum_{i=1}^{52} A_{ij}^t / A, \text{ für } j = 1, \dots, W \quad (4.8)$$

Für beide Werte gibt es eine Standardabweichung, die angibt, wie stark die Realität dazu neigt vom Mittelwert abzuweichen. Da in der Realität selten mehr als ein Jahr an Auftragseingängen bekannt ist, wird folgender Weg zur Bestimmung der Standardabweichung gewählt. Zuerst wird der

theoretische Wert der Auftragslast für jede Zeiteinheit bestimmt. Dazu werden der Wochenwert und der Wochentageswert nur mit der Gesamtmenge an realen Auftragseingängen multipliziert:

$$A_{(i-1)j+j}^t = W_i^w \cdot W_j^t \cdot A, \text{ für } i = 1, \dots, 52; j = 1, \dots, W \quad (4.9)$$

Danach kann die Abweichung der realen Werte von den theoretischen Werten bestimmt werden, indem die Werte voneinander subtrahiert werden:

$$\Delta A_{(i-1)j+j} = A_{(i-1)j+j}^t - A_{(i-1)j+j}, \text{ für } i = 1, \dots, 52; j = 1, \dots, W \quad (4.10)$$

Schließlich kann die Standardabweichung des Wochenwerts in Woche  $i$  durch Nutzung von Formel 3.6 auf Seite 46 beschrieben werden. Dazu werden die Abweichung  $\Delta A_{(i-1)j+j}$  und der Mittelwert der Abweichung in Woche  $i$   $\overline{\Delta A}_i$  eingesetzt.

Es ergibt sich folgende Formel:

$$\hat{\sigma}_i^w = \sqrt{\frac{1}{W} \cdot \sum_{j=1}^W (\Delta A_{(i-1)j+j} - \overline{\Delta A}_i)^2}, \quad (4.11)$$

für alle  $i = 1, \dots, 52$

Auf die gleiche Weise kann die Standardabweichung des Wochentageswerts bestimmt werden. Hier ist  $\overline{\Delta A}_j$  der Mittelwert des Wochentags  $j$ :

$$\hat{\sigma}_j^t = \sqrt{\frac{1}{52} \cdot \sum_{i=1}^{52} (\Delta A_{(i-1)j+j} - \overline{\Delta A}_j)^2}, \quad (4.12)$$

für alle  $j = 1, \dots, W$

Der Wochenwert, der Wochentageswert und deren Standardabweichungen beschreiben die Dynamik der Auftragseingänge eines Logistikzentrums. Sie können eingesetzt werden, um Auftragseingänge daraus zu generieren.

Die Wareneingänge, bzw. Anlieferaufträge  $A_i^+$ , beruhen auf zwei inversen Normalverteilung (vgl. hierzu auch Formel 3.9 auf Seite 48), die mit den Auftragseingängen  $A$  multipliziert werden. Der erste Multiplikator  $X_i$  stellt den Anteil einer Woche dar und der zweite Multiplikator  $Y_j$  beschreibt den Anteil eines Wochentages. Dabei beruhen die wöchentlichen und täglichen Werte auf Zufallszahlen  $U(0,1)$ , die in den Grenzen 0 und 1

gleichverteilt sind (uniform). Die einzige Variable ist damit nur noch die Gesamtanzahl an Auftragseingängen  $A$  innerhalb eines Betrachtungszeitraums. Dazu wird folgende Formel eingesetzt:

$$A_{(i-1) \cdot j + j}^+ = X_i \cdot Y_j \cdot A, \text{ mit}$$

$$X_i = \left( \frac{\hat{\sigma}_i^w}{2\pi \cdot (U[0,1])^3} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \exp \left[ \frac{-\hat{\sigma}_i^w \cdot ((U[0,1]) - W_i^w)^2}{2 (W_i^w)^2 \cdot (U[0,1])} \right],$$

$$Y_j = \left( \frac{\hat{\sigma}_j^t}{2\pi \cdot (U[0,1])^3} \right)^{\frac{1}{2}} \cdot \exp \left[ \frac{-\hat{\sigma}_j^t \cdot ((U[0,1]) - W_j^t)^2}{2 (W_j^t)^2 \cdot (U[0,1])} \right], \quad (4.13)$$

für  $i = 1, \dots, 52$  und  $j = 1, \dots, W$

Von den Anlieferaufträgen können die Kommissionieraufträge, bzw. Auslieferaufträge  $AE_t^-$ , für den Tag  $t$  abgeleitet werden. Es wurde zuvor bereits beschrieben, dass zwischen diesen beiden Auftragsgruppen ein Zeitraum liegt. Dabei handelt es sich um die mittlere Lagerverweilzeit  $V$  in Tagen. Es ergibt sich folgende Formel:

$$A_t^- = A_{t+V}^+, \text{ für } t = 1, \dots, 52 \cdot W \quad (4.14)$$

Die Auslieferaufträge werden demnach dadurch berechnet, dass die Anlieferungsaufträge um die mittlere Lagerverweilzeit zeitlich nach hinten verschoben werden ( $t+V$ ).

## Schritt 2 - Einsatz des Modells

Beim Einsatz des Modells werden alle Prozesse einzeln beschrieben und mit einer Systemlast hinterlegt. Dabei müssen der Zeitbedarf und die Bezugseinheiten sowie die eingesetzten Ressourcen, je Prozess angegeben werden. Der Zeitbedarf bezieht sich jeweils auf eine Bezugseinheit, so z.B. auf einen Karton oder eine Palette. Die Ressource, welche in einem Prozess eingesetzt wird, kann entweder das Personal, eine Technik oder beides sein. Auf Basis eines Service Levels und der damit berechneten Kapazität wird die Systemlast eventuell neu disponiert. Schließlich werden die Zeitbedarfe für jeden Prozess mittels der disponierten Systemlast für jeden Tag berechnet (vgl. Formel 4.1 auf Seite 57).

Für die praktische Durchführung der Prozessmodellierung gibt es zwei Möglichkeiten. Zum einen können die Prozesse, sowie die damit verbundenen Berechnungen, in einem Tabellenkalkulationsprogramm abgebildet und durchgeführt werden. Zum anderen steht ein Softwaretool zur Verfügung, das entwickelt wurde, um vereinfacht die Prozesse abzubilden zu

können. Das Softwaretool arbeitet auf Basis von Microsoft Access ist in der Lage, mit der Prozessbeschreibung und einer Systemlast den täglichen Zeitbedarf zu bestimmen. Beide Wege sind gleichermaßen aufgebaut und zielführend.

Auf Basis des Zeitbedarfs können die resultierenden Logistikkosten und der Personalbedarf für das Logistikzentrum in Simulationsläufen bestimmt werden. So wird der Personaleinsatz für den Verlauf eines Jahres simuliert und die Kosten davon abgeleitet. Zusammen mit dem anfangs gewählten Service Level und dem berechneten Lieferverzug sind die vier Zielgrößen damit berechnet worden.

### **Schritt 3 - Ableitung von Betriebskennlinien**

Von den berechneten Zielgrößen können schließlich die Betriebskennlinien abgeleitet werden. So können die Kennzahlenwerte am Ende eines jeden Simulationslaufs auf Basis des Service Levels bestimmt werden. Sie beschreiben damit einen Betriebszustand.

Da der Lieferverzug, der Ressourcenbestand und die Logistikkosten vom Service Level abhängig sind, verändern sie sich, wenn dieses variiert wird. Somit können für jeden Wert des Service Levels unterschiedliche Betriebszustände abgelesen werden. Die entsprechenden Kennzahlenwerte können in einem Graphen abgebildet werden und ergeben schließlich die Betriebskennlinien.

Über die Berücksichtigung von unternehmerischen Vorgaben können zusätzlich auch bestmögliche Betriebszustände und mögliche Betriebsbereiche bestimmt werden (vgl. Kapitel 2.1). Der Betriebsbereich beschreibt dabei den Bereich auf den Betriebskennlinien, in dem die Kennzahlen mit den unternehmerischen Kennzahlen konform sind (z.B. maximal 4 Tage Lieferverzug). Der bestmögliche Betriebszustand liegt im Betriebsbereich und liefert das bestmögliche Ergebnis für eine der Kennzahlen.



## **5 Validierung der Berechnungen**

Die Validierung des entwickelten Modells erfolgt in diesem Kapitel mit Hilfe von realen Unternehmensdaten. Dazu werden die Logistikzentren von elf Unternehmen aus der Fashion Branche detailliert untersucht. Die Unternehmen stammen aus dieser Branche, da sich diese durch ihre Dynamik sehr gut für die Untersuchungen eignet. Ihre veränderlichen Anforderungen durch saisonale Schwankungen, neue Produktpaletten und die Erweiterung der Vertriebskanäle sind symptomatisch für die Logistik aller Branchen. Zusammen mit der branchenunabhängigen Entwicklung der Kennzahlen und Betriebskennlinien in Kapitel 3 sind die Ergebnisse damit auch auf andere Branchen übertragbar.

Am Anfang dieses Kapitels werden die zu untersuchenden Logistikzentren ausgewählt. Dabei wird versucht, eine möglichst große Vielfalt an Ausprägungsformen zu erfassen. Anschließend werden die Aufnahme von deren Prozessen und Systemlast beschrieben.

Alle Logistikzentren werden im Modell abgebildet und es wird auf Basis der realen analysierten Systemlast ein Personalbedarf ermittelt. Die Genauigkeit des Modells kann schließlich dadurch quantifiziert werden, dass die Schwankungen des berechneten Personalbedarfs mit den realen Vergangenheitswerten verglichen werden.

### **5.1 Auswahl von Unternehmen**

Die aufgenommenen Logistikzentren dienen sowohl in diesem Kapitel als Grundlage für die Validierung, als auch in Kapitel 6 für die Ableitung von typischen Logistikzentren und Szenarien. Deshalb ist es wichtig, mit der Auswahl der Unternehmen eine größtmögliche Vielfalt an Prozessen und unternehmerischen Umfeldern zu erfassen. Um zu demonstrieren, dass die ausgewählten Unternehmen diese Vielfalt besitzen, werden die Logistikzentren durch sechs Merkmale unterschieden. Mit Hilfe dieser Merkmale wird zum einen deutlich, was die grundlegenden Unterschiede der Unternehmen sind und zum anderen wird gezeigt, dass eine ausreichend breite

Vielfalt an Ausrichtungsmöglichkeiten abgedeckt ist. Die Unterscheidungsmerkmale sind:

- Unternehmensform,
- Schwerpunkt des Artikelumschlags,
- Automatisierungsgrad der eingesetzten Techniken,
- Lagerung des Hauptsortiments,
- zu beliefernden Kunden und
- jährliche Auftragseingänge.

Unternehmen können, wie in Kapitel 2.3.3 beschrieben, in verschiedenen Teilen der Fashion Supply Chain aktiv sein. Durch die Unternehmensform wird in diesem Zusammenhang zwischen den Produzenten der Ware, deren Dienstleistern und den Handelsunternehmen unterschieden. Dabei können die Logistikzentren theoretisch sowohl für hängende als auch für liegende Ware genutzt werden. Dennoch haben viele Unternehmen, insbesondere Dienstleister, ihren Fokus auf eine dieser beiden Möglichkeiten des Artikelumschlags gelegt. Schließlich können für den Umschlag der Ware verschiedene Techniken eingesetzt werden, so dass sich die Logistikzentren auch in ihrem Automatisierungsgrad unterscheiden. Insbesondere die durchzuführenden Aufbereitungsprozesse haben dabei einen Einfluss auf den Automatisierungsgrad, da diese eine Vielzahl an technischen Hilfsmitteln benötigen. Aber auch Techniken für den Transport, die Lagerung oder die Identifikation sind hier zu nennen. Basierend auf im Rahmen der Arbeit gesammelter Erfahrung wurde der Automatisierungsgrad klassifiziert, um die Tendenz auszudrücken. In der Fashion Branche können die Artikel entweder direkt umgeschlagen oder nur bei Bedarf aus dem Distributionslager abgerufen werden. Im letzteren Fall wird die Lagerung des Hauptsortiments notwendig. Es wird hier vom Hauptsortiment gesprochen, da die NOS-Ware in jedem Fall gelagert wird. Das Hauptsortiment wird dann eingelagert, wenn in großen Mengen aufgrund von günstigen Preisen eingekauft oder produziert wurde. Die Lagerung wird daher eher von Unternehmen durchgeführt, die strategisch die Aktualität der Mode nur wenig fokussieren. Meist haben diese Unternehmen auch nur zwei Saisons in ihrem Sortiment pro Jahr.

Bei den zu beliefernden Kunden kann grundsätzlich zwischen Großkunden und Kleinkunden unterschieden werden. Großkunden können sowohl Handelsunternehmen, als auch eigene Filialen sein. Die Anzahl der Kundenaufträge ist dabei stark abhängig von der Kundenstruktur eines Unternehmens. Großkunden werden immer in sehr großen Mengen beliefert und bewirken eine geringe Anzahl an Aufträgen. Kleinkunden werden in sehr geringen Mengen beliefert (Beispiel Onlineversand: 1-2 Artikel) und bewirken deshalb sehr viele Aufträge. Somit hat die Kundenstruktur bei den

analysierten Unternehmen einen direkten Einfluss auf den Automatisierungsgrad, welcher immer geringer wird, desto kleiner die zu bearbeitenden Aufträge werden. Schließlich können die Unternehmen auch nach ihrer Größe unterschieden werden, welche hier in der jährlichen Systemlast gemessen wird und zwischen 1 Mio. und 60 Mio. Teile umfassen kann.

In Tab. 5.1 ist eine Übersicht der analysierten Unternehmen dargestellt, in der die Unternehmen nach den Unterscheidungskriterien bewertet werden. Es ist zu erkennen, dass vom niedrigen bis zum hohen Automatisierungsgrad Unternehmen mit unterschiedlichen Mengenstrukturen analysiert worden sind. Der Automatisierungsgrad steht hier im Verhältnis zu Unternehmen der Fashion Branche. Es wurde darauf geachtet, von jeder Unternehmensform mindesten zwei Vertreter zu integrieren. Anhand der Bewertungen wird deutlich, dass durch die Auswahl der Unternehmen alle Unterscheidungskriterien abgedeckt sind. Insgesamt geben die Unternehmen einen repräsentativen Querschnitt der Fashion Branche wieder.

**Tab. 5.1.** Ausgewählte Unternehmen

Nummer	Unternehmensform	Fokus	Liegeware	Hängeware	Aufbereitung	Automatisierungsgrad	Lagerung Hauptsortiment	Kunden	Auftragsgänge in Mio. Teilen
1	Dienstleister	Hängend	✓	✓	✓	Hoch	✗	Großkunden	40
2	Dienstleister	Liegend	✓	✓	✗	Mittel - Hoch	✗	Großkunden	60
3	Dienstleister	Liegend	✓	✗	✗	Niedrig	✗	Großkunden Kleinkunden Privatkunden	60
4	Dienstleister	Hängend	✓	✓	✓	Mittel	✗	Großkunden Kleinkunden	10
5	Dienstleister	Liegend	✓	✗	✗	Niedrig	✓	Kleinkunden	1
6	Dienstleister	Hängend	✗	✓	✓	Mittel	✗	Großkunden	20
7	Händler	- / -	✓	✓	✗	Hoch	✗	Großkunden	10
8	Händler	- / -	✓	✓	✗	Mittel - Hoch	✗	Großkunden	20
9	Produzent	Liegend	✓	✓	✓	Mittel - Hoch	✓	Großkunden Kleinkunden	40
10	Produzent	- / -	✓	✓	✓	Mittel	✗	Großkunden	20
11	Produzent	- / -	✓	✓	✓	Niedrig	✓	Privatkunden	5

## 5.2 Aufnahme von Prozessen und Daten

Von allen ausgewählten Unternehmen wurden die physischen logistischen Prozesse zusammen getragen, die in den Logistikzentren durchgeführt werden. Im Rahmen dieser Aufnahme wurde zunächst die spezielle Lage eines jeden Unternehmens in Hinblick auf die Ausgestaltung der Supply Chain sowie der jeweiligen Kundenstruktur diskutiert. Auf diese Weise konnte ein Verständnis für die Fashion Branche als Ganzes entwickelt werden, das in den gesamten Aufbau dieser Arbeit mit eingeflossen ist. Während der teilweise mehrtägigen Termine wurden alle Prozesse der Unternehmen vor Ort betrachtet und dokumentiert. Im Nachlauf dieser Termine wurden die Prozesse detailliert mit den Unternehmen analysiert und teilweise auch Verbesserungspotenziale sowie Zukunftsaussichten angesprochen, welche allerdings nicht Bestandteil dieser Arbeit sind.

Während der Prozessaufnahme wurde deutlich, dass in einem Logistikzentrum verschiedene Fashion Marken umgeschlagen werden können. Dabei fand eine Mischung dieser Marken in den untersuchten Unternehmen zu keinem Zeitpunkt statt. Eine Marke deckt demnach immer den kompletten Prozessstrang von Wareneingang bis Warenausgang ab. Aus diesem Grund werden im Folgenden die Prozesse und Daten jeder Marke getrennt analysiert. Das bei der Prozessaufnahme eingesetzte Detailniveau orientiert sich an dem des Modells. Dabei wurden ein Prozesszeitwert, der Personal-, sowie der Technikeinsatz mit aufgenommen (vgl. Unterkapitel 4.1.2).

**Tab. 5.2.** Funktionsbereich Wareneingang Liegware

Aufgabe	Prozess	Personal	Technik	Zeitbedarf (in Sek.)	Bezugseinheit	Häufigkeit
Ware entladen	Vorbereitung WE	ja	Handhubwagen 1	200	LKW	100%
Ware entladen	Entladen Kartons	ja	Handhubwagen 1	10	Karton	22%
Ware entladen	Sortierung auf Paletten	ja	Handhubwagen 1	30	Karton	22%
Ware entladen	Entladen Palette	ja	Handhubwagen 1	60	Palette	78%
Ware entladen	Sichtkontrolle & Kartons zählen	ja	Handhubwagen 1	10	Karton	100%
Ware entladen	Frachtbrief unterschreiben	ja	Handhubwagen 1	60	LKW	100%
Ware entladen	Ausdruck Verteilbeleg	ja	Handhubwagen 1	30	Stück	1%
Ware entladen	Fertigstellung WE	ja	Handhubwagen 1	200	LKW	100%
Qualitätsprüfung	Entnahme Stichprobe	ja	QS-Arbeitsplatz	30	Stück	4%
Qualitätsprüfung	Qualitätsprüfung	ja	QS-Arbeitsplatz	120	Stück	4%
Qualitätsprüfung	100% Kontrolle	ja	QS-Arbeitsplatz	30	Stück	1%
Qualitätsprüfung	Rücksortierung der Teile	ja	QS-Arbeitsplatz	30	Stück	4%
Zwischenpufferung	Transport zur Pufferfläche	ja	Handhubwagen 2	120	Palette	100%
Zwischenpufferung	Abstellen der Palette	ja	Handhubwagen 2	30	Palette	100%

In Tab. 5.2 sind die Prozesse des Funktionsbereichs Wareneingang für Liegeware einer der untersuchten Marken dargestellt. Demnach sind drei Aufgaben zu erfüllen, die in der ersten Spalte aufgeführt sind. Es wird also zunächst die Ware entladen, danach deren Qualität überprüft und schließlich zwischengepuffert. Den drei Aufgaben wurden Techniken zugeordnet, die dort eingesetzt werden. Jeder Teilprozess kann weiter unterteilt werden, so dass der Wareneingang insgesamt durch 14 Prozesse in der zweiten Spalte beschreiben wird. Jeder Prozess hat einen Zeitbedarf, der für jede Bezugseinheit auftritt. So dauert die Vorbereitung des Wareneingangs für jeden LKW 200 Sekunden. Schließlich können manche Prozesse nur manchmal oder auch parallel auftreten. Um dies zu berücksichtigen ist in der sechsten Spalte der Anteil des Unterprozesses angegeben. In diesem Logistikzentrum werden auf der einen Seite zu 22% Kartons und 78% Paletten entladen, was einen Parallelprozess darstellt. Auf der anderen Seite findet eine 100%-Kontrolle nur selten statt. Im weiteren Verlauf der Arbeit wird auf dieser Prozessdarstellung insofern aufgebaut, als dass für jede Bezugseinheit ein Wert hinterlegt wird. Dadurch, dass jeder Prozess zusätzlich mit Personal und Techniken verknüpft ist, kann für jeden Prozess ein zeitlicher Gesamtbedarf an Ressourcen bestimmt werden (vgl. Unterkapitel 4.1.3).

Nach der Prozessaufnahme wurden die Mengenstrukturen der Marken analysiert. Das Ziel war es, verschiedene Artikelmenen im zeitlichen Verlauf zu erfassen, die in Fashion Logistikzentren auftreten können. Zusätzlich wurden Informationen über die Personalmengen im betrachteten Zeitraum zusammen getragen. Zusammenfassend wurden folgende Daten aufgenommen:

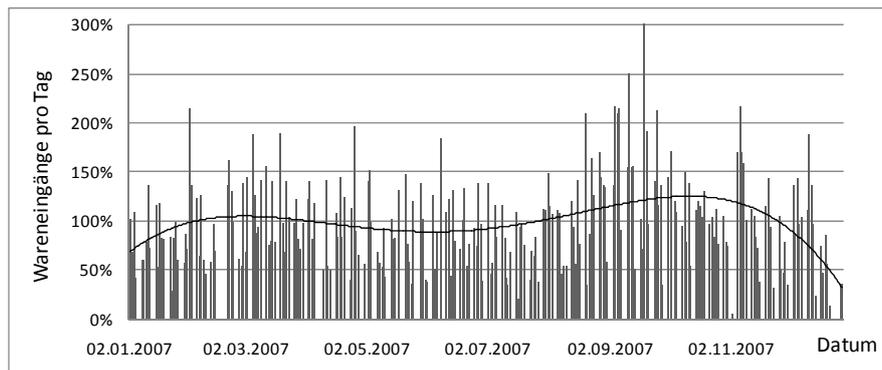
- Auftragseingänge im zeitlichen Verlauf,
- Bezugseinheiten im zeitlichen Verlauf und
- Personaleinsatz im zeitlichen Verlauf.

Die Auftragseingänge im zeitlichen Verlauf dienen als Grundlage aller Systemprozesse und damit auch der Berechnungen des Modells. Im Allgemeinen können die Auftragseingänge nach den Anliefer- und dem Auslieferungsaufträge unterschieden werden. Während durch die Anlieferungsaufträge der Materialfluss von Wareneingang bis zum Lager angestoßen wird, lösen die Auslieferungsaufträge den Materialfluss von der Kommissionierung bis zum Warenausgang aus. Grundsätzlich wurden deshalb sowohl die Anliefer- als auch die Auslieferungsaufträge erfasst.

In der letzten Zeit tritt der Fall einer längerfristigen Lagerung in der Fashion Branche immer seltener ein. Zu groß wird der Druck auf die Unternehmen, moderne und ständig neue Ware anzubieten. So kommt es regelmäßig dazu, dass die Artikel in den Logistikzentren nur kurz zwischen-

gelagert und dann direkt an die Kunden weiter verteilt werden (vgl. Merkmal „Lagerung Hauptsortiment“ in Tab. 5.1 auf Seite 71). Deshalb wurde die Datenaufnahme bei Unternehmen, die keine langfristige Lagerung durchführen, auf die Anlieferaufträge beschränkt. Die Auslieferaufträge wurden anschließend mit Hilfe einer vom Unternehmen vorgegebenen Lagerverweilzeit davon abgeleitet.

Um den zeitlichen Verlauf der Auftragseingänge und damit ihre Dynamik erfassen zu können, ist es erforderlich, die Daten auf Tagesbasis zu erheben. Mit Hilfe der Tageswerte können bei den Marken mit 12 Saisons auch die Mengenschwankungen innerhalb eines Monats gezeigt werden. Ein höheres Detailniveau als die Tagesbasis ist nicht notwendig, da die Unternehmen der Fashion Branche die Möglichkeit haben, den größten Teil ihrer Aufträge über den Tag zu verteilen und somit keine erzwungenen Spitzenzeiten innerhalb eines Tages haben. Bei neun Marken werden Daten auf Tagesbasis gespeichert und können demzufolge für den Zeitraum eines Jahres analysiert werden. In drei weiteren Fällen sind die Mengendaten nur in Form von monatlichen Gesamtmengen gegeben, so dass hier keine Schwankungen untersucht werden können. Diese Daten wurden aber auf Tagesbasis herunter gebrochen und können somit weiterhin für die in Unterkapitel 5.3 durchgeführte Validierung des Modells genutzt werden. Während die Daten aller Marken direkt für diese Validierung genutzt werden, sind sie für die Beschreibung der jeweiligen Schwankungen in Unterkapitel 6.1.3 ohne Wachstum ausgewertet worden. Bei zehn Marken wurde ein Verlauf ohne Wachstum von den Unternehmen angegeben und bei den verbleibenden zwei Marken das Wachstum entsprechend der Unternehmensangaben heraus gerechnet. Auf diese Weise wird der Fokus der Analysen auf die saisonalen und stochastischen Veränderungen gelegt.



**Abb. 5.1.** Auftragseingänge pro Tag in der Anzahl Teile

In Abb. 5.1 ist der Durchsatz einer Marke in Form ihrer täglichen Wareneingangsmengen dargestellt. Die Skalierung der Y-Achse wurde der Übersichtlichkeit halber auf 300% begrenzt, obwohl der Ausschlag an einem einzelnen Tag im Betrachtungszeitraum sogar bis über 400% geht. Es ist zu erkennen, dass auch Wochenenden im Verlauf enthalten sind, an denen kein Umschlag stattfindet. Zusätzlich zu den täglichen Durchsätzen ist eine polynomische Trendkurve eingezeichnet, die die saisonale Entwicklung über das Jahr hinweg visualisiert.<sup>2</sup> Zum Zwecke der Anonymisierung sind die Angaben nur in prozentualer Form dargestellt. Die Wareneingänge der hier ausgewählten Marke setzen sich aus liegender und hängender Ware sowie aus Retouren zusammen. Die Struktur dieser einzelnen Gruppen unterscheidet sich jedoch kaum von der Gesamtheit, so dass nur die Gesamtmenge vorgestellt und ebenso in den Rechnungen verwandt wird. Diese Vorgehensweise wurde bei allen Marken angewandt. In der Abbildung ist bereits deutlich zu erkennen, dass die Wareneingänge über das Jahr hinweg einem bekannten Muster folgen. Nämlich sind die für ein Unternehmen der Fashion Branche typischen hohen Durchsätze im Frühjahr und im Herbst gut erkennbar. Auch gut zu erkennen sind die starken Ausschläge, welche über das ganze Jahr verteilt sehr unregelmäßig auftreten können.

Um die Systemlast zu beschreiben müssen neben den Auftragseingängen auch die Bezugseinheiten im zeitlichen Verlauf angegeben werden. Die erhobenen Bezugseinheiten sind:

- Auftragsgröße,
- Prepack, Pick und Position,
- Karton, Palette und Trolley und
- LKW für hängende und liegende Ware.

Die Bezugseinheit „Pick“ drückt z.B. aus, wie viele Teile mit einem Griff aufgenommen werden können. Dieser Wert kann sich über einen längeren Zeitraum hinweg im Mittel ändern. Während im Winter nur ein voluminöses Teil gegriffen werden kann, ist es im Sommer möglich, vier kleine Teile zu greifen. Für eine detailliertere Beschreibung und Analyse der Ergebnisse siehe Kapitel 6.1.3.

Als Vergleichswert wurden auch die gebuchten Personalmengen für den gleichen Zeitraum wie die Auftragseingänge erhoben. Das Ziel ist es, diese Daten mit den vom Modell berechneten Werten in Unterkapitel 5.3 zu vergleichen und dadurch eine Validierung der Ergebnisse des Modells durchzuführen. Bei der Erhebung der Personalmengen wurde nach Stamm- und

---

<sup>2</sup> Die Kurve wird im Weiteren nicht weiter genutzt, so dass auf die polynomische Trendkurve ausschließlich zum Zwecke der Visualisierung zurück gegriffen wird.

nach Zeitarbeitern unterschieden, da sich diese beiden Gruppen in ihren Kosten und in ihrer Produktivität stark unterscheiden. Während Stammarbeiter eine deutlich höhere Produktivität besitzen, ist ihr Stundenlohn im gleichen Zuge höher als bei Zeitarbeitern. Es zeigte sich jedoch, dass Zeitarbeiter nach keinem festen Muster eingesetzt werden, sondern ihr Anteil ausschließlich nach der Firmenpolitik bemessen wird. Deshalb ist es bei der späteren Modellierung eines Logistikzentrums erforderlich, den Anteil an Zeitarbeitern vorzugeben.

Das Personal wird in den ausgewählten Unternehmen nicht für die einzelnen Marken getrennt, sondern nach Bedarf in den unterschiedlichen Bereichen eingesetzt. Deshalb wurde das Personal je Unternehmen als Ganzes aufgenommen, so dass bei der Validierung nicht mehr die Werte der Marken, sondern wieder die Unternehmen als Ganzes verglichen werden. Die Personaldaten wurden für alle Unternehmen ausschließlich in Form von Monatswerten erhoben, da es bei der Bearbeitung der Wareneingänge und der Versandaufträge zu zeitlichen Verschiebungen aus unterschiedlichen Gründen kommen kann. Allein die Tatsache, dass die Artikel zwar ähnlich lange, aber doch immer leicht unterschiedlich gelagert werden, führt zu kleinen Abweichungen. Der berechnete tägliche Personaleinsatz stimmt dann nicht mehr exakt mit den realen Werten überein. Wird allerdings der tägliche Personalbedarf berechnet und mit den Monatswerten verglichen, so gleicht sich der unumgängliche Tagesunterschied aus. In Hinblick auf die Zielsetzung, den Ressourcenbedarf über einen Zeitraum und nicht für einen Zeitpunkt richtig zu bestimmen, wird die Qualität der Ergebnisse demnach nicht eingeschränkt.

### **5.3 Bestimmung der Genauigkeit der Berechnungen**

Inhalt dieses Unterkapitels ist der Abgleich der vom Modell berechneten Werte mit den realen Daten, die in den ausgewählten Unternehmen aufgenommen wurden. Dabei soll die Genauigkeit der berechneten Schwankung des Personaleinsatzes bestimmt werden. Es ist dabei nicht das Ziel, die Höhe des berechneten Personalbestands mit den Realwerten zu vergleichen, da diese Bestimmung als Stand der Technik angesehen wird (vgl. Unterkapitel 2.2.2).

Vielmehr soll die Abweichung der Schwankung in folgenden Punkten untersucht werden:

- Schwankung von Auftragseingängen und realem Personaleinsatz,
- Abweichung der Realwerte von einer Mittelwertrechnung und
- Abweichung der Realwerte von den Modellberechnungen.

Anhand der Schwankung in Auftragseingängen und realem Personaleinsatz können die mit dem Modell berechneten Ergebnisse in ihrer Höhe bewertet werden. Mit der Abweichung der Realwerte von einer Mittelwertrechnung wird zudem ein Vergleichswert geschaffen, der ohne den Einsatz des Modells, bzw. einer vergleichbar durchgeführten Berechnung, erreicht werden würde. Es muss das Ziel sein, diesen Wert deutlich zu verbessern.

Da die Berechnung im Wesentlichen auf den modellierten Prozessen und Zeiten beruht, die in Absprache mit den untersuchten Unternehmen sehr genau vorgegeben werden konnten, existiert keine Abweichung vom realen mittleren Jahreswert des Personalbedarfs. Der monatliche Verlauf des berechneten Personalbedarfs weicht jedoch von den Realwerten ab, so dass im Folgenden untersucht werden soll, wie groß diese Abweichung ist. Es ist dabei zu zeigen, dass der saisonale Verlauf berücksichtigt wird und damit die Schwankungsabweichungen sinken.

Die Validität des Personalbedarfs kann direkt auf den Technikbedarf übertragen werden. Wenn das Personal richtig berechnet wurde, so gilt dies auch für die Technik, die auf die gleiche Weise wie das Personal mit den Prozessen verknüpft ist. Über den Personal- und Technikbedarf können die am Ende resultierenden Kosten bestimmt werden.

Das Service Level und der Lieferverzug stellen zwei Kennwerte dar, die aufgrund ihrer mathematischen Herleitung in Unterkapitel 3.2 an dieser Stelle nicht zusätzlich validiert werden sollen. So stellt das Service Level eine natürliche Grenze dar, durch die beschrieben wird, welcher Mengendurchsatz pro Tag mit Personal und Technik gehandhabt werden kann. Auf Basis dieser Grenze wird berechnet, welche Aufträge in den jeweils folgenden Tag verschoben werden müssen. Aus dieser Verschiebung der Aufträge resultiert gleichzeitig ein Lieferverzug.

### **Schwankung von Auftragseingängen und realem Personaleinsatz**

Insgesamt konnte von neun Unternehmen neben den Auftragseingängen auch der Personaleinsatz im Betrachtungszeitraum eines Jahres aufgenommen werden. Die Ergebnisse werden in Tab. 5.3 und in Tab. 5.4 zusammengefasst. Es zeigt sich, dass die Systemlast bei den Unternehmen im Jahresmittel um 84% schwankt. Dabei ist von Monat zu Monat eine mittlere Veränderung von 26% zu erwarten. Diese Werte verdeutlichen noch einmal, dass die Anforderungen der Systemlast an ein Logistikzentrum sehr hoch sind. Da das Personal genutzt wird, um flexibel darauf zu reagieren, folgt der reale Personaleinsatz diesem Verlauf. So ist das Personal zwar nicht in der Lage, sich vollkommen anzupassen, schwankt aber über das Jahr noch immer um 57%. Der Sprung von Monat zu Monat beträgt hier 17%.

### Abweichung der Realwerte von einer Mittelwertrechnung

In einem Umfeld, in dem keine Veränderungen im zeitlichen Verlauf auftreten, kann anhand der mittleren Systemlast der Personalbedarf bestimmt werden. Bei der Mittelwertrechnung wird die Dynamik des Umfelds demnach nicht berücksichtigt. Die Ungenauigkeit der Rechnung wird über die Differenz zwischen monatlichem realen Personalbedarf und dessen Jahresmittelwert bestimmt (vgl. Tab. 5.4). Sie liegt im Mittel bei 16% und hat einen Maximalwert, der über alle Unternehmen gemittelt 39% beträgt. Der hohe Maximalwert entsteht dadurch, dass bei der Mittelwertrechnung Saisonalitäten nicht berücksichtigt werden. Diese sind in der Fashion Branche

**Tab. 5.3.** Auftragseingänge

Monat	Unternehmen									AVG
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Jan	82%	87%	133%	127%	80%	109%	108%	107%	116%	106%
Feb	88%	114%	226%	81%	90%	117%	93%	83%	113%	112%
Mär	99%	129%	156%	159%	120%	113%	106%	90%	106%	120%
Apr	105%	98%	33%	123%	92%	106%	94%	85%	111%	94%
Mai	95%	75%	39%	37%	91%	71%	91%	129%	85%	79%
Jun	86%	75%	54%	78%	93%	78%	104%	143%	88%	89%
Jul	92%	85%	68%	135%	77%	95%	117%	98%	99%	96%
Aug	107%	153%	179%	147%	123%	131%	110%	84%	117%	128%
Sep	104%	131%	111%	127%	145%	107%	97%	77%	108%	112%
Okt	96%	107%	38%	70%	120%	107%	107%	101%	97%	94%
Nov	121%	101%	115%	37%	102%	93%	96%	117%	87%	97%
Dez	124%	45%	48%	78%	66%	74%	78%	88%	73%	75%
Min	82%	45%	33%	37%	66%	71%	78%	77%	73%	<b>62%</b>
Max	124%	153%	226%	159%	145%	131%	117%	143%	117%	<b>146%</b>

**Tab. 5.4.** Realer Personaleinsatz

Monat	Unternehmen									AVG
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Jan	65%	90%	89%	100%	91%	97%	97%	123%	101%	95%
Feb	64%	105%	150%	87%	118%	100%	95%	121%	96%	104%
Mär	83%	99%	117%	131%	91%	96%	98%	97%	96%	101%
Apr	84%	90%	85%	110%	106%	109%	92%	99%	102%	97%
Mai	62%	70%	63%	84%	101%	103%	99%	109%	73%	85%
Jun	82%	71%	73%	65%	101%	102%	102%	105%	87%	87%
Jul	83%	96%	116%	103%	91%	120%	100%	99%	109%	102%
Aug	141%	151%	176%	130%	87%	118%	113%	78%	106%	122%
Sep	172%	142%	156%	141%	101%	90%	111%	89%	116%	124%
Okt	123%	104%	60%	101%	91%	94%	97%	91%	123%	98%
Nov	121%	95%	61%	84%	96%	89%	99%	94%	111%	94%
Dez	119%	85%	54%	65%	126%	83%	97%	94%	80%	89%
Min	82%	70%	54%	65%	87%	83%	92%	78%	73%	<b>76%</b>
Max	124%	151%	176%	141%	126%	120%	113%	123%	123%	<b>133%</b>

jedoch stark ausgeprägt. Eine passende Dimensionierung der Arbeitsplätze und von deren Peripherie ist demnach mit der Mittelwertrechnung kaum möglich, ohne willkürliche Annahmen zu treffen.

### Abweichung der Realwerte von den Modellberechnungen

Die Berechnungen des Modells können nun anhand der Ausgangssituation, welche durch den Verlauf der Systemlast und des realen Personaleinsatzes beschrieben wird, in ihrer Höhe bewertet werden. Zudem existiert ein Vergleichswert in Form der Mittelwertrechnung. Um die Berechnungen des Modells zu überprüfen, werden die Ergebnisse in drei Punkten untersucht:

- Auftragseingang,
- Brutto-Personalbedarf und
- Netto- Personalbedarf.

In Abb. 5.2 sind diese Personalmengen zusammen mit den Realwerten eines der untersuchten Unternehmen im zeitlichen Verlauf dargestellt. In der Abbildung ist zu erkennen, dass die Werte unterschiedlich stark vom realen Personaleinsatz abweichen. Der reale Personaleinsatz beschreibt die monatlichen Werte, die bei den ausgewählten Unternehmen in der Vergangenheit tatsächlich aufgetreten sind.

In Tab. 5.5 werden die Abweichungen des Auftragseingangs vom Verlauf der realen Werte zusammengefasst. Der Auftragseingang beschreibt die Ergebnisse, wenn keine Bezugseinheiten oder Arbeitszeitmodelle eingesetzt werden. In diesem Fall führt der Auftragseingang eines Artikels zu jeder Zeit zum gleichen Personalbedarf. Somit folgt der Personalbedarf direkt den Auftragseingängen. Das in Abb. 5.2 abgebildete Unternehmen ist in der ersten Spalte der Tabelle wieder zu finden. Im Mittel beträgt die Abweichung bei diesem Unternehmen 22%. Auf alle Unternehmen bezogen liegt die Abweichung im Mittel bei 19%.

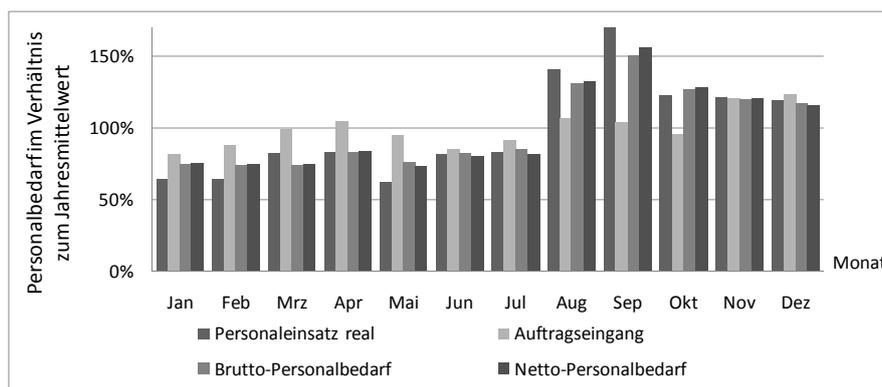


Abb. 5.2. Reale und berechnete Personalmenge eines Jahres auf Monatsbasis

**Tab. 5.5.** Abweichung der Auftragseingänge vom realen Personaleinsatz

Unternehmen										
Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	AVG
Jan	17%	3%	45%	27%	11%	12%	11%	16%	15%	17%
Feb	24%	9%	76%	6%	28%	17%	2%	38%	17%	24%
Mär	16%	30%	39%	28%	29%	18%	8%	7%	10%	21%
Apr	21%	7%	52%	13%	14%	4%	1%	14%	8%	15%
Mai	33%	5%	24%	47%	10%	32%	8%	20%	11%	21%
Jun	4%	4%	19%	13%	8%	24%	2%	38%	2%	13%
Jul	9%	11%	47%	32%	14%	25%	17%	2%	10%	18%
Aug	34%	2%	2%	17%	36%	13%	3%	5%	11%	14%
Sep	68%	11%	46%	14%	45%	17%	14%	12%	8%	26%
Okt	27%	4%	22%	31%	29%	13%	9%	10%	26%	19%
Nov	0%	6%	54%	47%	6%	5%	3%	23%	24%	19%
Dez	5%	41%	6%	13%	60%	10%	19%	6%	7%	19%
AVG	22%	11%	36%	24%	24%	16%	8%	16%	12%	<b>19%</b>

Der Personalbedarf, der vom Modell berechnet wird, ohne dass Arbeitszeitmodelle berücksichtigt werden, wird in Abb. 5.2 mit „Brutto“ bezeichnet. Es ist zu erkennen, dass durch die Berücksichtigung der Bezugseinheiten bereits deutlich bessere Ergebnisse erzielt werden, als es mit den Auftragseingängen direkt möglich war. Die berechneten Mengen des Brutto-Personalbedarfs weichen deutlich weniger von der Realität ab. In Tab. 5.6 sind auch für diesen Fall die Werte aller Unternehmen zusammen gefasst. Das zuvor besprochene Unternehmen hat nur noch eine mittlere Abweichung von 7% im berechneten Personalbedarf. Es ist festzustellen, dass durch die Berücksichtigung der in den Bezugseinheiten ausgedrückten Komplexitätsunterschiede, welche in verschiedenen Saisons bei der Handhabung der Artikel auftreten, die Genauigkeit der Ergebnisse bei diesem

**Tab. 5.6.** Differenz des Brutto-Personalbedarfs vom realen Personaleinsatz

Unternehmen										
Monat	1	2	3	4	5	6	7	8	9	AVG
Jan	10%	1%	9%	6%	3%	3%	2%	13%	1%	6%
Feb	10%	4%	13%	12%	18%	20%	3%	21%	9%	12%
Mär	9%	4%	10%	4%	12%	17%	4%	6%	3%	8%
Apr	0%	8%	8%	10%	10%	11%	3%	6%	13%	8%
Mai	14%	15%	6%	18%	9%	27%	3%	4%	1%	11%
Jun	2%	2%	16%	5%	6%	19%	4%	11%	12%	8%
Jul	2%	3%	41%	12%	3%	31%	1%	5%	10%	12%
Aug	9%	4%	7%	25%	21%	6%	14%	19%	10%	13%
Sep	21%	5%	4%	20%	35%	28%	4%	12%	26%	17%
Okt	4%	4%	3%	8%	15%	9%	23%	5%	21%	10%
Nov	1%	11%	9%	16%	2%	3%	6%	5%	26%	9%
Dez	2%	22%	18%	4%	31%	1%	10%	17%	12%	13%
AVG	7%	7%	12%	12%	14%	15%	6%	10%	12%	<b>11%</b>

**Tab. 5.7.** Differenz des Netto-Personalbedarfs vom realen Personaleinsatz

Monat	Unternehmen									AVG
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Jan	11%	10%	7%	6%	4%	2%	1%	14%	0%	6%
Feb	11%	1%	12%	12%	17%	15%	2%	19%	8%	11%
Mär	8%	5%	10%	4%	12%	12%	1%	4%	4%	7%
Apr	0%	0%	9%	10%	12%	15%	4%	7%	13%	8%
Mai	12%	9%	1%	18%	9%	24%	4%	3%	0%	9%
Jun	1%	6%	12%	5%	6%	2%	5%	9%	10%	6%
Jul	1%	6%	31%	12%	3%	19%	1%	6%	10%	10%
Aug	8%	7%	7%	25%	20%	1%	12%	18%	10%	12%
Sep	16%	7%	10%	20%	36%	22%	3%	11%	26%	17%
Okt	5%	4%	3%	8%	16%	4%	20%	5%	15%	9%
Nov	1%	13%	3%	16%	1%	1%	6%	5%	26%	8%
Dez	3%	6%	12%	4%	31%	9%	9%	9%	12%	11%
AVG	6%	6%	10%	12%	14%	10%	6%	9%	11%	<b>9%</b>

Unternehmen um 15% verbessert werden konnte. Über alle Unternehmen gemittelt beträgt die mittlere Abweichung 11%, was einer Verbesserung von 8%-Punkten entspricht. Schon an dieser Stelle ist damit bereits umfangreich demonstriert worden, dass mit dem Modell die realen Werte deutlich genauer berechnen werden können.

In Abb. 5.2 wird mit „Netto“ der Personalbedarf bezeichnet, der durch die Nutzung von verschiedenen Arbeitszeitmodellen berechnet werden kann. Der Nutzen der Arbeitszeitmodelle liegt dabei primär in der Möglichkeit, die Einflüsse und Auswirkungen von kurzfristigen Veränderungen in die Untersuchung mit aufzunehmen. Sie stellen also im Rahmen dieser Arbeit eine weitere Notwendigkeit dar, um das dynamische unternehmerische Umfeld umfassend berücksichtigen zu können. Die Abweichung des Netto-Personalbedarfs vom realen Personaleinsatz ist in Tab. 5.7 aufgeführt. Der Tabelle ist zu entnehmen, dass die mittlere Abweichung nur noch 9% beträgt. Es zeigt sich also, dass die bisherigen Ergebnisse durch die Modellerweiterung mit Zeitarbeitern, Arbeitszeitkonten und Urlaubszeiten noch zusätzlich um 2% verbessert werden konnten.

### Zusammenfassung

Abschließend wird betont, dass es sich bei den zu vergleichenden Werten nicht um die Abweichung vom Personalbedarf an sich, sondern um die Abweichung von dessen Schwankungen handelt. Der Jahrespersonalbedarf konnte in Abstimmung mit den untersuchten Unternehmen immer exakt bestimmt werden. Um die Genauigkeit der Berechnungen zu deuten, wurden diese mit der Ausgangssituation verglichen. Wie anfangs beschrieben,

**Tab. 5.8.** Mittlere Abweichung berechneter Werte von der Realität

Methode	Differenz der Mittelwerte vom mittleren Realwert	Abweichung der Maximalwerte vom maximalen Realwert
Mittelwertrechnung	16%	39%
Auftragseingang	19%	13%
Brutto-Personalbedarf	11%	9%
Netto-Personalbedarf	9%	8%

schwanken die Auftragseingänge bei den untersuchten Unternehmen im Verlauf eines Jahres um 84% und verändert sich von Monat zu Monat im Mittel um 26%. Das eingesetzte Personal verändert sich um 57% über das Jahr und um 17% von Monat zu Monat.

Mit Hilfe der Mittelwertrechnung entsteht eine mittlere Differenz zur Realität von 16% (vgl. Tab. 5.8). Dieser Wert erscheint zunächst akzeptabel, doch kann die Abweichung im Verlauf eines Jahres einen mittleren Maximalwert von 39% erreichen. Da sich die Dimensionierung der Technik im Logistikzentrum an dem Maximalwert orientiert, sind die Ergebnisse der Mittelwertrechnung nicht zufriedenstellend.

Durch den Einsatz des Modells können die Ergebnisse deutlich verbessert werden. So erhöht sich die mittlere Abweichung der Umschlag-Personalberechnung zwar zunächst, da ein saisonaler Verlauf der Auftragseingänge berücksichtigt, die sich ändernde Komplexität in den Bezugseinheiten jedoch ausgeklammert wird. Sobald die Bezugseinheiten aber in die Betrachtung aufgenommen werden, verbessern sich die Ergebnisse. Wenn letztlich auch noch die Anpassungsfähigkeit des Personals bei der Betrachtung mit berücksichtigt wird, besteht sogar nur eine mittlere Abweichung von 9%. Der wichtigste Aspekt der erzielten Ergebnisse ist, dass die Abweichung der Maximalwerte kontinuierlich abnimmt und am Ende nur noch 8% beträgt. Auf Basis dieser Genauigkeit, die einer Verbesserung von 79% entspricht, ist die Dimensionierung eines Logistikzentrums möglich. Damit ist einerseits nachgewiesen, dass der Personalbedarf vom Modell bestimmt werden kann und andererseits, dass die dynamischen Schwankungen umfangreich berücksichtigt werden.

Ebenso kann mit den Ergebnissen nachgewiesen werden, dass die in Kapitel 3 vom zentralen Grenzwertsatz abgeleitete Annahme einer Normalverteilung in der Systemlast, bzw. den Auftragseingängen, zu richtigen Ergebnissen führt.

## **6 Analyse der Betriebskennlinien von Fashion Logistikzentren**

Die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren kann mit Betriebskennlinien, so wie sie in dieser Arbeit definiert wurden, beschrieben werden. Um deren Einsatzmöglichkeiten zu demonstrieren, sollen in diesem Kapitel verschiedene Betriebskennlinien und deren Sensibilität analysiert werden.

Dieses Kapitel beginnt mit der Beschreibung des Fashion Logistikzentrums. Basierend auf den elf in Kapitel 5 analysierten Logistikzentren werden die dort eingesetzten Prozesse und Techniken vorgestellt. Danach werden branchentypische Prozesse identifiziert und vier typische Logistikzentren abgeleitet.

Neben den Prozessen wird auch das unternehmerische Umfeld der Logistikzentren untersucht. Auf Basis von dynamischen Merkmalen und saisonalen Veränderungen in der Systemlast können dadurch zwei typische Szenarien des Umfelds beschrieben werden.

Nachfolgend werden die Betriebskennlinien für jedes der vier Logistikzentren in den zwei Szenarien bestimmt und graphisch dargestellt. Es wird dabei auch das unterschiedliche Verhalten von manuellen und automatischen Logistikzentren verdeutlicht.

Am Ende des Kapitels werden technische und organisatorische Möglichkeiten diskutiert, mit denen die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren verändert werden kann. Eine dieser Möglichkeiten ist die RFID-Technik, die der automatischen Identifizierung und Lokalisierung von Gegenständen dient und damit die Erfassung von Informationen vereinfacht. Insbesondere im Logistikzentrum können dadurch viele Identifikationsprozesse, z.B. bei der Wareneingangserfassung, effizienter gestaltet werden. Mit Hilfe der Betriebskennlinien sollen diese technischen und organisatorischen Veränderungen untersucht werden.

Unternehmen haben nun die Möglichkeit, ihre eigenen Logistikzentren mit den untersuchten Logistikzentren zu vergleichen und Rückschlüsse daraus zu ziehen, ohne eine eigene detaillierte Untersuchung durchführen zu müssen. Aufgrund der allgemein gehaltenen Definition der Betriebskennlinien können die gewonnenen Erkenntnisse branchenübergreifend genutzt werden.

## 6.1 Das Fashion Logistikzentrum und seine Anforderungen

Das Fashion Logistikzentrum übernimmt die gleichen Funktionen wie Logistikzentren anderer Branchen. Deshalb orientiert sich seine Darstellung an Abb. 2 auf Seite 12. Allerdings treten im Fashion Logistikzentrum einige Besonderheiten auf. In Abb. 6.1 wurden diese berücksichtigt. Die Änderungen zur vorherigen Abbildung äußern sich in drei wesentlichen Punkten:

- Hängende und liegende Ware,
- Aufbereitung von hängender Ware und
- Value Added Services.

Zunächst ist der Unterschied zwischen hängender und liegender Ware anzuführen. So wird bei allen in Kapitel 5 aufgenommenen Marken liegende Ware und bei dreiviertel der Marken zusätzlich hängende Ware angeliefert. Es müssen dabei zwangsläufig unterschiedliche technische Systeme für die Lagerung und den Umschlag der Hänge- und Liegeware vorhanden sein.

Als zweiter Unterschied ist die gesonderte Darstellung der Aufbereitung zu nennen, die bei etwa jeder zweiten Marke mit Hängeware vorkommen. In der Aufbereitung wird hängende Ware hinsichtlich ihrer Optik verbessert. Durch verschiedene Techniken werden dabei Knickspuren entfernt.

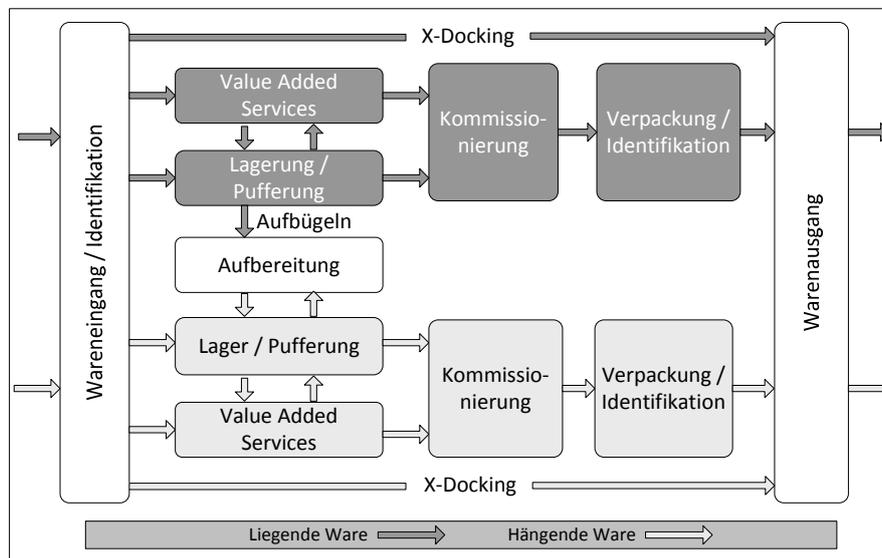


Abb. 6.1. Grundfunktionen des textilen Logistikzentrums ([HHS+10], S.27)

Oft wird liegende Ware auch innerhalb des Logistikzentrums aufgebügelt und damit zu hängender Ware „umgewandelt“. Da diese Ware durch den längeren Transport in Kartons meist deutliche Knickspuren aufweist, muss sie ebenso aufbereitet werden.

An dritter Stelle sind die Value Added Services zu nennen, also Zusatzleistungen, die sehr oft neben den Lagerprozessen erbracht werden müssen ([HSN08], S.301). Hierzu zählen bspw. die Preisauszeichnung oder die Etikettierung der Kleidungsstücke. Diese Aufgaben müssen auch in den Logistikzentren anderer Branchen erbracht werden, doch sind diese in der Fashion Branche weitaus deutlicher ausgeprägt.

Neben den drei beschriebenen Punkten unterscheiden sich auch die Transporte im Fashion Logistikzentrum von anderen Branchen. Die Transporte von liegender Ware werden wie in anderen Branchen in den meisten Fällen flurgebunden durchgeführt ([HSN08], S.161). Das Spektrum der eingesetzten Technik kann dabei von manuellen bis zu hochautomatisierten Systemen reichen [WK05]; [MAN06]. Der Transport hängender Ware unterscheidet sich jedoch vom Transport in anderen Branchen. Um Hängeware im Logistikzentrum zu transportieren, zu kommissionieren und zu versenden, sollte eine Hängefördertechnik installiert sein. Bei der Hängefördertechnik handelt es sich entweder um Trolleysysteme oder um Einzelfördertechnik. Diese können manuell oder auch automatisch angetrieben sein. Der Transport auf Rollständen stellt hingegen einen Ausnahmefall dar und ist nur bei kleinen Umschlagmengen praktikabel.

Letztlich haben sich unterschiedliche Formen von Fashion-Logistikzentren entwickelt. Diese sind an die von ihnen zu erbringenden Leistungen angepasst und weisen einen hohen Spezialisierungsgrad auf. Um Schwankungen des Mengendurchsatzes abfangen zu können, werden die meisten Logistikzentren von manuellen Prozessen dominiert. Im Gegensatz dazu müssen in manchen Logistikzentren nur sehr homogene Kleidungsstücke umgeschlagen werden. In diesen Fällen hat sich auch in der Fashion Branche vereinzelt ein hoher Automatisierungsgrad herausgebildet [LIP06].

### **6.1.1. Prozesse von Hängewaren**

Um eine Übersicht der Prozesse für Hängeware geben zu können, wurde auf Basis aller dokumentierten Prozesse eine Sammlung an möglichen Aufgaben erstellt. Eine Aufgabe wird zur Darstellung von Prozessen und Techniken eingesetzt, wie es in Unterkapitel 4.1.2. im Rahmen der Modellbeschreibung vorgestellt wurde. Die identifizierten Aufgaben können

bei den ausgewählten Unternehmen teilweise in verschiedenen Funktionsbereichen auftreten. Ein Beispiel sind die Value Added Services, die an sehr verschiedenen Stellen erbracht werden können. Für die Übersichtlichkeit wurden die Aufgaben derart vereinheitlicht, dass sie den Funktionsbereichen fest zugeordnet wurden.

Die Liste der Aufgaben für Hängeware ist in Tab. 6.1 dargestellt. Mittels der Aufgaben werden die Unterschiede der Unternehmen herausgestellt und gleichzeitig deren Ähnlichkeiten verdeutlicht. Die erstellte Aufgabenliste erhebt zwar keinen Anspruch darauf, alle Aspekte der Fashion Branche vollständig abzubilden, zeigt aber welche Aufgaben dort typischerweise auftreten. Die dargestellten Aufgaben für Hängeware lassen sich in insgesamt elf Bereiche einteilen. Für jede Marke der ausgewählten Unternehmen ist angegeben, ob der jeweilige Bereich generell existiert. Es kann festgestellt werden, dass Unternehmen 5 in vier Spalten aufgegliedert wurde, die für die vier dort umgeschlagenen Marken stehen. Für jedes im Bereich tatsächlich bei der Marke existierende Element ist dieses zusätzlich mit einem „■“ markiert. In manchen Fällen ist dieses aber auch in Klammern gesetzt. In diesem Fall kommt der Prozess zwar vor, stellt aber keinen Regelprozess dar. Für jeden Funktionsbereich und für jede Aufgabe ist aufgeführt, wie hoch die Wahrscheinlichkeit ist, in einem Fashion Logistikzentrum aufzutauchen. Basierend auf diesen Werten kann entschieden werden, ob die Funktionsbereiche und Elemente typisch sind.

Folgend wird für jeden Funktionsbereich des textilen Logistikzentrums ein Überblick der Aufgaben gegeben und die eingesetzte Technik, die zum Transport oder zur Identifizierung genutzt wird, beschrieben.

### **Wareneingang / Identifikation**

Hängeware wird auf Kleiderbügel hängend angeliefert. Die Kleiderbügel müssen manuell aus Containern oder LKW entnommen und auf eine an der Decke fest installierten Fördertechnik gehängt werden. Dabei werden die Artikel grundsätzlich entweder einzeln aufgehängt und transportiert oder mit mehreren anderen Artikeln auf Trolleys zusammengefasst. Trolleys sind bis zu einem ganzen Meter lange Bügel, die an der Schienenstrecke hängen. Um den sehr manuellen Entladevorgang zu vereinfachen, können Teleskopschienen eingesetzt werden.

Während der Entladung der Artikel, oder auch im Nachhinein, kann es erforderlich sein, diese zu sortieren. Typische Kriterien sind an dieser Stelle der Style, die Größe und die Farbe. Der Style beschreibt in der Fashion Branche den Artikeltyp, so z.B. ein T-Shirt mit V-Ausschnitt. Erst durch die Kombination von Style, Größe und Farbe wird ein Artikel exakt definiert. Die Sortierung kann nach einem oder einer Kombination dieser Kriterien erfolgen.

**Tab. 6.1.** Bereiche und Aufgaben hängender Ware

Bereich	Aufgabe												Häufigkeit					
		1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6	7.1	7.2	8	9	10	11	Bereich	Aufgabe
WE / Identifikation	Artikel auf Trolleys hängen	■	■	■	■	■	■		■			■	■	■	■		92%	100%
	Sortierung	■		■		■	■		■				■				92%	55%
	Einzelteile zählen & Lieferschein abgleichen	■	■	■	■	■	■						■	■		■	92%	82%
	Scan Einzelteile									■				■			92%	18%
	Volumen und Gewicht aufnehmen																92%	9%
	Qualitätssicherung	■	■	■	■	■	■		■				■	■			92%	82%
Lagerung	Manuelle Fördertechnik		■	■	■					■		■	■	■	■		92%	73%
	Automatische Fördertechnik					■									■		92%	18%
	Abhängelager		■		■	■	■		■			■	■	■			92%	73%
Kommissionierung	Sortierung manuell					(■)							■				92%	18%
	Sortierung automatisch			■		■											92%	18%
	Manuell auf Trolley	■		■			■		■	■		■	■	■	■		92%	82%
	Cross Docking												■	■			92%	18%
	Nutzung Nachschubbereich				■							■					92%	18%
VAS	Preis auszeichnen		■			■	■		■			■	■	■	■		92%	73%
	Ein- / Aus- / Umtüten					■							■	■	■		92%	36%
	Etikettieren		■	■	■	■	■		■	■		■	■	■	■		92%	100%
Aufbereitung	Handbügeln		■			■						■					42%	60%
	Tunnelfinishen		■			■				■		■					42%	100%
	Puppen		■			■				■				■			42%	80%
	Toppen		■			■				■				■			42%	80%
	Multiformen					■											42%	20%
	Hosenbeinpressen					■											42%	20%
	Jackenpressen					■											42%	20%
	Fleckenentfernung					■											42%	20%
	Näharbeiten					■											42%	40%
	Abhängelager	■	■		■	■									■		42%	100%
NOS	Separate Lagerung	■	■		■												42%	60%
	Manuell auf Trolley	■	■		■	■								■			42%	100%
	Entsorgung			■		■											25%	67%
Retouren	Aufbereitung				■												25%	33%
	Rückführung ins Lager / Neuversand			■	■	■											25%	100%
Stock	Abhängelager					■											8%	100%
	Separate Lagerung					■											8%	100%
	Manuell auf Trolley					■											8%	100%
Verpackung/Identifizierung	Eintüten manuell			(■)								■	(■)				92%	27%
	Eintüten automatisch		■			■	■		■				■				92%	45%
	In Kartons oder Tüten verpacken		(■)		■							(■)					92%	27%
	Kleidersäcke													■			92%	9%
	Einzelteile automatisch scannen			■		■											92%	18%
	Einzelteile manuell scannen	■					■		■	■			■	■			92%	55%
WA	Identifizierung durch Scan Ladeinheit	■	■	■	■	■		■	■		■	■	■				92%	82%
	Identifizierung manuell (Beladefliste)		■														92%	9%
	Verladung zusammen mit liegender Ware			■	■	■	■		■			(■)	(■)	■	■		92%	73%
Transport	Manuelle Hängefördertechnik		■	■	■	■	■		■	■		■	■	■	■		100%	92%
	Automatische Hängefördertechnik			■	■	■	■		■				■		■		100%	58%
	Rollständer	■		■		■											100%	25%

Die Hängeware muss im Wareneingang auch identifiziert werden. Dieser Prozess kann mit Zettel und Stift, mit Barcodescanner oder mit RFID-Tags durchgeführt werden. Das Ziel der Identifikation ist dabei entweder eine vollständige Mengenkontrolle oder eine Stichprobenzählung. Ein zusätzliches Kriterium, die Artikel zu identifizieren, kann die Aufnahme von Volumen- und Gewichtsdaten sein. Dazu werden die Artikel entweder manuell vermessen und gewogen oder in eine automatische Maßanlage gelegt, die die Daten selbstständig erfasst.

Schließlich ist ein wichtiger Bestandteil des Wareneingangs die Qualitätssicherung. Um diese durchführen zu können, werden aus jeder Lieferung von jedem Artikel Stichproben entnommen. In diesem Zusammenhang ist die Abkürzung AQL zu nennen, die für „Acceptable Quality Level“ (deutsch: Qualitätslage) steht. AQL ist ein Zahlenwert, der zwischen Lieferant und Unternehmen vereinbart wird. Der Zahlenwert gibt an, wie hoch ein Ausschussanteil sein darf, bis zu dem die Lieferung akzeptiert wird. Je nach Zuverlässigkeit des Lieferanten ist es notwendig, mehrere Proben zu entnehmen. Inhalt der AQL ist es, Schnittmuster, Farben, Aufdrucke und Verschmutzungen zu überprüfen.

### **Lagerung / Pufferung**

Die Lager- und Pufferbereiche eines textilen Logistikzentrums können in statische und dynamische Lager eingeteilt werden. Die Kleidungsstücke werden bei der statischen Lagerung manuell auf ihren Kleiderbügel auf Lagerstangen gehängt. Wenn die Artikel auf Trolleys zu den Lagerstangen gebracht werden, müssen sie manuell von den Trolleys genommen und umgehängt werden. Die Lagerung selbst kann auf ein bis zwei Lagerebenen stattfinden. Die statischen Lagerbereiche werden als Abhängelager bezeichnet. In dynamischen Lagern werden die Artikel nicht umgehängt. Die Artikel werden direkt auf der Fördertechnik hängend eingelagert und müssen demnach nicht von dieser herunter genommen werden.

### **Kommissionierung**

Die Kommissionierung der Hängeware erfolgt entweder automatisch oder manuell. Bei der automatischen Kommissionierung wird zwischen der Sortierung mit Einzelteilsortiersystem und mit Trolleysortiersystem unterschieden.

Während der Einzelsortierung erfolgt die Identifizierung über Barcodes oder Transponder, die am Kleiderbügel selbst angebracht sind. Alternativ kann auch ein Leitetikett angebracht sein, dass alle folgenden Artikel bis zum nächsten Leitetikett automatisch identifiziert.

Die Kommissionierung mit Trolleysystemen entspricht einem einfachen Cross Docking. In der ersten Stufe werden die zu kommissionierenden

Teile des gleichen Artikels auf Trolleys gehängt und auf diese gebucht. Jeder Trolley enthält dann einen Barcode oder Transponder, der gescannt wird, so dass die Trolleys in der zweiten Stufe den Warenausgangsbahnhöfen zugeordnet werden können.

Neben der automatischen Kommissionierung wird auch manuell kommissioniert. Dazu werden die Artikel oft schon bei der Einlagerung nach Größen sortiert aufgehängt. Über eine Zuführungsschiene werden danach Trolleys durch das Kommissionierlager geschoben. Ein Mitarbeiter hängt die Artikel anhand einer Kommissionierliste manuell auf die Trolleys um. Bei dieser Methode ist es auch möglich, mehrere Aufträge gleichzeitig zu bearbeiten. Dazu werden entweder die natürlichen Bereiche eines Trolleys genutzt oder mehrere Trolleys gleichzeitig transportiert. Ein solcher Trolley-Zug kann bis zu zehn Trolleys beinhalten.

Der Kommissionierbereich ist teilweise vom Lagebereich getrennt. In diesen Fall werden aus dem Lagerbereich regelmäßig Nachschübe in den Kommissionierbereich gefahren. Diese zweistufige Kommissionierung wird vor allem bei Unternehmen mit vielen kleinen Aufträgen eingesetzt, um die Wege zu minimieren.

### **Value Added Services (VAS)**

Ein wichtiger Bestandteil von textilen Logistikzentren sind die Value Added Services (deutsch: Zusatzleistungen). Diese werden entweder artikel- oder lieferungsbezogen durchgeführt. Bei Großkunden kann dies auch auftragsspezifisch notwendig sein. Grundsätzlich können alle Arbeiten den VAS zugeordnet werden, durch die der Artikel bearbeitet wird. Beispiele sind Sonderleistungen wie das Einziehen von Gürteln oder das Umbügeln auf neue Kleiderbügel. Die Wichtigsten sind jedoch in diesem Zusammenhang

- die Etikettierung,
- die Preisauszeichnung und
- das Ein-, Aus- oder Umtüten der Polybeutel.

Etiketten sind entweder fest mit den Artikeln verbunden oder werden nach der Herstellung der Kleidungsstücke an diesen angebracht. Beispiele für fest verbundene Etiketten sind Produkt- oder Markenetiketten und Pflegeetiketten. Solche Etiketten, die nachträglich angebracht werden, tragen Produkt-, Hersteller- oder Kundeninformationen. Einige solcher Etiketten dienen auch der Quellensicherung.

Die Preisauszeichnung der Artikel ist im eigentlichen Sinne ein Teilbereich der Etikettierung. In der Praxis werden diese Aufgaben jedoch unterschieden, da es sich bei der Preisauszeichnung um einen zwar

**Tab. 6.2.** Schematische Darstellung der Aufbereitung

Aufbereitungs- technik	Begriffserklärung	Durchführung der Technik
Tunnelfinishen	Kleidungsstücke werden befeuchtet, heiß bedampft und getrocknet, wodurch sich T-Shirts, Jacken etc. glatt ziehen	semiautomatisch / automatisch
Puppen	Oberteile werden auf Dampfpuppen gezogen. Dort werden sie mit Dampf in Form gebracht sowie geglättet	manuell
Toppen	Hosen werden auf die Topper gespannt und mit Dampf geglättet	manuell
Handbügeln	Bügeln sämtlicher Kleidungsstücke von Hand an Bügelstationen	manuell
Multiformen	Kleidungsstücke werden befeuchtet, heiß bedampft und getrocknet, wodurch sich T-Shirts, Jacken etc. glatt ziehen	manuell
Hosenbein- pressen	Hosen werden auf eine Presse gespannt und dadurch Bügelfalten erstellt	manuell
Jackenpressen	Jacken werden durch das Pressen auf einer Station von Falten befreit	manuell
Flecken- entfernung	Kleinere Flecken, die behandelt werden können, werden entfernt	manuell
Näharbeiten	Kleinere Näharbeiten werden durchgeführt	manuell

aufwendigen, aber weitaus weniger umfangreichen Prozess als bei der Etikettierung handelt. Bei der Preisauszeichnung wird entweder auf dem Hang-Tag, dem Artikel selbst oder auf einem den Artikel umgebenden Polybeutel ein Preisetikett angebracht.

Es ist eine gängige Zusatzleistung, die Artikel ein-, aus- oder umzupacken. Viele Artikel sind durch einen Polybeutel oder eine Folie geschützt. Auf diese Weise können auch mehrere Artikel zu Greifeinheiten, den so genannten Prepacks, verbunden werden. Die Folie kann für eine weitere Bearbeitung jedoch zu Problemen führen. Dies ist z.B. bei der automatischen Zählung der Kleiderbügel der Fall, die zwar automatisch, aber durch eine visuelle Auslesung durchgeführt wird. Hier wird die Zählung durch die Folie behindert.

### **Aufbereitung**

Im Funktionsbereich der Aufbereitung werden Dienstleistungen wie das Bügeln, Puppen oder Reinigen von Artikeln erbracht. Ziel ist es immer, einen hängenden Artikel optisch zu verbessern, um ihn im Geschäft attraktiver anbieten zu können. Der Grund, dass die hängende Ware aufbereitet

werden muss, ist oft darin zu finden, dass große Mengen der Artikel weite Strecken, oft aus Asien, in Kartons transportiert werden. Dieser liegende Transport ist zwar günstig, führt aber dazu, dass die Kleidungsstücke im Bestimmungsland, also in den untersuchten textilen Logistikzentren, aufbereitet werden müssen. Das gleiche gilt auch für Artikel, die zwar hängend angeliefert wurden, aber aufgrund der Handhabung oder einer zu langen Transportstrecke ebenfalls nicht mehr die gewünschte Form aufweisen oder zu verknittert sind.

Die Aufbereitung kann mit unterschiedlichen Methoden durchgeführt werden. Die gängigsten bei den betrachteten Marken verwandten Aufbereitungsmethoden sind:

- Tunnelnfinishen,
- Puppen,
- Toppen und
- Handbügeln.

Zusätzlich können auch andere Aufbereitungsarbeiten, wie Fleckentfernung oder das Einnähen von Knöpfen, in Fashion Logistikzentren erbracht werden. Diese Methoden sind jedoch seltener zu finden. In Tab. 6.2 wird eine Übersicht der durchgeführten Methoden gegeben und jede einzelne gleichzeitig in wenigen Stichpunkten erklärt.

### **Never Out of Stock (NOS)**

Bei vielen Unternehmen werden einige Artikel nicht nur in einzelnen Saisons, sondern saisonübergreifend angeboten. Diese Artikel können kontinuierlich abgerufen werden und haben deshalb immer einen Lagerbestand. Diese NOS-Artikel werden mit den übrigen Artikeln zusammen im Wareneingang vereinnahmt. Da es sich im eigentlichen Sinne aber um ein separates Sortiment von Artikeln handelt, werden sie meist separat gelagert, d.h. es gibt eine räumliche Trennung zum restlichen Sortiment innerhalb eines Logistikzentrums. Aufgrund der Lagerung im statischen Abhängelager werden die Artikel manuell kommissioniert. Nach der Kommissionierung werden NOS-Artikel wie die übrigen Artikel verpackt und versendet.

### **Retouren**

In manchen Logistikzentren der Fashion Branche werden auch Retouren gehandhabt. Retouren stellen entweder eine Rückführung vom Endkunden oder von einzelnen Filialen dar, was aber für die intralogistischen Prozesse keinen Unterschied macht. Nach der Vereinnahmung im Wareneingang, welche wie bei den übrigen Artikeln durchgeführt wird, wird überprüft, ob die Artikel entsorgt werden müssen oder ins Lager zurück geführt werden können, um sie später neu zu versenden. Bis zur Entscheidung werden die

Retouren zwischengelagert, was vereinzelt einige Wochen in Anspruch nehmen kann. Eine erneute Einlagerung kann nur stattfinden, wenn die Artikel noch im Sortiment geführt werden. Dies kommt daher nur bei NOS-Retouren vor, oder bei Ware, die aufgrund von großen Produktionslosen in großen Mengen auf Lager gehalten wird.

### **Stock / Altwaren**

Stock-Artikel oder Altwaren sind solche Artikel, die nicht mehr der aktuellen Saison entsprechen, aber dennoch nicht aus dem Logistikzentrum abgerufen wurden oder als Retouren zurück gekommen sind. Diese Artikel werden in separaten Abhängelagern gesammelt, aus denen sie einzeln und manuell kommissioniert werden. Oft werden die Reste vorgehalten, um z.B. per Online-Shop verkauft werden zu können. Nach einer Zeit werden die Artikel entweder entsorgt oder, inzwischen häufiger, in Fabrikverkäufen (Outlet-Stores) verkauft.

### **Verpackung / Identifizierung**

In den meisten Fällen wird Hängeware, falls sie zuvor noch nicht in Folie eingewickelt war, eingetütet. Das Eintüten erfolgt manuell oder automatisch. Dabei wird ein Folienschlauch von oben über die Artikel gezogen und am Kleiderbügel befestigt. Entweder wird der Folienschlauch unter dem Artikel zugeschweißt oder er wird nur über die halbe Artikellänge gezogen, um Folie zu sparen. Meist werden mehrere Artikel zusammen eingetütet, um Griffeinheiten zu bilden.

Eine Alternative zur der Folie stellen Kleidersäcke dar, die um die Artikel gezogen werden. Auf diese Weise werden feste Greifeinheiten gebildet, die insbesondere im Warenausgang zu einer erheblichen Arbeitserleichterung führen. Da die Kleidersäcke teuer sind, werden sie fast nur im Rundlauf bei der Belieferung von eigenen Filialen eingesetzt werden. Deshalb waren die Kleidersäcke auch nur bei einer Marke zu finden.

Schließlich ist es auch möglich, hängende Ware liegend zu versenden. In diesem Fall werden die Artikel wie liegende Ware in Kartons versendet. Hierfür müssen die Artikel mit einem Lieferschein bzw. einer Rechnung zusammen verpackt werden. Eine Alternative zu den Kartons stellt der Versand in Plastiktüten dar. Diese können für kleinere Mengen eingesetzt werden und eignen sich primär für die Belieferung von Privatkunden, die oft über das Internet sehr geringe Mengen bestellen.

Um die Artikel im Warenausgang schnell zu verladen, werden sie in den meisten Fällen vorher mit dem Ladehilfsmittel, also einem Trolley, IT-technisch verknüpft. Diese Verknüpfung kann bereits in der Kommissionierung erfolgen. Oft wird der Barcode eines Leitartikels oder eines Auftrags bei der Verpackung manuell gescannt.

## Warenausgang

Der Warenausgang dient dazu, die kommissionierten und verpackten Artikel zu versenden. Bis zur Verladung wird die Ware meist in dynamischen Staubahnhöfen zwischengepuffert. Während der Verladung wird der Warenausgang gebucht. Entweder per Liste oder durch eine Kombination von Liste und Scanner erfolgt die Identifizierung. Mittels der Nutzung von RFID ist eine automatische Identifikation möglich, was in Pilotprojekten bereits getestet wird. Das Anbringen von Rechnung und Lieferschein erfolgt bei Hängeware manuell. Der Beladevorgang verläuft schließlich spiegelbildlich zur Entladung im Wareneingang ab. Ein Mitarbeiter hängt die Einzelteile oder Greifeinheiten manuell in den LKW um. In vielen Fällen werden die Artikel zusammen mit liegender Ware versendet.

## Transporte zwischen den Lagerbereichen

Hängeware wird auf einer Hängefördertechnik transportiert. Einzige Ausnahme ist der Transport auf Rollständen, welcher primär beim Umschlag von kleinen Mengen durchgeführt wird. Vorteil dieser Rollstände ist, dass keine Schienenstrecke installiert werden muss. Auf den Schienenstrecken werden entweder Einzelteile oder Trolleys transportiert (vgl. Abb. 6.2).

Anlagen, die Einzelteile transportieren und sortieren, gibt es in manueller und automatischer Ausführung. Beispiele für manuelle Varianten sind Schieberohr- oder Gleitstangenanlagen. Automatische Anlagen sind z.B. Tragkettenförderer, welche vor allem bei Sortern, Tunnelfinishern und Verpackungsautomaten eingesetzt werden.

Trolleys sind oft untereinander verbunden, so dass durch die Manipulation eines Trolleys mehrere gleichzeitig beeinflusst werden. Zur Identifikation sind Trolleys meist mit Barcodes ausgestattet. Für die Steuerung durch das Logistikzentrum können automatisierbare Verzweigungs- und Zusammenführungskomponenten eingesetzt werden. Der Transport nach oben wird immer automatisch durchgeführt. Dabei wird entweder der gesamte Trolley oder der einzelne Kleiderbügel in die nächste Etage befördert.



Abb. 6.2. Beispiele für Hängefördertechnik [VDI07c]

### 6.1.2. Prozesse von Liegewaren

Durch den Begriff „Liegeware“ werden die Artikel beschrieben, die im liegenden Zustand das Logistikzentrum der Fashion Branche durchlaufen. Alle untersuchten Unternehmen und deren Marken beinhalten Liegeware. In dieser Gruppe enthalten sind auch Schuhe, Accessoires und Werbeware. Während Accessoires zusammen mit der Bekleidung umgeschlagen werden, haben Schuhe immer einen eigenen Lager- und Kommissionierbereich. Werbeware, welche Artikel enthält, die nicht fashion-spezifisch sind, wird mit im Logistikzentrum geführt. In Tab. 6.3 wird eine schematische Übersicht der Aufgaben im Liegewarenbereich gegeben. Die Aufgaben sind in Bereiche eingeteilt. Es zeigt sich, dass die Prozesse für Liegeware denen für Hängeware sehr ähnlich sind. Teile der Liegeware werden auch in Hängeware umgewandelt. Dazu werden sie im Bereich „Aufbügeln“ auf Kleiderbügel gehängt und fortan als Hängeware gehandhabt.

#### Wareneingang / Identifikation

Die Liegeware wird im Wareneingang auf Paletten und/oder in Kartons angeliefert. Wie bei der Hängeware werden die Artikel in Containern oder auf LKW geliefert. Paletten werden in der Praxis nur auf LKW transportiert und von dort meist mit Handhubwagen oder Gabelstaplern entladen. Kartons hingegen müssen manuell entladen werden, was durch Teleskopförderer stark vereinfacht werden kann. Die entladenen Kartons werden entweder palettiert oder auf eine Fördertechnik aufgegeben. Während der Palettierung werden die Kartons nach Style, Farbe oder Größe sortiert. Auch für die entladenen Paletten kann diese Sortierung erforderlich werden, so dass erst eine Vereinzelung stattfindet und dann eine Neusortierung auf Paletten durchgeführt wird.

Nach der Entladung müssen die Artikel identifiziert werden. Dabei gibt es vier Möglichkeiten:

- Barcodes von Einzelteilen werden gescannt,
- Barcodes von Kartons werden gescannt,
- Einzelteile werden gezählt und mit dem Lieferschein verglichen oder
- Kartons werden gezählt und mit dem Lieferschein verglichen.

Wie bei der Hängeware kann es vorkommen, dass die Volumen- und Gewichtsdaten der Artikel oder Kartons manuell oder automatisch aufgenommen werden müssen. Insbesondere bei automatischen Lagertechniken ist diese Information notwendig. Auch eine Qualitätskontrolle wird im Wareneingang durchgeführt.

Tab. 6.3. Bereiche und Aufgaben liegender Ware

Bereich	Aufgabe	1	2	3	4	5.1	5.2	5.3	5.4	6	7.1	7.2	8	9	10	11	Häufigkeit		
		Bereich															Aufgabe		
Wareneingang / Identifikation	Entladung Paletten mit Handhubwagen	(■)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100%	80%	
	Entladung Kartons & Palettierung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100%	87%	
	Sortierung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100%	87%	
	Scan Einzelteile							■	■	■					(■)		100%	27%	
	Scan Kartons													■			100%	7%	
	Menge in Kartons zählen														■	(■)		100%	13%
	Stichprobe: Mengen in Kartons zählen				■									■	■			100%	20%
	Kartons zählen & Lieferschein abgleichen	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100%	93%
	Volumen und Gewicht aufnehmen				■													100%	7%
	Qualitätssicherung	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100%	73%
Lagerung	Bodenlagerung (Paletten)	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100%	79%	
	Palettenregal	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100%	64%	
	Fachbodenlagerung (Kartons)				■			■	■			■	■	■	■	■	100%	57%	
	Durchlaufregale (Kartons)											■			■		100%	14%	
	Automatisches Kleinteilelager												■	■			100%	7%	
Aufbügeln	Einzelteile zählen		■			■				■							27%	75%	
	Artikel einzeln aufbügeln		■			■											27%	100%	
Kommissionierung	Manuell auf Kommissionierwagen					■		■	■	■		■	■	■	■	■	93%	64%	
	Manuell in Auftragsbehälter auf Fördertechnik												■				93%	7%	
	Packstraßen	■	■														93%	14%	
	Sortierung manuell (invers)				(■)	■							■	■		(■)	93%	36%	
	Sorter automatisch				■											■	93%	14%	
	Cross Docking Kartons				■	■	■										93%	29%	
	Nutzung Nachschubbereich				■							■	(■)	■	■	■	93%	36%	
VAS	Preis auszeichnen	■	■			■						■	■	■			60%	97%	
	Ein-/ Aus-/ Umpacken	■												■	■		60%	44%	
	Etikettieren	■	■	■	■	■						■	■	■	■	■	60%	78%	
NOS	Fachbodenlagerung (Kartons)	■			■								■	■	■		40%	83%	
	Bodenlagerung (Paletten)	■				■											40%	33%	
	Palettenregal													■			40%	17%	
	Automatisches Kleinteilelager												■				40%	17%	
	Separate Lagerung	■															40%	33%	
	Manuell auf Kommissionierwagen	■			■	■							■	■	■	■	40%	100%	
Retouren	Entsorgung	■		■	■							(■)	■		■		60%	67%	
	Aufbereitung				■							(■)	■				60%	33%	
	Rückführung ins Lager / Neuversand	■		■	■							(■)	■	■	■	■	60%	100%	
Stock	Fachbodenlagerung / Blocklagerung (Kartons)	■										■		■			20%	100%	
	Separate Lagerung	■										■		■			20%	100%	
	Manuell auf Kommissionierwagen	■										■		■			20%	100%	
Schuhe	Bodenlagerung (Paletten)	■													■		20%	67%	
	Palettenregal	■													■		20%	67%	
	Separate Lagerung	■											■		■		20%	100%	
	Cross Docking Kartons	■												(■)			20%	67%	
Werbe-waren	Bodenlagerung (Paletten)					■									■		20%	67%	
	Palettenregal					■	■										20%	67%	
	Separate Lagerung					■									■		20%	67%	
	Manuell auf Kommissionierwagen					■											20%	33%	
	Zusortierung direkt am LKW					■									■		20%	67%	
	Scan Einzelteile manuell	■	(■)										■	■			93%	29%	
Verpackung/ Identifizierung	Einzelteile zählen														■		93%	7%	
	Scan Karton / Behälter manuell				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			93%	50%	
	Verpackung in Kartons / Behälter manuell	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	93%	79%	
	Verpackung in Tüten automatisch				■												93%	7%	
	Palettierung und Umwicklung manuell	■	■					■	■	■	■	■	■	■	■	■	93%	79%	
	Palettierung automatisch												■				93%	7%	
	Identifizierung durch Scan der Ladeinheit	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	93%	79%	
WA	Identifizierung manuell (Beladefliste)		■												■		93%	21%	
	Verladung Kartons	■			■							■	■	■			93%	29%	
	Verladung Paletten mit Handhubwagen	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	93%	100%	
	Verladung zusammen mit hängender Ware				■	■	■	■	■	■			(■)	(■)	■		93%	57%	
Transport	Stapler / Ameisen	■	■	■	■							■	■	■	■	■	100%	47%	
	Handhubwagen	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100%	100%	
	Fördertechnik von Kommissionierung z. WA	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	100%	60%	
	Rollwagen / Hängewagen					■	■					■	■				100%	27%	

### **Lagerung / Pufferung**

Grundsätzlich wird zwischen automatisch und manuell bedienten Lagertechniken unterschieden. Zu den automatischen Lagertechniken gehören das automatische Kleinteilelager (AKL) und das automatische Palettenlager (APL). Im AKL werden entweder Kartons, Behälter oder auch Tablare genutzt werden, die von einem Regalbediengerät ein- und ausgelagert werden. Das APL ist auf die Lagerung von Paletten beschränkt. Entweder werden die Ladungsträger an Kommissionierstationen gegeben, wo von ihnen kommissioniert wird bevor sie wieder zurückgelagert werden, oder die Ladungsträger werden vollständig ausgelagert. Die in der Branche weitaus häufigere Variante ist die manuelle Lagerung. Die relevanten Lagertechniken sind hier

- die Bodenlagerung von Paletten,
- die Lagerung von Paletten in Regalen,
- die Lagerung von Kartons in Fachbodenregalen und
- die Lagerung von Kartons in Durchlaufregalen.

### **Aufbügeln**

Beim Umschlag von Liegeware wird diese teilweise auch in hängende Ware umgewandelt und somit als Hängeware versandt. Dazu werden die liegenden Kleidungsstücke aus den Kartons genommen und auf Kleiderbügel gehängt. Dieser Vorgang wird als „Aufbügeln“ bezeichnet.

### **Kommissionierung**

Verschiedene Kommissionierverfahren können in einem Unternehmen zur gleichen Zeit zum Einsatz kommen. Beim Cross Docking (CD) sind in der Fashion Branche die Kartons bereits kundenorientiert gepackt, so dass diese direkt weiter verteilt werden können, ohne die Waren neu zu kommissionieren. Im Logistikzentrum ist es allerdings auch beim Cross Docking möglich, dass Value Added Services erbracht werden müssen. Die Kartons werden schließlich in den Warenausgang transportiert.

Bei der Kommissionierung wird grundsätzlich zwischen automatischen und manuellen Lösungen unterschieden. Automatische Lösungen für die Fashion Branche sind der Einsatz eines AKL und die Nutzung eines Sorters. Das AKL kann auf zwei Arten genutzt werden. Eine Variante ist es, die Ladeeinheiten dynamisch an einem Kommissionierarbeitsplatz bereit zu stellen. Der Kommissionierer entnimmt die Waren, die für einen Auftrag benötigt werden und das AKL lagert die Ladeeinheit automatisch wieder ein. Dieses Verfahren ist jedoch für die Fashion Branche wenig geeignet. Dafür gibt es zwei Begründungen. Einerseits sind in einem Auftrag meist Artikel, die zwar vom gleichen Style, aber in verschiedenen Größen sind.

Deshalb ist es besser, diese Artikel nebeneinander anzubieten. Andererseits werden Artikel oft innerhalb kürzester Zeit vollständig abkommissioniert, so dass es keinen Sinn macht, diese dynamisch hin und her zu fahren. Eine andere Variante ist die Nutzung eines Stollenlagers. Dabei bewegt sich der Kommissionierer durch einen Kommissioniergang, der von der Rückseite aus von einem Regalbediengerät versorgt wird und legt die Artikel in Auftragsbehälter auf einer Fördertechnik.

Eine branchenübergreifend verbreitete automatische Lösung ist der Sorter. Dieser dient dazu, Artikel einzelnen Aufträgen zuzuordnen. Dazu werden die Artikel auf den Sorter aufgelegt. Dabei wird entweder der Barcode von jedem Artikel oder von jeweils einem Leitartikel gescannt. Der Sorter erkennt die Artikel und transportiert sie zu Ausschleusstrecken (Endstellen), wo er sie auf einzelne Aufträge verteilt. Jeder Auftrag benötigt eine eigene Endstelle. Es kann nachvollzogen werden, dass die Leistung des Sorters vor allem durch die Anzahl der Endstellen definiert wird. An der Endstelle muss ein Mitarbeiter dafür sorgen, dass die Abwurfbehälter verdichtet und rechtzeitig ausgetauscht werden. Sorter eignen sich vor allem für Fälle, in denen wenige Aufträge mit großen Mengen vorkommen, was bei der Belieferung von Großkunden oder von eigenen Filialen der Fall ist. Da Sorter möglichst stark ausgelastet werden müssen, werden sie meist nicht auf den Maximalbedarf ausgelegt, sondern werden bei hoher Systemlast durch manuelle Verfahren unterstützt.

Ein manuelles Kommissionierverfahren der Fashion Branche ist das Kommissionieren auf einen Kommissionierwagen. Ein Mitarbeiter bewegt sich mit dem Wagen durch den Lagerbereich und entnimmt anhand einer Liste die Artikel, die er für einen Auftrag braucht.

Ein anderes in der Fashion Branche verbreitetes Verfahren ist die Nutzung von Packstraßen. Hierzu werden Paletten mit einem Gabelstapler aus dem Lager ausgelagert. Anschließend werden die Kartons von den Paletten genommen und in einer definierten Reihenfolge (Style, Color, Size) aufgebaut. Danach wird mit einer Kommissionierliste und einem Kommissionierwagen die Kommissionierung durchgeführt. Die Packstraßen sind ein Resultat dessen, dass die Artikel in der Fashion Branche meist vollständig kommissioniert werden, sobald die Kommissionierung begonnen hat. Es macht also Sinn, die Artikel den Kundenaufträgen entsprechend aufzubauen und somit viel Wegzeit bei der Kommissionierung einzusparen.

Schließlich wird in einer weiteren manuellen Variante der Prozess des Sorters nachgeahmt werden. Hier werden die Artikel aus einem Karton auf mehrere Auftragsbehälter umsortiert. In dieser inversen Kommissionierung nimmt ein Mitarbeiter die Rolle des Sorters ein. So kann er z.B. die zu verteilenden Artikel in einem an einer Schienenstrecke geführten Hängewagen von Abgabebehälter zu Abgabebehälter transportieren.

Wie bei der hängenden Ware kann auch bei liegender Ware eine räumliche Trennung zwischen einem Kommissionier- und einem Nachschubbereich vorgenommen werden. In diesem Fall werden die Kommissionierwege auf Kosten von zusätzlichen Nachschubbewegungen reduziert.

#### **Value Added Services (VAS)**

Die VAS für Liegeware müssen teilweise bereits im Wareneingangsbereich erbracht werden. Sollen die Kartons per Fördertechnik transportiert werden oder in einem automatischen Kleinteilelager gelagert werden, müssen sie eine bestimmte Qualität aufweisen. Ist diese nicht gegeben, müssen die Artikel in neue Kartons oder in Mehrwegbehälter umgepackt werden. Wie bei der hängenden Ware gehören die Etikettierung und die Preisauszeichnung zu den VAS.

#### **Never Out of Stock (NOS)**

NOS-Artikel für Liegeware werden, sofern sie umgeschlagen werden, langfristig im Logistikzentrum gelagert. Sie werden zusammen mit den übrigen Artikeln im Wareneingang vereinnahmt und danach an festen Lagerplätzen eingelagert. Die in der Praxis eingesetzten Lagertechniken sind die Fachbodenlagerung für Kartons bzw. Behälter, die Bodenblocklagerung für Paletten sowie die Nutzung von Palettenregalen. Die Kommissionierung von NOS-Artikeln wird manuell auf Basis einer Kommissionierliste mit einem Kommissionierwagen und/oder einem Auftragsbehälter durchgeführt. Im Anschluss an die Kommissionierung werden die NOS-Artikel wie die übrigen Artikel verpackt und versendet.

#### **Retouren**

Retouren werden zumeist mit KEP-Dienstleistern (Kurier-, Express- und Paketdienste) angeliefert. Jede Retoure wird im Logistikzentrum einer Prüfung unterzogen. Je nach Qualität werden die Waren zurück ins Lager geführt oder entsorgt. Diese Entscheidung kann allerdings bis zu einigen Wochen dauern, so dass die Retouren davor noch zwischengelagert werden müssen. Bei einigen Retouren kann es sich um Hängeware handeln, die liegend zurück gesendet wurde. Diese muss zusätzlich entsprechend den bereits beschriebenen Abläufen aufgebügelt und aufbereitet werden.

#### **Stock / Altwaren**

Nach dem Ablauf einer Saison werden die nicht versendeten Artikel, die nicht mehr der aktuellen Saison entsprechen, im Logistikzentrum gelagert. Kunden können einzeln auf die dort gelagerten Artikel zugreifen. Diese Artikel werden in konsolidierter Form in Fachbodenregalen gelagert, d.h.

mehrere verschiedene Artikel liegen auf einem Lagerplatz. Die Verwaltung dieses Bereichs erfolgt meist manuell anhand von Belegen oder handschriftlich geschriebenen Zetteln, die anzeigen, was auf den Lagerplätzen zu finden ist. Die Kommissionierung wird manuell anhand einer Liste auf mobile Kommissionierwagen durchgeführt. Nach einiger Zeit werden die Stock-Artikel entweder entsorgt oder in Fabrikverkäufen (Outlet-Stores) zu sehr günstigen Preisen verkauft.

### **Schuhe & Werbewaren**

Schuhe werden als Ergänzung des Bekleidungsangebots von den Fashion Unternehmen angeboten. Dabei ist ihr Mengenanteil aber deutlich geringer als der der Bekleidung. Prinzipiell werden Schuhe genauso wie die restliche Bekleidung umgeschlagen. Aus diesem Grund gleichen sich auch die Wareneingangs- und Warenausgangsprozesse. Da sie jedoch deutlich voluminöser als der Rest der Artikel sind, werden sie meist in einem gesonderten Lager- und Kommissionierbereich gehandhabt. Aufgrund der Größe eignet sich die Lagerung von Paletten auf dem Boden oder in Regalen. Bei Schuhen müssen weniger Value Added Services als bei Bekleidung durchgeführt werden. Während der Kommissionierung müssen die Kartons oft nicht mehr geöffnet werden, sondern werden im Ganzen umgeschlagen.

Werbewaren entsprechen nicht dem herkömmlichen Fashion Sortiment. Sie werden meist zwar im gleichen Logistikzentrum wie die Bekleidung umgeschlagen, aber parallel gehandhabt. Die Lagerung findet in separaten Bereichen statt, die Paletten im Bodenblock oder in Regalen enthalten. Nur wenn im Logistikzentrum ein zentrales Palettenlager existiert, das als Puffer- oder Nachschublager genutzt wird, kommt eine Mischung der Lagerbereiche vor.

### **Verpackung / Identifizierung**

Bei der Verpackung kann nach manuellen und automatischen Lösungen unterschieden werden. Eine manuelle Lösung ist es, die kommissionierte Ware an einem Verpackungsarbeitsplatz direkt in Kartons oder Mehrwegbehälter zu füllen und die Kartons zu wiegen. Die neue Ladeinheit wird mit dem Lieferschein und der Rechnung versehen. Die Nutzung von Mehrwegbehältern erfolgt zumeist bei der Belieferung von Großkunden oder eigenen Filialen. Für den Versand per Spediteur müssen die Kartons zusätzlich palettiert und dann gewogen werden, was ebenfalls manuell erfolgen kann. Die palettierten Kartons werden anschließend für die Ladungsträgersicherung umwickelt und bis zur Verladung zwischengepuffert. Anstelle in Kartons oder Mehrwegbehältern verpackt zu werden, ist es auch möglich die Artikel automatisch in Tüten zu verpacken.

Während der Verpackung müssen die Artikel zusätzlich identifiziert werden. Diese Identifizierung kann manuell mit Listen oder mit Barcode-scannern erfolgen.

### **Warenausgang**

Im Warenausgang werden die verpackten Artikel aller Gruppen zunächst zwischengepuffert, und anschließend in LKW verladen. Dabei findet eine Sortierung nach Filialen oder Regionen statt. Die Ware wird als Einzelkarton oder als Palette in die LKW geladen. Beide Varianten können parallel in einem Logistikzentrum auftreten. Oft werden die Artikel zusammen mit hängender Ware versendet. Während der Verladung der Liegeware wird diese meist identifiziert und damit kontrolliert. Dies erfolgt manuell mit Listen oder mit Scanner. Wie bei der Hängeware ist durch die Nutzung von RFID eine automatische Identifikation möglich, die in Pilotprojekten getestet wird.

### **Transporte zwischen den Funktionsbereichen**

Die Transporte zwischen den Funktionsbereichen werden mit Handhubwagen oder mit Stapler durchgeführt. Die Transporte können auch vollständig mit automatischer Fördertechnik durchgeführt werden. Dies setzt eine hohe Automatisierung voraus. Die Fördertechnik wird von einigen Unternehmen bei der Versendung von Kartons über KEP-Dienstleister eingesetzt, um den Warenausgang direkt mit der Verpackung zu verbinden. In Einzelfällen werden die Artikel auch mit Rollwagen oder mit an einem Schienensystem befestigten Hängewagen manuell durch das Logistikzentrum transportiert.

## **6.1.3. Kennwerte des dynamischen Umfelds**

Intralogistische Prozesse sind einer hohen Dynamik des unternehmerischen Umfelds ausgesetzt. Die Dynamik ist zusätzlich mit einer erheblichen Unsicherheit ihres Eintretens verbunden. Anlieferungsverzögerungen aufgrund von Staus oder Verzögerungen, z.B. bei der Zollfreigabe, führen zu einer nur eingeschränkten Planbarkeit. So existiert oft noch einen Tag vor der Ankunft einer Lieferung keine Information über diese.

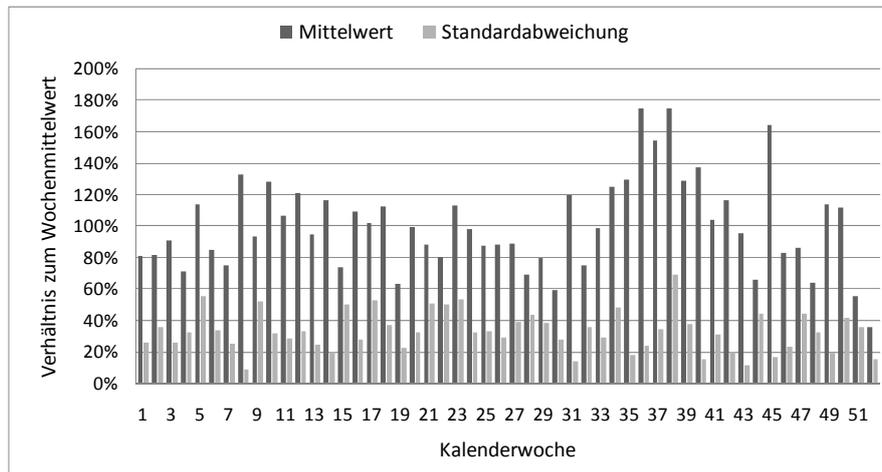
Im Folgenden werden die Systemlastdaten von Unternehmen der Fashion Branche ausgewertet, um basierend darauf in Unterkapitel 6.3 weitere Analysen durchzuführen und schließlich typische Szenarien der Fashion Branche abzuleiten. Um die speziellen Anforderungen der in Unterkapitel 5.1 ausgewählten Unternehmen zu analysieren werden verschiedene

Kennzahlen gebildet. Mit deren Hilfe können die Schwankungen und Unsicherheiten detailliert beschrieben werden. Die Kennzahlen sind:

- Wochenwert für jede Woche (vgl. Formel 4.7, S.64),
- Standardabweichung des Wochenwerts (vgl. Formel 4.11, S.64),
- Wochentageswert für jeden Wochentag (vgl. Formel 4.8, S.65) und
- Standardabweichung des Wochentageswerts (vgl. Formel 4.12, S.65).

Es ist anzumerken, dass die Werte in allen ausgewählten Unternehmen für den Zeitraum eines Jahres aufgenommen wurden. Somit kann zur Bestimmung der Wochenwerte jeweils auf die Systemlast einer Woche zurück gegriffen werden. Eine Prognose für die Zukunft ist demnach nicht möglich, da nicht genug Stichproben existieren. Das ist aber auch nicht die Zielsetzung. Vielmehr soll und kann berechnet werden, wie stark die Realität in den einzelnen aufgenommen Unternehmen von einem Regelfall abweicht. Die Werte vom Wochenwert und seiner Standardabweichung eines ausgewählten Unternehmens sind in Abb. 6.3 exemplarisch dargestellt. Dort ist der saisonale Verlauf der Fashion Branche, mit deutlichen Spitzen im Frühjahr und im Herbst, gut zu erkennen.

Von der Systemlast aller ausgewählten Marken ausgehend, wurden mit den Formeln 4.7, 4.8, 4.11 und 4.12 die beschriebenen Kennwerte berechnet. Dadurch ist es nun möglich, die Anforderungen an Unternehmen der Fashion Branche näher zu analysieren. Neben den Unterschieden zwischen Frühjahr und Herbst werden auch kurzfristige Veränderungen deutlich. Eine Zusammenfassung aller Wochen(tages)werte und ihrer Standardabweichungen ist im Anhang dieser Arbeit zu finden. Dort sind die Daten von neun Marken aufgeführt (vgl. Tab. A.9 und Tab. A.10 auf S. 163f).



**Abb. 6.3.** Wochenwert und dessen Standardabweichung

**Tab. 6.4.** Teile je Bezugseinheit

Monat	Berechnet					Abgeleitet					
	Karton	Palette	Trolley	LKW Liegend	LKW hängend	Stück	Prepa ck	Pick	Karton Schuhe	Palette Schuhe	LKW Schuhe
Jan	25	315	35	11.335	2.793	1	3	2	8	101	3.635
Feb	24	322	32	11.596	2.758	1	3	3	12	159	5.713
Mär	31	421	30	15.170	2.951	1	3	3	12	162	5.815
Apr	28	434	37	15.642	3.163	1	3	3	12	187	6.738
Mai	29	372	36	13.409	3.179	1	3	2	8	104	3.733
Jun	23	279	37	10.033	3.025	1	3	2	8	98	3.526
Jul	22	262	33	9.429	3.248	1	3	2	8	95	3.408
Aug	19	243	26	8.742	3.254	1	3	1	4	51	1.852
Sep	19	213	31	7.654	2.983	1	3	1	4	45	1.617
Okt	21	222	31	7.983	2.607	1	3	1	4	43	1.549
Nov	24	311	35	11.182	2.205	1	3	2	8	103	3.714
Dez	26	329	34	11.841	2.286	1	3	2	8	100	3.594
Daten/ Monat	264.777	7.098	22.657	746	746	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-

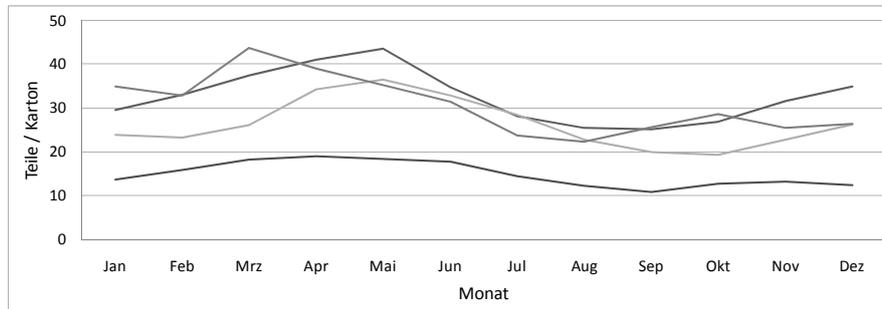
Die Systemlast eines Logistikzentrums kann im Verlauf eines Jahres unterschiedlich gehandhabt werden. Die Bezugseinheiten sind ein Ausdruck dafür. Demnach können die Artikel beispielsweise in Kartons oder auf Palette transportiert werden. Der Handhabungsprozess bezieht sich jeweils auf die Bezugseinheit. Bei der Untersuchung der Logistikzentren konnten die Bezugseinheiten in zwei Gruppen eingeteilt werden. Diese sind

- berechnete Bezugseinheiten und
- abgeleitete Bezugseinheiten.

Die Ergebnisse der Bezugseinheiten sind in Tab. 6.4 zusammengefasst. Darin ist zu erkennen, dass für jeden Monat die Teilemenge je Bezugseinheit festgelegt wird. Die Werte werden als Mittelwert je Monat bestimmt, um jeweils eine größere Datenbasis zur Verfügung zu haben. Die berechneten Bezugseinheiten werden bei der Validierung und bei Bestimmung von Betriebsbereichen in allen Logistikzentren als Basis genutzt.

Um die erste Gruppe der Bezugseinheiten zu berechnen, werden die realen Daten verschiedener in den Logistikzentren umgeschlagener Modemarken analysiert. Für die Bezugseinheiten stehen dabei unterschiedlich viele Daten zur Verfügung, deren Anzahl ebenfalls in Tab. 6.4 angegeben sind. In Abb. 6.4 ist die Bezugseinheit „Teile pro Karton“ im zeitlichen Verlauf von vier exemplarischen Modemarken dargestellt. Es zeigt sich, dass die Werte bei den verschiedenen Marken sehr ähnlich sind.

Neben den berechneten Bezugseinheiten werden einige weitere Bezugseinheiten logisch abgeleitet. Für die Einheiten dieser zweiten Gruppe sind die Werte entweder eindeutig oder wurden in Gesprächen mit den untersuchten Unternehmen ermittelt. Die erste festgelegte Bezugseinheit ist das



**Abb. 6.4.** Teile pro Karton von vier Marken im zeitlichen Verlauf

„Stück“. Hier wird ein Teil pro Einheit für das ganze Jahr angesetzt. Das „Prepack“, welches als Greifeinheit eingesetzt wird, hat im Mittel drei Teile je Einheit und ändert sich nicht im Jahresverlauf. Ein „Pick“ ist die Menge an Teilen, die mit einem Griff aufgenommen werden kann. Diese Einheit schwankt über das Jahr zwischen einem und drei Teilen. Der „Karton Schuhe“ steht nicht für den Schuhkarton, sondern für dessen Umkarton. Die Anzahl an Schuhen schwankt zwischen vier und zwölf Teilen.

Die Systemlast besteht aus der Anzahl an Auftragseingängen und aus deren Auftragsinhalt (vgl. Formel 3.1 auf Seite 43). Der Auftragsinhalt  $M_t$  beschreibt die Komplexität, mit der ein Auftrag bearbeitet werden kann und fließt als Multiplikator in die Systemlast ein. Er kann durch die saisonale Veränderung des Artikelvolumens beschrieben werden, da sich das Volumen der Artikel im Verlauf eines Jahres teilweise stark verändern kann. Dies hat gravierende Auswirkungen auf die Prozessabwicklung, die fortlaufend auf die neuen Anforderungen ausgerichtet werden muss. Speziell in der Fashion Branche verändert sich das Volumen der Kleidung deutlich. Dieser Aspekt hat Einfluss auf die Komplexität der Auftragsbearbeitung. Die Ladeeinheiten sind schwerer zu handhaben und es entstehen weitere Wege.

Zur Bestimmung des Volumens der Artikel werden die vorhandenen Werte der Bezugseinheiten analysiert. Über die Veränderung der Teileanzahl pro Bezugseinheit kann direkt auf das Artikelvolumen geschlossen werden. Es werden die Werte von „Karton“ und „Palette“ genutzt, da für diese die meisten Datensätze vorhanden sind (vgl. Tab. 6.4). Um den Volumenfaktor abzuleiten, wird deren Verlauf prozentual zu ihrem Jahresmittelwert bestimmt. Auf diese Weise sind die Ergebnisse der unterschiedlichen Bezugseinheiten kombinierbar. In Abb. 6.5 ist der Volumenverlauf dargestellt. Demnach ist das Volumen im Frühjahr deutlich kleiner, als es im Herbst der Fall ist. Es können demnach im Frühjahr mehr Teile mit der gleichen Kapazität bearbeitet werden als im Herbst.

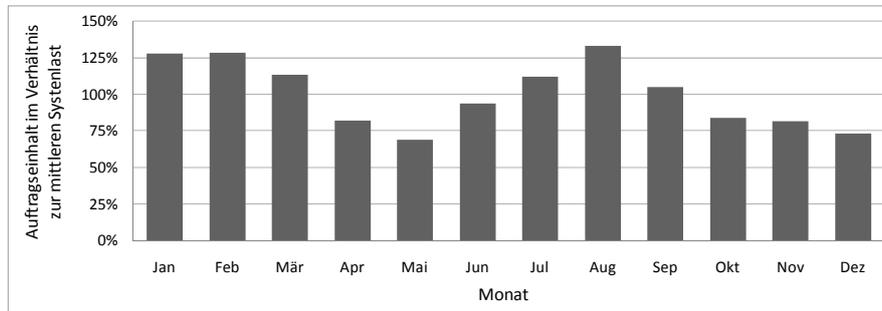


Abb. 6.5. Monatlicher Auftragsinhalt der Systemlast für den Verlauf eines Jahres

## 6.2 Ableitung von vier typischen Logistikzentren

Im Folgenden werden typische Logistikzentren der Fashion Branche hergeleitet. Dabei sollen die Logistikzentren nicht alle Kombinationen an Techniken und Organisationsformen enthalten, die theoretisch möglich sind. Vielmehr ist es das Ziel, typische Logistikzentren darzustellen, die ein breites Feld der Fashion Branche abdecken. Auf diese Weise werden unter anderem die unterschiedlichen Einsatzgebiete und -bedingungen von manuellen und automatischen Systemen verdeutlicht.

In Tab. 6.5. sind die Funktionsbereiche und deren Häufigkeiten zusammengefasst, wie sie in Unterkapitel 6.1 beschrieben wurden. Die Tabelle enthält zusätzlich eine Wertung von jedem Funktionsbereich, wodurch ausgedrückt wird, wie typisch sie sind. Ein „+“ steht für Funktionsbereiche, die bei über 90% der Unternehmen gefunden wurden und deshalb auch in jedem typischen Logistikzentrum enthalten sein müssen. Die „0“ ist bei allen Funktionsbereichen zu finden, die bei 25-90% der Unternehmen auftraten und deshalb zwar typisch sind, aber variabel eingesetzt werden. Alle übrigen Funktionsbereiche werden nicht in die typischen Logistikzentren mit aufgenommen.

Zusammenfassend unterscheiden sich Logistikzentren der Fashion Branche hinsichtlich der umgeschlagenen Ware, in ihren Funktionsbereichen und in dem dortigen Automatisierungsgrad. Hier können auf Basis der variablen Funktionsbereiche vier Aspekte identifiziert werden, die typisch für Logistikzentren sind und separat untersucht werden sollen:

- Manueller Umschlag,
- Aufbereitung von Hängeware,
- Retourenabwicklung und
- automatisierter Umschlag.

**Tab. 6.5.** Häufigkeit von Funktionsbereichen

Liegeware	Häufigkeit	Wertung	Hängeware	Häufigkeit	Wertung
Wareneingang & Identifizierung	100 %	+	Wareneingang & Identifizierung	92 %	+
Lagerung & Pufferung	100 %	+	Lagerung & Pufferung	92 %	+
Aufbügeln	27 %	0	Kommissionierung	92 %	+
Kommissionierung	93 %	+	VAS	92 %	+
VAS	60 %	0	Aufbereitung	42 %	0
NOS	40 %	0	NOS	42 %	0
Retouren	60 %	0	Retouren	25 %	0
Stock	20 %	-	Stock	8 %	-
Schuhe	20 %	-	Verpackung & Identifizierung	92 %	+
Werbewaren	20 %	-	Warenausgang	92 %	+
Verpackung & Identifizierung	93 %	+	Transporte	100 %	+
Warenausgang	93 %	+			
Transporte	100 %	+			

+ = 90% - 100%                      0 = 25% - 90%                      - = 0% - 25%

Für jeden dieser Aspekte wird ein Logistikzentrum detailliert beschrieben. Dazu wurden die typischen Bereiche übernommen und mit Aufgaben hinterlegt. Die Logistikzentren wurden danach prozesstechnisch im Modell abgebildet. Eine detaillierte Übersicht der einzelnen Aufgaben, Prozesse, Techniken und Kapazitäten ist für jedes System im Anhang dieser Arbeit ab Seite 159 zu finden. Zusätzlich werden für alle Systeme Kostenwerte und weitere Vorgaben in Tab. A.1 auf Seite 157 zusammengefasst.

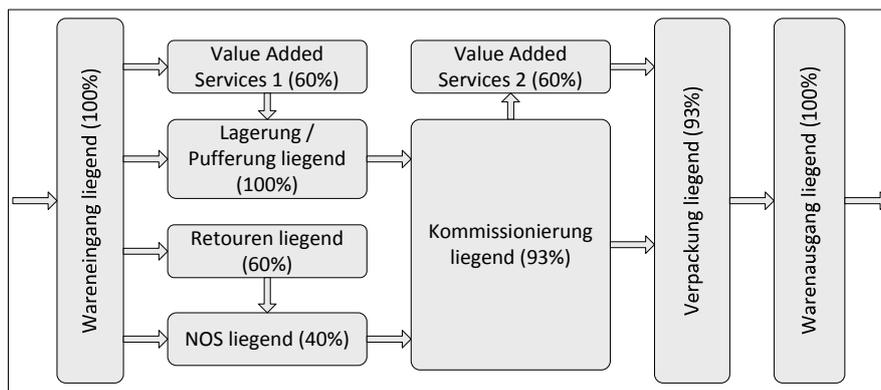
Abschließend wird darauf verwiesen, dass im Rahmen dieser Arbeit keine Logistikzentren geplant werden, sondern nur ein Hilfsmittel zu deren Bewertung entwickelt wird. Deshalb sind die Logistikzentren zwar vollständig beschrieben, stellen aber nicht zwingend das jeweilige Optimum für den Umschlag dar.

### 6.2.1. Manueller Umschlag

Der Einsatz von Packstraßen ist ein wichtiger Aspekt der Fashion Branche. Durch geringe Automatisierung wird versucht, möglichst schnell auf Veränderungen reagieren zu können. Im ersten Logistikzentrum wird ein Fall vorgestellt, in dem bei einem Dienstleister Packstraßen eingesetzt werden. Eine Übersicht der relevanten Kennzahlen ist in Tab. 6.6 zusammengefasst. Pro Jahr werden in dem dargestellten Logistikzentrum 50 Mio. Teile umgeschlagen. Alle Artikel, die im Wareneingang eintreffen, werden innerhalb kürzester Zeit komplett umgeschlagen. Dazu werden die Artikel zunächst eingelagert und nach durchschnittlich drei Tagen abgerufen. Der

**Tab. 6.6.** Beschreibende Faktoren Logistikzentrum 1

Logistikzentrum 1 – manueller Umschlag	
Mittlerer Jahresumschlag	50 Mio. Teile
Mittlere Lagerverweilzeit	3 Tage
Arbeitszeitkonto	+/- 35 h pro Mitarbeiter
Anzahl Schichten	2
Mittlerer Anteil Zeitarbeiter an Mitarbeitern	30%
Mittlere Auftragsgröße	30 Teile in 10 Positionen bei Kleinkunden (80%) 500 Teile in 100 Positionen bei Großkunden (20%)
Liegender Umschlag	90% (davon 20% NOS)
Hängender Umschlag	0%
Abwicklung von Retouren	10%

**Abb. 6.6.** Logistikzentrum 1 – Bereiche und deren Häufigkeiten

Dienstleister beliefert zwei verschiedene Kundengruppen: Kleinkunden und Großkunden. Dabei verursachen Erstere einen Anteil von 80% der Systemlast. Das Logistikzentrum ist nur auf den Umschlag von liegender Ware ausgerichtet. Es werden sowohl Saisonware, als auch NOS-Artikel und Retouren gehandhabt. Das Logistikzentrum enthält einen hohen Anteil an Value Added Services, die typisch für die Fashion Branche sind. Eine detaillierte Auflistung der Prozesse, Techniken und Zeiten sind in Tab. A.13 ab Seite 166 im Anhang zu finden.

In Abb. 6.6 sind die Bereiche aufgeführt, die im Logistikzentrum enthalten sind. Es ist jeweils in prozentualen Werten angegeben wie typisch die Bereiche in der Branche sind (vgl. Unterkapitel 6.1).

Die liegende Ware wird mit dem LKW in Form von einzelnen Kartons angeliefert. Diese werden mit Hilfe einer Teleskopfördertechnik manuell

entladen. Dabei werden die Kartons visuell hinsichtlich ihrer Beschaffenheit geprüft und gezählt. Anschließend werden sie palettiert und dabei nach Style und Farbe sortiert. Während der Palettierung wird jeweils der auf den Kartons und den Paletten angebrachte Barcode gescannt. Im Anschluss wird von jedem Artikel eine Stichprobe entnommen, um die Qualitätssicherung durchführen zu können. Die Paletten werden entweder in das Palettenlager oder in einen VAS-Bereich transportiert. Im VAS-Bereich werden die Artikel in Mehrwegbehälter umgepackt, meist weil die Kartons eine zu schlechte Qualität aufweisen. Sowohl Saisonartikel als auch NOS-Artikel werden im Palettenlager eingelagert. Das Palettenlager hat damit zwei Funktionen. Zum einen werden die Saisonartikel daraus abgerufen, sobald Packstraßen aufgebaut werden und zum anderen werden die NOS-Artikel direkt aus dem Lager heraus kommissioniert. Der Packstraßenaufbau erfolgt, indem die Artikel auf Paletten ausgelagert und die Kartons nach Größen sortiert in Reihen aufgebaut werden. Die Kommissionierer bewegen sich dann mit einem Kommissionierwagen durch diese Packstraßen. Im Anschluss ist es bei einigen Kunden notwendig, weitere VAS durchzuführen. Danach werden die Aufträge zur Verpackung gebracht.

Zehn Prozent der Wareneingänge sind Retouren. Diese kommen im Logistikzentrum in liegender Form an und gehören den NOS-Artikeln an. Die Retouren werden von den Kunden in Kartons direkt an das Logistikzentrum gesendet. Die Kartons werden zur Retourenabteilung gebracht und dort kontrolliert. Fehlerhafte Ware wird entsorgt und nutzbare Ware wird in Mehrwegbehälter gelegt. In den Mehrwegbehältern werden die Artikel schließlich in den NOS-Bereich zurück geführt.

In der Verpackung werden die Barcodes der Artikel von allen kommissionierten Aufträgen noch einmal einzeln gescannt. Anschließend werden Rechnung und Lieferschein gedruckt und dem Karton beigefügt. Über die Fördertechnik werden die Kartons zum Warenausgang transportiert. Dort wird über einen Sorter jeder Karton einer Lieferdestination zugeordnet.

### **6.2.2. Aufbereitung von Hängeware**

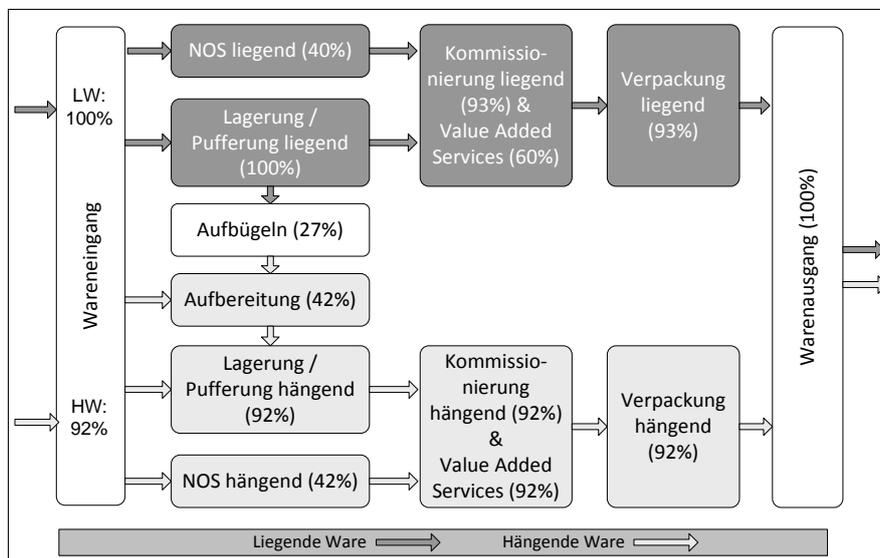
Im zweiten Logistikzentrum wird ein System mit einem Gesamtumschlag von 60 Mio. Teilen pro Jahr beschrieben. Dabei gibt es nur eine beschränkte Anzahl an Filialen, die beliefert werden müssen. Bei den Artikeln handelt es sich um hängende und liegende Ware. Um die hängende Ware in angemessener Qualität ausliefern zu können, existiert ein großes Repertoire an Aufbereitungstechniken. Die hängende Ware wird über einen Sorter kommissioniert, welcher eine typische Technik im Fashion Be-

reich darstellt. Teile des Artikelspektrums werden als liegende oder hängende NOS-Ware vorgehalten, so dass für die hängende Ware auch ein Abhängelager existiert. Retouren werden nicht umgeschlagen. Eine Übersicht der systembeschreibenden Faktoren ist in Tab. 6.7 dargestellt.

Der Prozessablauf im Lager kann in zwei Teile unterteilt werden - den liegenden und den hängenden Umschlag. Dabei gibt es eine Querverbindung, bei der die liegende Ware aufgebügelt wird. Danach wird sie als hängende Ware versendet. In Abb. 6.7 werden die Funktionsbereiche zusammen mit deren typischer Häufigkeit (vgl. Unterkapitel 6.1) dargestellt.

**Tab. 6.7.** Beschreibende Faktoren Logistikzentrum 2

Logistikzentrum 2 – Aufbereitung von Hänge-ware	
Mittlerer Jahresumschlag	60 Mio. Teile
Mittlere Lagerverweilzeit	2 Tage
Arbeitszeitkonto	+/- 35 h pro Mitarbeiter
Anzahl Schichten	2
Mittlerer Anteil Zeitarbeiter an Mitarbeitern	20%
Mittlere Auftragsgröße	1.000 Teile in 50 Positionen
Liegender Umschlag	60% (davon 20% NOS)
Hängender Umschlag	40% (davon 20% NOS)
Abwicklung von Retouren	0%



**Abb. 6.7.** Logistikzentrum 2 – Bereiche und deren Häufigkeiten

Liegende Ware wird im Wareneingang in Form von Kartons oder Paletten aus den LKW entladen. Die Kartons werden nach Artikeln sortiert und anschließend palettiert. Es werden von jedem Artikel Stichproben entnommen und diese einer Qualitätsprüfung unterzogen. Nach der Stichprobenentnahme werden die Standardartikel in ein Palettenlager eingelagert. Bei der Einlagerung kann es sein, dass noch keine Zollfreigabe existiert. In diesem Fall werden die Artikel zunächst in einen Zolllagerbereich gebracht, aus dem sie später wieder in den normalen Bereich umgelagert werden. Während der Kommissionierung werden Value Added Services an den Artikeln erbracht. NOS-Artikel werden nicht auf Paletten gelagert, sondern in einem Fachbodenlager für Kartons. Hier werden regelmäßig kleinere Aufträge gebildet, durch die die Ware abgerufen wird.

Ein Teil der liegenden Artikel wird, wie anfangs beschrieben, hängend versendet. Diese Artikel werden aufgebügelt und anschließend aufbereitet. Ziel der Aufbereitung ist es primär, die Knickstellen zu entfernen, die durch den vorangegangenen Transport in Kartons entstanden sind.

Im Wareneingang für hängende Ware werden die Artikel als Einzelteile angeliefert und auf Trolleys umgehängt. Alle entladenen Artikel werden einer Sichtprüfung unterzogen, gezählt und danach nach Größe und Farbe sortiert. Abschließend wird eine Qualitätskontrolle durchgeführt. Nach dem Wareneingang kommt die Hängeware in ein Abhängelager.

Ware, die länger eingelagert wird, wird auf Stangen umgehungen. Dabei handelt es sich um NOS-Ware. Der Rest der Ware wird in Trolley-Bahnhöfen gelagert. Ein Teil der hängenden Ware muss direkt nach dem Wareneingang zur Aufbereitung, bevor er eingelagert wird. Hier wird eine Vielzahl an Aufbereitungsarten eingesetzt. Die Kommissionierung wird zunächst immer mit einem Sorter durchgeführt, der über eine Tageskapazität von 70.000 Teilen verfügt und damit fast 80% der mittleren Auftragsengänge abdeckt. Ist diese überschritten, so wird die Sortierung manuell unterstützt. Zur Vorbereitung der Kommissionierung werden Value Added Services, etwa das Sichern der Ware, durchgeführt. NOS-Artikel werden im Lager vorgehalten und werden vom Kunden in keinen Mengen regelmäßig abgerufen. Diese Kommissionierung findet direkt aus dem Abhängelager heraus statt.

### **6.2.3. Retourenabwicklung**

Das wesentliche Merkmal vom dritten Logistikzentrum ist der hohe Anteil an Retouren. Generell werden in diesem Logistikzentrum die Artikel in kleinen Mengen abgerufen, wodurch die mittlere Auftragsgröße bei zwei

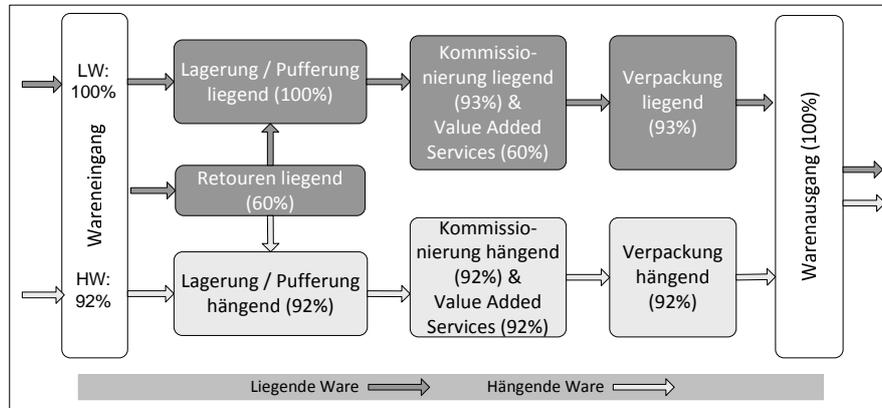
Artikeln liegt. Pro Jahr werden fünf Millionen Teile umgeschlagen. Es handelt sich sowohl um liegende als auch um hängende Ware, die in zwei Saisons umgeschlagen wird. Ein großer Teil der Artikel wird bereits am Anfang jeder Saison in das Logistikzentrum eingelagert und dann langsam versendet. Aus diesem Grund liegt die mittlere Verweilzeit im Lager bei zwei Monaten. Die relevanten Daten sind in der Übersicht in Tab. 6.8 zusammengefasst.

Die Funktionsbereiche des Logistikzentrums werden in Abb. 6.8 dargestellt. Bei jedem Funktionsbereich ist zusätzlich angegeben, wie oft diese bei den untersuchten Unternehmen in Unterkapitel 6.1 auftraten.

Liegende Waren werden größtenteils mit dem LKW in Kartons angeliefert. Alle Kartons werden manuell entladen, auf Fehler überprüft und sofort palettiert. Während der Palettierung werden die Kartons nach ihrem Style sortiert. Die Paletten werden im Wareneingang abgestellt und es wird von jedem Artikel eine Stichprobe entnommen. Diese Probe wird einer Qualitätssicherung unterzogen. Die palettierten Kartons werden in den Lagerbereich gebracht und dort in ein Fachbodenlager eingelagert. In Hochzeiten kann es vorkommen, dass das Fachbodenlager keine freien Plätze mehr hat. Ist dies der Fall, werden die Artikel auf den Paletten zu einer Freifläche gebracht, wo sie auf dem Boden abgestellt und gelagert werden. Beim manuell durchgeführten Kommissionieren wird auf jedes Artikelkett ein Aufkleber geklebt (VAS). Bei einer Tour bearbeitet ein Kommissionierer im Mittel zehn Aufträge gleichzeitig. In der Verpackung werden die Artikel einzeln eingescannt und zusammen mit der Rechnung in einen Karton verpackt. Die gepackten Kartons werden auf ein Förderband gelegt, welches die Kartons direkt zum Warenausgang bringt, wo sie bis zur Verladung auf Paletten gelagert werden.

**Tab. 6.8.** Beschreibende Faktoren Logistikzentrum 3

Logistikzentrum 3 – Retourenabwicklung	
Mittlerer Jahresumschlag	5 Mio. Teile
Mittlere Lagerverweilzeit	2 Monate
Arbeitszeitkonto	+/- 35 h pro Mitarbeiter
Anzahl Schichten	1
Mittlerer Anteil Zeitarbeiter an Mitarbeitern	20%
Mittlere Auftragsgröße	2 Teile in 1 Position
Liegender Umschlag	40%
Hängender Umschlag	40%
Abwicklung von Retouren	20%



**Abb. 6.8.** Logistikzentrum 3 – Bereiche und deren Häufigkeiten

Hängende Ware wird mit einem LKW angeliefert. Aus diesem werden die Einzelteile manuell auf Trolleys gehangen. Dabei werden sie bereits nach Style und Größe sortiert, sowie geprüft und gezählt. Von jedem Artikel wird eine Stichprobe in der Qualitätssicherung getestet. Zusätzlich werden Folien entfernt und Etiketten angebracht (VAS). Anschließend wird die Ware in das Abhängelager gebracht, wo alle Artikel auf Stangen umgehängt werden. Bei der manuellen Kommissionierung werden, wie bei liegender Ware, Aufkleber auf die Artikeletiketten geklebt. Nach der Kommissionierung werden die Artikel mit Hilfe einer Foliermaschine eingeschweißt und schließlich in den Warenausgang geschoben.

Die Retouren werden ausschließlich liegend im Wareneingang entgegen genommen. Nach der Entladung werden die Retouren zu Sortierarbeitsplätzen gebracht und dort nach liegender, hängender und zu entsorgender Ware sortiert. Die Ware wird jeweils auf ein Förderband gelegt, das die Artikel automatisch in den entsprechenden Bereich bringt. Die liegenden Artikel werden an einem Aufbereitungsarbeitsplatz entgegen genommen. Dort wird der Artikel gereinigt und neu verpackt. Retouren von Hängeware werden auf einen Kleiderbügel gehängt und dieser auf eine Einzelfördertechnik gelegt, die den Artikel zu einem Tunnelfinisher bringt. Anschließend werden die Artikel zurück in das Lager sortiert.

#### 6.2.4. Automatisierter Umschlag

Der zentrale Aspekt des vierten Logistikzentrums ist die automatisierte Abwicklung des Umschlags. Es handelt sich um einen Händler, der die Waren für seine eigenen Filialen umschlägt. Die Jahresmenge an Auf-

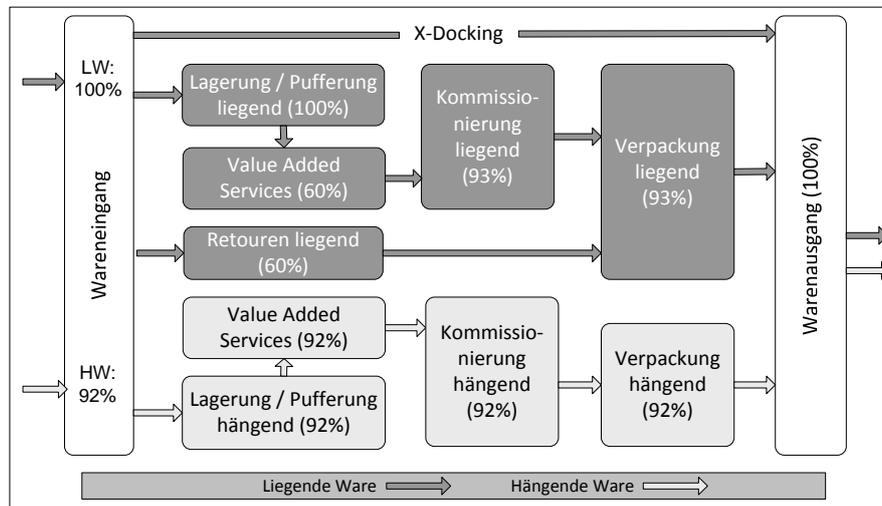
tragseingängen liegt bei 20 Mio. Teilen pro Jahr. Das Logistikzentrum ist ein reines Umschlaglager, d.h. es findet keine Lagerung, sondern nur eine kurzzeitige Zwischenpufferung statt. Da das Unternehmen sein Logistikzentrum schon viele Jahre nutzt, ist die Gebäudestruktur nicht mehr optimal für den Umschlag geeignet. So gibt es im Wareneingang nur zwei Tore für die hängende Entladung. Alle Waren werden in Wechselbrücken angeliefert, so dass diese, falls Wartezeiten entstehen, zunächst auf dem Hof abgestellt werden können. Die für das Logistikzentrum relevanten Kennzahlen sind in Tab. 6.9 zusammengefasst.

Grundsätzlich können liegende Ware, hängende Ware und Retouren im Wareneingang angeliefert werden. Die Retouren kommen direkt von den eigenen Filialen und sind immer liegend. In Abb. 6.9 sind die typischen Häufigkeiten der Abwicklungsmethoden in Prozentwerten angegeben (vgl. Unterkapitel 6.1).

Liegende Ware wird mit dem LKW in Kartons und auf Paletten angeliefert. Alle Kartons werden visuell geprüft und einzeln zur Identifikation gescannt. Nicht palettierte Kartons werden nach ihrem Style auf Paletten sortiert. Schließlich werden die Artikel einer Qualitätssicherung unterzogen und danach zwischengepuffert. Die Zwischenpufferung wird durchgeführt, da die Kommissionierung einen hohen Automatisierungsgrad enthält und deshalb möglichst gleichmäßig ausgelastet werden soll. Zusätzlich müssen einige Artikel vor dem Weiterversand etikettiert werden (VAS). Die Kommissionierung wird auf zwei Arten durchgeführt und hat zusätzlich noch einen dritten Weg, der in Notfällen aktiviert werden kann. Zum einen können die Artikel in der ersten Variante nach dem typischen Cross Docking Verfahren von Kartons umgeschlagen werden. Mit dem automatischen Sorter wird die zweite Variante durchgeführt. Dazu werden die Kartons geöffnet, der erste Artikelbarcode gescannt und zusammen mit den

**Tab. 6.9.** Beschreibende Faktoren Logistikzentrum 4

Logistikzentrum 4 – automatisierter Umschlag	
Mittlerer Jahresumschlag	20 Mio. Teile
Mittlere Lagerverweilzeit	0 Tage
Arbeitszeitkonto	+/- 35 h pro Mitarbeiter
Anzahl Schichten	1,5
Mittlerer Anteil Zeitarbeiter an Mitarbeitern	10%
Mittlere Auftragsgröße	500 Teile in 100 Positionen
Liegender Umschlag	70%
Hängender Umschlag	20%
Abwicklung von Retouren	10% (nur liegend)



**Abb. 6.9.** Logistikzentrum 4 – Bereiche und deren Häufigkeiten

übrigen Artikeln auf den Sorter gelegt, so dass er diese den Filialbehältern zuordnen kann. Der Sorter verfügt über eine Tageskapazität von 50.000 Teilen, die der täglichen über das Jahr gemittelten Umschlagsmenge entspricht. Bei einer zu hohen Anzahl an Auftragsengängen wird die dritte Kommissioniervariante durchgeführt. Hier werden zusätzlich zum Sorter die Artikel von den Mitarbeitern manuell in die Filialbehälter sortiert.

Hängende Ware wird im Wareneingang direkt auf Trolleys umgehängt. Dabei werden die Artikel einzeln gescannt und einer Sichtprüfung unterzogen. Von jedem Artikel wird eine Stichprobe für die Qualitätssicherung entnommen. Bei der hängenden Ware erfolgt eine manuelle Kommissionierung direkt von der Fördertechnik. Dazu werden die Trolleys in einen Wareneingangspuffer geschoben. Dort werden sie zum einen teilweise etikettiert (VAS), aber zum anderen auch nach Größe sortiert. Erst danach werden die Artikel kommissioniert und der Trolley an eine automatische Förderstrecke abgegeben, die zur Verpackung führt. Nach dem Eintüten der Artikel werden diese in den Warenausgangspuffer transportiert.

Neben der liegenden und hängenden Ware werden auch Retouren im Wareneingang angeliefert. Diese kommen direkt von den Filialen. Die Retouren werden von einem KEP-Dienstleister gebracht. Es handelt sich um Filialretouren und nicht um Kundenretouren. Deshalb konnten die erforderlichen Retourenscheine bereits in der Filiale ausgefüllt werden. Die Aufgabe im Logistikzentrum ist es, die Retouren nach belastbaren und nicht belastbaren Artikeln zu sortieren. Die nicht belastbaren Artikel werden entsorgt. Belastbare Artikel werden in Kartons verpackt und dann an die jeweiligen Lieferanten zurückgesendet.

### 6.3 Ableitung von zwei typischen Szenarien

Im Folgenden wird das unternehmerische Umfeld eines Fashion Logistikzentrums in zwei Szenarien beschrieben. Jedes Szenario beruht auf den Kennzahlen für die Wochenwerte, die Wochentageswerte und deren Standardabweichungen (vgl. Unterkapitel 6.1.3). Die Kennzahlen werden auf Basis der Wareneingangsdaten der in Kapitel 5 beschriebenen Unternehmen berechnet. Eines der beiden Szenarien weist eine hohe, das andere eine mittlere Dynamik auf.

Mittels der angegebenen Kennzahlen ist es möglich, Lastszenarien zu generieren, die als Input für alle Logistikzentren genutzt werden können. Die Szenarien werden durch eine tägliche Auftragslast im Wareneingang beschrieben. Aus den Wareneingängen werden mittels einer bei den Logistikzentren angegebenen Lagerverweilzeit die Warenausgänge abgeleitet. Handelt es sich um einen Cross Docking Prozess, so entsprechen die täglichen Warenausgangsmengen den Wareneingängen.

Beide Szenarien werden in Unterkapitel 6.4 für die Bestimmung der Betriebskennlinien von vier Logistikzentren eingesetzt. Deren jährliche Auftragslast ist jedoch unterschiedlich hoch. Deshalb werden alle Kennzahlen der Szenarien prozentual angegeben. Auf diese Weise können sie direkt auf verschiedene jährliche Auftragslasten übertragen werden.

#### 6.3.1. Mittlere Dynamik

Das erste Szenario beschreibt ein typisches unternehmerisches Umfeld mit mittlerer Dynamik. Um zu bestimmen, was die mittlere Dynamik ausmacht, werden jeweils die Mittelwerte von Wochenwerten, Wochentageswerten und deren Standardabweichungen von allen untersuchten Marken gebildet. Im Anhang sind die Einzelwerte im Anhang in Tab. A.9 bis Tab. A.10 ab Seite 163 aufgeführt.

Es ist festzustellen, dass die Mittelwerte der Wochenwerte und deren Standardabweichung direkt berechnet werden können. Die Ergebnisse sind in Abb. 6.10 visuell dargestellt. Dort ist der typische saisonale Verlauf der Fashion Branche zu sehen, in dem im Frühjahr und im Herbst deutlich mehr Ware umgeschlagen wird. Gleichzeitig ist die Standardabweichung im Mittel bei 50%, was für eine deutliche Dynamik von Woche zu Woche spricht. Interessant ist dabei auch, dass in den Hochsaisons eine etwas geringere Dynamik besteht, als zwischen diesen Zeiten. Die Anforderungen schwanken demnach in den Hochsaisons mengenmäßig stärker, jedoch ist die Veränderung außerhalb dieser Zeiträume anteilmäßig größer.

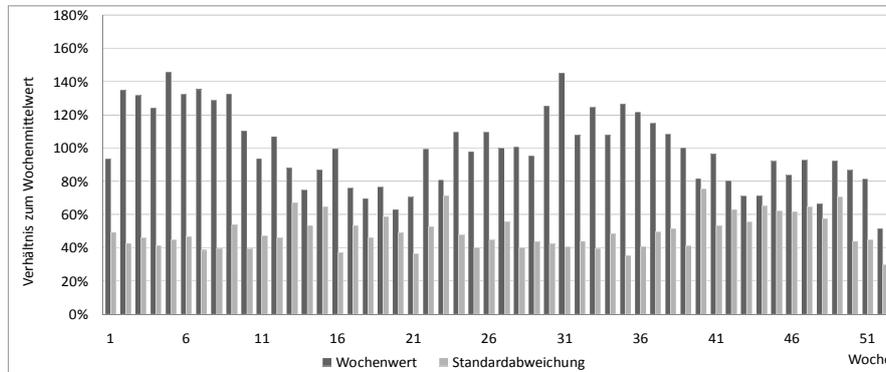


Abb. 6.10. Wochenwerte Szenario 1

Bei den Wochentageswerten zeigt sich, dass die Wochentage je nach Marke unterschiedlich genutzt werden (vgl. Tab. A.11 auf S. 165). Zwar gibt es bei jeder Marke immer Wochentage, die deutlich stärker in Anspruch genommen werden als andere, doch gleichen sich diese nicht zwischen den Marken. Werden diese Werte von allen Marken gemittelt, so gleichen sie sich gegenseitig aus und es entstehen Wochentageswerte, deren Dynamik geringer ist, als es eigentlich typisch ist.

Um diesem Punkt entgegen zu wirken, werden die Daten weiter untersucht. Es ist festzustellen, dass der Dienstag am meisten genutzt wird. Darauf folgen der Montag und Mittwoch. Dies wird als typischer Fall festgehalten. Eine weitere Feststellung ist, dass immer wieder auch samstags ein Warenumsatz stattfindet. Dieser ist jedoch gering und weist eine sehr hohe Standardabweichung auf. Dieser Effekt spricht dafür, dass der Umsatz am Samstag keine Regelmäßigkeit ist, sondern als „Nachbearbeitungszeit“ genutzt wird. Aus diesem Grund wird der Samstag nicht mit in die Beschreibung eines typischen unternehmerischen Umfelds mit einbezogen.

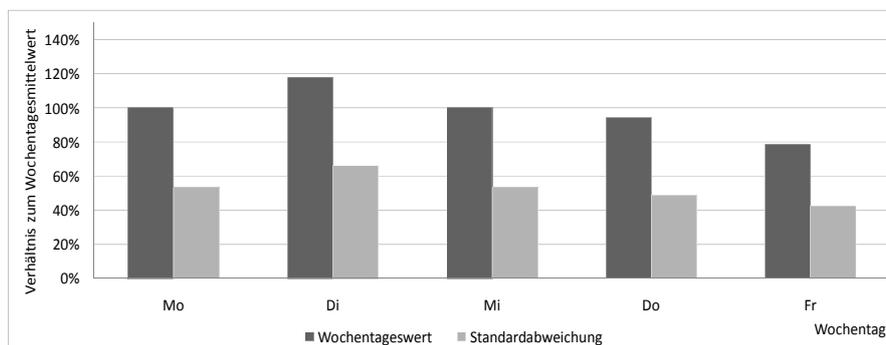
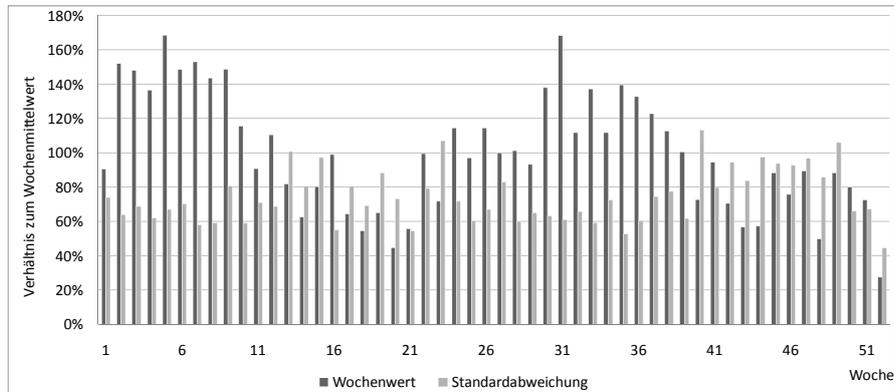


Abb. 6.11. Wochentageswerte Szenario 1



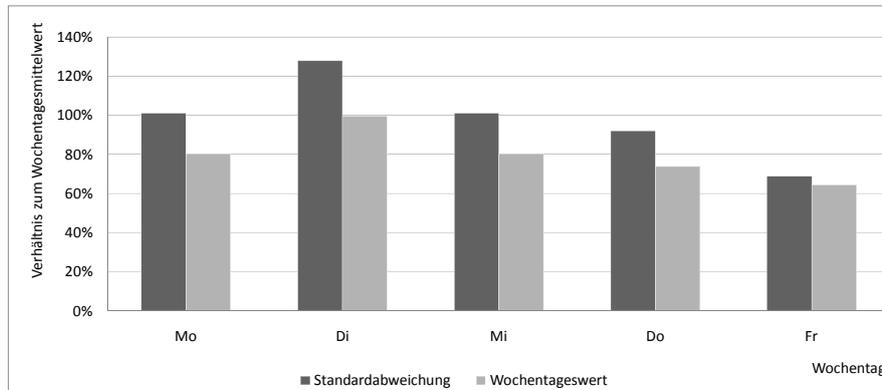
**Abb. 6.12.** Wochenwerte Szenario 2

Um schließlich eine typische Dynamik für die Wochentageswerte zu bestimmen, werden die Wochentage aller Marken nach ihrer Gewichtung sortiert. Auf Basis dieser Werte können die Wochentageswerte und deren Standardabweichung bestimmt werden (vgl. Tab. A.12 auf S. 165). In Abb. 6.11 sind die Ergebnisse dargestellt. Entsprechend der Berechnung ist der Dienstag der am stärksten gewichtete Wochentag. Danach folgen der Montag und der Mittwoch. Diese Zuordnung entspricht dem vorher beschriebenen typischen Fall der Fashion Branche. Die Standardabweichung folgt der Entwicklung des Wochentageswerts und liegt im Mittel bei 53%.

### 6.3.2. Hohe Dynamik

Durch das zweite Szenario wird ein unternehmerisches Umfeld beschrieben, das eine hohe Dynamik aufweist. Wie bereits das erste Szenario wird auch das zweite Szenario von den untersuchten Marken abgeleitet. Dabei ist es das Ziel, eine Situation zu beschreiben, die deutlich höhere Anforderungen an die Anpassungsfähigkeit der Logistikzentren stellt. Gleichzeitig soll die Struktur des zweiten Szenarios aber der des Ersten entsprechen, um den durchgeführten Vergleich auf den Einfluss der Dynamik zu beschränken.

Die Basis des zweiten Szenarios sind die Werte des ersten Szenarios. Dabei wird die Dynamik dieser Werte um 50% erhöht. So wird für Wochenwerte und Wochentageswerte die Differenz zum Jahresmittelwert um 50% vergrößert, was zu einer stärkeren Schwankung von Woche zu Woche führt. Beispielfähig wird aus einem Wochenwert von 80% ein neuer Wert von 70% berechnet, indem die 20%ige Differenz zum



**Abb. 6.13.** Wochentageswerte Szenario 2

Jahresmittelwert auf 30% erhöht wird. Die Standardabweichungen werden hingegen um 50% vergrößert, so dass die Abweichungen von den mittleren Wochen(tages)werten noch größer werden. Etwa entsteht durch die vorgenommene Erhöhung aus einer Standardabweichung von 40% eine neue Standardabweichung von 60%. Die Erhöhung der Dynamik um 50% ist eine frei gewählte Größe. Diese führt allerdings zu einem realistischen Szenario, das hohe Schwankungen beinhaltet. Das neue Szenario liegt noch immer im Schwankungsbereich der untersuchten Marken. Während die neuen Wochentageswerten am oberen Rand des Schwankungsbereichs liegen, befinden sich die Wochenwerte noch immer im (oberen) Mittelfeld der untersuchten Marken. Das Ziel, ein zweites typisches Szenario mit höherer Dynamik zu beschreiben, ist somit erreicht.

In Abb. 6.12 sind die Wochenwerte des zweiten Szenarios dargestellt. Diese haben durch die direkte Ableitung vom ersten Szenario den gleichen Verlauf wie dieses. Allerdings ist der saisonale Verlauf deutlich stärker ausgeprägt. Die Wochenwerte reichen nun sogar von 40% bis zu 180% im Verhältnis zum Jahresmittelwert. Die Standardabweichung der Wochenwerte ist auf etwa 74% angewachsen, was einen starken Einfluss auf den wöchentlichen Mengendurchsatz hat. Teilweise befinden sich die Standardabweichungen sogar über 100%. Alle Wochentageswerte des zweiten Szenarios werden zusammen mit den entsprechenden Standardabweichung in Abb. 6.13 visualisiert. Während die Unterschiede der einzelnen Wochentage beim ersten Szenario noch gering waren, ist nun ein Abfall vom Dienstag zum Freitag um fast 40% festzustellen. Gleichzeitig befindet sich die Standardabweichung in einem Bereich, der zu einer hohen Dynamik von Tag zu Tag führt.

## 6.4 Analyse der Betriebskennlinien

Die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren wird mit Hilfe von Betriebskennlinien beschrieben. Im Rahmen dieses Unterkapitels sollen die Betriebskennlinien von typischen Logistikzentren der Fashion Branche ermittelt werden. Dazu werden jeweils die vier in Unterkapitel 3.2 beschriebenen Kennzahlen in unterschiedlichen Betriebszuständen bestimmt und graphisch in Form der Betriebskennlinien dargestellt. Die Betriebskennlinien aller vier Logistikzentren werden diskutiert und miteinander verglichen.

Anschließend wird der Einfluss von technischen und organisatorischen Änderungen diskutiert. Weiterführend wird ein typisches Logistikzentrum ausgewählt und mit der RFID-Technologie ausgestattet, die dort eine automatische Identifizierung von Artikeln ermöglicht. Damit nimmt diese Technik Einfluss auf die Prozessabwicklung und die damit verbundene Organisation des Logistikzentrums. Die neuen, durch die RFID-Technologie veränderten, Betriebskennlinien werden bestimmt und analysiert.

### 6.4.1. Leistungsfähigkeit von typischen Logistikzentren

Die Betriebskennlinien eines Logistikzentrums basieren auf einer gegebenen Systemlast. Diese besteht aus Auftragseingängen und deren Inhalt. Die Auftragseingänge können durch die in Kapitel 6 beschriebenen Szenarien auf Tagesbasis für den Verlauf eines Jahres generiert werden. Dazu wird die in Unterkapitel 4.2 entwickelte Vorgehensweise angewandt. Zur Beschreibung des Auftragsinhalts wird der in Unterkapitel 6.1.3 bestimmte Wert für den Verlauf eines Jahres eingesetzt.

Der erste Schritt beim Einsatz des Modells ist die Auftragsdisposition auf Basis einer Kapazitätsgrenze. Dabei wird die Systemlast mit der Kapazität des Logistikzentrums abgeglichen und unter Umständen zeitlich verschoben. Die Kapazität basiert auf einem Service Level. Dieses beträgt im Wareneingang 99,9%. Es wird so hoch angesetzt, da es im Rahmen dieser Arbeit immer das Ziel sein soll, die eintreffenden Waren im Wareneingang sofort zu vereinnahmen. Auch für die Auslieferungsaufträge wird die verschobene Systemlast berechnet. Allerdings werden an dieser Stelle zehn Werte für den Service Level gewählt, so dass eine Kennlinie gebildet werden kann. Demnach werden zehn Läufe notwendig, bei denen insgesamt 40 Werte auf Basis des Service Levels bestimmt werden.

Lieferverzug entsteht aufgrund von Auslieferungsaufträgen, die nicht sofort erfüllt werden können. Kommt es zu einem Verzug bei den Anlieferungsaufträgen, der dazu führt, dass die Auslieferungsaufträge erst später bearbeitet werden können, so ist diese Verzögerung zusätzlich zu berücksichtigen. Bei den ersten drei Logistikzentren existiert ein zeitlicher Verzug zwischen Anlieferung und Auslieferung (die Lagerverweilzeit). Dieser ist aufgrund des Service Levels von 99,9% immer größer als der Lieferverzug. Deshalb müssen bei diesen Logistikzentren für die Auswertung des Lieferverzugs nur die Auslieferungsaufträge berücksichtigt werden. Beim vierten Logistikzentrum ist hingegen aufgrund des Cross Dockings kein zeitlicher Verzug zwischen Anlieferung und Auslieferung. Deshalb wird hier der tägliche Lieferverzug von beiden Bereichen addiert.

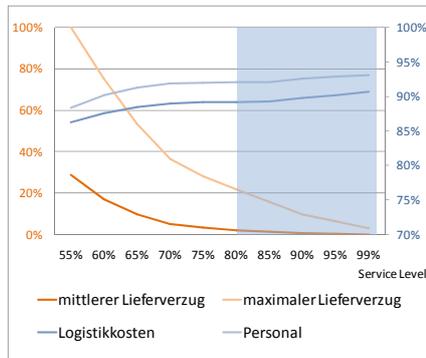
Die Betriebskennlinien beruhen auf den vier in Unterkapitel 3.2 beschriebenen Zielgrößen. Zusätzlich werden unternehmerische Vorgaben definiert, die symptomatisch sind. Auf diese Weise ist es auch möglich, den in Unterkapitel 2.1 beschriebenen Betriebsbereich und jeweils einen bestmöglichen Betriebszustand zu bestimmen. Die Vorgaben sind:

- Der mittlere Lieferverzug darf nicht größer als einen halben Tag sein,
- der maximale Lieferverzug muss unter fünf Tagen liegen und
- die Kosten dürfen sich nur in einem Schwankungsbereich von zwei Prozent bewegen und sollen minimiert werden.

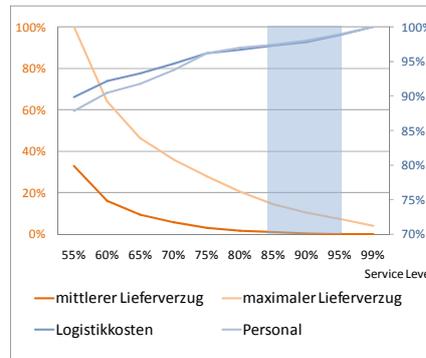
Im Folgenden werden die Ergebnisse der Berechnungen für jedes Logistikzentrum in Form einer Tabelle und von zwei Graphen dargestellt. Die Graphen entsprechen der Darstellung aus Unterkapitel 2.1. Demnach liegt das Service Level als Einflussgröße auf der x-Achse und die übrigen drei Zielgrößen sind auf der y-Achse abgebildet. Dazu werden allerdings zwei getrennte y-Achsen genutzt, um die Ergebnisse besser erkennen zu können. So schwankt der Lieferverzug zwischen 0% und 100%, während sich die Ressourcen und Kosten in allen vier Logistikzentren im Wesentlichen zwischen 70% und 100% bewegen. Bei der Darstellung auf der gleichen Achse, wären die Ergebnisse von Ressourcen und Kosten demnach schwerer ablesbar. Deshalb ist der Lieferverzug, unterteilt nach mittleren und maximalen Werten, auf der linken y-Achse zu finden. Die Ressourcen (das Personal) und die Logistikkosten sind auf der rechten y-Achse abgebildet. Alle Werte sind als prozentualer Wert im Vergleich zu ihrem Höchstwert aus beiden Szenarien abgebildet. Die prozentualen Schwankungen werden im Folgenden in Relation zu diesem Höchstwert beschrieben, um auch direkt aus den Graphen ablesbar zu sein.

**Tab. 6.10.** Kennzahlen Logistikzentrum 1

SL	Szenario 1				Szenario 2			
	$\bar{L}$	$L_{max}$	LK(€/ Teil)	RB	$\bar{L}$	$L_{max}$	LK(€/ Teil)	RB
55%	7,1	24,8	0,257	280,6	10,4	31,8	0,268	279,0
60%	4,2	18,6	0,261	286,4	5,1	20,4	0,275	287,3
65%	2,4	13,2	0,264	289,9	3,1	14,7	0,278	291,7
70%	1,2	9,0	0,265	292,0	1,8	11,5	0,282	298,0
75%	0,8	6,9	0,266	292,0	1,0	8,9	0,287	305,6
80%	0,5	5,4	0,266	292,6	0,6	6,5	0,288	308,1
85%	0,3	3,9	0,266	292,6	0,3	4,7	0,290	309,5
90%	0,2	2,4	0,268	294,0	0,2	3,4	0,291	311,3
95%	0,1	1,6	0,269	295,0	0,1	2,4	0,294	314,2
99%	0,0	0,7	0,270	295,5	0,0	1,4	0,298	317,7



**Abb. 6.14.** Betriebskennlinien 1a



**Abb. 6.15.** Betriebskennlinien 1b

Der Verlauf des Lieferverzugs ist bei allen Logistikzentren gleich, da er auf den beiden gleichen Szenarien beruht. Den beiden Kennlinien, die den mittleren und maximalen Lieferverzug beschreiben, ist zu entnehmen, dass der mittlere Lieferverzug bis zu einem Service Level von etwa 75% stark abnimmt und sich danach kaum mehr verändert. Über einem Service Level von 95% steigen die beiden Werte noch einmal an, da für die Kompensation der letzten Lastspitzen ein großer Kapazitätswachstum notwendig wird. Das Service Level, das auf der x-Achse aufgetragen ist, bewegt sich im Bereich zwischen 55% und 99%. Dieser Bereich wurde gewählt, da einerseits bei einem Wert unter 50% weniger Kapazität zur Verfügung gestellt wird, als im Mittel notwendig ist, und andererseits ein Niveau von 100% statistisch nicht erreicht werden kann.

### **Logistikzentrum 1 – Manueller Umschlag**

Das erste Logistikzentrum verdeutlicht den in der Fashion Branche typischen manuellen Umschlag. Dieser ist in Form von Packstraßen realisiert worden. Hier werden die Aufgaben im Logistikzentrum mit Hilfe eines hohen Personalbestands erfüllt und damit eine ebenfalls hohe Anpassungsfähigkeit gewährleistet. Dies bewirkt, dass die Veränderung des Service Levels einen nur geringen Einfluss auf den Personalbestand und die Logistikkosten hat (vgl. Tab. 6.10).

In Abb. 6.14 ist zu erkennen, dass die Kosten- und Personalkurven bei der Variation des Service Levels im ersten Szenario einen sehr flachen Verlauf haben. So schwanken die Werte nur um bis zu 5%. Dies zeigt, dass die Systemlastspitzen sehr einfach mit einem flexiblen Personalbestand abgefangen werden können.

Bei einer höheren Dynamik, also im zweiten Szenario, nimmt der Einfluss des Service Levels zu. Hier schwanken die Kosten bereits um 10% und das Personal um 12%. Einzig aufgrund der Dynamik liegen die Kosten zudem um bis zu 10% über denen des ersten Szenarios. In Abb. 6.15 sind die Kennlinien des zweiten Szenarios abgebildet. Die Kennlinien von Personalbestand und Logistikkosten steigen nun stärker an. Allerdings ist die Steigung noch immer sehr gering.

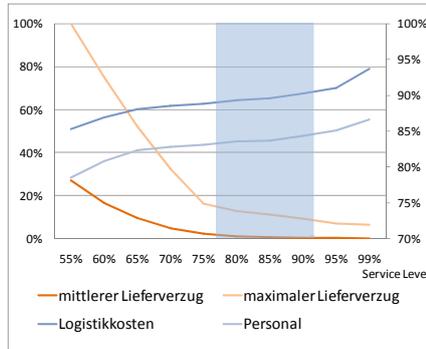
Die Betriebsbereiche können anhand der vorab definierten unternehmerischen Vorgaben bestimmt werden. So beginnt der Betriebsbereich im ersten Szenario bei einem Service Level von etwa 80% und kann aufgrund der stabilen Kostenwerte im gesamten Bereich bis zu 99% liegen. Der bestmögliche Betriebspunkt ist an der Stelle zu finden, wo die Kosten pro Teil am geringsten sind. Er liegt als bei einem Service Level von etwa 80% mit einem Kostenfaktor von 0,266 €. Im zweiten Szenario wird der Betriebsbereich auf ein Service Level von 85% bis 95% begrenzt. Hier betragen die Logistikkosten 0,290 € im bestmöglichen Betriebspunkt.

### **Logistikzentrum 2 – Aufbereitung von Hängeware**

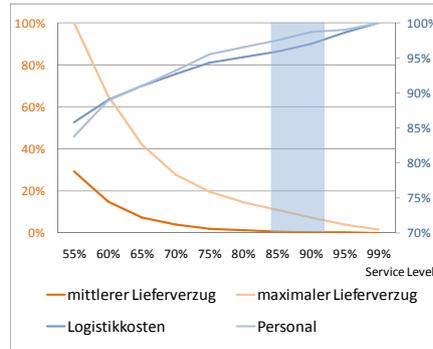
Durch das zweite Logistikzentrum wird der Fall abgebildet, in dem Hängeware aufbereitet wird. Das Logistikzentrum enthält zudem neben fest installierter Fördertechnik für Hängeware eine große Auswahl an Aufbereitungstechniken. Diese Aufbereitungstechniken schränken die Anpassungsfähigkeit ein, da sie wie alle anderen Techniken auf die maximale verschobene Systemlast ausgelegt werden müssen. Gleichzeitig verfügt das Logistikzentrum aber aufgrund der Vielfalt der durchzuführenden Aufgaben über einen hohen Personalbestand. Deshalb ist es zwar flexibel hinsichtlich einer schwankenden Systemlast, jedoch ist diese Flexibilität etwas eingeschränkter als im ersten Logistikzentrum (vgl. Tab. 6.11).

**Tab. 6.11.** Kennzahlen Logistikzentrum 2

SL	Szenario 1				Szenario 2			
	$\bar{L}$	$L_{max}$	LK(€/ Teil)	RB	$\bar{L}$	$L_{max}$	LK(€/ Teil)	RB
55%	7,0	25,8	0,253	287,0	12,9	43,9	0,254	306,5
60%	4,3	19,4	0,257	295,6	6,6	28,7	0,264	325,2
65%	2,5	13,5	0,261	300,9	3,3	18,5	0,270	332,8
70%	1,2	8,4	0,262	302,6	1,7	12,2	0,275	340,9
75%	0,6	4,2	0,263	303,8	0,9	8,6	0,279	349,3
80%	0,3	3,3	0,265	305,5	0,6	6,5	0,282	353,0
85%	0,2	2,9	0,265	305,9	0,4	4,9	0,284	356,5
90%	0,1	2,4	0,267	308,3	0,2	3,3	0,288	361,0
95%	0,1	1,8	0,270	311,1	0,1	1,7	0,292	362,3
99%	0,0	1,7	0,278	316,9	0,0	0,7	0,296	365,6



**Abb. 6.16.** Betriebskennlinien 2a



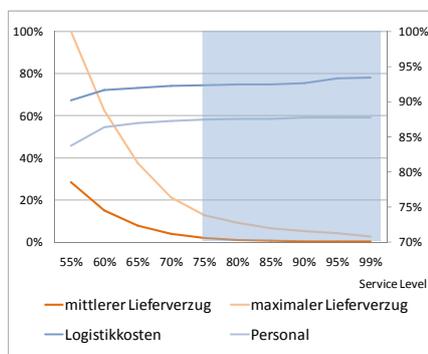
**Abb. 6.17.** Betriebskennlinien 2b

Der Kennlinienverlauf für das erste Szenario ist in Abb. 6.16 dargestellt. Dort steigen die Personal- und Kostenwerte bei zunehmendem Service Level deutlicher an als noch im ersten Logistikzentrum. Insbesondere die Zunahme der Werte ab einem Service Level von 95% fällt auf, die damit zu begründen ist, dass das Logistikzentrum dann nur durch zusätzliche Kapazität in der Lage ist, die Systemlast zu bearbeiten. Aus diesem Grund schwanken die Kosten und das Personal schon im ersten Szenario um 9%.

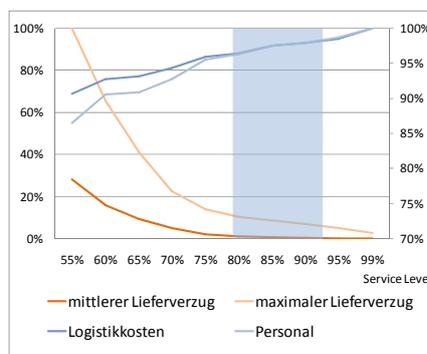
Die etwas geringere Anpassungsfähigkeit des Logistikzentrums zeigt sich bei stärkerer Dynamik, also im zweiten Szenario. In Abb. 6.17 sind die Kennlinien abgebildet. Die Werte nehmen bei Erhöhung des Service Levels deutlich zu. Es ist eine Veränderung von 14% bei den Kosten und sogar über 16% beim Personal festzustellen. Der unterschiedliche Verlauf der Zielgrößen ist damit zu erklären, dass das Personal aufgrund der Investitionen für verschiedene Techniken einen nicht so starken Einfluss auf die Kosten hat, wie es noch im ersten Logistikzentrum der Fall war.

**Tab. 6.12.** Kennzahlen Logistikzentrum 3

SL	Szenario 1				Szenario 2			
	$\bar{L}$	$L_{max}$	LK(€/ Teil)	RB	$\bar{L}$	$L_{max}$	LK(€/ Teil)	RB
55%	7,0	24,6	0,803	63,9	11,5	40,9	0,807	66,0
60%	3,7	15,3	0,816	65,9	6,5	26,8	0,825	69,1
65%	1,9	9,2	0,819	66,3	3,8	16,8	0,828	69,3
70%	1,0	5,2	0,821	66,6	2,1	9,2	0,839	70,7
75%	0,4	3,1	0,822	66,7	0,9	5,8	0,854	72,9
80%	0,2	2,2	0,823	66,8	0,5	4,2	0,858	73,4
85%	0,1	1,5	0,823	66,8	0,3	3,5	0,868	74,4
90%	0,1	1,3	0,825	66,9	0,2	2,8	0,871	74,7
95%	0,0	1,0	0,831	66,9	0,1	2,1	0,877	75,3
99%	0,0	0,6	0,831	67,0	0,0	1,2	0,890	76,3



**Abb. 6.18.** Betriebskennlinien 3a



**Abb. 6.19.** Betriebskennlinien 3b

Aufgrund der geringeren Flexibilität sind auch die Betriebsbereiche kleiner als im ersten Logistikzentrum. So liegt der Betriebsbereich im ersten Szenario zwischen einem Service Level von etwa 78% und 91%. Die Logistikkosten betragen dann im bestmöglichen Betriebspunkt 0,264 € Im zweiten Szenario verkleinert sich der Betriebsbereich auf ein Service Level zwischen 85% und 92%, so dass die bestmöglichen Kosten bei 0,284 € liegen.

### Logistikzentrum 3 – Retourenabwicklung

Mit dem dritten Logistikzentrum wird ein System untersucht, in dem kleine Aufträge für Einzelkunden bearbeitet werden und ein hoher Retourenanteil besteht. Aufgrund der Lagerung von Artikeln entsteht ein hoher Bedarf an Grundfläche. Gleichzeitig werden die meisten Aufgaben manuell erfüllt. Durch die umfangreiche Ressourcennutzung liegen die Logistikkosten deutlich über denen der übrigen Logistikzentren (vgl. Tab. 6.12).

Die Werte für Kosten und Personal erzeugen im ersten Szenario einen sehr flachen Kurvenverlauf, der in Abb. 6.18 dargestellt ist. Wie schon im ersten Logistikzentrum kann das Personal dazu genutzt werden, dynamische Schwankungen flexibel abzufangen, so dass eine maximale Schwankung der Logistikkosten von nur 3% durch eine Variation des Service Levels entsteht. Das Personal verändert sich dabei um 4%.

Auch im zweiten Szenario zeigt sich das Logistikzentrum sehr stabil. Der Kurvenverlauf in Abb. 6.19 zeigt eine Zunahme von 9% bei den Kosten und um 14% im Personalbestand bei einer Variation des Service Levels.

Konsequenter Weise ergeben sich für das dritte Logistikzentrum die größten Betriebsbereiche im Vergleich zu den übrigen Logistikzentren. Während der Betriebsbereich im ersten Szenario zwischen einem Service Level von 75% und 99% liegt, befindet er sich in Szenario 2 zwischen 80% und 93%. Der bestmögliche Betriebszustand liegt somit bei 0,822 € im ersten Szenario bzw. bei 0,858 € im zweiten.

#### **Logistikzentrum 4 – Automatisierter Umschlag**

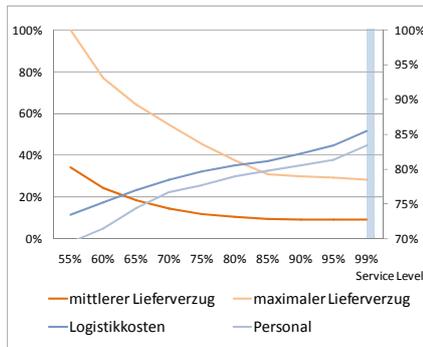
Das vierte Logistikzentrum repräsentiert ein System, in dem die Ware nicht eingelagert, sondern direkt umgeschlagen wird (Cross Docking). Sowohl hängende als auch liegende Ware wird automatisiert umgeschlagen. Das Logistikzentrum hat allerdings einen Kapazitätsengpass, wodurch ein hoher Lieferverzug entsteht. Der Kapazitätsengpass besteht bei der Entladung von Hängeware, da hierfür nur zwei Tore entsprechend ausgerüstet sind. Bis zu der Entladung müssen die gelieferten Wechselbrücken auf dem Hof zwischengepuffert werden. Die Artikel werden in diesem Logistikzentrum nicht eingelagert, sondern direkt umgeschlagen und versandt. Da der Umschlag hochautomatisiert erfolgt, ist der relative Personalbestand nur sehr gering.

Die Ergebnisse der Kosten- und Personalwerte weisen bei einem steigenden Service Level eine sehr starke Zunahme auf. Das Logistikzentrum ist nicht in der Lage, auf dynamische Änderungen zu reagieren, ohne zusätzlich umfangreich Kapazität bereit zu stellen. Aufgrund dieses Engpasses unterscheidet sich der Verlauf der Durchlaufzeitveränderung von dem der anderen Logistikzentren. Die Werte der Kennzahlen sind Tab. 6.13 zu entnehmen.

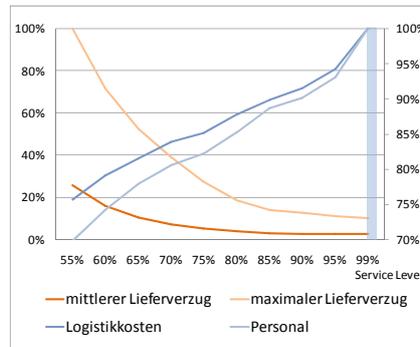
Im ersten Szenario ist bereits zu erkennen, dass das Logistikzentrum bei einem zunehmenden Service Level zusätzliche Kapazitäten benötigt, um die Systemlast zu bewältigen. Aus diesem Grund steigen die Werte vom Personal und von den Kosten um 13% an.

**Tab. 6.13.** Kennzahlen Logistikzentrum 4

SL	Szenario 1				Szenario 2			
	$\bar{L}$	$L_{max}$	LK(€/ Teil)	RB	$\bar{L}$	$L_{max}$	LK(€/ Teil)	RB
55%	11,7	34,1	0,205	65,7	10,9	42,5	0,211	65,9
60%	8,3	26,3	0,210	67,5	6,8	30,4	0,221	70,1
65%	6,2	21,9	0,215	70,3	4,4	22,3	0,228	73,7
70%	5,0	18,7	0,219	72,5	3,0	16,6	0,234	76,1
75%	4,0	15,6	0,222	73,5	2,2	11,6	0,238	77,7
80%	3,6	12,8	0,225	74,6	1,6	7,8	0,245	80,6
85%	3,3	10,6	0,226	75,4	1,3	6,0	0,251	83,9
90%	3,2	10,2	0,230	76,1	1,2	5,4	0,255	85,2
95%	3,1	10,0	0,233	76,9	1,1	4,8	0,263	87,9
99%	3,1	9,7	0,239	78,8	1,1	4,4	0,279	94,5



**Abb. 6.20.** Betriebskennlinien 4a



**Abb. 6.21.** Betriebskennlinien 4b

Die Dynamik hat einen noch stärkeren Einfluss im zweiten Szenario. Hier wird deutlich, dass das Logistikzentrum aufgrund der Automatisierung über keine ausreichende Flexibilität verfügt. Während die Kosten um 24% ansteigen, nimmt der Personaleinsatz sogar um 30% zu, wenn das Service Level erhöht wird. Wie schon im zweiten Logistikzentrum steigt der Personalbestand in diesem Fall stärker als die Kosten, da die eingesetzte Technik einen höheren Einfluss als das Personal auf die Kosten hat und schon bei einem niedrigeren Service Level auf einem relativ hohen Kapazitätsniveau ist.

Die Betriebsbereiche des vierten Logistikzentrums sind aufgrund des Kapazitätsengpasses sehr eingeschränkt. So ist es im ersten Szenario selbst bei einem Service Level von 99% nicht möglich, einen mittleren Lieferverzug unter 3,1 Tagen oder einen maximalen Lieferverzug unter 9,7 Tagen zu erreichen. Dadurch entsteht ein Kostenwert von 0,239 € im bestmöglichen Betriebszustand. Dieser Wert ist dafür, dass keine

Zusatzleistungen oder Lagerung durchgeführt werden, sehr hoch. Im zweiten Szenario liegen die Werte des Lieferverzugs bei 1,1 bzw. bei 4,4 Tagen. Aus diesem Grund kann das Logistikzentrum auch in diesem Szenario nur bei einem Service Level von 99% betrieben werden. Der Kostenwert beträgt jetzt 0,279 €

Zusammenfassend sind die Möglichkeiten, das vierte Logistikzentrum zu betreiben, sehr eingeschränkt. Der bestmögliche Betriebspunkt liegt außerhalb der vorgegebenen Grenzen. Das Logistikzentrum muss bei 99% betrieben werden, um den Lieferverzug so niedrig wie möglich zu halten. In Unterkapitel 6.4.2 wird diese Problematik im Zusammenhang mit der RFID-Technik aufgegriffen.

### **Bewertung der Ergebnisse**

Die Kennzahlenberechnungen haben bei allen Logistikzentren plausible Verläufe und Relationen ergeben. So führt die Dynamik im zweiten Szenario in allen Logistikzentren zu mehr Ressourcenbestand und höheren Logistikkosten. Dabei hat die Dynamik einen geringen Einfluss auf manuelle Logistikzentren und führt zu deutlicher Instabilität bei automatisierten Lösungen. Es wurde gezeigt, dass untersucht werden muss, in welchem Umfeld ein Logistikzentrum betrieben wird, um dessen Eignung zu beurteilen.

Weiter wurde festgestellt, dass Logistikzentren für Hängeware sehr technisiert sind, wodurch sie weniger flexibel werden. Der mit einer Aufbereitung verbundene hohe Personalbedarf wirkt dem entgegen. Aus diesem Grund kann ein solches Logistikzentrum als Zwischenstufe zwischen manuellen und automatischen Lösungen angesehen werden. Das Verhalten eines Logistikzentrums mit vielen Retouren entspricht aufgrund der vielen nicht automatisierbaren Aufgaben dem einer manuellen Abwicklung.

Logistikzentren mit einem Service Level von 50% haben eine Kapazität, die genau der mittleren Systemlast entspricht. In diesem Fall steigt der Lieferverzug deutlich an, wenn sich die Systemlast längere Zeit über dem Mittelwert befindet. Dann kann es vorkommen, dass ein Teil der Artikel in das nächste Jahr verschoben wird. Im Rahmen dieser Arbeit ist der Betrachtungszeitraum aber auf ein Jahr begrenzt. Damit sinkt die umgeschlagene Artikelmenge und ebenso der notwendige Personalbedarf. Auf die gleiche Weise kann es auch bei einem Service Level von 55% noch zu leichten Ungenauigkeiten kommen. Die Ergebnisse dieser Arbeit werden dadurch aber nicht negativ beeinflusst. So ändert sich der tendenzielle Verlauf der dargestellten Betriebskennlinien nicht. Auch befinden sich die bestmöglichen Betriebszustände dort, wo der Lieferverzug vertretbare Ausmaße annimmt. An dieser Stelle hat die beschriebene Ungenauigkeit keinen Einfluss mehr.

### 6.4.2. Einflussmöglichkeiten auf die Leistungsfähigkeit

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren zu beeinflussen. Dazu gehören zum einen organisatorische Maßnahmen und zum anderen technische Veränderungen.

Zu den organisatorischen Maßnahmen können die Prozesssteuerung und der Ressourceneinsatz gezählt werden. In dieser Arbeit werden alle Aufgaben, die mit der Einlagerung, Bereithaltung und Auslagerung, sowie der Kommissionierung und dem Versand der Artikel verbunden sind, der Prozesssteuerung zugeordnet. Diese ermöglicht die fehlerfreie, vollständige und termingerechte Ausführung der Aufträge. Es liegt auf der Hand, dass durch eine Prozessumstellung die Leistungsfähigkeit verändert werden kann. Beim Ressourceneinsatz geht es darum, die verfügbaren Ressourcen so flexibel zur Verfügung zu stellen, dass alle Prozesse zeitnah durchgeführt werden können. Eine Möglichkeit, diese Flexibilität zu gewährleisten, ist die Nutzung von Arbeitszeitmodellen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Zeitarbeit und Arbeitszeitkonten eingesetzt. Durch die Veränderung dieser Arbeitszeitmodelle kann die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren ebenfalls beeinflusst werden.

Die technischen Maßnahmen beziehen sich auf eine Veränderung der eingesetzten Technik. Dabei hat die Technik im Rahmen dieser Arbeit drei wesentliche Kennwerte. Diese sind ihre Kapazität, ihre Kosten und der aus ihr resultierende Zeitbedarf eines Prozesses. Durch die Veränderung dieser Kennzahlen kann die Leistungsfähigkeit beeinflusst werden. Demnach sinkt der Lieferzug direkt mit einer Vergrößerung der Technik. Ebenso erhöht eine Verkürzung der Prozesszeit die Produktivität der eingesetzten Technik, da mehr Artikel pro Zeiteinheit gehandhabt werden können. Auf diese Weise können Engpässe behoben und damit der Lieferverzug verkürzt werden. Für alle Maßnahmen, die die Technik verändern, wird normalerweise eine Investition notwendig, die die Logistikkosten verändert.

Um die Einflussmöglichkeiten der organisatorischen und technischen Maßnahmen zu demonstrieren, wird die RFID-Technik in einem der typischen Logistikzentren (vgl. Unterkapitel 6.2) eingeführt. Diese spezielle Technik bietet sich für die Untersuchungen deshalb an, da sie die Abläufe im Logistikzentrum sowohl technisch als auch organisatorisch verändert. Ebenso wurde der wirtschaftliche Einsatz von RFID im Bereich der Logistik in der Vergangenheit kaum wissenschaftlich untersucht. Während die technischen Voraussetzungen auf vielfältige Weise analysiert wurden, stand die ökonomische Effizienz im Hintergrund. Inzwischen hat sich aber das Bewusstsein durchgesetzt, dass der Einsatz von RFID große Vorteile in der Logistik mit sich bringen kann. Aus diesem Grund ist die Wirt-

schaftlichkeit in den Vordergrund gerückt. Es kann jedoch bislang kaum beurteilt werden, wie groß der Nutzen in einem konkreten Logistikzentrum ist. Zu gering ist die Bewertbarkeit von RFID-Potenzialen in spezifischen Anwendungsfällen. Deshalb können die notwendigen Investitionen für die Technik bislang nicht ganzheitlich einer möglichen Einsparung gegenüber gestellt werden. Diese Lücke soll in diesem Beispiel geschlossen werden.

Durch die automatische Identifizierung, die mit der RFID-Technik verbunden ist, werden die entsprechenden technischen Prozesszeiten deutlich verkürzt. Zusätzlich werden einige Prozesse organisatorisch abgeändert und an die neue Technik angepasst. Im Folgenden wird die Einführung der RFID-Technik beschrieben. Danach wird deren Einfluss auf die Betriebskennlinien bestimmt und diskutiert.

### **Einführung der RFID-Technik im vierten typischen Logistikzentrum**

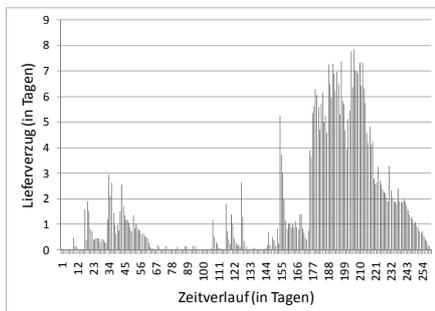
Um den Einfluss von RFID auf die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren zu untersuchen, wird das in Unterkapitel 6.2.4 beschriebene vierte Logistikzentrum um diese Technik erweitert. Bislang weist das Logistikzentrum Kapazitätsprobleme im Wareneingang für Hängeware auf. So ist es derzeit auch durch umfangreichen Ressourceneinsatz nicht möglich, einen mittleren Lieferverzug unter 1,1 Tagen zu erhalten. Die Reduzierung des Lieferverzugs birgt demnach in diesem Fall große Potenziale in sich.

Das vierte Logistikzentrum wird mit RFID-Technologie ausgestattet, um den Lieferverzug zu reduzieren. Dazu werden folgende Techniken implementiert:

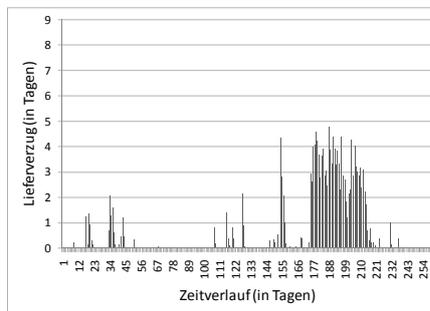
- RFID-Gates im Wareneingang für Hängeware und für Liegeware,
- RFID-Leser auf dem Liegewartenort und
- RFID-Gates im Warenausgang.

Durch die RFID-Technologie ist es nicht mehr notwendig, Artikel manuell oder mit einem Barcodescanner zu erfassen. Vielmehr findet diese Identifikation automatisch statt. Auf diese Weise wird im Wareneingang die Erfassung der entladenen Artikel stark beschleunigt.

Im Rahmen der Einführung von RFID wird die Technik allerdings nicht nur im Wareneingang für Hängewaren, sondern auch an verschiedenen anderen Stellen genutzt. So werden Kartons und Paletten bei der Entladung von Liegeware automatisch identifiziert und mit dem elektronischen



**Abb. 6.22.** Lieferverzögerung ohne RFID bei 80% Service Level



**Abb. 6.23.** Lieferverzögerung mit RFID bei 80% Service Level

Lieferschein abgeglichen. Ebenfalls ist keine Scannung mehr beim Auflegen der Artikel auf den Liegewarensorter notwendig. Der Sorter erfasst selbstständig die Artikel. Auch im Warenausgang muss keine Scannung mehr durchgeführt werden. Im Anhang ist in Tab. A.17 ab Seite 180 rot markiert welche Prozesse sich geändert haben. Die RFID-Technik wird als variable Technik eingeführt, d.h. die Anzahl der neuen Geräte wird vom Modell je nach Szenario und Service Level neu berechnet.

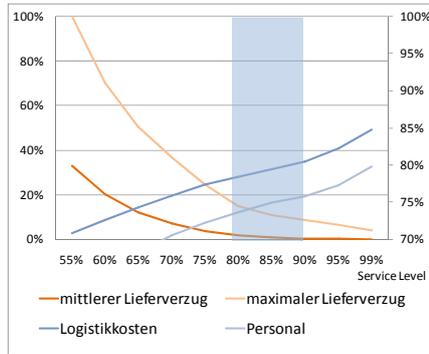
In Abb. 6.22 ist der Lieferverzögerung im zweiten Szenario bei einem Service Level von 80% ohne den Einsatz von RFID-Technik abgebildet. Es ist erkennbar, dass aufgrund des Kapazitätsengpasses in der Frühjahrs- und der Herbstsaison ein langer Lieferverzögerung entsteht. Wird die RFID-Technik eingeführt, so ändert sich der Lieferverzögerung. Dessen neuer Verlauf wird in Abb. 6.23 dargestellt. Es zeigt sich, dass der Lieferverzögerung durch die RFID-Technik deutlich reduziert wird, so dass er nur noch unregelmäßig auftritt. Das primäre Problem des Kapazitätsengpasses kann demzufolge in diesem Logistikzentrum mit der RFID-Technik gelöst werden.

### Bestimmung der neuen Betriebskennlinien

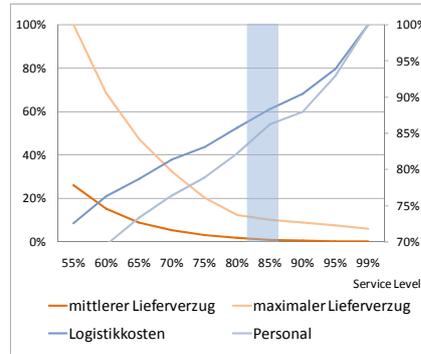
Der Einsatz der RFID-Technologie hat für das vierte Logistikzentrum zwei wesentliche Auswirkungen: Zum einen sinkt der Lieferverzögerung und zum anderen werden die Betriebsbereiche des Logistikzentrums breiter. Der Lieferverzögerung wird vor allem durch den entschärften Kapazitätsengpass im Wareneingang für Hängeware reduziert. Die Betriebskennlinien lassen nun einen größeren Spielraum beim Betrieb des Logistikzentrums zu. Da es sich aber weiterhin um ein Logistikzentrum mit hohem Automatisierungsgrad handelt und die Dynamik demnach einen hohen Einfluss auf die Effizienz des Logistikzentrums hat, sind die Betriebsbereiche kleiner als in einem manuellen Logistikzentrum.

**Tab. 6.14.** Kennzahlen Logistikzentrum 4 mit RFID

SL	Szenario 1				Szenario 2			
	$\bar{L}$	$L_{max}$	LK(€/ Teil)	RB	$\bar{L}$	$L_{max}$	LK(€/ Teil)	RB
55%	8,6	26,1	0,203	61,8	9,9	38,3	0,208	62,8
60%	5,3	18,3	0,208	63,6	5,8	26,2	0,219	67,5
65%	3,2	13,2	0,213	66,1	3,4	18,1	0,225	71,0
70%	1,9	9,6	0,217	68,4	2,0	12,4	0,233	74,0
75%	0,9	6,4	0,222	70,0	1,2	7,8	0,238	76,4
80%	0,5	3,9	0,225	71,4	0,6	4,8	0,246	79,7
85%	0,2	2,9	0,227	72,6	0,3	3,9	0,253	83,6
90%	0,1	2,3	0,230	73,4	0,2	3,4	0,259	85,3
95%	0,0	1,7	0,236	74,9	0,1	2,9	0,269	90,1
99%	0,0	1,1	0,243	77,3	0,1	2,3	0,286	96,9



**Abb. 6.24.** Betriebskennlinien 4a mit RFID



**Abb. 6.25.** Betriebskennlinien 4b mit RFID

Aus Tab. 6.14 sind die Kennzahlen vom vierten Logistikzentrum nach der Einführung von RFID für beide Szenarien zu entnehmen. Hier ist festzustellen, dass sich die Kostenwerte auf etwa dem gleichen Niveau befinden, wie vor der Einführung. Diese Tatsache ist damit zu erklären, dass die RFID-Technik zum einen Investitionskosten mit sich bringt und zum anderen dazu führt, dass Personal eingespart wird. Im Detail liegen die Kosten bei einem niedrigen Service Level unter dem vorherigen Niveau und bei einem hohen Service Level über diesem Wert. Dies kann einerseits dadurch begründet werden, dass das Logistikzentrum mit RFID-Technik höher automatisiert ist. Andererseits wird die Systemlast für Hängeware nicht mehr so stark aufgrund eines Kapazitätsengpasses zeitlich verschoben. Bei zunehmendem Service Level muss das Logistikzentrum also auf eine stärkere Dynamik reagieren. Es geht sogar so weit, dass der Personalbestand

im zweiten Szenario bei einem hohen Service Level über dem liegt, der ohne RFID entstanden wäre.

In Abb. 6.24 sind die Kennzahlen des vierten Logistikzentrums im ersten Szenario abgebildet. Dort zeigt sich, dass sich Personal und Kosten nun um 14% bzw. um 16% durch die Variation des Service Levels ändern. Es ist mit Hilfe der RFID-Technik möglich, den mittleren Lieferverzug auf 0,0 Tage und den maximalen Lieferverzug auf 1,1 Tage zu reduzieren.

Das zweite Szenario wird in Abb. 6.25 dargestellt. Aufgrund der zusätzlichen RFID-Technik reagiert das Logistikzentrum noch deutlicher auf die Dynamik. So verändern sich die Kosten bei einer Variation des Service Levels um 27% und das Personal sogar um 35%. Diese Werte sind etwas höher als vor der Einführung der RFID-Technik. Dafür lässt sich der Lieferverzug allerdings auf 0,1 Tage im Mittel bzw. auf 2,3 Tage im Maximum beschränken.

Der Betriebsbereich des vierten Logistikzentrums hat sich durch die RFID-Technik verändert. Er liegt im ersten Szenario zwischen 80% und 90% und im zweiten Szenario zwischen 82% und 87%. Hierdurch können Logistikkosten im bestmöglichen Betriebspunkt von 0,225 € im ersten Szenario und 0,250 € im zweiten Szenario erreicht werden. Diese Werte liegen deutlich unter den Betriebspunkten des Logistikzentrums ohne die RFID-Technik.

### **Bewertung der Ergebnisse**

Zusammenfassend lassen sich die Kosten im bestmöglichen Betriebszustand des vierten Logistikzentrums durch die RFID-Technik verringern. Dazu ist es allerdings notwendig, eine Investition für diese Technik zu tätigen. Mit Hilfe des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Modells ist es möglich, die Investition den Einsparungen ganzheitlich gegenüber zu stellen.

Es zeigt sich, dass im vierten Logistikzentrum zunächst einige Aufgaben von der RFID-Technik übernommen werden, die vorher noch vom Personal erfüllt wurden. Dies ist zum Beispiel die Wareneingangserfassung. Aus diesem Grund kann durch den Einsatz von RFID auch Personal eingespart werden. Durch die hohe Automatisierung und den geringeren Personalbestand ist das Logistikzentrum allerdings weniger flexibel, so dass die Logistikkosten bei zunehmendem Service Level stärker steigen. Dieser Effekt wird dadurch verstärkt, dass ohne das vorherige Kapazitätsproblem die Systemlast dynamischer wird. Weiterführend bewirkt die RFID-Technik aber auch einen geringeren Lieferverzug, so dass neue Betriebsbereiche ermöglicht werden.

Aufgrund der neuen Betriebskennlinien kann das Logistikzentrum bei einem niedrigeren Service Level betrieben werden und trotzdem noch die unternehmerischen Vorgaben erfüllen. Dadurch sinken die Kosten für Personal und variable Technik weiter. Schließlich sorgt diese Entwicklung dafür, dass die Logistikkosten im vierten Logistikzentrum mit dem Einsatz von RFID im bestmöglichen Betriebszustand sogar unter denen ohne den Einsatz von RFID liegen.

Die Ergebnisse wurden für den konkreten Fall des vierten typischen Logistikzentrums ermittelt, bei dem ein Kapazitätsengpass besteht. Dennoch lässt sich daraus allgemein schlussfolgern, dass der Einsatz von RFID nicht allein durch die mit ihm verbundene Personaleinsparung gerechtfertigt werden muss. Vielmehr birgt die schnellere Identifikation von Artikeln ein Potenzial in sich, dass das Service Level eines Logistikzentrums verbessern und dadurch die Kosten weiter senken kann.

## 7 Zusammenfassung und Ausblick

### 7.1 Zusammenfassung

Das unternehmerische Umfeld ist durch kontinuierliche und unvorhersehbare Veränderungen geprägt. Die Bedeutung der Logistikzentren, als Kernelement der Supply Chain, wird dadurch immer größer. Es wird zu einer wesentlichen Aufgabe von jedem Unternehmen, die intralogistischen Prozesse auf die gegebenen, sich ständig wandelnden Anforderungen auszurichten und hinsichtlich ihrer Anpassungsfähigkeit zu bewerten. Aus diesem Grund wurden im Rahmen dieser Arbeit Betriebskennlinien entwickelt, die die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren beschreiben und dabei die Auswirkungen von dynamischen und über die Zeit veränderlichen Umweltfaktoren berücksichtigen. Die Betriebskennlinien stellen somit ein umfassendes Instrumentarium dar, mit dem es möglich ist, aktuelle Situationen zu bewerten und ebenso den Einfluss zukünftiger Änderungen abzuschätzen. Die Betriebskennlinien basieren auf vier verschiedenen Kennzahlen. Diese sind:

- Das Service Level,
- die Logistikkosten,
- der Ressourcenbestand und
- der Lieferverzug.

Alle vier Kennzahlen sind mathematisch hergeleitet worden und basieren in zentralen Aspekten auf statistischen Formeln, die auf das Logistikzentrum übertragen wurden. Um die Betriebskennlinien zu bestimmen, wurde ein Modell entwickelt, das zur Abbildung von Logistikzentren genutzt werden kann. In Simulationsläufen konnten mit dem Modell die Kennzahlen bestimmt werden. Zusätzlich wurde ein Verfahren beschrieben, mittels dessen das Modell eingesetzt werden kann.

Für weiterführende Untersuchungen wurden elf Logistikzentren ausgewählt und hinsichtlich ihrer Prozesse, Anforderungen und Systemlast analysiert. Es zeigte sich, dass die Modellberechnungen mit den realen Unternehmenswerten ausreichend übereinstimmen. Des Weiteren konnten vier typische Logistikzentren abgeleitet werden. Ebenso konnten zwei typi-

schen Szenarien beschrieben werden, die das dynamische unternehmerische Umfeld realistisch erfassen.

Für die typischen Logistikzentren wurden die Betriebskennlinien bestimmt, um damit die Sensibilität von deren Leistungsfähigkeit zu untersuchen. Hier konnte zunächst gezeigt werden, dass für jedes Logistikzentrum ein bestmöglicher Betriebszustand existiert. Dieser beschreibt das Service Level, bei dem ein geeignetes Gleichgewicht zwischen Kosten, Ressourcen und Lieferverzug gefunden wird. Die Zielsetzungen verschiedener Unternehmen sind allerdings zu vielfältig, um diese Betriebszustände pauschal zu bestimmen. Nur mit Hilfe von speziellen Vorgaben, wie z.B. einem maximalen Wert der Logistikkosten, können sie ermittelt werden.

Es ist weiter festzustellen, dass hoch automatisierte Logistikzentren zu geringen Kosten betrieben werden können, die aber bei zunehmender Dynamik ansteigen. Die Anpassungsfähigkeit des Logistikzentrums nimmt somit durch die Automatisierung deutlich ab. Dabei ist zu berücksichtigen, dass automatisierte Logistikzentren eine hohe Investition voraussetzen, durch die man sich langfristig an ein Geschäft bindet. In manuell geprägten Logistikzentren ist der Einfluss von Schwankungen und Veränderungen hingegen deutlich geringer. So nehmen die Kosten durch die Dynamik nur wenig zu und die realisierbaren Betriebszustände sind vielfältiger. Manuelle Logistikzentren weisen eine höhere Flexibilität auf und bieten mehr Möglichkeiten, an ein sich veränderndes Umfeld angepasst zu werden.

Abschließend wurden die technischen und organisatorischen Einflussmöglichkeiten auf die Leistungsfähigkeit von Logistikzentren diskutiert. Dazu wurde die RFID-Technik in einem der vier typischen Logistikzentren eingeführt und neue Betriebskennlinien bestimmt. Auf diese Weise konnte die Veränderung in der Leistungsfähigkeit analysiert werden. In dem Beispiel zeigte sich, dass durch die Veränderung ein niedrigerer Lieferverzug erreicht werden kann. Dadurch werden neue Betriebszustände möglich, in denen das Logistikzentrum zu niedrigeren Kosten bei höherem Service Level betrieben werden kann.

Alle Untersuchungen wurden in der Fashion Branche durchgeführt. Insbesondere diese Branche eignet sich aufgrund der besonderen Ausprägung von Saisonalität und Schwankung entlang der ganzen Supply Chain dazu. Da eine wissenschaftliche Analyse und Strukturierung der intralogistischen Funktionen, Prozesse und Bereiche bislang noch nicht in der Fashion Branche durchgeführt wurde, wurde sie im Rahmen dieser Arbeit umfangreich durchleuchtet. Dabei zeigte sich, dass sie unter logistischen Gesichtspunkten repräsentativ für andere Branchen ist, wenn ihre Dynamik auch stärker ausgeprägt ist. Deshalb, und wegen der allgemeingültigen Definition der Betriebskennlinien, gelten die gesammelten Erkenntnisse branchenübergreifend.

## 7.2 Ausblick

Die im Rahmen dieser Arbeit ausgeführten Untersuchungen stellen eine umfassende Grundlage für weitere Arbeiten dar. Die erzielten Erkenntnisse zeigen, dass Logistikzentren mit Hilfe von Betriebskennlinien ausführlich untersucht und deren Leistungsfähigkeit, speziell hinsichtlich deren Sensibilität, bewertet werden können.

Das zur Bestimmung der Betriebskennlinien aufgebaute Modell ist allgemein gehalten und dadurch in allen Phasen der Planung einsetzbar. So kann es zukünftig zur Überprüfung genutzt werden, ob die Betriebskennlinien von Logistikzentren durch die Einführung von alternativen Prozessen verbessert werden können. Ein Aspekt ist es dabei, Gestaltungsrichtlinien aufzubauen, die den Planungsprozess in Zukunft weiter vereinfachen können. Abhängig von der Zielsetzung können die eingesetzten Kennzahlen dabei weiter angepasst werden. So kann durch die Integration von Puffer-, Warte- und Bearbeitungszeiten die Durchlaufzeit eines Logistikzentrums ganzheitlich beschrieben werden. Auf diese Weise entstehen zusätzliche Potenziale in der Gestaltung der Logistikzentren, wie etwa die Dimensionierung der Lagertechniken oder die Dimensionierung von Funktionsflächen.

Das beschriebene Modell berücksichtigt den Einsatz von Arbeitszeitmodellen und von Zeitarbeitern, um das Personal flexibel an Mengenschwankungen anzupassen. Eine sinnvolle Weiterentwicklung ist es, mehr Arbeitszeitmodelle in das Modell zu integrieren. Mit Hilfe der Arbeitszeitmodelle kann sogar eine Personaleinsatzplanung durchgeführt werden, die auch im täglichen Betrieb Einsatz finden könnte.

Ein weiteres mögliches Einsatzgebiet des Modells und der Betriebskennlinien stellt das Benchmarking von Logistikzentren dar. Eine wichtige Voraussetzung dafür ist es, Bewertungskriterien aufzustellen, um die Ähnlichkeit der Logistikzentren und ihrer dynamischen Umfeldler zu bestimmen. Erst danach können die Kennwerte der Logistikzentren verglichen werden. Der nächste Schritt dahin ist es, die Kennwerte von realen Systemen aufzunehmen, zu speichern und dadurch einen Vergleichspool aufzubauen. Der größte Nutzen dieses Benchmarking liegt am Ende darin, dass bestimmt werden kann, welches Logistikzentrum für ein bestimmtes Umfeld am besten geeignet ist.



## Tabellenverzeichnis

Tab. 2.1. Differenzierung hinsichtlich des Modegrads.....	30
Tab. 2.2. Unterscheidungsmerkmale der Distribution .....	39
Tab. 3.1. Berechnung des Lieferverzugs (Beispiel).....	50
Tab. 5.1. Ausgewählte Unternehmen.....	71
Tab. 5.2. Funktionsbereich Wareneingang Liegeware .....	72
Tab. 5.3. Auftragseingänge.....	78
Tab. 5.4. Realer Personaleinsatz.....	78
Tab. 5.5. Abweichung der Auftragseingänge vom realen Personaleinsatz .....	80
Tab. 5.6. Differenz des Brutto-Personalbedarfs vom realen Personaleinsatz .....	80
Tab. 5.7. Differenz des Netto-Personalbedarfs vom realen Personaleinsatz .....	81
Tab. 5.8. Mittlere Abweichung berechneter Werte von der Realität .....	82
Tab. 6.1. Bereiche und Aufgaben hängender Ware .....	87
Tab. 6.2. Schematische Darstellung der Aufbereitung .....	90
Tab. 6.3. Bereiche und Aufgaben liegender Ware.....	95
Tab. 6.4. Teile je Bezugseinheit .....	102
Tab. 6.5. Häufigkeit von Funktionsbereichen.....	105
Tab. 6.6. Beschreibende Faktoren Logistikzentrum 1 .....	106
Tab. 6.7. Beschreibende Faktoren Logistikzentrum 2 .....	108
Tab. 6.8. Beschreibende Faktoren Logistikzentrum 3 .....	110
Tab. 6.9. Beschreibende Faktoren Logistikzentrum 4 .....	112
Tab. 6.10. Kennzahlen Logistikzentrum 1 .....	120
Tab. 6.11. Kennzahlen Logistikzentrum 2.....	122
Tab. 6.12. Kennzahlen Logistikzentrum 3.....	123
Tab. 6.13. Kennzahlen Logistikzentrum 4.....	125
Tab. 6.14. Kennzahlen Logistikzentrum 4 mit RFID .....	130
Tab. A.1. allgemeine Inputwerte .....	157
Tab. A.2. individuelle Inputwerte Logistikzentrum 1 & 2.....	158
Tab. A.3. individuelle Inputwerte Logistikzentrum 3 & 4.....	158
Tab. A.4. individuelle Inputwerte Logistikzentrum 4 mit RFID .....	158
Tab. A.5. Bereiche und Aufgaben Logistikzentrum 1 .....	159
Tab. A.6. Bereiche und Aufgaben Logistikzentrum 2 .....	160

---

Tab. A.7. Bereiche und Aufgaben System 3.....	161
Tab. A.8. Bereiche und Aufgaben Logistikzentrum 4.....	162
Tab. A.9. Wochenwerte und Standardabweichungen 1/2.....	163
Tab. A.10. Wochenwerte und Standardabweichungen 2/2.....	164
Tab. A.11. Wochentageswerte und Standardabweichungen mit Samstag .....	165
Tab. A.12. Wochentageswerte und Standardabweichungen ohne Samstag .....	165
Tab. A.13. Logistikzentrum 1 – Prozessbeschreibung .....	166
Tab. A.14. Logistikzentrum 2 – Prozessbeschreibung .....	169
Tab. A.15. Logistikzentrum 3 – Prozessbeschreibung .....	173
Tab. A.16. Logistikzentrum 4 – Prozessbeschreibung .....	177
Tab. A.17. Logistikzentrum 4 mit RFID – Prozessbeschreibung .....	180

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1.1. Aufbau der Arbeit .....	5
Abb. 2.1. Betriebskennlinien zur Beschreibung der Leistungsfähigkeit....	10
Abb. 2.2. Funktionsbereiche von Logistikzentren .....	12
Abb. 2.3. Wareneingangs- und Identifikationsprozesse .....	13
Abb. 2.4. Statisches Prozessmodell .....	16
Abb. 2.5. Dynamisches Prozessmodell.....	17
Abb. 2.6. Prozesselement nach dem Dortmunder Prozessketteninstrumentarium .....	19
Abb. 2.7. Funktionen von Kennzahlen .....	21
Abb. 2.8. Logistische Kennlinien der Produktion.....	22
Abb. 2.9. Lastzustände.....	24
Abb. 2.10. Zwei Formen der Fashion Logistik.....	34
Abb. 2.11. Der Reaktionsvorteil der vertikal Integrierten .....	35
Abb. 2.12. Typischer Verlauf der Outbound-Supply Chain .....	38
Abb. 3.1. Normalverteilungen mit verschiedenen Parameterwerten .....	44
Abb. 3.2. Systemlast und Kapazitätsgrenze .....	47
Abb. 3.3. Service Level und Kapazitätsgrenze .....	48
Abb. 3.4. Wartezeit, Bearbeitungszeit und Durchlaufzeit .....	49
Abb. 3.5. Lieferverzug im zeitlichen Verlauf .....	50
Abb. 4.1. Modellaufbau .....	56
Abb. 4.2. Verschiebung der Systemlast .....	57
Abb. 4.3. Lieferverzug in Funktionsbereichen .....	58
Abb. 4.4. Konkretisiertes Prozesselement .....	59
Abb. 4.5. Verfahren zum Einsatz des Modells .....	63
Abb. 5.1. Auftragseingänge pro Tag in der Anzahl Teile.....	74
Abb. 5.2. Reale und berechnete Personalmenge eines Jahres auf Monatsbasis .....	79
Abb. 6.1. Grundfunktionen des textilen Logistikzentrums .....	84
Abb. 6.2. Beispiele für Hängefördertechnik .....	93
Abb. 6.3. Wochenwert und dessen Standardabweichung .....	101
Abb. 6.4. Teile pro Karton von vier Marken im zeitlichen Verlauf .....	103
Abb. 6.5. Monatlicher Auftragsinhalt der Systemlast für den Verlauf eines Jahres .....	104
Abb. 6.6. Logistikzentrum 1 – Bereiche und deren Häufigkeiten .....	106

---

Abb. 6.7. Logistikzentrum 2 – Bereiche und deren Häufigkeiten .....	108
Abb. 6.8. Logistikzentrum 3 – Bereiche und deren Häufigkeiten .....	111
Abb. 6.9. Logistikzentrum 4 – Bereiche und deren Häufigkeiten .....	113
Abb. 6.10. Wochenwerte Szenario 1 .....	115
Abb. 6.11. Wochentageswerte Szenario 1 .....	115
Abb. 6.12. Wochenwerte Szenario 2 .....	116
Abb. 6.13. Wochentageswerte Szenario 2 .....	117
Abb. 6.14. Betriebskennlinien 1a.....	120
Abb. 6.15. Betriebskennlinien 1b .....	120
Abb. 6.16. Betriebskennlinien 2a.....	122
Abb. 6.17. Betriebskennlinien 2b .....	122
Abb. 6.18. Betriebskennlinien 3a.....	123
Abb. 6.19. Betriebskennlinien 3b .....	123
Abb. 6.20. Betriebskennlinien 4a.....	125
Abb. 6.21. Betriebskennlinien 4b .....	125
Abb. 6.22. Lieferverzug ohne RFID bei 80% Service Level.....	129
Abb. 6.23. Lieferverzug mit RFID bei 80% Service Level .....	129
Abb. 6.24. Betriebskennlinien 4a mit RFID .....	130
Abb. 6.25. Betriebskennlinien 4b mit RFID .....	130

## Abkürzungsverzeichnis

AKL	Automatisches Kleinteilelager
APL	Automatisches Palettenlager
AVG	Average (Mittelwert)
BE	Bezugseinheit
Bspw.	Beispielsweise
CD	Cross Docking
DLZ	Durchlaufzeit
Ggf.	Gegebenenfalls
HH-Ware	Hänge-Hänge-Ware
HL-Ware	Hänge-Liege-Ware
HW	Hängeware
KEP	Kurier-Express-Pakete-Dienste
LL-Ware	Liege-Liege-Ware
LW	Liege ware
Max	Maximum
Med	Median
Min	Minimum
NOS	Never Out Of Stock
O.ä.	Oder ähnliches
Qrt	Quartil
QS	Qualitätssicherung
RFID	Radio Frequency Identification
SL	Service Level
StAbw	Standardabweichung
U.a.	Unter anderem
U.U.	Unter Umständen
VAS	Value Added Services
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WA	Warenausgang
WE	Wareneingang
Z.B.	Zum Beispiel
ZE	Zeiteinheit



## Symbolverzeichnis

$A$	[1]	Gesamtmenge an Auftragseingängen
$A_i$	[1]	Auftragseingänge in Periode $i$
$A_t$	[1]	Auftragseingänge zur Zeiteinheit $t$
$A_t^+$	[1]	Anlieferaufträge zur Zeiteinheit $t$
$A_t^-$	[1]	Auslieferaufträge zur Zeiteinheit $t$
$A_i^t$	[1]	Auftragseingänge an Wochentag $i$
$A_t^t$	[1]	Theoretische Auftragseingänge zur Zeiteinheit $t$
$A_i^w$	[1]	Summe der Auftragseingänge in Woche $i$
$\bar{A}^w$	[1]	Mittlere Summe der Auftragseingänge pro Woche
$\Delta A_t$	[1]	Abweichung der theoretischen Auftragseingänge von den realen Werten zur Zeiteinheit $t$
$\overline{\Delta A}_i$	[1]	Mittelwert der Abweichung der theoretischen Auftragseingänge von den realen Werten in Woche $i$
$\overline{\Delta A}_j$	[1]	Mittelwert der Abweichung der theoretischen Auftragseingänge von den realen Werten an Wochentag $j$
$a$	[1]	Indexvariable der Aufgaben im Logistikzentrum
$B_t$	[1]	Brutto-Personalbedarf zur Zeiteinheit $t$
$E_t$	[1]	Personaleinsatz zur Zeiteinheit $t$
$\bar{E}$	[1]	Mittlerer Personaleinsatz
$\epsilon_i^b$	[1]	Betriebskosten in Periode $i$
$\epsilon_i^e$	[€]	Energiekosten in Periode $i$
$\epsilon^l$	[€]	Logistikkosten
$\epsilon_i^r$	[€]	Personalkosten in Periode $i$
$\epsilon_i^{ss}$	[€]	Sonstige Kosten in Periode $i$
$\epsilon_i^w$	[€]	Wartungskosten in Periode $i$
$F(x)$	[1]	Verteilungsfunktion der Auftragseingänge
$f$	[1]	Indexvariable der Funktionsbereiche im Logistikzentrum

---

$\hat{\sigma}$	[1]	Standardabweichung
$\hat{\sigma}_i^w$	[1]	Standardabweichung der Wochenwerte in Woche i
$\hat{\sigma}_j^t$	[1]	Standardabweichung der Wochentageswerte an Wochentag j
I	[€]	Investition
i	[1]	Indexvariable
J	[1]	Anzahl Perioden bzw. Jahre
j	[1]	Indexvariable
K	[1]	Kapazität(sgrenze)
$K_t^n$	[1]	Nutzung des Arbeitszeitkontos zur Zeiteinheit t
$K^o$	[1]	Obere Grenze des Arbeitszeitkontos
$K_t^s$	[1]	Stand des Arbeitszeitkontos zur Zeiteinheit t
$K^u$	[1]	Untere Grenze des Arbeitszeitkontos
KW	[1]	Kapitalwert
$\lambda_t$	[1]	Systemlast zur Zeiteinheit t
$\bar{\lambda}$	[1]	Mittlere Systemlast
$\lambda_t^*$	[1]	Disponierte Systemlast zur Zeiteinheit t
$\lambda_t^b$	[1]	Befriedigte Systemlast zur Zeiteinheit t
$\lambda_t^v$	[1]	Systemlast zur Zeiteinheit t, die verschoben wird
$L(x)$	[1]	Maximum Likelihood Funktion
$\bar{L}$	[ZE]	Mittlerer Lieferverzug
$L_t$	[ZE]	Lieferverzug zur Zeiteinheit t
$L^{\max}$	[1]	Maximaler Lieferverzug
$M_t$	[1]	Auftragsinhalt zur Zeiteinheit t
N	[1]	Netto-Personalbedarf
n	[1]	Anzahl Zeiteinheiten
P	[1]	Anzahl Prozesse
$p_{ti}^b$	[1]	Bedarf an Prozesszeit in Prozess i zur Zeiteinheit t
$p_{ti}^e$	[1]	Bezugseinheit von Prozess i zur Zeiteinheit t
$P_{fap}$	[1]	Prozess p in Funktionsbereich f und Aufgabe a
$P_{fap}^h$	[1]	Häufigkeit von Prozess p, Funktionsb. f und Aufgabe a
p	[1]	Indexvariable der Prozesse im Logistikzentrum

---

R	[1]	Ressourcenbestand
$R_{fap}^p$	[bool]	Personal in Prozess p, Funktionsbereich f und Aufgabe a
$R_{fapj}^t$	[bool]	Technik j in Prozess p, Funktionsbereich f und Aufgabe a
$P_{fap}^z$	[1]	Prozesszeit von Prozess p, Funktionsb. f und Aufgabe a
$R^a$	[1]	Tägliche Arbeitszeit der Mitarbeiter
$R^v$	[%]	Verteilzeit
$S_t$	[1]	Anzahl Stammarbeiter zur Zeiteinheit t
$S^\epsilon$	[€]	Kosten für Stammarbeiter
$S_t^u$	[%]	Urlaubsfaktor der Stammarbeiter zur Zeiteinheit t
sl	[%]	Service Level
T	[1]	Anzahl Techniken
$T_j^b$	[1]	Bedarf an Technik j
$T_j^\epsilon$	[€]	Kosten von Technik j
$T_j^k$	[1]	Kapazität von Technik j
t	[ZE]	Zeitvariable
$\ddot{U}_t$	[1]	Einnahmeüberschuss zur Zeiteinheit t
V	[ZE]	Mittlere Lagerverweilzeit
W	[1]	Anzahl Wochenarbeitstage
$W_i^w$	[1]	Wochenwert in Woche i
$W_j^t$	[1]	Wochentageswert an Wochentag j
$Z^a$	[%]	Anteil Zeitarbeiter zur Zeiteinheit t
$Z^\epsilon$	[€]	Kosten für Zeitarbeiter
$Z^p$	[%]	Produktivität von Zeitarbeitern
$Z_t$	[1]	Anzahl Zeitarbeiter zur Zeiteinheit t
z	[%]	Kapitelzinsfuß, interner Zinsfuß



## Literaturverzeichnis

- [AGG00] Aggteleky, Bela: *Fabrikplanung – Werkentwicklung und Betriebsrationalisierung*. 2. Auflage, München/Wien : Carl Hanser Verlag, 2000. – ISBN 3-446-15800-6.
- [AL06] Anderson, Kim; Lovejoy, Jim: *Fast Fashion evolves*. In: American Association of Textile Chemists and Colorists (AATCC), 8/2006, S. 13-14.
- [ARN98] Arnold, Dieter: *Materialflusslehre*. 2. Auflage, Braunschweig/Wiesbaden : Vieweg, 1998. – ISBN 3-528-13033-4.
- [AIK+08] Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel; Tempelmeier, Horst; Furmans, Kai: *Handbuch Logistik*. 3. Auflage, Berlin : Springer, 2008. – ISBN 3-540-72928-3.
- [ATT85] Atkinson, John: *Flexibility: Planning for an Uncertain Future*. In: Manpower Policy and Practice, Nr.1, 1985, S. 26-29.
- [BAK04] Baker, Peter : *Aligning Distribution Center Operations to Supply Chain Strategy*. In: The International Journal of Logistics Management, Vol. 15 No 1, 2004, S. 111-123.
- [BM03] Beichelt, Frank E.; Montgomery, Douglas C.: Teubner Taschenbuch der Stochastik. Wiesbaden : Teubner Verlag, 2003. – ISBN 3-519-00457-7.
- [BOL07] Bol, Georg: *Wahrscheinlichkeitstheorie*. 6. Auflage, München : Oldenbourg Verlag, 2007. – ISBN 978-3-486-58435-6.
- [BS96] Bullnheimer, Bernd; Schmitz, Jochen: *Chaostheorie und Prognose der Unternehmensentwicklung. Chaos theory and forecast of corporate prospects*. In: Zeitschrift für Planung, Band 7, 1996, Heft 3, S. 223-252.

- [BUS04] Busch, Axel; Dangelmaier, Wilhelm (Hrsg.): *Integriertes Supply-Chain-Management – Theorie und Praxis effektiver unternehmensübergreifender Geschäftsprozesse*. Wiesbaden : Gabler Verlag, 2004. – ISBN 3-409-21958-7.
- [BW06] Becker, Jörg; Winkelmann, Axel: *Handelscontrolling: Optimale Informationsversorgung mit Kennzahlen*. Berlin/Heidelberg : Springer, 2006. – ISBN 3-540-77951-5.
- [CG02] Corsten, Hans; Gössinger, Ralf: *Peitschenschlageffekt. The bullwhip effect in supply chains*. In: Zeitschrift für Planung, Band 13, Heft 4, 2002, S. 459–464.
- [CHR05] Christopher, Martin: *Logistics and Supply Chain Management – Creating Value-Adding Networks*. Harlow : Financial Times, 2005. – ISBN 0273681761.
- [CRS07] Crostack, Horst-Arthur; Refflinhaus, Robert; Schlüter, Nadine: *Strukturierung von logistischen Anforderungen im Vorfeld einer QFD*. In: 1. Kolloquium zum SFB 696, Dortmund 2007, S. 5-20. – ISBN 3-89957-047-2.
- [CT01] Christopher, Martin; Towill, Denis R.: *An integrated model for the design of agile supply chains*. In: International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, Vol. 31 No 4, 2001, S. 235-265.
- [DA05] Dillerup, Ralf; Albrecht, Tobias: *Kapitalwertmethode*. In: Haufe Rechnungswesen Office, Version 3.2, Freiburg : Rudolf Haufe Verlag, 2005 – Haufeindex 1288477.
- [EGL01] Egli, Jörg: *Transportkennlinien: Ein Ansatz zur Analyse von Materialflusssystemen*. Dissertation, Universität Dortmund, Fakultät Maschinenbau, 2001.
- [FEI07] Feinen, Thomas: *Factory Outlet Stores – Status Quo, Perspektiven und Implikationen für die Hersteller-Handel-Beziehung*. Frankfurt am Main : Peter Lang, 2007. – ISBN 3-63155-672-1.
- [FFM03] Fernie, John; Fernie, Suzanne; Moore, Christopher: *Principles of Retailing*. Oxford : Butterworth-Heinemann, 2003. – ISBN 0-75064-703-5.

- 
- [FH07] Figgener, Olaf; ten Hompel, Michael: *Beitrag zur Prozessstandardisierung in der Logistik*. In: Logistics Journal, Fachkolloquium WGTL, Stuttgart, 2007.
- [FUR06] Furmans, Kai: *Intralogistiksysteme modellieren und verstehen – und was noch fehlt*. In: Arnold, Dieter: *Intralogistik*, Berlin/Heidelberg : Springer, 2006, S. 247-255. – ISBN 3-540-29657-3.
- [FUR07] Furmans, Kai: *Bedeutung der methodischen und systematischen Vorgehensweise bei der Modellentwicklung*. In: VDI-FML (Hrsg.): *Modellbildung und Simulation in der Praxis*, Düsseldorf : VDI Verlag (VDI-Berichte 1989), 2007. – ISBN 978-3-18-091989-3.
- [GB02] Götze, Uwe; Bloech, Jürgen: *Investitionsrechnung. Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben*. 3. Auflage, Berlin : Springer, 2002. – ISBN 3-540-42466-0.
- [GF07] Gleißner, Harald; Fermeling, J. Christian: *Logistik - Grundlagen, Übungen, Fallbeispiele*. Wiesbaden : Gabler, 2007. – ISBN 3-834-99547-9.
- [GRU04] Grünz, Lothar: *Ein Modell zur Bewertung und Optimierung der Materialbereitstellung*. Aachen : Shaker, 2004. – ISBN 3-832-22881-0.
- [GUD05] Gudehus, Timm: *Logistik – Grundlagen, Strategien, Anwendungen*. 3. Auflage. Berlin : Springer, 2005. – ISBN 3-540-24113-2.
- [HHJ+07] Hömberg, Kay; Hustedt, Jan; Jodin, Dirk; Kochsiek, Joachim; Nagel, Lars; Riha, Iwo: *Basisprozesse für die Modellierung in großen Netzen der Logistik*. Technical Report 07004 des Sonderforschungsbereichs 559, Dortmund, 2007.
- [HH06] Hoyndorff, Karsten; ten Hompel, Michael: *Fashion Logistics: Use of Adaptability in the Conceptioning Phase of Picking Systems*. In: Graduate School of Production Engineering and Logistics Research Report, NRW Graduate School 2006, S. 52-55.

- [HH08] Hoyndorff, Karsten; ten Hompel, Michael: *Dynamisches Modell zur Analyse der ökonomischen Effizienz intralogistischer Systeme*. In: Tagungsband des 4. Fachkolloquiums der wissenschaftlichen Gesellschaft für technische Logistik, TU Chemnitz, 2008, S. 155-163. – ISBN 978-3-9812554-0-9.
- [HHS+10] Hoyndorff, Karsten; Hülsmann, Stephan; Spee, Detlef; ten Hompel, Michael: *Fashion Logistics*. München : Huss Verlag, 2010. – ISBN 978-3-941418-35-6.
- [HOR06] Horváth, Péter: *Controlling*. 9. Auflage, München : Vahlen, 2006. – ISBN 3-800-63252-7.
- [HR03] Horváth, Péter; Reichmann, Thomas: *Vahdens großes Controlling-Lexikon*. 2. Auflage, München : Vahlen, 2003. – ISBN 3-800-62758-2.
- [HS05] ten Hompel, Michael; Schmidt, Thorsten: *Warehouse Management – Automatisierung und Organisation von Lager- und Kommissioniersystemen*. 2. Auflage, Berlin : Springer, 2005. – ISBN 3-540-22509-9.
- [HSN08] ten Hompel, Michael; Schmidt, Thorsten; Nagel, Lars: *Materialflusssysteme – Förder- und Lagertechnik*. 3. Auflage, Berlin : Springer, 2008. – ISBN 3-540-73235-7.
- [IS08] Inderfurth, Karl; Schulz, Tobias: *Zur optimalen Parametrisierung der Lagerkennlinie nach Nyhuis/Wiendahl*. In: Peter Nyhuis (Hrsg.): *Beiträge zu einer Theorie der Logistik*, Berlin/Heidelberg : Springer, 2008, S. 157-183.
- [JET07] Jetzke, Siegfried: *Grundlagen der modernen Logistik*. München : Hanser, 2007. – ISBN 3-446-40459-7.
- [JFH07] Jung, Eike-Niklas; Follert, Guido; ten Hompel, Michael: *Modellierung des Verfügbarkeitsverhaltens von Intralogistiksystemen*. In: *Forderungsgerechte Auslegung von intralogistischen Systemen*, 2. Kolloquium des Sonderforschungsbereiches 696, Dortmund, 2007, S. 143-162.

- [JR95] Johannsen, John; Riis, Jens O.: *Managing seasonal fluctuations in demand. Practice and experience of selected industrial enterprises*. In: Production Planning & Control, Vol. 6 No 5, 1995, S. 461-468.
- [JS07] Janz, Markus; Swoboda, Bernhard: *Vertikales Retail-Management in der Fashion-Branche*. Frankfurt am Main : Deutscher Fachverlag, 2007. – ISBN 3-866-41066-2.
- [JUE89] Jünemann, Reinhardt: *Materialfluss und Logistik – Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen*. Berlin : Springer, 1989. – ISBN 3-540-51225-X.
- [KBJ07] Kuhn, Axel; Bandow Gerhard; Jungmann, Thorsten: *Analyse der Dynamik der Systemlast eines Intralogistiksystems*. In: Forderungsgerechte Auslegung von intralogistischen Systemen, 2. Kolloquium des Sonderforschungsbereiches 696, Dortmund, 2007, S. 163-178.
- [KUH97] Kuhn, Axel: *Konstruktionssystematik für Logistikmodelle. Betriebskennlinien*. In: Hossner, Rüdiger (Hrsg.): *Jahrbuch der Logistik 1997*. Düsseldorf : Verlagsgruppe Handelsblatt, Band 11, 1997, S. 270-274. - ISBN: 3-7754-0129-6.
- [LAN01] Langenhorst, Inga: *Shop-Logistik in der Bekleidungsirtschaft – Eine Analyse der Anforderungen herstellerinitiiertter Shop-Systeme an die Logistikprozesse der Bekleidungsindustrie*. In: Ahlert, Dieter (Hrsg.): *Schriften zu Distribution und Handel*. Band 32, 2001. - ISSN: 0179-3608.
- [LIP06] Lippok, Christoph: *Neues vom Warenfluss*. In: *Textilwirtschaft*, Nr. 47, 2006, S. 42-59.
- [LIP07a] Lippok, Christoph: *Nackt wird nie Mode*. In: *Textilwirtschaft*, Nr. 37, 2007, S. 49-51.
- [LIP07b] Lippok, Christoph: *Kette unter Kontrolle*. In: *Textilwirtschaft*, Nr. 14, 2007, S. 47-57.
- [LUE03] Lüning, Ralf: *Automatisch oder manuell?*. In: *dhf Intralogistik*, Nr. 10, 2003, S. 10-12.
- [MAN05] Mandl, Thomas: *Das Prognose-Dilemma*. In: *Management und Qualität*, Nr. 6, 2005, S. 22-23.

- [MAN06] Mannel, André: *Prozessorientiertes Modell zur Bewertung der ökonomischen Auswirkungen des RFID-Einsatzes in der Logistik*. Frankfurt am Main : Deutscher Fachverlag, 2006. – ISBN 3-86641-098-0.
- [MAR04] Markwardt, Ulf: *Modellierung modularer Materialflusssysteme mit Hilfe von künstlichen neuronalen Netzen*. Dissertation, TU Dresden, Fakultät Maschinenwesen, 2004.
- [MAR06] Martin, Heinrich: *Transport- und Lagerlogistik - Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik*. Wiesbaden : Vieweg+Teubner, 2006. – ISBN 3-834-80168-2.
- [MEI07] Meinhardt, Ingolf; Marquardt, Hans-Georg: *Offenes Baukastensystem zur effizienten Dimensionierung von Materialflusssystemen*. In: *Logistics Journal: Nicht referierte Veröffentlichungen*, Stuttgart, 2007.
- [MM06] Miebach, Joachim; Müller, Patrick Paul: *Intralogistik als wichtigstes Glied von umfassenden Lieferketten*. In: Arnold, Dieter (Hrsg.): *Intralogistik*. Berlin/Heidelberg : Springer, 2006, S. 20-31. - ISBN 978-3-540-29657-7.
- [NLN+99] Neter, John; Kutner, Michael H.; Nachtsheim, Christopher J.; Wasserman, William: *Applied Linear Statistical Models*. Singapore : McGraw-Hill Book Co., 1999. – ISBN 0-07-116616-5.
- [NST07] Nothardt, Franz; Schmitter, Friedhelm; Trede, Timm: *Logistik in der Bekleidungsindustrie - quo vadis?* In: Stölzle, Wolfgang et al. (Hrsg.): *Handbuch Kontraktlogistik*. Weinheim : Wiley, 2007. – ISBN 3-527-50203-3
- [NW03] Nyhuis, Peter; Wiendahl, Hans-Peter: *Logistische Kennlinien*. Berlin/Heidelberg : Springer, 2003. – ISBN 3-540-43700-2.
- [PFO04] Pfohl, Hans-Christian: *Logistiksysteme – Betriebswirtschaftliche Grundlagen*. 7. Auflage, Berlin/Heidelberg : Springer, 2004. – ISBN 3-540-40586-0.

- [PGS07] Pfohl, Hans-Christian; Gomm, Moritz; Shen, Xin: *China: Textil- und Bekleidungs-Supply Chain zwischen Deutschland und China*. In: Wolf-Kluthausen, Hanne (Hrsg.): *Jahrbuch Logistik 2007*, Korschbroich : Verlag free beratung GmbH, 2007, S. 258-264. – ISBN 3-9809412-3-X.
- [PRA05] Prater, Edmund: *A framework for understanding the interaction of uncertainty and information systems on supply chains*. In: *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 35 No 7, 2005, S. 524-539.
- [REI01] Reichmann, Thomas: *Controlling mit Kennzahlen und Managementberichten. Grundlagen einer systemgestützten Controlling-Konzeption*. 5. Auflage, München : Vahlen, 2001. – ISBN 3-800-62531-8.
- [RIE08] Riekhof, Hans-Christian: *Retail Business in Deutschland - Perspektiven, Strategien, Erfolgsmuster*. Wiesbaden : Gabler, 2008. – ISBN 3-834-90449-2.
- [ROP78] Ropohl, Günter: *Einführung in die allgemeine Systemtheorie*. In: Lenk, Hans; Ropohl, Günter (Hrsg.): *Systemtheorie als Wissenschaftsprogramm*. Königstein : Athenaeum-Verlag, 1978, S. 8-49.
- [SCH04a] Schneider, André: *Internationalisierungsstrategien – Eine empirische Untersuchung anhand der deutschen Textil- und Bekleidungsindustrie*. München : Martin Meidernbauer, 2004. – ISBN 3-899-75463-8.
- [SCH04b] Schulte, Christof: *Logistik – Wege zur Optimierung der Supply Chain*. 4. Auflage, München : Vahlen, 2004. – ISBN 3-800-63093-1.
- [SEE07] Seebauer, Petra: *Handel ohne Grenzen*. In: *Logistik Heute*, Nr. 7-8, 2007, S. 46-47.
- [SP08] Straube, Frank; Pfohl, Hans-Christian: *Trends und Strategien in der Logistik*. Hamburg : DVV Media Group, 2008.
- [SPR96] Spremann, Klaus: *Wirtschaft, Investition und Finanzierung*. 5. Auflage, München/Wien : Oldenbourg, 1996. – ISBN 3-486-23565-6.

- [STO07] Storm, Regina: Wahrscheinlichkeitsrechnung, mathematische Statistik und statistische Qualitätskontrolle. 12. Auflage, München: Carl Hanser Verlag, 2007. – ISBN 978-3-446-40906-4.
- [SWO96] Swoboda, Peter: *Investition und Finanzierung*. Göttingen : Vandenhoeck & Ruprecht, 1996. – ISBN 3-825-20023-7.
- [VDI70] VDI-FML (Hrsg.): *VDI-Richtlinie 2525 - Begriffe und Erläuterungen im Förderwesend*. Düsseldorf : Beuth-Verlag GmbH, 1970.
- [VDI99] VDI-FML (Hrsg.): *VDI-Richtlinie 2411 - Praxisorientierte Logistikkennzahlen für kleine und mittelständische Unternehmen*. Berlin : Beuth-Verlag GmbH, 1999.
- [VDI02a] VDI-FML (Hrsg.): *VDI-Richtlinie 4400 – Logistikkennzahlen für die Distribution*. Blatt 3 , Berlin : Beuth-Verlag GmbH, 2002.
- [VDI02b] VDI-FML (Hrsg.): *VDI-Richtlinie 4472 - Anforderungen an Transpondersysteme zum Einsatz in der Supply Chain*. Blatt 1, Berlin : Beuth-Verlag GmbH, 2002.
- [VDI04] VDI-FML (Hrsg.): *VDI-Richtlinie 4400 – Logistikkennzahlen für die Produktion*, Blatt 2 , Berlin : Beuth-Verlag GmbH, 2004.
- [VDI07a] VDI-FML (Hrsg.): *VDI-Richtlinie 4490 - Operative Logistikkennzahlen von Wareneingang bis Versand*. Berlin : Beuth-Verlag GmbH, 2007.
- [VDI07b] VDI-FML (Hrsg.): *VDI-Richtlinie 3633 - Simulation von Logistik-, Materialfluß- und Produktionssystemen*. Berlin : Beuth-Verlag GmbH, 1983 bis 2007.
- [VDI07c] VDI-FML (Hrsg.): *VDI-Richtlinie 4442 - Hängeförder-technik zur Förderung, Lagerung und Sortierung von leichten Gütern*. Berlin : Beuth-Verlag GmbH, 2007.
- [WAN05] Wannowetsch, Helmut: *Vernetztes Supply Chain Management. SCM-Integration über die gesamte Wertschöpfungskette*. Berlin : Springer, 2005. – ISBN 3-540-23443-8.

- 
- [WAN06] Wannenwetsch, Helmut: *Integrierte Materialwirtschaft und Logistik*. Berlin : Springer, 2006. – ISBN 3-540-29756-7.
- [WEB95] Weber, Jürgen: *Logistik-Controlling. Leistungen, Prozeßkosten, Kennzahlen*. 2. Auflage, Stuttgart : Schäffer-Poeschel, 1995. – ISBN 3-791-00998-2.
- [WER00] Werner, Thorsten: *Die Klassifikation von Zeitreihen zur Analyse von Absatzzahlen*. Lohmar/Köln : Josef Eul-Verlag, 2000. – ISBN 3-890-12756-8.
- [WER08] Werner, Hartmut: *Supply Chain Management. Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling*. Wiesbaden : Gabler, 2008. – ISBN 3-834-90504-6.
- [WES03] Wesselmann, Jörg: *Benchmarking von Kommissioniersystemen*. München : Huss-Verlag, 2003. – ISBN 3-931-72478-8.
- [WIE85] Wiendahl, Hans-Peter: *Grundlagen- und Anwendungsbeispiel eines statistisch orientierten neuen Verfahrens der Fertigungssteuerung*. In: *Fertigungstechnik und Betrieb*, Nr. 35, 1985, S.291-296.
- [WK05] Warmulla, Karl; Klein, Bernhard: *Das neue Adidas-Distributionszentrum: „Adi Dassler Award 2005“ für kreatives Zusammenspiel von Prozessanwendern und Entwicklern*. In : Wenke; Wehking (Hrsg.): *Intralogistik 2005. Studium und Beruf – Forschung und Praxis, Erfolgsbeispiele und Anbieter*, Frankfurt am Main : VDMA-Verlag, 2005, S. 182-191. – ISBN: 3-8163-0504-0.
- [WLE00] Wiendahl, Hans-Peter; Lödding, Hermann; Egli, Jörg: *Transportprozesse mit logistischen Kennlinien gestalten und bewerten*. In: *PPS Management* 5, Nr. 4, 2000, S. 16-21.
- [WR06] Wehking, Karl-Heinz; Rahn, Klaus-Peter: *Bewertung und Optimierungen der Intralogistik für KEP-Dienste*. In: Arnold, Dieter (Hrsg.): *Intralogistik*, Berlin/Heidelberg : Springer, 2006, S. 255-266. – ISBN: 3-5402-9657-3.

- [WOJ96] Wojaczek, Beate: *Koordinationsorientiertes Logistik-Managements in der Textilwirtschaft*. In: Ahlert, Dieter (Hrsg.): *Schriften zu Distribution und Handel*, Frankfurt am Main : Peter Lang – Verlag, 1996, Band 19.
- [ZM06] Zaeh, Michael; Mueller, Nils: *A Model for Capacity Evaluation under Market Uncertainties*. *Production Engineering* Vol. XIII/2 (2006), S. 201-206.
- [ZNS06] Zentes, Joachim; Neidhart, Michael; Scheer, Lambert: *HandelsMonitor Spezial: Vertikalisierung. Die Industrie als Händler*. Frankfurt am Main : Deutscher Fachverlag, 2006. – ISBN 3-86641-026-3.

## Anhang

**Tab. A.1.** allgemeine Inputwerte

Personalwerte		Technik	Kosten
Arbeitstage pro Jahr	260	Arbeitsplatz	2.500 €
Arbeitszeit pro Mitarbeitertag	7,7	Arbeitsplatz mit PC	3.500 €
Personalfaktor	85%	Arbeitsplatz mit PC & Drucker	4.500 €
Max Arbeitszeitkontostand pro Mitarbeiter	35	Arbeitsplatz mit PC & Scanner	4.500 €
Min Arbeitszeitkontostand pro Mitarbeiter	-35	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner	5.500 €
Produktivität Zeitarbeiter	80%		
Lohnsteigerung pro Jahr	3%	Teleskopförderer	50.000 €
		Handhubwagen	2.500 €
		Frontstapler	40.000 €
<b>Personalkosten 2008</b>		Schmalgangstapler	120.000 €
Lagerleitung (€p.a. incl. LNK)	50.000 €	Teleskopschienen	20.000 €
Gruppenleiter (€p.a. incl. LNK)	35.000 €	Hängewagen	1.000 €
Stammarbeiter (€p.a. incl. LNK)	30.000 €	Umsetzer Einzelförderung	10.000 €
Zeitarbeiter (€p.h.)	13 €		
<b>Urlaub</b>		RFID-Gate	15.000 €
Januar	0%	Etikettierer	1.000 €
Februar	0%	Scanner / Waage	1.000 €
März	0%	Umreifungsautomat	5.000 €
April	0%		
Mai	40%	Aufbügelstation	5.000 €
Juni	40%	Foliermaschine	100.000 €
Juli	0%	Handbügelstation	3.000 €
August	0%	Tunnelfinisher	500.000 €
September	0%	Puppe	20.000 €
Oktober	0%	Multiformer	30.000 €
November	0%	Hosenbeinpresse	15.000 €
Dezember	20%	Näharbeitenstation	2.500 €
		Jackenpresse	15.000 €
<b>Kapitalwertrechnung</b>		Fleckenentfernstation	10.000 €
interner Zinsfuß	6%	Kommissionierwagen	1.000 €

**Tab. A.2.** individuelle Inputwerte Logistikzentrum 1 & 2

Logistikzentrum 1		Logistikzentrum 2	
Technik	Kosten	Technikkosten	Kosten
Flächenkosten	2.400.000 €	Flächenkosten	1.600.000 €
Regaltechnik	180.000 €	Regaltechnik	380.000 €
WMS (inkl. Hardware)	300.000 €	WMS (inkl. Hardware)	500.000 €
Fördertechnik LW	200.000 €	Fördertechnik LW	1.000.000 €
Fördertechnik HW (Sorter)	- €	Fördertechnik HW (Sorter)	6.000.000 €
<hr/> Personalwerte		<hr/> Personalwerte	
Anteil Zeitarbeiter	30%	Anteil Zeitarbeiter	20%
<hr/> Mitarbeiter		<hr/> Mitarbeiter	
Leitung (inkl. Bereichsleiter) (MA)	15	Leitung (inkl. Bereichsleiter) (MA)	16
Gruppenleiter (MA)	12	Gruppenleiter (MA)	10

**Tab. A.3.** individuelle Inputwerte Logistikzentrum 3 & 4

Logistikzentrum 3		Logistikzentrum 4	
Technik	Kosten	Technikkosten	Kosten
Flächenkosten	800.000 €	Flächenkosten	400.000 €
Regaltechnik	170.000 €	Regaltechnik	- €
WMS (inkl. Hardware)	300.000 €	WMS (inkl. Hardware)	300.000 €
Fördertechnik LW	500.000 €	Fördertechnik LW	1.000.000 €
Fördertechnik HW (Sorter)	200.000 €	Fördertechnik HW (Sorter)	500.000 €
<hr/> Personalwerte		<hr/> Personalwerte	
Anteil Zeitarbeiter	20%	Anteil Zeitarbeiter	10%
<hr/> Mitarbeiter		<hr/> Mitarbeiter	
Leitung (inkl. Bereichsleiter) (MA)	8	Leitung (inkl. Bereichsleiter) (MA)	8
Gruppenleiter (MA)	5	Gruppenleiter (MA)	5

**Tab. A.4.** individuelle Inputwerte Logistikzentrum 4 mit RFID

Logistikzentrum 3	
Technik	Kosten
Flächenkosten	400.000 €
Regaltechnik	- €
WMS (inkl. Hardware)	500.000 €
Fördertechnik LW	1.000.000 €
Fördertechnik HW (Sorter)	500.000 €
<hr/> Personalwerte	
Anteil Zeitarbeiter	10%
<hr/> Mitarbeiter	
Leitung (inkl. Bereichsleiter) (MA)	8
Gruppenleiter (MA)	5

**Tab. A.5.** Bereiche und Aufgaben Logistikzentrum 1

Bereich	%	Aufgabe	%
Wareneingang liegend	100	Entladung Palette	80
Wareneingang liegend	100	Entladung Kartons und Palettierung	87
Wareneingang liegend	100	Kartons zählen und mit Lieferschein abgleichen	93
Wareneingang liegend	100	Sortierung	87
Wareneingang liegend	100	Qualitätssicherung	73
Wareneingang liegend	100	Retouren entgegen nehmen	60
Lagerung liegend	100	Palettenregal	64
Value Added Services 1	60	Ein-/ Aus-/ Umpacken	44
Value Added Services 2	60	Etikettierung	78
Value Added Services 2	60	Preisauszeichnung	67
Kommissionierung liegend	93	Packstraßen	14
Verpackung liegend	93	Scan Einzelteile manuell	29
Verpackung liegend	93	Verpackung in Kartons	79
Verpackung liegend	93	Palettierung und Umwicklung manuell	79
Retouren liegend	60	Entsorgung	67
Retouren liegend	60	Rückführung / Neuversand	100
NOS liegend	40	Manuell auf Kommissionierwagen	100
Warenausgang liegend	100	Verladung Kartons	21
Warenausgang liegend	100	Verladung Paletten	100
Warenausgang liegend	100	Identifizierung durch Scannung Ladeinheit	71
Transporte liegend	100	Fördertechnik von Kommissionierung zum Warenausgang	60
Transporte liegend	100	Stapler	47
Transporte liegend	100	Handhubwagen	100

Tab. A.6. Bereiche und Aufgaben Logistikzentrum 2

Bereich	%	Aufgabe	%
Wareneingang liegend	100	Entladung Paletten	80
Wareneingang liegend	100	Entladung Kartons und Palettierung	87
Wareneingang liegend	100	Kartons zählen und mit Lieferschein abgleichen	83
Wareneingang liegend	100	Sortierung	87
Wareneingang liegend	100	Qualitätssicherung	73
Wareneingang hängend	92	Artikel auf Trolley hängen	100
Wareneingang hängend	92	Einzelteile zählen und mit Lieferschein abgleichen	82
Wareneingang hängend	92	Sortierung	55
Wareneingang hängend	92	Qualitätssicherung	82
Lagerung liegend	100	Palettenregal	64
Lagerung hängend	92	Manuelle Fördertechnik	73
Aufbügeln	27	Einzelteile zählen	75
Aufbügeln	27	Aufbügeln	100
Aufbereitung	42	Puppen	80
Aufbereitung	42	Toppen	80
Aufbereitung	42	Finishen	100
Aufbereitung	42	Bügeln	60
Aufbereitung	42	Näharbeiten	40
Aufbereitung	42	Pressen	20
Aufbereitung	42	Fleckenentfernung	20
Kommissionierung liegend	93	inverse Kommissionierung	36
Kommissionierung hängend	92	Sorter automatisch	18
Kommissionierung hängend	92	Sorter manuell	18
Value Added Services liegend	60	Etikettierung	78
Value Added Services liegend	60	Preisauszeichnung	67
Value Added Services hängend	92	Etikettierung	100
Value Added Services hängend	92	Preisauszeichnung	73
NOS liegend	40	Fachbodenregal Kartons	83
NOS liegend	40	Separate Lagerung	33
NOS liegend	40	Manuell auf Kommissionierwagen	100
NOS hängend	42	Abhängelager	100
NOS hängend	42	separate Lagerung	60
NOS hängend	42	manuell auf Trolleys	100
Verpackung liegend	93	Scannung Kartons manuell	50
Verpackung liegend	93	Palettierung manuell	79
Verpackung hängend	92	Foliermaschine	45
Warenausgang	100	Scannung Paletten manuell	71
Warenausgang	100	Scannung Trolleys manuell	82
Warenausgang	100	Verladung Paletten	100
Warenausgang	100	Gemischte Verladung (liegend)	57
Warenausgang	100	Gemischte Verladung (hängend)	73
Transporte liegend	100	Fördertechnik von Kommissionierung zum Warenausgang	60
Transporte liegend	100	Stapler	47
Transporte liegend	100	Handhubwagen	100
Transporte hängend	100	manuelle Schienenstrecke	92
Transporte hängend	100	automatische Schienenstrecke	58

**Tab. A.7.** Bereiche und Aufgaben System 3

Bereich	%	Aufgabe	%
Wareneingang liegend	100	Entladung Paletten	80
Wareneingang liegend	100	Entladung Kartons und Palettierung	87
Wareneingang liegend	100	Kartons zählen und mit Lieferschein abgleichen	83
Wareneingang liegend	100	Sortierung	87
Wareneingang liegend	100	Qualitätssicherung	73
Wareneingang hängend	92	Artikel auf Trolley hängen	100
Wareneingang hängend	92	Einzelteile zählen und mit Lieferschein abgleichen	82
Wareneingang hängend	92	Sortierung	55
Wareneingang hängend	92	Qualitätssicherung	82
Value Added Services hängend 1	92	Ein-/ Aus- / Umpacken	36
Value Added Services hängend 1	92	Etikettierung	100
Lagerung liegend	100	Fachbodenlagerung Kartons	57
Lagerung hängend	92	Abhängelager	73
Kommissionierung liegend	93	Manuell auf Kommissionierwagen	64
Kommissionierung hängend	92	Manuell auf Trolleys	82
Value Added Services liegend	60	Preiseauszeichnung	67
Value Added Services hängend 2	92	Preiseauszeichnung	73
Verpackung liegend	93	Scannung Einzelteile manuell	29
Verpackung liegend	93	Verpackung in Kartons manuell	79
Verpackung hängend	92	Scannung Einzelteile manuell	55
Verpackung hängend	92	Eintüten manuell	45
Retouren liegend	60	Entsorgung	67
Retouren liegend	60	Aufbereitung	33
Retouren liegend	60	Rückführung / Neuversand	100
Warenausgang	100	Scannung Kartons manuell	71
Warenausgang	100	Scannung Trolleys manuell	82
Warenausgang	100	Verladung Paletten	100
Warenausgang	100	Gemischte Verladung (liegend)	57
Warenausgang	100	Gemischte Verladung (hängend)	73
Transporte liegend	100	Handhubwagen	100
Transporte hängend	100	manuelle Schienenstrecke	92

Tab. A.8. Bereiche und Aufgaben Logistikzentrum 4

Bereich	%	Aufgabe	%
Wareneingang liegend	100	Entladung Paletten	80
Wareneingang liegend	100	Entladung Kartons und Palettierung	87
Wareneingang liegend	100	Scannung Kartons	7
Wareneingang liegend	100	Sortierung	87
Wareneingang liegend	100	Qualitätssicherung	73
Wareneingang hängend	92	Artikel auf Trolley hängen	100
Wareneingang hängend	92	Scannung Einzelteile	18
Wareneingang hängend	92	Sortierung	55
Wareneingang hängend	92	Qualitätssicherung	82
Lagerung liegend	100	Bodenlagerung (Paletten)	79
Lagerung hängend	92	Manuelle Fördertechnik	73
Value Added Services liegend	60	Etikettierung	78
Value Added Services hängend	92	Etikettierung	100
Kommissionierung liegend	93	Cross Docking	93
Kommissionierung liegend	93	Sorter automatisch	93
Kommissionierung liegend	93	Sortierung manuell	93
Kommissionierung hängend	92	Manuell auf Trolley	82
Verpackung liegend	93	Scannung Kartons	50
Verpackung liegend	93	Palettierung und Umwicklung manuell	79
Verpackung hängend	92	Foliermaschine	45
Verpackung hängend	92	Scannung Einzelteile manuell	55
Warenausgang	100	Scannung Paletten manuell	71
Warenausgang	100	Scannung Trolleys manuell	82
Warenausgang	100	Verladung Paletten	100
Warenausgang	100	Gemischte Verladung (liegend)	57
Warenausgang	100	Gemischte Verladung (hängend)	73
Transporte liegend	100	Handhubwagen	100
Transporte liegend	100	Fördertechnik von Kommissionierung zum Warenausgang	60
Transporte hängend	100	manuelle Schienenstrecke	92

Tab. A.9. Wochenwerte und Standardabweichungen 1/2

Wo- che i	Marke 1		Marke 2		Marke 3		Marke 4		Marke 5		Marke 6		Marke 7		Marke 8		Marke 9		Mittelwert		Dynamik: +50%	
	WO <sub>i</sub>	StAbw	WO <sub>i</sub>	StAbw																		
1	75%	33%	78%	25%	147%	99%	115%	97%	88%	110%	112%	9%	81%	26%	68%	30%	81%	16%	94%	49%	91%	74%
2	112%	37%	82%	22%	154%	78%	116%	64%	390%	59%	94%	12%	81%	36%	83%	35%	101%	40%	135%	43%	152%	64%
3	131%	37%	67%	27%	152%	111%	105%	93%	341%	54%	102%	17%	90%	26%	103%	24%	97%	25%	132%	46%	148%	69%
4	116%	53%	73%	27%	192%	78%	105%	39%	194%	81%	129%	13%	71%	32%	127%	25%	114%	26%	124%	41%	137%	62%
5	117%	32%	79%	20%	192%	82%	136%	134%	317%	43%	121%	7%	114%	55%	95%	7%	141%	23%	146%	45%	169%	67%
6	80%	19%	136%	33%	69%	169%	168%	66%	321%	18%	119%	15%	84%	33%	119%	20%	96%	48%	132%	47%	149%	70%
7	105%	29%	127%	19%	127%	93%	229%	30%	174%	88%	124%	10%	75%	25%	144%	29%	113%	26%	135%	39%	153%	58%
8	92%	48%	115%	30%	188%	35%	116%	47%	180%	124%	126%	13%	133%	9%	120%	21%	93%	31%	129%	40%	144%	59%
9	90%	28%	113%	18%	167%	118%	58%	118%	348%	66%	126%	17%	93%	51%	128%	38%	71%	30%	133%	54%	149%	81%
10	82%	19%	142%	11%	92%	69%	105%	50%	149%	123%	132%	11%	128%	31%	80%	22%	84%	20%	110%	39%	116%	59%
11	111%	44%	163%	16%	98%	105%	37%	54%	23%	117%	108%	8%	106%	28%	70%	9%	128%	47%	94%	47%	91%	71%
12	103%	22%	124%	19%	158%	51%	34%	120%	74%	95%	95%	18%	120%	33%	94%	23%	162%	32%	107%	46%	111%	69%
13	112%	43%	89%	15%	97%	108%	33%	124%	15%	198%	145%	15%	94%	24%	96%	16%	109%	62%	88%	67%	82%	101%
14	73%	38%	87%	1%	52%	104%	22%	134%	23%	85%	155%	9%	116%	20%	64%	24%	83%	68%	75%	54%	63%	81%
15	88%	69%	141%	13%	152%	80%	74%	107%	2%	205%	94%	13%	74%	50%	68%	16%	88%	31%	87%	65%	80%	97%
16	138%	23%	87%	42%	97%	76%	127%	84%	0%	0%	120%	20%	109%	27%	111%	20%	106%	38%	100%	37%	99%	55%
17	80%	31%	104%	42%	120%	152%	21%	135%	0%	0%	94%	16%	102%	52%	98%	23%	67%	32%	76%	54%	64%	81%
18	76%	60%	85%	31%	87%	64%	46%	69%	0%	0%	85%	46%	112%	36%	79%	38%	58%	72%	70%	46%	55%	69%
19	96%	43%	91%	26%	87%	75%	16%	108%	28%	202%	64%	15%	63%	22%	129%	17%	118%	22%	77%	59%	65%	88%
20	81%	46%	72%	23%	49%	100%	11%	163%	0%	0%	69%	8%	99%	32%	98%	12%	91%	56%	63%	49%	45%	73%
21	82%	17%	60%	50%	80%	41%	15%	96%	0%	0%	128%	23%	88%	51%	120%	18%	63%	32%	71%	36%	56%	55%
22	68%	103%	44%	21%	84%	67%	53%	93%	144%	30%	134%	26%	80%	50%	141%	26%	150%	61%	100%	53%	100%	79%
23	84%	42%	75%	36%	79%	90%	64%	100%	83%	184%	53%	72%	113%	53%	141%	28%	41%	37%	81%	71%	72%	107%
24	112%	26%	76%	27%	54%	73%	162%	109%	166%	54%	105%	29%	98%	32%	159%	42%	58%	40%	110%	48%	115%	72%
25	97%	10%	64%	5%	90%	71%	76%	98%	127%	25%	114%	19%	87%	33%	143%	35%	84%	68%	98%	40%	97%	61%
26	74%	30%	97%	32%	126%	82%	92%	66%	87%	104%	126%	16%	88%	29%	111%	13%	186%	30%	110%	45%	115%	67%
27	58%	25%	78%	25%	72%	125%	182%	109%	89%	128%	134%	13%	88%	39%	106%	16%	92%	22%	100%	55%	100%	83%
28	77%	24%	92%	40%	100%	54%	171%	38%	177%	52%	69%	45%	69%	43%	100%	29%	55%	35%	101%	40%	101%	60%

Tab. A.10. Wochenwerte und Standardabweichungen 2/2

Wo- che i	Marke 1		Marke 2		Marke 3		Marke 4		Marke 5		Marke 6		Marke 7		Marke 8		Marke 9		Mittelwert		Dynamik: +50%	
	WO <sub>i</sub>	StAbw	WO <sub>i</sub>	StAbw																		
29	81%	29%	49%	60%	78%	74%	76%	68%	227%	62%	100%	14%	79%	38%	75%	12%	95%	35%	96%	43%	93%	65%
30	80%	37%	92%	40%	207%	59%	208%	108%	141%	53%	103%	16%	59%	27%	92%	24%	148%	15%	125%	42%	138%	63%
31	125%	23%	167%	65%	86%	58%	202%	102%	331%	61%	123%	14%	119%	14%	69%	16%	87%	13%	146%	41%	168%	61%
32	107%	27%	172%	23%	107%	89%	120%	52%	111%	122%	95%	11%	75%	36%	100%	11%	84%	24%	108%	44%	112%	66%
33	144%	40%	136%	16%	108%	75%	265%	39%	89%	79%	102%	19%	98%	29%	75%	14%	107%	45%	125%	40%	137%	59%
34	138%	22%	115%	28%	66%	99%	156%	69%	86%	82%	124%	17%	125%	48%	65%	25%	97%	47%	108%	48%	112%	73%
35	83%	28%	128%	21%	90%	54%	363%	22%	102%	54%	114%	23%	129%	17%	61%	30%	68%	67%	126%	35%	140%	53%
36	62%	15%	197%	36%	78%	78%	188%	53%	166%	42%	83%	12%	175%	24%	71%	32%	78%	73%	122%	40%	133%	61%
37	116%	29%	159%	29%	85%	60%	155%	58%	120%	145%	109%	13%	154%	34%	71%	12%	67%	68%	115%	50%	123%	75%
38	147%	26%	107%	27%	112%	59%	83%	78%	74%	121%	89%	14%	174%	69%	67%	30%	125%	43%	109%	52%	113%	78%
39	112%	27%	110%	33%	106%	47%	90%	75%	50%	108%	75%	7%	129%	37%	106%	15%	125%	22%	100%	41%	101%	62%
40	86%	73%	117%	20%	56%	105%	71%	159%	7%	192%	86%	15%	137%	15%	100%	61%	78%	40%	82%	76%	73%	113%
41	111%	36%	172%	38%	104%	29%	73%	98%	5%	203%	87%	8%	104%	31%	83%	14%	127%	22%	96%	53%	95%	80%
42	110%	25%	98%	37%	96%	68%	38%	180%	16%	163%	78%	24%	116%	19%	81%	12%	90%	40%	80%	63%	71%	95%
43	84%	32%	63%	50%	80%	60%	32%	150%	26%	123%	53%	19%	95%	11%	88%	23%	120%	34%	71%	56%	57%	84%
44	104%	73%	105%	21%	62%	67%	6%	117%	1%	164%	84%	20%	65%	44%	71%	38%	145%	43%	72%	65%	57%	98%
45	97%	27%	156%	17%	73%	89%	37%	132%	0%	213%	90%	13%	164%	16%	115%	21%	96%	35%	92%	63%	88%	94%
46	142%	30%	101%	25%	71%	105%	6%	101%	26%	126%	93%	21%	82%	23%	96%	60%	137%	67%	84%	62%	76%	93%
47	122%	23%	76%	52%	39%	119%	214%	107%	4%	152%	96%	11%	86%	44%	117%	46%	84%	28%	93%	65%	90%	97%
48	66%	17%	62%	31%	30%	127%	69%	111%	4%	119%	86%	27%	64%	32%	144%	20%	73%	32%	67%	57%	50%	86%
49	122%	64%	72%	24%	96%	74%	91%	107%	29%	199%	93%	8%	113%	19%	120%	21%	95%	119%	92%	71%	88%	106%
50	136%	22%	64%	30%	109%	96%	52%	58%	10%	88%	87%	11%	111%	41%	104%	21%	107%	30%	87%	44%	80%	66%
51	153%	35%	30%	20%	76%	86%	32%	88%	36%	93%	34%	1%	55%	35%	135%	21%	184%	24%	82%	45%	73%	67%
52	62%	63%	10%	2%	22%	47%	84%	72%	0%	0%	100%	17%	35%	15%	100%	25%	52%	27%	52%	30%	28%	45%
Min	58%	10%	10%	1%	22%	29%	6%	22%	0%	0%	34%	1%	35%	9%	61%	7%	41%	13%	52%	30%	28%	45%
AVG	100%	36%	100%	28%	100%	80%	100%	79%	100%	74%	0%	0%	100%	33%	100%	24%	100%	40%	100%	50%	100%	74%
Max	153%	103%	197%	65%	207%	169%	363%	180%	390%	213%	155%	72%	175%	69%	159%	61%	186%	119%	146%	76%	169%	113%

**Tab. A.11.** Wochentageswerte und Standardabweichungen mit Samstag

Mit Sa	Marke 1		Marke 2		Marke 3		Marke 4		Marke 5		Marke 6		Marke 7		Marke 8		Marke 9		Mittelwert		Dynamik: +50%	
Wochentag i	WT <sub>i</sub>	StAbw																				
Mo	150%	28%	108%	30%	112%	100%	109%	79%	156%	72%	121%	20%	134%	31%	107%	37%	102%	56%	122%	50%	133%	76%
Di	148%	34%	108%	32%	110%	89%	153%	79%	118%	93%	119%	18%	122%	40%	117%	31%	113%	41%	123%	51%	135%	76%
Mi	117%	37%	120%	41%	107%	93%	119%	105%	91%	126%	125%	18%	126%	43%	129%	28%	119%	37%	117%	59%	125%	88%
Do	101%	42%	131%	28%	117%	86%	92%	104%	110%	104%	122%	15%	126%	27%	129%	42%	109%	40%	115%	54%	123%	82%
Fr	77%	48%	120%	29%	151%	71%	123%	98%	126%	96%	107%	23%	92%	44%	116%	33%	58%	67%	108%	57%	111%	85%
Sa	7%	331%	14%	73%	3%	247%	4%	211%	0%	371%	6%	28%	0%	0%	2%	200%	0%	0%	4%	162%	0%	243%
Min	7%	28%	14%	28%	3%	71%	4%	79%	0%	72%	6%	15%	0%	0%	2%	28%	0%	0%	4%	50%	0%	76%
AVG	100%	87%	100%	39%	100%	115%	100%	113%	100%	144%	100%	20%	100%	31%	100%	62%	83%	40%	98%	72%	105%	108%
Max	150%	331%	131%	73%	151%	247%	153%	211%	156%	371%	125%	28%	134%	44%	129%	200%	119%	67%	123%	162%	135%	243%

**Tab. A.12.** Wochentageswerte und Standardabweichungen ohne Samstag

Mit Sa	Marke 1		Marke 2		Marke 3		Marke 4		Marke 5		Marke 6		Marke 7		Marke 8		Marke 9		Mittelwert		Dynamik: +50%	
Wochentag i	WT <sub>i</sub>	StAbw																				
Mo	126%	28%	92%	30%	94%	100%	92%	79%	130%	72%	102%	20%	111%	31%	90%	37%	102%	56%	101%	53%	101%	80%
Di	125%	34%	92%	32%	92%	89%	129%	79%	98%	93%	100%	18%	101%	40%	98%	31%	113%	41%	118%	66%	128%	100%
Mi	99%	37%	102%	41%	89%	93%	100%	105%	75%	126%	105%	18%	105%	43%	108%	28%	119%	37%	101%	53%	101%	80%
Do	85%	42%	111%	28%	98%	86%	77%	104%	91%	104%	103%	15%	105%	27%	108%	42%	109%	40%	95%	49%	92%	74%
Fr	65%	48%	103%	29%	126%	71%	103%	98%	105%	96%	90%	23%	77%	44%	97%	33%	58%	67%	79%	43%	69%	64%
Min	65%	28%	92%	28%	89%	71%	77%	79%	75%	72%	90%	15%	77%	27%	90%	28%	58%	37%	79%	43%	69%	64%
1.Qrt	85%	34%	92%	29%	92%	86%	92%	79%	91%	93%	100%	18%	101%	31%	97%	31%	102%	40%	95%	49%	92%	74%
Med	99%	37%	102%	30%	94%	89%	100%	98%	98%	96%	102%	18%	105%	40%	98%	33%	109%	41%	101%	53%	101%	80%
3.Qrt	99%	37%	102%	30%	94%	89%	100%	98%	98%	96%	102%	18%	105%	40%	98%	33%	109%	41%	101%	53%	101%	80%
Max	126%	48%	111%	41%	126%	100%	129%	105%	130%	126%	105%	23%	111%	44%	108%	42%	119%	67%	118%	66%	128%	100%

Tab. A.13. Logistikzentrum 1 – Prozessbeschreibung

Bereich	Aufgabe	Prozess	manuell / automatisch	Ressource 1	Ressource 2	Ressource 3	Zeitbedarf	BE	Anteil
Wareneingang	Ware entladen	Vorbereitung WE (Tor öffnen, LKW öffnen, ...)	manuell	Teleskopförderer	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 1		200,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	Ware entladen	Entladen Kartons (Teleskopförderer)	manuell	Teleskopförderer	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 1		12,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Ware entladen	Entladung Paletten (Kartonage, Mehrwegbehälter,...)	manuell	Teleskopförderer	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 1		30,00 sec	Palette	2%
Wareneingang	Ware entladen	Überprüfung Transportschäden	manuell	Teleskopförderer	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 1		2,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Ware entladen	Identifizierung nicht lesbarer Kartons & Druck Barcode	manuell	Teleskopförderer	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 1		10,00 sec	Karton	5%
Wareneingang	Ware entladen	Scan Barcode	manuell	Teleskopförderer	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 1		8,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Ware entladen	Fertigstellung WE (LKW verschließen, Tor verschließen)	manuell	Teleskopförderer	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 1		200,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	Qualitätsprüfung	Entnahme Q-Stichprobe	manuell	Arbeitsplatz 1			60,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätsprüfung	Umpacken Restkarton in Behälter	manuell	Arbeitsplatz 1			150,00 sec	Karton	1%
Wareneingang	Qualitätsprüfung	Zurückführung entnommener Stichprobe	manuell	Arbeitsplatz 1			120,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Vorbereitung der Einlagerung	Sortierung nach Style und Farbe	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Handhubwagen 1		5,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Vorbereitung der Einlagerung	Palettierung der Kartons / Behälter	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Handhubwagen 1		8,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Vorbereitung der Einlagerung	Barcode von Kartons mit Palette verheiraten	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Handhubwagen 1		10,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Vorbereitung der Einlagerung	Abstellen der Paletten in Einlagerungspuffer	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Handhubwagen 1		30,00 sec	Palette	100%
Wareneingang	Vorbereitung der Einlagerung	Abstellen der Paletten (Kartonage, Mehrwegbehälter,...) in Einlagerungspuffer	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Handhubwagen 1		30,00 sec	Palette	100%
Wareneingang	Retouren	Kartons von KEP-Dienstleister entgegen nehmen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 2		30,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Retouren	Barcodes drucken und Kartons palettieren	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 2		20,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Retouren	Paletten in den Retourenbereich transportieren	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 2		5,00 sec	Stück	100%
Wareneingang - VAS	Umpacken	Artikel holen	manuell	Arbeitsplatz 2			20,00 sec	Palette	20%
Wareneingang - VAS	Umpacken	Beschädigte Kartonagen in Behälter umpacken	manuell	Arbeitsplatz 2			30,00 sec	Karton	20%
Wareneingang - VAS	Umpacken	Artikel abgeben	manuell	Arbeitsplatz 2			20,00 sec	Palette	20%
Wareneingang - VAS	Ein-/Aus-/Umtüten	Artikel holen	manuell	Arbeitsplatz 2			20,00 sec	Palette	20%

Wareneingang - VAS	Ein-/Aus-/Umtüten	Artikel Ein-/Aus-/Umtüten	manuell	Arbeitsplatz 2	10,00 sec	Stück	20%
Wareneingang - VAS	Ein-/Aus-/Umtüten	Artikel abgeben	manuell	Arbeitsplatz 2	20,00 sec	Palette	20%
Retouren	Rücklagerung	Öffnen Mischkartons	manuell	Arbeitsplatz 2	20,00 sec	Karton	100%
Retouren	Rücklagerung	Kontrolle Inhalt / Prüfen Qualität	manuell	Arbeitsplatz 2	5,00 sec	Stück	100%
Retouren	Rücklagerung	Entsorgung	manuell	Arbeitsplatz 2	10,00 sec	Stück	100%
Retouren	Rücklagerung	Sortierung in Behälter	manuell	Arbeitsplatz 2	3,00 sec	Stück	100%
Retouren	Rücklagerung	Einlagerung / Rücksortierung zum NOS Bereich	manuell	Arbeitsplatz 2	5,00 sec	Stück	100%
Wareneingang	Einlagerung	Transport der Paletten (Standard und NOS) zum Palettenlager	manuell	Frontstapler	90,00 sec	Palette	100%
Packstraßen	Packstraßenaufbau	Transport der Standardpaletten zu den Packstraßen	manuell	Frontstapler	90,00 sec	Palette	100%
Packstraßen	Packstraßenaufbau	Kartons von den Paletten nehmen und in Türmen aufbauen (Sortierung nach Größe)	manuell	Frontstapler	30,00 sec	Karton	100%
Packstraßen	Packstraßenaufbau	Leerpaletten zur Seite stellen	manuell	Frontstapler	30,00 sec	Palette	100%
Packstraßen	Kommissionierung	Kommissionierwagen nehmen	manuell	Kommissionierwagen	30,00 sec	Palette	100%
Packstraßen	Kommissionierung	Annahme & Abgabe Auftrag Großkunden	manuell	Kommissionierwagen	30,00 sec	Auftrag	100%
Packstraßen	Kommissionierung	Wegzeit je Auftrag Großkunden	manuell	Kommissionierwagen	60,00 sec	Auftrag	100%
Packstraßen	Kommissionierung	Annahme & Abgabe Auftrag Kleinkunden	manuell		30,00 sec	Auftrag	100%
Packstraßen	Kommissionierung	Wegzeit je Auftrag Kleinkunden	manuell	Kommissionierwagen	30,00 sec	Auftrag	100%
Packstraßen	Kommissionierung	Entnahme Teile	manuell	Kommissionierwagen	10,00 sec	Pick	100%
Packstraßen	Packstraßenabbau	Leerpaletten entsorgen	manuell	Frontstapler	10,00 sec	Palette	100%
Packstraßen	Packstraßenabbau	Kartons zur Müllpresse	manuell	Frontstapler	5,00 sec	Karton	100%
NOS	Kommissionierung	Kommissionierwagen nehmen	manuell	Kommissionierwagen	30,00 sec	Palette	100%
NOS	Kommissionierung	Annahme & Abgabe Auftrag Großkunden	manuell	Kommissionierwagen	30,00 sec	Auftrag	100%
NOS	Kommissionierung	Wegzeit je Auftrag Großkunden	manuell	Kommissionierwagen	60,00 sec	Auftrag	100%
NOS	Kommissionierung	Annahme & Abgabe Auftrag Kleinkunden	manuell	Kommissionierwagen	30,00 sec	Auftrag	100%
NOS	Kommissionierung	Wegzeit je Auftrag Kleinkunden	manuell	Kommissionierwagen	30,00 sec	Auftrag	100%
NOS	Kommissionierung	Entnahme Teile	manuell	Kommissionierwagen	10,00 sec	Pick	100%
NOS	Kommissionierung	Nachschubbewegung NOS-Paletten	manuell	Kommissionierwagen	60,00 sec	Palette	100%
Komm. VAS	Preisetikett überkleben	Polyhülle öffnen und Hangtag heraus ziehen	manuell	Arbeitsplatz 3	5,00 sec	Stück	20%
Komm. VAS	Preisetikett überkleben	Bearbeitung	manuell	Arbeitsplatz 3	5,00 sec	Stück	20%
Komm. VAS	Preisetikett überkleben	in neue Polyhülle stecken	manuell	Arbeitsplatz 3	10,00 sec	Stück	20%
Komm. VAS	Preisetikett überkleben	Transport zu nächstem Bereich	manuell	Arbeitsplatz 3	60,00 sec	Palette	20%
Komm. VAS	Etikettierung	Polyhülle öffnen und Hangtag heraus ziehen	manuell	Arbeitsplatz 3	5,00 sec	Stück	20%
Komm. VAS	Etikettierung	Bearbeitung	manuell	Arbeitsplatz 3	5,00 sec	Stück	20%

168 Anhang

Komm. VAS	Etikettierung	in neue Polyhülle stecken	manuell	Arbeitsplatz 3	Etikettierer	10,00 sec	Stück	20%
Komm. VAS	Etikettierung	Transport zu nächstem Bereich	manuell	Arbeitsplatz 3	Etikettierer	60,00 sec	Palette	20%
Verpackung	Kartons	Kommissionierwagen an Packplatz entgegen nehmen	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2		10,00 sec	Palette	100%
Verpackung	Kartons	Karton aufrichten	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2		15,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Kartons	Belege drucken & hinein legen	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2		10,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Kartons	Scan von jedem Teil	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2		3,00 sec	Stück	100%
Verpackung	Kartons	Verschließen und Bändern	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2		20,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Kartons	Abgeben Kartons an FT	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2		10,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Paletten	Kartons von FT entgegen nehmen	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2	Handhubwagen 3	5,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Paletten	Palettierung	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2	Handhubwagen 3	8,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Paletten	Paletten umwickeln	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2	Handhubwagen 3	45,00 sec	Palette	100%
Verpackung	Paletten	Paletten im WA Puffer abstellen	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2	Handhubwagen 3	60,00 sec	Palette	100%
Warenausgang	Paketversand	Vorbereitung WA (Tor öffnen, LKW öffnen, ...)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		200,00 sec	LKW liegend	100%
Warenausgang	Paketversand	NVE von jedem Paket automatisch scannen und Paket wiegen	automatisch		Scanner & Waage	3,00 sec	Karton	100%
Warenausgang	Paketversand	Beladung LKW	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		15,00 sec	Karton	100%
Warenausgang	Paketversand	Ausdruck und Übergabe Lieferschein	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		30,00 sec	LKW liegend	100%
Warenausgang	Paketversand	Fertigstellung WA (LKW verschließen, Tor verschließen)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		200,00 sec	LKW liegend	100%
Warenausgang	Speditionsversand	Vorbereitung WA (Tor öffnen, LKW öffnen, ...)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 2	Handhubwagen 4	200,00 sec	LKW liegend	100%
Warenausgang	Speditionsversand	NVE von allen Paletten scannen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 2	Handhubwagen 4	15,00 sec	Palette	100%
Warenausgang	Speditionsversand	Beladung LKW	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 2	Handhubwagen 4	45,00 sec	Palette	100%
Warenausgang	Speditionsversand	Ausdruck und Übergabe Lieferschein	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 2	Handhubwagen 4	30,00 sec	LKW liegend	100%
Warenausgang	Speditionsversand	Fertigstellung WA (LKW verschließen, Tor verschließen)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 2	Handhubwagen 4	200,00 sec	LKW liegend	100%

Tab. A.14. Logistikzentrum 2 – Prozessbeschreibung

Bereich	Aufgabe	Prozess	manuell / automatisch	Ressource 1	Ressource 2	Ressource 3	Zeitbedarf	BE	Anteil
Wareneingang	LKW entladen liegend	Vorbereitung WE (Tor öffnen, LKW öffnen, Lieferpapiere bekommen,...)	manuell	Teleskopförderer	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	200,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Entladung Kartons einzeln	manuell	Teleskopförderer	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	15,00 sec	Karton	50%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Palettierung Kartons (Sortierung nach Style)	manuell	Teleskopförderer	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	8,00 sec	Karton	50%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Entladung Paletten und Austausch Poolpaletten	manuell	Teleskopförderer	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	20,00 sec	Palette	50%
Wareneingang	LKW entladen liegend	teilweise Sortierung nach Style notwendig (Umpalettierung - nur Paletten)	manuell	Teleskopförderer	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	8,00 sec	Karton	10%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Kartonmenge zählen und mit Lieferschein abgleichen	manuell	Teleskopförderer	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	2,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Sichtprüfung Transportschäden	manuell	Teleskopförderer	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	2,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Abgabe Wareneingangsprotokoll im WE-Büro	manuell	Teleskopförderer	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	60,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Ausdruck Warenbegleitpapier	manuell	Teleskopförderer	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	30,00 sec	Palette	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Eingabe Warenbegleitnummer, Druck Barcode und auf Palette anbringen	manuell	Teleskopförderer	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	20,00 sec	Palette	100%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	Entnahme Stichprobe und Ablage im QS-Regal	manuell	Arbeitsplatz 1			20,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	QS-Prüfung	manuell	Arbeitsplatz 1			60,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	teilweise 100%-Kontrolle notwendig	manuell	Arbeitsplatz 1			30,00 sec	Stück	0,3%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	Rücklagerung QS-Ware	manuell	Arbeitsplatz 1			20,00 sec	Stück	1%
Einlagerung	Einlagerung liegend	Transport in das Fachbodenlager NOS	manuell	Frontstapler			90,00 sec	Palette	100%
Einlagerung	Einlagerung liegend	Transport in das Palettenlager "normal"	manuell	Frontstapler			30,00 sec	Palette	90%
Einlagerung	Einlagerung liegend	teilweise direkter Transport an Übergabeplatz zur weiteren Verarbeitung möglich	manuell	Frontstapler			30,00 sec	Palette	10%
Einlagerung	Einlagerung liegend	Einlagerung der NOS Kartons	manuell				90,00 sec	Karton	100%
Einlagerung	Einlagerung liegend	Einlagerung mit Hochregalstapler in den normalen Bereich	manuell	Schmalgangstapler			90,00 sec	Palette	90%
Einlagerung	Einlagerung liegend	teilweise Einlagerung in das Zolllager notwendig	manuell	Schmalgangstapler			90,00 sec	Palette	10%
Einlagerung	Einlagerung liegend	Umlagerung vom Zolllager in den normalen Bereich	manuell	Schmalgangstapler			90,00 sec	Palette	10%
NOS	Kommissionierung liegend	Kommissionierauftrag drucken	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 2	Kommissionierwagen		10,00 sec	Auftrag	100%
NOS	Kommissionierung liegend	Kommissionierwagen aufnehmen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 2	Kommissionierwagen		15,00 sec	Auftrag	100%
NOS	Kommissionierung liegend	Kommissionierung der Artikel (Weg) – 2er Batching	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 2	Kommissionierwagen		20,00 sec	Position	50%

170 **Anhang**

NOS	Kommissionierung liegend	Entnahme der Artikel	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 2	Kommissionierwagen	3,00 sec	Pick	100%
NOS	Kommissionierung liegend	Abgabe der Aufträge	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 2	Kommissionierwagen	15,00 sec	Auftrag	100%
NOS	Kommissionierung liegend	Transport in den WA-Puffer	automatisch			60,00 sec	Auftrag	100%
NOS	Nachschub NOS	Nachschub der NOS Kartons	manuell			60,00 sec	Palette	100%
Aufbügeln	Auslagerung LH	Aufnahme Palette an Übergabeplatz	manuell	Frontstapler		15,00 sec	Palette	100%
Aufbügeln	Auslagerung LH	Transport an Übergabeplatz zur weiteren Verarbeitung	manuell	Frontstapler		30,00 sec	Palette	100%
Aufbügeln	Vorbereitung LH-Arbeitsplatz	Empfang Warenbegleitpapier bei der Verarbeitung für LH	manuell	Handhubwagen 2		10,00 sec	Palette	100%
Aufbügeln	Vorbereitung LH-Arbeitsplatz	Bereitstellung von Kleiderbügel	manuell	Handhubwagen 2		20,00 sec	Karton	100%
Aufbügeln	Vorbereitung LH-Arbeitsplatz	Transport Palette vom DLR zum Arbeitsplatz für LH	manuell	Handhubwagen 2		30,00 sec	Palette	100%
Aufbügeln	Vorbereitung LH-Arbeitsplatz	Kartons öffnen und Warenbegleitpapier hinein legen	manuell	Handhubwagen 2		15,00 sec	Karton	100%
Aufbügeln	Aufbügeln LH	Artikel aufbügel	manuell	Aufbügelstation		15,00 sec	Stück	100%
Aufbügeln	Aufbügeln LH	teilweise Zusatzleistungen erbringen	manuell	Aufbügelstation		10,00 sec	Stück	50%
Aufbügeln	Aufbügeln LH	Zählen der Artikel	manuell	Aufbügelstation		1,00 sec	Stück	100%
Aufbügeln	Aufbügeln LH	Transport zu Aufbereitung	manuell	Aufbügelstation		15,00 sec	Trolley	100%
Auslagerung	Auslagerung liegend	Aufnahme Palette an Übergabeplatz	manuell	Frontstapler		15,00 sec	Palette	100%
Auslagerung	Auslagerung liegend	Transport an Übergabeplatz zur weiteren Verarbeitung	manuell	Frontstapler		30,00 sec	Palette	100%
Kommissionierung	Kommissionierung LL	Karton öffnen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Hängewagen	10,00 sec	Karton	100%
Kommissionierung	Kommissionierung LL	Scan Warenbegleitschein	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Hängewagen	15,00 sec	LKW liegend	100%
Kommissionierung	Kommissionierung LL	VAS: Sicherung, Auszeichnung, Papier entfernen,...	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Hängewagen	10,00 sec	Stück	80%
Kommissionierung	Kommissionierung LL	Ware in Hängewagen legen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Hängewagen	5,00 sec	Pick	100%
Kommissionierung	Kommissionierung LL	Transport Hängewagen zum Kommissionierbereich	automatisch			0,00 sec	Karton	100%
Kommissionierung	Kommissionierung LL	Behälter identifizieren	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Hängewagen	5,00 sec	Position	100%
Kommissionierung	Kommissionierung LL	Artikel hinein legen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Hängewagen	4,00 sec	Pick	100%
Kommissionierung	Kommissionierung LL	Karton leicht verschlossen auf Fördertechnik	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1	Hängewagen	5,00 sec	Karton	100%
Kommissionierung Verpackung	Kommissionierung LL In Kartons LL	Transport zur Verpackung	automatisch			0,00 sec	Karton	100%
		Karton nehmen und öffnen	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2		10,00 sec	Karton	100%

Verpackung	In Kartons LL	Scan Karton	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2	5,00 sec	Karton	100%
Verpackung	In Kartons LL	Druck Lieferschein und in Tasche an Karton stecken	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2	10,00 sec	Karton	100%
Verpackung	In Kartons LL	Karton auf Fördertechnik stellen (leicht verschlossen)	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 2	5,00 sec	Karton	100%
Verpackung	In Kartons LL	Transport zum WA	automatisch		0,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Palettierung auf Stores LL	Entnahme Kartons an separaten Endstellen	automatisch		0,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Palettierung auf Stores LL	Transport Karton zur Ablage (3-5m)	automatisch		0,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Palettierung auf Stores LL	Ablegen der Kartons auf Paletten	manuell		5,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Vorbereitung WE (Tor öffnen, LKW öffnen, Lieferpapiere bekommen,...)	manuell	Teleskopschienen	200,00 sec	LKW hängend	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Ausziehen der Teleskopschienen	manuell	Teleskopschienen	15,00 sec	LKW hängend	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Trolleys bereit stellen	manuell	Teleskopschienen	3,00 sec	Trolley	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Umhängen der Artikel auf die Trolleys (ohne Zählung)	manuell	Teleskopschienen	2,00 sec	Pick	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Sichtprüfung auf Transportschäden	manuell	Teleskopschienen	1,00 sec	Stück	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Transport in den Wareneingangspuffer	automatisch		0,00 sec	Trolley	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Sortierung der Artikel nach Größe und Farbe	manuell		6,00 sec	Pick	100%
Wareneingang	WE-Prüfung hängend	Zählen der Artikel und der Trolleys	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 3	1,00 sec	Stück	100%
Wareneingang	WE-Prüfung hängend	Abgabe Wareneingangsprotokoll im WE-Büro	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 3	60,00 sec	LKW hängend	100%
Wareneingang	WE-Prüfung hängend	Befestigung von WE-Beleg an jedem 10ten Trolley	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 3	10,00 sec	Trolley	10%
Wareneingang	WE-Prüfung hängend	Ausdruck Warenbegleitpapier	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 3	10,00 sec	Trolley	10%
Wareneingang	WE-Prüfung hängend	Scan WE-Beleg	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Scanner & Drucker 3	5,00 sec	Trolley	10%
Wareneingang	WE-Prüfung hängend	Transport zur weiteren Bearbeitung	automatisch		5,00 sec	Trolley	100%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	Für QS Teile entnehmen und Kontrolle	manuell	Arbeitsplatz 1	60,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	teilweise 100% Kontrolle	manuell	Arbeitsplatz 1	20,00 sec	Stück	0,25%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	Eintrag der Ergebnisse auf dem Warenbegleitpapier	manuell	Arbeitsplatz 1	20,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	QS-Teile zurück sortieren	manuell	Arbeitsplatz 1	20,00 sec	Stück	1%
Einlagerung	Abhängelager	teilweise Transport zum Abhängelager (inkl. NOS)	automatisch		5,00 sec	Trolley	50%
Einlagerung	Abhängelager	Abhängen im Lager (incl. LH)	manuell	Handscanner 1	2,00 sec	Pick	25%
Einlagerung	Abhängelager	später wieder greifen und auf Trolley umhängen (incl. LH)	automatisch		2,00 sec	Pick	25%
Einlagerung	Abhängelager	teilweise Transport zum Zolllager	automatisch		5,00 sec	Trolley	10%
Einlagerung	Abhängelager	teilweise Einlagerung auf festen Stangen (Zolllager)	manuell	Handscanner 1	2,00 sec	Pick	10%

172 **Anhang**

Einlagerung	Abhängelager	teilweise Auslagerung auf Trolleys (aus Zolllager)	manuell	Handscanner 1	2,00 sec	Pick	10%
NOS	Kommissionierung hängend	Kommissionierauftrag drucken	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 4	10,00 sec	Auftrag NOS	100%
NOS	Kommissionierung hängend	Trolley aufnehmen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 4	10,00 sec	Auftrag NOS	100%
NOS	Kommissionierung hängend	Kommissionierung der Artikel (Weg) – 2er Batching	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 4	20,00 sec	Position	50%
NOS	Kommissionierung hängend	Entnahme Artikel	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 4	10,00 sec	Pick	100%
NOS	Kommissionierung hängend	Abgabe der Aufträge	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 4	5,00 sec	Auftrag NOS	100%
NOS	Kommissionierung hängend	Transport in den WA-Puffer	automatisch		60,00 sec	Auftrag NOS	100%
Sorter	Vorbereitung der Ware hängend	Sorterfähige von nicht sorterfähiger Ware trennen	automatisch	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 5	0,00 sec	Trolley	100%
Sorter	Vorbereitung der Ware hängend	Verteilbelege drucken und an Trolley anbringen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 5	10,00 sec	Trolley	variabel (Ø 45%)
Sorter	Vorbereitung der Ware hängend	Transport Trolley zur manuellen Sortierung	automatisch		0,00 sec	Trolley	variabel (Ø 45%)
Sorter	Vorbereitung der Ware hängend	Etikettieren, Sichern, ....	manuell		15,00 sec	Stück	50%
Sorter	Sortierung automatisch hängend	Sortierung	automatisch		0,00 sec	Stück	variabel (Ø 55%)
Sorter	Sortierung manuell hängend	Verteilheiten im Vorpuffer sammeln	automatisch		0,00 sec	Trolley	variabel (Ø 45%)
Sorter	Sortierung manuell hängend	Neue Trolleys bereit stellen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 5	20,00 sec	Trolley	variabel (Ø 45%)
Sorter	Sortierung manuell hängend	Sortierung der Artikel auf neue Trolleys	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 5	10,00 sec	Stück	variabel (Ø 45%)
Sorter	Sortierung manuell hängend	Barcode drucken und auf jeden ersten Artikel von Trolley stecken	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 5	25,00 sec	Trolley	variabel (Ø 45%)
Sorter	Sortierung manuell hängend	Transport auf Streckenförderer	automatisch		0,00 sec	Trolley	variabel (Ø 45%)
Sorter	Nachbearbeitung	Anzahl Artikel zählen	manuell		1,00 sec	Stück	100%
Sorter	Nachbearbeitung	Barcodenummer eingeben	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 6	10,00 sec	Trolley	100%
Sorter	Nachbearbeitung	Ausdruck Trolleyinhaltslisten je Sortiment und an Trolley befestigen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 6	20,00 sec	Trolley	100%
Sorter	Nachbearbeitung	Transport in den WA-Puffer	automatisch		0,00 sec	Trolley	100%
Verpackung	Eintüten	Transport zum Eintüten	automatisch		0,00 sec	Trolley	100%
Verpackung	Eintüten	Eintüten der Artikel	automatisch	Foliermaschine	2,00 sec	Stück	100%
Verpackung	Verteilung auf Stores	Ausschleusen in Bahnhöfen	automatisch		0,00 sec	Trolley	100%
Aufbereitung	Handbügel	Transport zum Handbügel	automatisch		0,00 sec	Trolley	5%
Aufbereitung	Handbügel	Handbügel der Artikel	manuell	Handbügelstation	120,00 sec	Stück	5%
Aufbereitung	Tunnelfinishen	Transport zum Tunnelfinishen	automatisch		0,00 sec	Trolley	20%

Aufbereitung	Tunnelfinishen	Tunnelfinishen der Artikel	automatisch	Tunnelfinisher		4,00 sec	Stück	20%
Aufbereitung	Puppen	Transport zum Puppen	automatisch			0,00 sec	Trolley	5%
Aufbereitung	Puppen	Puppen der Artikel	manuell	Puppe		60,00 sec	Stück	5%
Aufbereitung	Multiformen	Transport zum Multiformen	automatisch			0,00 sec	Trolley	2%
Aufbereitung	Multiformen	Multiformen der Artikel	manuell	Multiformer		60,00 sec	Stück	2%
Aufbereitung	Hosenbeinpressen	Transport zum Hosenbeinpressen	automatisch			0,00 sec	Trolley	2%
Aufbereitung	Hosenbeinpressen	Hosenbeinpressen der Artikel	manuell	Hosenbeinpresse		60,00 sec	Stück	2%
Aufbereitung	Kleinere Näharbeiten	Transport zu kleineren Näharbeiten	automatisch			0,00 sec	Trolley	1%
Aufbereitung	Kleinere Näharbeiten	Kleinere Näharbeiten an den Artikeln	manuell	Näharbeitenstation		120,00 sec	Stück	1%
Aufbereitung	Jackenpressen	Transport zum Jackenpressen	automatisch			0,00 sec	Trolley	2%
Aufbereitung	Jackenpressen	Pressen der Jacken	manuell	Jackenpresse		5,00 sec	Stück	2%
Aufbereitung	Fleckenentfernung	Transport zur Fleckenentfernung	automatisch			0,00 sec	Trolley	1%
Aufbereitung	Fleckenentfernung	Fleckenentfernung der Artikel	manuell	Fleckenentfernstation		120,00 sec	Stück	1%
Warenausgang	Beladung	Hängende Ware aus dem Puffer holen	manuell	Handhubwagen 4	Handscanner 2	5,00 sec	Trolley	100%
Warenausgang	Beladung	Paletten zum WA-Tor holen	manuell	Handhubwagen 4	Handscanner 2	30,00 sec	Palette	100%
Warenausgang	Beladung	Scan der Paletten	manuell	Handhubwagen 4	Handscanner 2	10,00 sec	Palette	100%
Warenausgang	Beladung	Einladen der Paletten	manuell	Handhubwagen 4	Handscanner 2	15,00 sec	Palette	100%
Warenausgang	Beladung	Scan von jedem Trolley	manuell	Handhubwagen 4	Handscanner 2	10,00 sec	Trolley	100%
Warenausgang	Beladung	Alle hängenden Artikel zählen	manuell	Handhubwagen 4	Handscanner 2	1,00 sec	Stück	100%
Warenausgang	Beladung	Hängende Ware in den LKW hängen	manuell	Handhubwagen 4	Handscanner 2	2,00 sec	Pick	100%
Warenausgang	Beladung	Nachbereitung liegend WA (Tor schließen, LKW schließen, Frachtbrief drucken,...)	manuell	Handhubwagen 4	Handscanner 2	200,00 sec	LKW liegend	100%
Warenausgang	Beladung	Nachbereitung hängend WA (Tor schließen, LKW schließen, Frachtbrief drucken,...)	manuell	Handhubwagen 4	Handscanner 2	200,00 sec	LKW hängend	100%

Tab. A.15. Logistikzentrum 3 – Prozessbeschreibung

Bereich	Aufgabe	Prozess	manuell / automatisch	Ressource 1	Ressource 2	Ressource 3	Zeitbedarf	BE	Anteil
Wareneingang	Ware entladen liegend	Vorbereitung WE (Tor öffnen, LKW öffnen, Lieferpapiere bekommen,...)	manuell	Handhubwagen 1			200,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	Ware entladen liegend	Kartons entladen	manuell	Handhubwagen 1			15,00 sec	Karton	90%
Wareneingang	Ware entladen liegend	Palettierung der Kartons	manuell	Handhubwagen 1			10,00 sec	Karton	90%
Wareneingang	Ware entladen liegend	ggf. direkt Sortierung nach Artikelnummer und Größe	manuell	Handhubwagen 1			15,00 sec	Karton	60%
Wareneingang	Ware entladen liegend	tlw. Paletten entladen & Austausch Poolpaletten	manuell	Handhubwagen 1			60,00 sec	Palette	10%
Wareneingang	Ware entladen liegend	Kartons zählen und mit Lieferschein abgleichen	manuell	Handhubwagen 1			5,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Ware entladen liegend	teilweise Folien von Paletten abnehmen	manuell	Handhubwagen 1			60,00 sec	Palette	5%
Wareneingang	Zwischenpufferung liegend	Paletten in den Puffer transportieren	manuell	Handhubwagen 2			60,00 sec	Palette	100%
Wareneingang	Zwischenpufferung liegend	Vermerk auf Lieferschein, wo die Ware zu finden ist (Buchung von WE zu Puffer)	manuell	Handhubwagen 2			30,00 sec	Palette	100%
Wareneingang	Qualitätsprüfung liegend	Entnahme Q-Stichprobe	manuell	Arbeitsplatz 1			60,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätsprüfung liegend	Umpacken Restkarton in Behälter	manuell	Arbeitsplatz 1			150,00 sec	Karton	1%

174 Anhang

Wareneingang	Qualitätsprüfung liegend	Zurückführung entnommener Stichprobe	manuell	Arbeitsplatz 1		120,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Ware entladen hängend	Vorbereitung WE (Tor öffnen, LKW öffnen, Lieferpapiere bekommen,...)	manuell			200,00 sec	LKW	100%
Wareneingang	Ware entladen hängend	Umhängen der Einzelteile auf Trolley (kein Teleskop)	manuell			8,00 sec	Pick	100%
Wareneingang	Zwischenpufferung hängend	Schieben der Trolleys in den WE-Puffer	manuell			5,00 sec	Trolley	100%
Wareneingang	Zwischenpufferung hängend	Vermerk auf Lieferschein in welchem Gang die Ware zu finden ist (ohne Schilder o.Ä.)	manuell			5,00 sec	Trolley	100%
Wareneingang	Zwischenpufferung hängend	Zählen der Artikelmenge	manuell			2,00 sec	Stück	100%
Wareneingang	Qualitätsprüfung hängend	Entnahme Q-Stichprobe	manuell	Arbeitsplatz 1		60,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätsprüfung hängend	Umpacken Restkarton in Behälter	manuell	Arbeitsplatz 1		150,00 sec	Karton	1%
Wareneingang	Qualitätsprüfung hängend	Zurückführung entnommener Stichprobe	manuell	Arbeitsplatz 1		120,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Nachbereitung hängend	teilw. Etikettierung	manuell	Arbeitsplatz 2		30,00 sec	Stück	20%
Wareneingang	Nachbereitung hängend	teilw. Knöpfe anbringen u.Ä.	manuell	Arbeitsplatz 2		30,00 sec	Stück	5%
Wareneingang	Retouren	Vorbereitung WE (Tor öffnen, LKW öffnen, Lieferpapiere bekommen,...)	manuell	Handhubwagen 1		200,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	Retouren	Entladung Gitterboxen	manuell	Handhubwagen 1		45,00 sec	Palette	100%
Wareneingang	Retouren	Abstellen im WE-Puffer	manuell	Handhubwagen 1		30,00 sec	Palette	100%
Wareneingang	Retouren	Transport der Gitterboxen zu den Arbeitsplätzen	manuell		Handhubwagen 2	30,00 sec	Palette	100%
Wareneingang	Retouren	Sortierung auf Fördertechnik (LW / HW / Entsorgung)	manuell		Arbeitsplatz 3	10,00 sec	Stück	90%
Wareneingang	Retouren	Entsorgung der Artikel	manuell		Arbeitsplatz 3	15,00 sec	Stück	10%
Einlagerung	Kommissionierlager Kartons	Druck Einlagerungsschein je Karton	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 3	20,00 sec	Karton	100%
Einlagerung	Kommissionierlager Kartons	Transport Paletten zu den Lagerorten	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 3	60,00 sec	Palette	100%
Einlagerung	Kommissionierlager Kartons	Einlagerung von jedem Karton einzeln	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 3	15,00 sec	Karton	100%
Einlagerung	Kommissionierlager Paletten	Druck Einlagerungsschein je Palette	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 3	20,00 sec	Palette	100%
Einlagerung	Kommissionierlager Paletten	Transport Paletten zu den Lagerorten	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 3	60,00 sec	Palette	100%
Einlagerung	Kommissionierlager Paletten	Einlagerung	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 3	30,00 sec	Palette	100%
Kommissionierung	Kommissionierlager liegend	Aufnahme Kommissionierwagen (5 Kästen mit 10 Nummern)	manuell	Kommissionierwagen 1		20,00 sec	Auftrag	10%
Kommissionierung	Kommissionierlager liegend	Aufnahme von Aufklebern, Batching von ~10 Aufträgen, dabei Anmeldung am System	manuell	Kommissionierwagen 1	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 1	30,00 sec	Auftrag	10%
Kommissionierung	Kommissionierlager liegend	Bewegung durch die Gänge in Schleifengang	manuell	Kommissionierwagen 1		180,00 sec	Auftrag	10%
Kommissionierung	Kommissionierlager liegend	Teile entnehmen	manuell	Kommissionierwagen 1		10,00 sec	Pick	100%
Kommissionierung	Kommissionierlager liegend	Aufkleber auf jedes Teil kleben	manuell	Kommissionierwagen 1		5,00 sec	Stück	100%

Kommissionierung	Kommissionierlager liegend	Abstellen des Kommissionierwagens in Stauzone	manuell	Kommissionierwagen 1		20,00 sec	Auftrag	10%
Einlagerung	Kommissionierlager hängend	Druck Etiketten (Lagerort auf Etikett)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		20,00 sec	Stück	5%
Einlagerung	Kommissionierlager hängend	Transport zu Lagerort	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		60,00 sec	Trolley	100%
Einlagerung	Kommissionierlager hängend	Umhängend in Regal	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		10,00 sec	Pick	100%
Kommissionierung	Kommissionierlager hängend	Trolley aufnehmen	manuell		Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 1	20,00 sec	Auftrag	20%
Kommissionierung	Kommissionierlager hängend	Aufnahme von 1-2 Pickzeteln (artikelort & Artikelnummer auf Etiketten), Batching von ~5 Aufträgen	manuell			30,00 sec	Auftrag	20%
Kommissionierung	Kommissionierlager hängend	Bewegung durch die Gänge in Schleifengang	manuell			180,00 sec	Auftrag	20%
Kommissionierung	Kommissionierlager hängend	Teile entnehmen	manuell			10,00 sec	Pick	100%
Kommissionierung	Kommissionierlager hängend	Etiketten auf jedes Teil kleben	manuell			5,00 sec	Stück	100%
Kommissionierung	Kommissionierlager hängend	Abstellen der Trolley in Stauzone	manuell			20,00 sec	Auftrag	10%
Verpackung	Verpackung liegend	Kommissionierwagen liegend abholen	manuell	Kommissionierwagen 1	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 2	20,00 sec	Auftrag	10%
Verpackung	Verpackung liegend	Einzelteile Scannen und Rechnung drucken	manuell	Kommissionierwagen 1	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 2	5,00 sec	Stück	100%
Verpackung	Verpackung liegend	Karton aufrichten (Größe ist vorgegeben)	manuell	Kommissionierwagen 1	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 2	15,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Verpackung liegend	Artikel in Karton legen	manuell	Kommissionierwagen 1	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 2	2,00 sec	Stück	100%
Verpackung	Verpackung liegend	Barcode auf Karton kleben	manuell	Kommissionierwagen 1	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 2	10,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Verpackung liegend	Karton auf Fördertechnik ablegen	manuell	Kommissionierwagen 1	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 2	5,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Verpackung liegend	Kartons vor WA palettieren	manuell			10,00 sec	Karton	100%
Verpackung	Verpackung hängend	Transport der Trolleys zur Verpackung	manuell		Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 2	20,00 sec	Auftrag	20%
Verpackung	Verpackung hängend	Einzelteile Scannen und Rechnung drucken	manuell		Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 2	5,00 sec	Stück	100%
Verpackung	Verpackung hängend	Umhängen der Artikel auf Einzelteileförderung	manuell		Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 2	8,00 sec	Pick	100%
Verpackung	Verpackung hängend	automatische Verpackung der Artikel	automatisch	Foliermaschine		3,00 sec	Pick	100%
Verpackung	Verpackung hängend	Umhängen der Artikel auf Trolleys	manuell			8,00 sec	Pick	100%
Warenausgang	LKW beladen gemischt	Vorbereitung WA (Tor öffnen, LKW öffnen, Lieferpapiere übergeben,...)	manuell	Handhubwagen 4	Scanner	200,00 sec	LKW liegend	50%
Warenausgang	LKW beladen gemischt	Vorbereitung WA (Tor öffnen, LKW öffnen, Lieferpapiere übergeben,...)	manuell	Handhubwagen 4	Scanner	200,00 sec	LKW hängend	50%
Warenausgang	LKW beladen gemischt	Paletten in LKW stellen	manuell	Handhubwagen 4	Scanner	30,00 sec	Palette	100%
Warenausgang	LKW beladen gemischt	Transport der Trolleys in den WA	manuell	Handhubwagen 4	Scanner	15,00 sec	Trolley	100%

176 Anhang

Warenausgang	LKW beladen gemischt	Beladung der LKW mit Hängeartikeln	manuell	Handhubwagen 4	Scanner	8,00 sec	Pick	100%
Warenausgang	LKW beladen gemischt	Scan Kartons	manuell	Handhubwagen 4	Scanner	5,00 sec	Karton	100%
Warenausgang	LKW beladen gemischt	ScanTrolleys	manuell	Handhubwagen 4	Scanner	5,00 sec	Trolley	100%
Retouren	Bearbeitung liegend	Aufnahme Artikel von Rutsche	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 3		5,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung liegend	Scan Barcode	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 3		5,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung liegend	Überprüfung Artikel (Fehler, Zubehör,...) und Fuseln entfernen	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 3		60,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung liegend	Neu verpacken (mit Schablone)	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 3		45,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung liegend	Druck Etikett mit Lagerort	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 3		10,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung liegend	Ablegen auf Fördertechnik	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 3		5,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung liegend	Sortierung der Retouren in Körben, welche gangweise in Gitterwagen in das Lager zurück gebracht werden	manuell			5,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung hängend	Ware von Förderband aufnehmen	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 4		5,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung hängend	Auf Bügel hängen & Folie abnehmen	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 4		20,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung hängend	Scan Barcode	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 4		5,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung hängend	Überprüfung Artikel (Fehler, Zubehör,...)	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 4		60,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung hängend	Entscheidung: durch Finisher? Welche Stufe?	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 4		20,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung hängend	Druck Etikett mit Lagerort	manuell	Arbeitsplatz mit PC, Drucker & Scanner 4		10,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung hängend	Abtransport Einzelteile	automatisch			10,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung hängend	Finishing	automatisch	Tunnelfinisher		3,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung hängend	Zusammenführung aller hängenden Artikel	automatisch			0,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung hängend	Einschweißen der Artikel	automatisch	Foliermaschine		3,00 sec	Stück	50%
Retouren	Bearbeitung hängend	Sortierung der Artikel auf Trolley nach Gängen	manuell			5,00 sec	Stück	50%
Retouren	Rückführung liegend	Transport der Artikel in Korb-Wagen zu den Lagerplätzen	manuell	Kommissionier- wagen 2		180,00 sec	Karton	6%
Retouren	Rückführung liegend	Legen in das Lagerfach	manuell	Kommissionier- wagen 2		10,00 sec	Pick	50%
Retouren	Rückführung hängend	Transport der Artikel auf Trolley zu den Lager- plätzen	manuell			180,00 sec	Trolley	50%
Retouren	Rückführung hängend	Hängen an den Lagerplatz	manuell			10,00 sec	Pick	50%

Tab. A.16. Logistikzentrum 4 – Prozessbeschreibung

Bereich	Aufgabe	Prozess	manuell / automatisch	Ressource 1	Ressource 2	Ressource 3	Zeitbedarf	BE	Anteil
Wareneingang	LKW entladen liegend	Vorbereitung WE (Tor öffnen, LKW öffnen, ...)	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		200,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Entladen Kartons	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		20,00 sec	Karton	30%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Sortierung auf Paletten (Größe bei Reine Ware, Farbe bei Lots)	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		30,00 sec	Karton	30%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Entladen Palette	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		60,00 sec	Palette	70%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Sichtkontrolle & Kartons Scannen	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		10,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Frachtbrief unterschreiben und Kopie erstellen	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		60,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Ausdruck und Anbringen Verteilbelege	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		30,00 sec	Palette	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Fertigstellung WE (LKW verschließen, Tor verschließen)	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1		200,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	Entnahme ein Teil je Style & Color	manuell	Arbeitsplatz 1			20,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	QS-Prüfung	manuell	Arbeitsplatz 1			60,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	teilweise 100%-Kontrolle notwendig	manuell	Arbeitsplatz 1			30,00 sec	Stück	0,3%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	Rücklagerung QS-Ware	manuell	Arbeitsplatz 1			20,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Vorbereitung und Nachbereitung WE (Tor öffnen, LKW öffnen, ...) (max. 2 LKW / d)	manuell	Teleskopschienen	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handscanner 2	200,00 sec	LKW hängend	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Kleidung auf Trolleys umhängen, dabei Sichtkontrolle	manuell	Teleskopschienen	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handscanner 2	2,00 sec	Pick	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Scannen der Artikel	manuell	Teleskopschienen	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handscanner 2	3,00 sec	Stück	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Verteilbelege drucken und an Trolleys anbringen	manuell	Teleskopschienen	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handscanner 2	30,00 sec	Trolley	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Fertigstellung WE (LKW verschließen, Tor verschließen)	manuell	Teleskopschienen	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handscanner 2	200,00 sec	LKW hängend	100%
Wareneingang	Zustand der Artikel prüfen hängend	Prüfen des Zustands durch operativen MA	manuell				3,00 sec	Stück	100%
Wareneingang	Zustand der Artikel prüfen hängend	Nachbearbeitung	manuell				60,00 sec	Stück	5%
Wareneingang	Zustand der Artikel prüfen hängend	Trolleys in Zwischenpuffer schieben	manuell				15,00 sec	Trolley	100%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	Entnahme ein Teil je Style & Color	manuell	Arbeitsplatz 1			20,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	QS-Prüfung	manuell	Arbeitsplatz 1			60,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	teilweise 100%-Kontrolle notwendig	manuell	Arbeitsplatz 1			30,00 sec	Stück	0,3%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	Rücklagerung QS-Ware	manuell	Arbeitsplatz 1			20,00 sec	Stück	1%

178 **Anhang**

Wareneingang	Retouren	Kartons von KEP-Dienstleister entgegen nehmen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 2	30,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Retouren	Verteilbeleg drucken und Kartons palettieren	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 2	45,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Retouren	Paletten in den Retourenbereich transportieren	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 2	60,00 sec	Palette	100%
WE-Puffer	Zwischenpufferung liegend	Transport der Ware zur Zwischenpufferung	manuell	Handhubwagen 2		120,00 sec	Palette	100%
WE-Puffer	Zwischenpufferung liegend	Abstellen der Palette	manuell	Handhubwagen 2		30,00 sec	Palette	100%
WE-Puffer	Zwischenpufferung liegend	Eintragen von Pufferplatz auf Verteilbeleg	manuell	Handhubwagen 2		30,00 sec	Palette	100%
WE-Puffer	Etikettierung liegend	Karton holen und öffnen	manuell	Etikettierer		30,00 sec	Karton	20%
WE-Puffer	Etikettierung liegend	Etikettierung Artikel	manuell	Etikettierer		20,00 sec	Stück	20%
WE-Puffer	Etikettierung liegend	Karton verschließen und abstellen	manuell	Etikettierer		30,00 sec	Karton	20%
WE-Puffer	Etikettierung hängend	Trolley holen	manuell	Etikettierer		10,00 sec	Trolley	20%
WE-Puffer	Etikettierung hängend	Etikettierung Artikel	manuell	Etikettierer		20,00 sec	Stück	20%
WE-Puffer	Etikettierung hängend	Trolley wegbringen	manuell	Etikettierer		110,00 sec	Trolley	20%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Übernahme Verteilbelege	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3	30,00 sec	Palette	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Transport zum CD-bearbeitungsplatz	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3	60,00 sec	Palette	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Eingabe Verteilbelegnummer	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3	30,00 sec	Palette	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Bekleben des Verteilbelegs mit Filialaufkleber	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3	10,00 sec	Palette	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Bekleben der Kartons mit Filialaufkleber	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3	15,00 sec	Karton	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Datum und Anzahl Kartons je Palette aufschreiben	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3	10,00 sec	Palette	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Transport zum Warenausgang	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3	60,00 sec	Palette	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Sortierung der Kartons auf Filialpaletten	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3	20,00 sec	Karton	30%
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Übernahme Verteilbelege	manuell		Handhubwagen 4	30,00 sec	Palette	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Transport zum Sorter	manuell		Handhubwagen 4	60,00 sec	Palette	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Öffnern der Kartons	manuell		Handhubwagen 4	8,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Auflegen der Kartons auf Förderband	manuell		Handhubwagen 4	5,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Teile scannen (1x je Karton)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1		10,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Verdichtung der Abwurfbehälter	manuell			10,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Abwurfbehälter austauschen	manuell			30,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)

Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Umreifen	automatisch	Umreifungsautomat		3,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Sortierung Behälter auf Filialpaletten	manuell			15,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (Alternative)	Übernahme Verteilbelege	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4	30,00 sec	Palette	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (Alternative)	Transport zu Freifläche	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4	60,00 sec	Palette	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (Alternative)	Öffnern der Kartons	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4	8,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (Alternative)	Abwurfbehälter bereit stellen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4	10,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (Alternative)	Scannung Behälter und Etikett anbringen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4	5,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (Alternative)	Einzelteile scannen und in Behälter legen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4	15,00 sec	Stück	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (Alternative)	Umreifen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4	15,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (Alternative)	Palettierung	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4	8,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (Alternative)	Transport in den Warenausgang	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4	60,00 sec	Palette	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (Alternative)	Sortierung Behälter auf Filialpaletten	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4	15,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Auftrag entgegen nehmen und Trolley holen, Scan Trolley und Auftrag	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 3		30,00 sec	Auftrag	100%
Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Bewegung durch den WE-Puffer	manuell			120,00 sec	Auftrag	100%
Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Artikel kommissionieren	manuell			10,00 sec	Pick	100%
Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Trolley abgeben, dabei Scan Trolley manuell	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 3		30,00 sec	Auftrag	100%
Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Automatisches Umsetzen auf Einzelförderung	automatisch	Umsetzer Einzelförderung		2,00 sec	Stück	100%
Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Eintüten	automatisch	Foliermaschine		10,00 sec	Pick	100%
Retouren	Bearbeitung	Sortierung nach belastbaren und nicht belastbaren Lieferanten	manuell	Arbeitsplatz 2		15,00 sec	Stück	100%
Retouren	Bearbeitung	Verwertung (wenn nicht belastbar)	manuell	Arbeitsplatz 2		30,00 sec	Stück	10%
Retouren	Bearbeitung	Verpackung der belastbaren Artikel in Kartons	manuell	Arbeitsplatz 2		20,00 sec	Stück	90%
Retouren	Bearbeitung	Kartons palettieren	manuell	Arbeitsplatz 2		10,00 sec	Karton	90%
Retouren	Bearbeitung	Transport zum Warenausgang	manuell	Arbeitsplatz 2		60,00 sec	Palette	90%
Warenausgang	LKW beladen	Vorbereitung WA (Tor öffnen, LKW öffnen, ...)	manuell	Handhubwagen 5	Handscanner 1	200,00 sec	LKW liegend	50%
Warenausgang	LKW beladen	Vorbereitung WA (Tor öffnen, LKW öffnen, ...)	manuell	Handhubwagen 5	Handscanner 1	200,00 sec	LKW hängend	50%

180 Anhang

Warenausgang	LKW beladen	Transport Filialpaletten zu WA Tor und Einladung	manuell	Handhubwagen 5	Handscanner 1	45,00 sec	Palette	100%
Warenausgang	LKW beladen	Scan von jeder Palette	manuell	Handhubwagen 5	Handscanner 1	15,00 sec	Palette	100%
Warenausgang	LKW beladen	hängende Ware aus dem WA Puffer heraus schieben	manuell	Handhubwagen 5	Handscanner 1	15,00 sec	Trolley	100%
Warenausgang	LKW beladen	hängende Ware in den LKW hängen	manuell	Handhubwagen 5	Handscanner 1	3,00 sec	Pick	100%
Warenausgang	LKW beladen	Scan von Trolleys	manuell	Handhubwagen 5	Handscanner 1	5,00 sec	Trolley	100%
Warenausgang	LKW beladen	Ausdruck und Übergabe Lieferschein	manuell	Handhubwagen 5	Handscanner 1	20,00 sec	LKW liegend	50%
Warenausgang	LKW beladen	Ausdruck und Übergabe Lieferschein	manuell	Handhubwagen 5	Handscanner 1	20,00 sec	LKW hängend	50%
Warenausgang	LKW beladen	Fertigstellung WA (LKW verschließen, Tor verschließen)	manuell	Handhubwagen 5	Handscanner 1	200,00 sec	LKW liegend	50%
Warenausgang	LKW beladen	Fertigstellung WA (LKW verschließen, Tor verschließen)	manuell	Handhubwagen 5	Handscanner 1	200,00 sec	LKW hängend	50%

Tab. A.17. Logistikzentrum 4 mit RFID – Prozessbeschreibung

Bereich	Aufgabe	Prozess	manuell / automatisch	Ressource 1	Ressource 2	Ressource 3	Zeitbedarf	BE	Anteil
Wareneingang	LKW entladen liegend	Vorbereitung WE (Tor öffnen, LKW öffnen, ...)	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 1	200,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Entladen Kartons	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 1	20,00 sec	Karton	30%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Sortierung auf Paletten (Größe bei Reine Ware, Farbe bei Lots)	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 1	30,00 sec	Karton	30%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Entladen Palette	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 1	60,00 sec	Palette	70%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Sichtkontrolle & Kartons Scannen	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 1	2,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Frachtbrief unterschreiben und Kopie erstellen	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 1	60,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Ausdruck und Anbringen Verteilbelege	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 1	0,00 sec	Palette	100%
Wareneingang	LKW entladen liegend	Fertigstellung WE (LKW verschließen, Tor verschließen)	manuell	Handhubwagen 1	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 1	200,00 sec	LKW liegend	100%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	Entnahme ein Teil je Style & Color	manuell	Arbeitsplatz 1			20,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	QS-Prüfung	manuell	Arbeitsplatz 1			60,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	teilweise 100%-Kontrolle notwendig	manuell	Arbeitsplatz 1			30,00 sec	Stück	0,3%
Wareneingang	Qualitätssicherung liegend	Rücklagerung QS-Ware	manuell	Arbeitsplatz 1			20,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Vorbereitung und Nachbereitung WE (Tor öffnen, LKW öffnen, ...) (max. 2 LKW / d)	manuell	Teleskopschienen	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 2	200,00 sec	LKW hängend	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Kleidung auf Trolleys umhängen, dabei Sichtkontrolle	manuell	Teleskopschienen	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 2	2,00 sec	Pick	100%

Wareneingang	LKW entladen hängend	Scannen der Artikel	manuell	Teleskopschienen	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 2	0,00 sec	Stück	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Verteilbelege drucken und an Trolleys anbringen	manuell	Teleskopschienen	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 2	30,00 sec	Trolley	100%
Wareneingang	LKW entladen hängend	Fertigstellung WE (LKW verschließen, Tor verschließen)	manuell	Teleskopschienen	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	RFID-Gate 2	200,00 sec	LKW hängend	100%
Wareneingang	Zustand der Artikel prüfen hängend	Prüfen des Zustands durch operativen MA	manuell				3,00 sec	Stück	100%
Wareneingang	Zustand der Artikel prüfen hängend	Nachbearbeitung	manuell				60,00 sec	Stück	5%
Wareneingang	Zustand der Artikel prüfen hängend	Trolleys in Zwischenpuffer schieben	manuell				15,00 sec	Trolley	100%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	Entnahme ein Teil je Style & Color	manuell	Arbeitsplatz 1			20,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	QS-Prüfung	manuell	Arbeitsplatz 1			60,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	teilweise 100%-Kontrolle notwendig	manuell	Arbeitsplatz 1			30,00 sec	Stück	0,3%
Wareneingang	Qualitätssicherung hängend	Rücklagerung QS-Ware	manuell	Arbeitsplatz 1			20,00 sec	Stück	1%
Wareneingang	Retouren	Kartons von KEP-Dienstleister entgegen nehmen	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 2		30,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Retouren	Verteilbeleg drucken und Kartons palettieren	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 2		45,00 sec	Karton	100%
Wareneingang	Retouren	Paletten in den Retourenbereich transportieren	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Drucker 1	Handhubwagen 2		60,00 sec	Palette	100%
WE-Puffer	Zwischenpufferung liegend	Transport der Ware zur Zwischenpufferung	manuell	Handhubwagen 2			120,00 sec	Palette	100%
WE-Puffer	Zwischenpufferung liegend	Abstellen der Palette	manuell	Handhubwagen 2			30,00 sec	Palette	100%
WE-Puffer	Zwischenpufferung liegend	Eintragen von Pufferplatz auf Verteilbeleg	manuell	Handhubwagen 2			30,00 sec	Palette	100%
WE-Puffer	Etikettierung liegend	Karton holen und öffnen	manuell	Etikettierer			30,00 sec	Karton	20%
WE-Puffer	Etikettierung liegend	Etikettierung Artikel	manuell	Etikettierer			20,00 sec	Stück	20%
WE-Puffer	Etikettierung liegend	Karton verschließen und abstellen	manuell	Etikettierer			30,00 sec	Karton	20%
WE-Puffer	Etikettierung hängend	Trolley holen	manuell	Etikettierer			10,00 sec	Trolley	20%
WE-Puffer	Etikettierung hängend	Etikettierung Artikel	manuell	Etikettierer			20,00 sec	Stück	20%
WE-Puffer	Etikettierung hängend	Trolley wegbringen	manuell	Etikettierer			110,00 sec	Trolley	20%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Übernahme Verteilbelege	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3		30,00 sec	Palette	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Transport zum CD-bearbeitungsplatz	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3		60,00 sec	Palette	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Eingabe Verteilbelegnummer	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3		30,00 sec	Palette	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Bekleben des Verteilbelegs mit Filialaufkleber	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3		10,00 sec	Palette	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Bekleben der Kartons mit Filialaufkleber	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3		15,00 sec	Karton	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Datum und Anzahl Kartons je Palette aufschreiben	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3		10,00 sec	Palette	30%
Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Transport zum Warenausgang	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3		60,00 sec	Palette	30%

182 Anhang

Kommissionierung & Verpackung	Cross Docking liegend	Sortierung der Kartons auf Filialpaletten	manuell	Arbeitsplatz mit PC 1	Handhubwagen 3		20,00 sec	Karton	30%
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Übernahme Verteilbelege	manuell		Handhubwagen 4		30,00 sec	Palette	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Transport zum Sorter	manuell		Handhubwagen 4		60,00 sec	Palette	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Öffnern der Kartons	manuell		Handhubwagen 4		8,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Auflegen der Kartons auf Förderband	manuell		Handhubwagen 4		5,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Teile scannen (1x je Karton)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 1		RFID-Gate 3	0,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Verdichtung der Abwurfbehälter	manuell				10,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Abwurfbehälter austauschen	manuell				30,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Umreifen	automatisch	Umreifungsautomat			3,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter automatisch liegend	Sortierung Behälter auf Filialpaletten	manuell				15,00 sec	Karton	variabel (Ø 60%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (ternative)	(AI-Übernahme Verteilbelege)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4		30,00 sec	Palette	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (ternative)	(AI-Transport zu Freifläche)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4		60,00 sec	Palette	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (ternative)	(AI-Öffnern der Kartons)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4		8,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (ternative)	(AI-Abwurfbehälter bereit stellen)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4		10,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (ternative)	(AI-Scannung Behälter und Etikett anbringen)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4		5,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (ternative)	(AI-Einzelteile scannen und in Behälter legen)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4		15,00 sec	Stück	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (ternative)	(AI-Umreifen)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4		15,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (ternative)	(AI-Palettierung)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4		8,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (ternative)	(AI-Transport in den Warenausgang)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4		60,00 sec	Palette	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Sorter manuell liegend (ternative)	(AI-Sortierung Behälter auf Filialpaletten)	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 2	Handhubwagen 4		15,00 sec	Karton	variabel (Ø 10%)
Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Auftrag entgegen nehmen und Trolley holen, Scan Trolley und Auftrag	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 3			30,00 sec	Auftrag	100%
Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Bewegung durch den WE-Puffer	manuell				120,00 sec	Auftrag	100%

Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Artikel kommissionieren	manuell			10,00 sec	Pick	100%
Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Trolley abgeben, dabei Scan	manuell	Arbeitsplatz mit PC & Scanner 3		30,00 sec	Auftrag	100%
Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Automatisches Umsetzen auf Einzelförderung	automatisch	Umsetzer		2,00 sec	Stück	100%
Kommissionierung & Verpackung	Kommissionierung hängend	Eintüten	automatisch	Einzelförderung Foliermaschine		10,00 sec	Pick	100%
Retouren	Bearbeitung	Sortierung nach belastbaren und nicht belastbaren Lieferanten	manuell	Arbeitsplatz 2		15,00 sec	Stück	100%
Retouren	Bearbeitung	Verwertung (wenn nicht belastbar)	manuell	Arbeitsplatz 2		30,00 sec	Stück	10%
Retouren	Bearbeitung	Verpackung der belastbaren Artikel in Kartons	manuell	Arbeitsplatz 2		20,00 sec	Stück	90%
Retouren	Bearbeitung	Kartons palettieren	manuell	Arbeitsplatz 2		10,00 sec	Karton	90%
Retouren	Bearbeitung	Transport zum Warenausgang	manuell	Arbeitsplatz 2		60,00 sec	Palette	90%
Warenausgang	LKW beladen	Vorbereitung WA (Tor öffnen, LKW öffnen, ...)	manuell	Handhubwagen 5	RFID-Gate 4	200,00 sec	LKW liegend	50%
Warenausgang	LKW beladen	Vorbereitung WA (Tor öffnen, LKW öffnen, ...)	manuell	Handhubwagen 5	RFID-Gate 4	200,00 sec	LKW hängend	50%
Warenausgang	LKW beladen	Transport Filialpaletten zu WA Tor und Einladung	manuell	Handhubwagen 5	RFID-Gate 4	45,00 sec	Palette	100%
Warenausgang	LKW beladen	Scan von jeder Palette	manuell	Handhubwagen 5	RFID-Gate 4	0,00 sec	Palette	100%
Warenausgang	LKW beladen	hängende Ware aus dem WA Puffer heraus schieben	manuell	Handhubwagen 5	RFID-Gate 4	15,00 sec	Trolley	100%
Warenausgang	LKW beladen	hängende Ware in den LKW hängen	manuell	Handhubwagen 5	RFID-Gate 4	3,00 sec	Pick	100%
Warenausgang	LKW beladen	Scan von Trolleys	manuell	Handhubwagen 5	RFID-Gate 4	0,00 sec	Trolley	100%
Warenausgang	LKW beladen	Ausdruck und Übergabe Lieferschein	manuell	Handhubwagen 5	RFID-Gate 4	20,00 sec	LKW liegend	50%
Warenausgang	LKW beladen	Ausdruck und Übergabe Lieferschein	manuell	Handhubwagen 5	RFID-Gate 4	20,00 sec	LKW hängend	50%
Warenausgang	LKW beladen	Fertigstellung WA (LKW verschließen, Tor verschließen)	manuell	Handhubwagen 5	RFID-Gate 4	200,00 sec	LKW liegend	50%
Warenausgang	LKW beladen	Fertigstellung WA (LKW verschließen, Tor verschließen)	manuell	Handhubwagen 5	RFID-Gate 4	200,00 sec	LKW hängend	50%



### **Eigenständigkeitserklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Dissertation mit dem Thema „Beitrag zur Bestimmung der Betriebskennlinien von Logistikzentren der Fashion Branche“ selbstständig und ohne unerlaubte fremde Hilfe angefertigt habe.

Es wurden von mir ausschließlich die angegebenen Quellen und Hilfen in Anspruch genommen und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht.

Eine Promotionsarbeit über dieses Thema liegt noch nicht vor.

Dortmund, den 07.04.2010

Karsten Hoyndorff