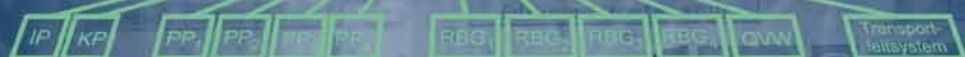


Michael ten Hompel
Thorsten Schmidt



Warehouse Management

Organisation und Steuerung
von Lager- und Kommissioniersystemen



3., korrigierte Auflage



Springer

VDI

Michael ten Hompel · Thorsten Schmidt

Warehouse Management

Michael ten Hompel · Thorsten Schmidt

Warehouse Management

Organisation und Steuerung
von Lager- und Kommissioniersystemen

3., korrigierte Auflage

Mit 117 Abbildungen und 48 Tabellen

Professor Dr. Michael ten Hompel
michael.ten.hompel@iml.fraunhofer.de

Priv.-Doz. Dr.-Ing. habil. Thorsten Schmidt
thorsten.schmidt@iml.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik (IML)
Joseph-von-Fraunhofer-Straße 2–4
44227 Dortmund
Germany

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN 978-3-540-74875-5 3. Auflage Springer Berlin Heidelberg New York

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

Springer ist ein Unternehmen von Springer Science+Business Media

springer.de

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2008

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Buch berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften. Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien (z. B. DIN, VDI, VDE) Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für die Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.

Satz: Digitale Vorlagen der Autoren

Herstellung: LE-TeX Jelonek, Schmidt & Vöckler GbR, Leipzig

Einbandgestaltung: WMXDesign, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier 68/3180/YL – 5 4 3 2 1 0

Vorwort

Heutige Lager- und Distributionssysteme stellen äußerst komplexe Knoten in den Wertschöpfungsketten dar und unterliegen einer Vielzahl von Zeit-, Kosten- und Qualitätsanforderungen. Der effiziente Betrieb eines solchen Systems ist für jeden Verantwortlichen eine stete und große Herausforderung. Durch die Fortschritte in der Rechner- und Steuerungstechnik geprägt, sind heute Steuerungs- und Verwaltungssysteme (Warehouse Managementsysteme, WMS) verfügbar, die einen effizienten Betrieb unter den zahlreichen Anforderungen überhaupt erst ermöglichen. Gleichzeitig sind diese Systeme zwangsläufig zu einem Komplexitätsgrad gereift, der die Anwender gelegentlich auch überfordert.

Die Unterschiedlichkeit der angebotenen Lösungen und die Verschiedenartigkeit der Systemanforderungen fordern bei Gestaltung, Auswahl und Betrieb eines WMS umfassendes Wissen und Erfahrung. Es gilt eine verwirrende Vielfalt von Aspekten abzuwägen und umzusetzen, die bei der Auswahl eines solchen Systems entscheidend für Erfolg oder Misserfolg sein können.

An dieser Stelle soll das Buch Überblick verschaffen und helfen, die richtige Entscheidung zu treffen. Es richtet sich unter anderem an Mitarbeiter, die mit der Auswahl und Spezifikation von Warehouse Managementsystemen befasst sind. Es werden Hintergründe, Potenziale, aber auch Gefahren und Lösungsstrategien aufgezeigt. Dadurch soll eine Basis für vergleichende Betrachtungen geschaffen werden. Ebenso soll das Buch Studenten der Logistik und Anfängern, die sich in diese Thematik einarbeiten, eine elementare Stütze sein. Die Ausrichtung dieses Buches ist praxisbezogen, ohne grundlegende Zusammenhänge zu vernachlässigen oder Spezialwissen vorauszusetzen. Die für das Verständnis grundlegenden Abläufe und Techniken werden daher umfassend dargestellt.

Systementwicklern sollen gleichzeitig neue Anregungen geliefert werden. Dazu werden Probleme und Grenzen der derzeitigen Entwicklung aufgezeigt und neue Ansätze für Struktur und Aufbau von WMS gegeben.

Dem Buch wird ein einfaches, aber lauffähiges und gut dokumentiertes WMS beigelegt, das der Open-Source Initiative *myWMS* entstammt. Um das System auch ohne die sonst zwingend erforderlichen Eingangsdaten für einen einzelnen Anwender nutzbar zu machen, ermöglicht die dazugehörige Simulationsumgebung den autarken Betrieb auf einem handelsüblichen PC.

Durch entsprechende Visualisierung werden so Betrieb, Funktion und Nutzen eines WMS erfahrbar.

Diese Buch wäre sicher nicht ohne die freundliche und engagierte Unterstützung fachkundiger Helfer entstanden. Unser Dank gilt besonders und in alphabetischer Reihenfolge

Hubert Büchter für seine grundlegenden Betrachtungen zu den Themen Informationstechnik und Design von Warehouse Managementsystemen.

Arnd Ciprina, der viele Gespräche mit Middleware-Anbietern geführt und die wesentlichen Fakten zu diesem Thema zusammengetragen hat.

Ulrich Franzke für seine Ausarbeitungen zu den Themen XML und Kommunikation sowie für seine Erläuterungen zum Datenmodell des im Buch vorgestellten WMS.

Olaf Krause für seinen Beitrag zum Thema Software Engineering. Er ließ in seiner Rolle als Softwarearchitekt die Erfahrungen aus zahlreichen Industrie- und Forschungsprojekten einfließen.

Dirk Liekenbrock, dem optimalen Fachmann für Steuerung und Optimierung.

Oliver Wolf, der im Fraunhofer IML das Team warehouse logistics leitet, das jährlich die internationale Marktstudie *Warehouse Management Systems* (<http://www.warehouse-logistics.com>) durchführt. Sein Beitrag findet sich vor allem im Kapitel zum Thema Auswahl und Einführung von Warehouse Managementsystemen.

Die konstruktive und freundliche Zusammenarbeit verschiedener Fachleute aus unterschiedlichen Fakultäten war ein entscheidender Faktor zum Gelingen dieses Buches. Dafür vielen Dank. Ohne die tatkräftige Mitwirkung von Herrn Thomas Albrecht, Frau Susanne Grau, Herrn Jorgos Katsimitsoulis und Frau Sabine Prieps beim Satz und bei der Korrektur des Manuskriptes sowie der Erstellung der Abbildungen wäre die Bucherstellung ebenso wenig möglich gewesen. Auch ihnen gilt unser herzlicher Dank.

Die Intralogistik als identitätsstiftende und inhaltliche Klammer dieser Buchreihe spannt das Feld von der Organisation, Durchführung und Optimierung innerbetrieblicher Materialflüsse, die zwischen den unterschiedlichsten Logistikknoten stattfinden, über die dazugehörigen Informationsströme bis hin zum Warenumsatz in Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen auf. Dabei steuert sie im Rahmen des Supply Chain Managements den gesamten Materialfluss entlang der Wertschöpfungskette. Innerhalb dieses Spektrums präsentieren und bearbeiten die Buchtitel der Reihe «Intralogistik» als eigenständige Grundlagenwerke thematisch fokussiert und eng verzahnt die zahlreichen Facetten dieser eigenständigen Disziplin und technischen Seite der Logistik.

Dortmund, im Sommer 2007

Michael ten Hompel, Thorsten Schmidt

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Anforderungen	2
1.1.1 Lagerhaltung	3
1.1.2 Merkmale von Lagersystemen	5
1.1.3 Optimierung von Lagersystemen	7
1.2 Warehouse Management und Lagerverwaltung	8
1.3 Systemschnittstellen und Abgrenzung	9
1.4 Aufbau und Ziel des Buches	13
2. Lagersysteme und Lagerverwaltung	15
2.1 Logistische Rahmenbedingungen	15
2.1.1 Logistik-Grundsätze	15
2.1.2 Verpackung und Logistische Einheiten	19
2.2 Funktionen in Lagersystemen	23
2.2.1 Warenannahme und -eingang	23
2.2.2 Einlagerung	28
2.2.3 Auslagerung	32
2.2.4 Konsolidierungspunkt	34
2.2.5 Kommissionierung	34
2.2.6 Verpackung	51
2.2.7 Versand	53
2.3 Warehouse Managementsystem	54
2.3.1 Lagerverwaltung	54
2.3.2 Reorganisation	57
2.3.3 Fördermittelverwaltung und Leitsysteme	58
2.3.4 Datenerfassung, -aufbereitung und -visualisierung	60
2.3.5 Inventur	62
2.4 Basisdaten und Kennzahlen von Lagersystemen	65
2.4.1 Basisdaten	65
2.4.2 Logistische Kennzahlen	67
2.5 Besondere Abläufe und Verfahrensweisen	69
2.5.1 Cross Docking	69
2.5.2 Outsourcing der physischen Distributions- und Lagerprozesse	70

2.5.3 Outsourcing der Software: Application Service Providing	71
3. Grundlagen der Lager- und Fördertechnik	73
3.1 Lagersysteme	73
3.1.1 Bodenlager	74
3.1.2 Statische Regallagerung	76
3.1.3 Dynamische Regallager	85
3.1.4 Regalvorzone	89
3.2 Fördersysteme	90
3.2.1 Stetigförderer	91
3.2.2 Unstetigförderer	95
3.3 Sortier- und Verteilsysteme	113
3.3.1 Einsatzfelder	113
3.3.2 Grundsätzlicher Aufbau von Sortiersystemen	114
3.3.3 Verteiltechniken	120
3.3.4 Steuerung und Strategien	122
3.4 Robotereinsatz in Lagersystemen	123
3.4.1 Palettierroboter	124
3.4.2 Kommissionierroboter	124
4. Grundlagen der betrieblichen Optimierung	125
4.1 Optimierung in der Übersicht	125
4.1.1 Hintergrund	126
4.1.2 Einordnung der betrieblichen Optimierung	128
4.1.3 Begriffe und Elemente der Disposition	130
4.2 Optimierungsaufgaben im Lager	131
4.2.1 Transportoptimierung	132
4.2.2 Bildung von Kommissionierreihenfolgen	141
4.2.3 Routenplanung im Lager	143
4.2.4 Übergreifende Auftragsdisposition – Batchplanung	144
4.3 Verfahren der Lösungsoptimierung	146
4.3.1 Allgemeines	146
4.3.2 Optimierungsverfahren im Überblick	148
4.3.3 Beispiele bekannter Lösungsverfahren	150
5. Informations- und Kommunikationstechnik	157
5.1 Kommunikationstechnik	157
5.1.1 Schichtenmodelle	158
5.1.2 Protokolle	158
5.1.3 Übertragungsmedien	161
5.1.4 Netztypen und Internetworking	164
5.1.5 Netzwerkadressen	167
5.1.6 Beispiele	169
5.2 Datenhaltung	173
5.2.1 Prinzipien	173

5.2.2	Dateisysteme	175
5.2.3	Datenbanken	177
5.2.4	Datenverfügbarkeit	182
5.3	Benutzerschnittstelle	186
5.3.1	Endgeräte	186
5.3.2	Funktionale Sicht	187
5.3.3	Zugangskontrolle	188
5.3.4	Internationalisierung	189
5.3.5	Hilfesysteme und Hilfsdienste	190
5.4	Betriebssysteme	190
5.4.1	Aufgaben	191
5.4.2	Prinzipien	192
5.5	Programmiersprachen	203
5.5.1	Übersetzer und Interpreter	204
5.5.2	Sprachkonzepte	207
5.5.3	Sprachgenerationen	209
5.6	Sicherheitsaspekte	214
5.6.1	Geheimhaltung	215
5.6.2	Integritätssicherung	217
5.6.3	Authentifizierung	217
5.6.4	Echtheitsnachweis und elektronische Signatur	219
6.	Softwareengineering	221
6.1	Softwarearchitekturen	221
6.1.1	Monolithische Architektur	222
6.1.2	Modularisierung	223
6.1.3	Schichtung	224
6.1.4	Verteilte Systeme	226
6.1.5	Konfiguration und Erweiterung	228
6.2	Grundzüge der objektorientierten Programmierung	229
6.2.1	Datenabstraktion	229
6.2.2	Klassen und Objekte	231
6.2.3	Vererbung	233
6.2.4	Eigenschaften von Klassen	235
6.3	Unified Modeling Language (UML)	235
6.4	Middleware und Kommunikationsmechanismen	240
6.4.1	Kommunikationspartner	241
6.4.2	Kommunikationsmechanismen	243
6.5	Application-Server (Java EE)	245
6.6	Service-orientierte Architektur (SOA)	251

7.	Datenmodell eines WMS am Beispiel myWMS	255
7.1	Datenmodell	256
7.2	Klassische Realisierung eines WMS	262
7.2.1	Tabellenstruktur	265
7.3	Sicherung der logischen Integrität	267
7.3.1	Anlegen und Abfragen von Stammdaten	269
7.4	myWMS	270
7.4.1	Grundsätzlicher Aufbau von myWMS	271
7.4.2	Geschäftsobjekte	274
7.4.3	Kernel-Konzept	276
7.4.4	Laufzeitumgebung	277
7.5	Beispielhaftes Distributionssystem/Referenzlager	279
7.5.1	Beschreibung des Beispiels	279
7.5.2	Beschreibung des Lagersystems	279
7.5.3	Topologie	279
7.5.4	Lagertechnik	280
7.5.5	Fördertechnik	281
7.5.6	Steuerungstechnik	282
7.5.7	Materialfluss	284
7.5.8	Logistische Prozesse	284
7.6	Aufbau der Topologie	286
7.7	Plug-In - Routing	288
7.8	Kommunikation	291
8.	Auswahl und Einführung von WMS	295
8.1	Kick-off: WMS-Projekt	296
8.2	Projektmanagement/Qualitätssicherungsmaßnahmen	297
8.3	Anforderungsdefinition	298
8.3.1	Ist-Aufnahme	298
8.3.2	Schwachstellen-Analyse	300
8.3.3	Entwicklung Soll-Konzept	301
8.4	Erstellung der Ausschreibungsunterlagen	303
8.4.1	Definition Leistungsverzeichnis	303
8.4.2	Erstellung Lastenheft	305
8.4.3	Komplettierung der Ausschreibungsunterlagen	308
8.5	Auftragsvergabe	308
8.5.1	Anbiertervorauswahl	308
8.5.2	Standort-/Lagerbesichtigung	310
8.5.3	Angebotsvergleich	311
8.5.4	Angebotspräsentation	314
8.5.5	Referenzbesuche	314
8.5.6	Anbieterauswahl	314
8.6	Umsetzung	315
8.6.1	Pflichtenhefterstellung	315

8.6.2	Realisierung	317
8.7	Inbetriebnahme	318
8.7.1	Laborphase	318
8.7.2	Übergang vom alten zum neuen WMS	319
8.7.3	Schulungsmaßnahmen	320
8.8	Abnahme	320
8.8.1	Leistungstest	320
8.8.2	Simulation von Störfällen / Überprüfung von Notfall- strategien	321
8.8.3	Verfügbarkeit	322
8.8.4	Formale Abnahme	322
9.	Anhang	325
9.1	Überblick marktüblicher Technologien am Beispiel (Auto-ID) Middleware	325
9.1.1	Microsoft	327
9.1.2	SAP	328
9.1.3	Oracle	329
9.1.4	IBM	332
9.1.5	SUN Microsystems	333
	Abkürzungsverzeichnis	335
	Literaturverzeichnis	339
	Sachverzeichnis	343

1. Einleitung

Warehouse Management beschreibt die Kunst, ein Lager- und Distributionssystem zu führen – genauer gesagt: *effizient* zu führen. Exzellente Logistikleistungen können heute neue Märkte erschließen, gleichsam erwarten die Kunden Schnelligkeit, Qualität und Kostenminimierung der logistischen Leistungen. Läger und Umschlagsysteme stellen dabei die Kernelemente im Warenfluss zwischen Produzenten und Verbrauchern dar.

Die im Rahmen der Warenavorhaltung und -verteilung anfallenden Tätigkeiten und Aufgaben sind in einem Lagersystem nur dann zu erreichen, wenn ein auf die speziellen Anforderungen zurechtgeschnittenes System geformt wird, das sich aus

- der technischen Grundstruktur,
- dem betrieblich-organisatorischen Rahmen und
- der alles koordinierenden Systemführung zusammensetzt.

Fragen der Planung der technischen Systemstruktur betreffen beispielsweise die Layoutierung des Systems, die Auswahl und Dimensionierung der förder- und lagertechnischen Gewerke oder die Gestaltung der physischen Schnittstellen zu angrenzenden Systemen. Die Behandlung dieser Fragen ist Gegenstand unzähliger Veröffentlichungen (s. u. a. [2, 16, 24, 34, 47, 48, 61]) und soll im Rahmen dieses Buches nur soweit berücksichtigt werden, wie es für Fragen der Systemsteuerung von Bedeutung ist.

Ebenso ist die Gestaltung der betrieblichen Organisation sowie der Logistikorganisation ein Bereich, in dem vielfältigste Aspekte aus unterschiedlichsten Bereichen (Betriebswirtschaft, Organisationswesen, Verkehrswesen) zusammenfließen. Im Blickpunkt dieses Buches stehen speziell Fragen der effizienten Nutzung vorhandener Ressourcen. Zur Behandlung spezieller betriebswirtschaftlicher Fragestellungen oder der Gestaltung überbetrieblicher Logistikstrukturen wird auf die einschlägige Literatur verwiesen (vgl. u. a. [29, 41, 80]).

Ein effizientes Lagermanagement stellt Expertenwissen dar, das die exakte Kenntnis der erforderlichen Abläufe, das Wissen des technisch und betrieblich Machbaren und die erfolgreiche Umsetzung in ein funktionierendes Gesamtsystem umfasst. Zur Erreichung dieser Zielsetzung existieren jedoch keine allgemein gültigen und universell verwendbaren Regeln. Zu verschiedenen

sind die Anforderungen, die aus dem Bestellverhalten der Kunden, der Attraktivität der Produkte und Dienstleistungen, den Anforderungen der Produktion und vielem mehr resultieren.

Der Gestaltung und Realisierung des Führungs- und Kontrollsystems kommt eine besondere Bedeutung zu. Während Fragen der Planung technischer Systeme und maschinenbaulicher Gewerke überwiegend einmalig bzw. im Rahmen von Ausbau- und Optimierungsmaßnahmen durchgeführt werden, fallen bei der Systemführung sowohl einmalige Aspekte der Systemgestaltung und -implementierung als auch kontinuierliche Dispositionsaufgaben während des Betriebs der Lager- und Distributionssysteme an. Hier ist eine ständige Überwachung und Führung der Prozesse und Anpassung der Abläufe erforderlich.

Ein Blick auf die Leistungsdaten heutiger Lager- und Distributionssysteme verdeutlicht sehr schnell, dass die Komplexität (Umfang und Dynamik) der Abläufe praktisch nur durch Einsatz rechnergestützter Managementsysteme beherrschbar wird. Die mit den zahlreichen Funktionalitäten versehenen Steuerungssysteme reifen aber auch ihrerseits zu immer komplexeren und schwierig zu fassenden Systemen. Eine große Schwierigkeit besteht deshalb in der Identifizierung und Anpassung eines geeigneten Systems an ein vorhandenes Anforderungsprofil. Auf dem Markt existieren zahlreiche Anbieter für Logistiksteuerungssysteme, deren Bewertung aufgrund der unterschiedlichen Ausrichtung ihrer Produkte sehr schwierig ist.

Eine weitere Hürde ist die fehlerfreie Umsetzung (Implementierung) des Systems. Insbesondere Verzögerungen bei der Inbetriebnahme und Ausfälle im Betrieb sind nicht nur kostenträchtig, sondern können durch die Gefahr der Abwanderung von Kunden, eines schlechten Rufes auf dem Markt oder möglicher Regressforderungen auch den mittel- und langfristigen Unternehmenserfolg gefährden. Entscheidend ist also, ein passendes System mit sehr hoher Verfügbarkeit zu schaffen.

Es geht in diesem Buch daher nicht nur um die Frage, wie Lager- und Distributionssysteme technisch gestaltet werden können, sondern auch darum, wie sie im Zusammenspiel der Systeme sinnvoll betrieben werden können. Das für diese Umsetzung erforderliche Wissen und Handwerkszeug soll durch dieses Buch bereitgestellt werden. Es soll Übersicht schaffen, Standards aufzeigen und Fehler vermeiden helfen.

1.1 Anforderungen

Bevor eine detaillierte Behandlung der Aspekte rund um das Warehouse Management erfolgt, soll zunächst das Wesen der Lagerhaltung und der Warenverteilung beleuchtet werden.

1.1.1 Lagerhaltung

Obwohl mit diesem Stichwort aufgrund der damit verbundenen Kosten und der vermeintlich wertschöpfungslosen Zeitüberbrückung häufig negative Eigenschaften verbunden werden, ist die Lagerung von Waren in der Praxis aus vielfältigsten Gründen in den meisten Bereichen unumgänglich. Eine aus logistischer Sicht wesentliche Besonderheit ist dabei, dass es sich um einen *geplanten* Prozess der Zeit- und Zustandsüberbrückung handelt [24]. Einige wesentliche Gründe zur Errichtung und zum Betrieb von Lager- und Distributionssystemen entlang mehrstufiger Versorgungsketten sind daher die Folgenden:

Optimierung logistischer Leistung: Ein elementares Kundenanliegen besteht zumeist in der kurzfristigen Erfüllung eines erteilten Auftrags. Da sich Auftragszeitpunkt und die Auftragsmenge für die relevante Masse der Waren nicht exakt vorherbestimmen lassen, ist der erste Ansatz die Bevorratung einer prognostizierten Warenmenge, was sich auch prägnant als *Sicherstellung der Lieferfähigkeit* beschreiben lässt. Insbesondere bei großen räumlichen Distanzen zwischen der Produktentstehung und Konsumierung, bei denen gegebenenfalls noch Prozesse der Zollabfertigung stattfinden, erhält dieser Ansatz seine Berechtigung. Ferne Märkte können zum Teil erst hierdurch erschlossen werden.

Eine in allen Bereichen wachsende Vielfalt an Waren oder Artikeln, der Wandel im Bestellverhalten hin zu einer höherfrequenten Auftragerteilung geringerer Teilmengen und die gängige Forderung nach immer kürzeren Lieferzeiten lassen die logistische Leistung zu einem entscheidenden Kriterium für die Auswahl eines Lieferanten werden. Durch Einsatz leistungsfähiger *und* effizient geführter Warenverteilzentren kann im Marktwettbewerb eine Position erreicht, behauptet oder ausgebaut werden.

Natürlich bedarf diese Vorratshaltung der kontinuierlichen Überwachung der Bestandsmengen und der Optimierung des Bestellverhaltens, um zu hohe oder zu lange lagernde Warenbestände zu vermeiden.

Sicherstellung der Produktionsfähigkeit: Die Sensibilität von Produktionsketten, die nach dem Just-In-Time-Ansatz (richtigerweise) auf eine konsequente Minimierung der Bestände entlang der Lieferkette ausgelegt sind, ließ sich in der Vergangenheit immer wieder an markanten Stillständen ganzer Produktionslinien in der Automobilindustrie ermes- sen, wenn aus Gründen wie Grenzblockaden aufgebrachter Fernfahrer oder Streik in externen Zulieferbetrieben wichtige Bauteile nicht rechtzeitig verfügbar waren. Die Sicherstellung der Materialverfügbarkeit zur Auslastung kostenintensiver Produktionsstufen ist nach wie vor eine der Hauptursachen der Bestandsbildung.

Erbringung zusätzlicher Dienstleistungen: Längst gehen die Anforderungen an ein Lager über die kurzfristige Bereitstellung eines einzelnen

Produktes oder Artikels hinaus. Einerseits wächst die Variantenvielfalt durch die aus Sicht des Produktmarketings reizvolle Produktdifferenzierung und damit die Sortimentsgröße in nahezu allen Bereichen. Ein Ansatz, der daraus resultierenden Kostensteigerung entgegenzutreten, ist die endgültige Variantenbildung zu einem möglichst späten Zeitpunkt unter Verwendung weniger Grundelemente. Dabei werden solche Produktionsschritte zunehmend als Montagedienstleitungen in Warenverteilzentren durchgeführt.

Andererseits können auch Fertigprodukte die Spezialisierung auf verschiedene Verkaufskanäle, beispielsweise durch die späte Anbringung von Verkaufsinformationen (Label etc.) oder den Aufbau von Aktionsständen zu verkaufsfördernden Maßnahmen, erfahren.

Transportkostenreduktion: Einer der Hauptgründe zur Bestandsbildung bleibt das Ziel, Transportkosten zu optimieren und sprungfixe Kostensätze im Transportgewerbe durch möglichst gute Nutzung der Laderaumkapazitäten (Ganzladungen) zu nutzen.

Eng damit verbunden ist aber auch die Notwendigkeit einer Optimierung der Umschlagprozesse in Warenein- und -ausgang. Die Bearbeitung einer Vielzahl kleiner Mengen ist in der Regel wesentlich ineffizienter als die der konsolidierten Menge. Dadurch lassen sich wiederum vorhandene Kapazitäten (Anzahl von Ladetoren, Rangierflächen etc.) vorteilhafter nutzen. Insbesondere im Bereich des Einzelhandels fehlen die Kapazitäten einer laufenden Bereitschaft zur Warenannahme (Personal und Ladetore), so dass an diesen Schnittstellen bedarfsgerechte Liefermengen gesammelt angeliefert werden müssen.

Ausgleich von Bedarfs- und Liefermengen: Trotz der längst vollzogenen Wandlung vom Verkäufer- zum Käufermarkt und der damit verbundenen Auslegung der Produktionscharakteristik in Richtung bedarfsgesteuerter Produktion (Pull-Systeme) bleibt in vielen Bereichen die wirtschaftliche Notwendigkeit einer Produktion in entsprechenden Losgrößen bestehen.

Innerhalb der Produktion sind einzelne Produktionsphasen durch verschiedenartige Prozesszeiten und Ausbringungsmengen oder unregelmäßige Zu- und Abgänge zwischen Bereichen gekennzeichnet. Die Vermeidung von Leerlaufzeiten erfordert wiederum die Pufferung von Halbfertigprodukten zur gleichmäßigen Nutzung von Produktionsanlagen oder -prozessen.

Bestimmte Produktionsprozesse unterliegen darüber hinaus zeitlich nicht beeinflussbaren Gesetzmäßigkeiten (z. B. Abkühlungsprozesse, Wachstumsprozesse von Kulturen in der Pharmazie etc.), die somit nicht dem kontinuierlichen oder sporadischen Bedarfsverhalten entsprechen.

Viele Geschäftsfelder unterliegen ferner erheblichen saisonalen Schwankungen, die nicht wirtschaftlich durch Anpassungen der Produktionskapazitäten abgedeckt werden können.

Nutzung der Marktposition: Die durch Nutzung von Mengenrabatten induzierte Lagerhaltung ist eine klassische Kostenrechnungsfrage und erschließt sich über Größendegressionseffekte auf der Zulieferseite, denen die Kosten der Lagerhaltung, aber auch weitere Komplexitätskosten wie z.B. Administrationskosten (Durchführung der Bestellung, Preisverhandlungen) gegenüberstehen.

Lagerung als Prozessschritt: Bei verschiedenen Produkten oder Abläufen stellt die Lagerung einen elementaren Prozess der Wertschöpfung oder -steigerung dar (z.B. durch Reifung oder spekulative Absichten) und wird damit zu einem Teil des Produktionsablaufes.

Wie sich aus dieser Auflistung entnehmen lässt, zwingen nicht allein Gründe der Produktionslosgrößenoptimierung oder Einkaufsmengenrabattierung zur Bestandsvorhaltung, sondern insbesondere auch ein Geflecht miteinander gekoppelter Prozesse, die zur Ablaufoptimierung der Pufferung und Veränderung der Warenströme bedürfen. Folgerichtig geht es bei der Bestandsvorhaltung nicht allein um den Aspekt der reinen Lagerung. Entscheidender sind vielmehr die Prozesse der optimierten, effizienten Behandlung erforderlicher Warenströme und deren jeweilige Anpassung auf ideale Zusammensetzung, Menge und Form.

1.1.2 Merkmale von Lagersystemen

Der Basisprozess in einem Lager und Warenverteilsystem ist so banal wie simpel. Ein angelieferter Artikel wird nicht direkt benötigt und deshalb zur Seite gelegt, bis zu dem Zeitpunkt, zu dem ein Kunde ihn verlangt. Er wird dann hervorgeholt und übergeben. Damit reduzieren sich die Kernschritte auf Waren *empfangen*, *lagern*, *entnehmen*, *versenden*.

In der Praxis wird dieser scheinbar einfache Ablauf nun durch Zeit-, Qualitäts- und Kostenansprüche sowie eine Verkettung äußerer Einflüsse schnell zu einem komplexen Prozess mit Führungs- und Optimierungsbedarf:

- Im Wareneingang sind ankommende Lieferungen oft nicht planbar oder erfolgen unregelmäßig mit ausgeprägten Spitzen.
- Das Warensortiment erfordert aufgrund seiner Abmessungen, Gewichte, Temperaturanforderungen etc. eine Vielzahl unterschiedlicher Transport-, Lager- oder Handhabungstechniken, die jeweils vorzuhalten und bereitzustellen sind.
- Das Durchsatzverhalten einzelner Artikel ist sehr unterschiedlich und unterliegt zudem hohen zeitlichen Schwankungen.
- Durch die Kunden werden jeweils nur geringe Mengen geordert, allerdings sollen diese in kürzester Zeit zusammengetragen werden und im Versand gleichzeitig ankommen, so dass eine einzige Versandeinheit gebildet werden kann.

Tabelle 1.1. Beispielhafte Kenndaten von Warenverteilzentren (u. a. nach [29])

	Versandhandel (sehr groß)	Pharmagroß- handel	Lebensmittel Regionallager	Produzent Elektrohaushalts- geräte
Kunde	Endkunden, Sammelbesteller, Filialen	Apotheken	Filialen	stationärer Handel
Anz. verschiede- ner Artikel	250 000	130 000	8150	200
Lagerhaltung	25 Mio. Stck	4,5 Mio. Stck	2 Mio. Einh	150 000 Stck
Personal	≥2000	ca. 300	ca. 300	75
Kommissio- nierung	2700 Pal.-Plätze 740 000 Kartonplätze	125 000 Fächer	32 000 Pal.-Plätze 15 000 Bodenplätze	4000 Pal.- Plätze
Aufträge/Tag	190 000	6800	780	350
Auftragspos./ Tag	650 000	105 000	300 000	4000
WE- Lieferungen	150 Lkw/Tag	220 EP/Tag	100 Lkw/Tag	625 EP/Tag
WA- Sendungen	≈ Aufträge	≈ Aufträge	100 Lkw/Tag	722 EP/Tag
Durchlaufzeit/ Kundenauftrag	4–5 h	50 min	24 h	4h

- Gleichzeitig müssen Hunderte von Aufträgen abgearbeitet werden, wobei die Reihenfolge der Abarbeitung nach Kundenposition, Auftragsstyp, Versandart, möglichen Zeitfenstern und vorhandenen personellen und technischen Kapazitäten optimiert werden muss.
- Die Systemparameter bleiben nicht konstant, sondern unterliegen ständigen Veränderungen in Bezug auf Mengenströme, Kundenauftragsstruktur, Artikelvielfalt und -form usw.
- vieles mehr

In solchen Systemen resultiert die Komplexität aus der Systemgröße, Warenmenge oder geforderten Reaktionsgeschwindigkeit und Dynamik. Für eine vergleichende Betrachtung und einen groben Überblick sind dazu einige wesentliche Kennzahlen in Tabelle 1.1 gegenübergestellt.

1.1.3 Optimierung von Lagersystemen

Wie bereits oben angeführt, wird der Prozess der Lagerhaltung aufgrund der Kosten kritisch betrachtet, was absolut richtig ist, teilweise jedoch auch zu fragwürdigen Entscheidungen führt. So wird mitunter bereits darüber philosophiert, ob die breite Tendenz zum Outsourcing nicht auch insbesondere dadurch vorangetrieben wird, dass Entscheidungsträger von der arbeitsaufwändigen Analyse und Prognostizierung von Aufwänden und Erlösen der hauseigenen Logistik befreit werden. [5]

Neben den offensichtlichen Kosten der Lagerhaltung und -führung, wie Bestandskosten (im wesentlichen Kapitalbindungs- und Versicherungskosten) und den durch Lager- und Warenverteilsystem verursachten Kosten für Technik, Personal und Betrieb, existieren durch Bestandsvorhaltung aber auch spezielle Probleme und indirekte Kosten, die nur schwer zu erfassen sind. So werden durch entsprechende Bestandspegel auch unwirtschaftliche Abläufe und ineffiziente Strukturen verdeckt. Bei komplexen Systemen besteht darüber hinaus durch die Vielzahl paralleler Transaktionen und Abläufe die prinzipielle Gefahr der Intransparenz.

Durch das Bestreben, Lageranzahl und -standorte durch Zentralisierungsbemühungen zu reduzieren oder einzelne Lagerstufen zu eliminieren, steigt jedoch der Anspruch an die Transparenz von Abläufen, Beständen und Aufträgen. Um den allgemein gewachsenen Anforderungen an das zeitliche Reaktionsvermögen und die logistische Leistungsfähigkeit der Warenverteilsysteme bei konsequenter Minimierung der Bestände und Optimierung der Kosten gerecht zu werden, bedarf es strukturierter, transparenter Abläufe einerseits und eines hohen Maßes an Disziplin in der Durchführung der Aufgaben andererseits. Erst durch den Einsatz von Warehouse Managementsystemen (WMS) werden diese Ziele in vielen Fällen erreicht.

Eines der Schlüsselemente eines effizienten WMS ist in diesem Zusammenhang die Vermittlung von *Vertrauen und Sicherheit* in das Führungs- und Kontrollsystem. Eine wesentliche Ursache für die Anhäufung überhöhter „Sicherheitsbestände“ ist schlichtweg Unsicherheit auf Seiten der Disponenten und weiterer Lagerverantwortlicher. Solche Unsicherheit resultiert beispielsweise aus einer unvollständigen Datenbasis oder zeitaufwändigen Recherchen nach Bestandsmengen, Lagerorten oder Auftragsstati. Ein transparentes System beginnt bei der Datensicherheit und schafft dadurch Akzeptanz für die Gültigkeit der Datenbasis und schließlich den Abbau verdeckter Sicherheitsbestände. Sicherheit und präzises Datenhandling müssen daher auch Zielsetzungen eines jeden WMS sein. Transparente Abläufe bieten die wesentliche Grundlage für eine kontinuierliche Systemoptimierung.

Neben der Kontrollier- und Steuerbarkeit der Prozesse wird auch eine höhere Reaktionsgeschwindigkeit und Flexibilität erreicht. Schnelle Ortung von und Zugriff auf Waren sind Grundvoraussetzungen für eine Anpassung an den heutigen schnellen Wandel in den übergeordneten Strukturen. Durch Schnittstellen zu übergeordneten Systemen wird Austauschbar-

keit gewährleistet, und Änderungen können kurzfristig durch ein angepasstes Verhalten berücksichtigt werden.

1.2 Warehouse Management und Lagerverwaltung

Für dieses Buch wurde zur Beschreibung der Prozesse und Technologien des Managements von Lägern bewusst der Begriff *Warehouse Management* gewählt, obwohl hierzu der seit langem eingetragene deutsche Begriff *Lagerverwaltung* existiert. Ein Großteil der hier behandelten Inhalte betrifft die Steuerung und Verwaltung von Lagersystemen; demnach scheint der Begriff *Lagerverwaltungssystem* viel angebrachter. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass die Begriffe *Warehouse Management* und *Lagerverwaltung* nicht austauschbar sind.

Ein Lagerverwaltungssystem beschreibt im Kernbereich zunächst ein System zur Verwaltung von Mengen und Orten (Lagerorten) und insbesondere deren Beziehung zueinander. Ein solches System kann dabei auch manuell z.B. Lagerleiter mit Karteikartensystem¹⁾ realisiert sein. Die Mehrzahl dieser Verwaltungssysteme dürfte heute aber rechnergestützt arbeiten. Zusätzliche Funktionen können dabei auch die Verwaltung der Transportsysteme beinhalten. Somit stellt ein Lagerverwaltungssystem im engeren Sinne ein *Lagerbestandsverwaltungssystem* dar.

Das *Warehouse Management* bezeichnet im allgemeinen Sprachgebrauch dagegen die Steuerung, Kontrolle und Optimierung komplexer Lager- und Distributionssysteme. Neben den elementaren Funktionen einer Lagerverwaltung wie Mengen- und Lagerplatzverwaltung, Fördermittelsteuerung und -disposition gehören nach dieser Betrachtungsweise auch umfangreiche Methoden und Mittel zur Kontrolle der Systemzustände und eine Auswahl an Betriebs- und Optimierungsstrategien zum Leistungsumfang. Auf ein derartiges, übergreifendes Verwaltungs- und Managementsystem trifft der deutsche Begriff *Lagerverwaltungssystem* nicht mehr zu. Es müsste also exakter als *innerbetriebliches Materialflusskontroll-, -steuerungs- und -optimierungssystem* oder *Kontroll-, Steuerungs- und Optimierungssystem für den (innerbetrieblichen) Materialfluss* bezeichnet werden. Für eine klare Abgrenzung wird daher im Folgenden der auch im deutschen Sprachgebrauch eingetragene und prägnante Titel *Warehouse Management* als Synonym für ein übergreifendes Instrumentarium Verwendung finden.

¹ In der Tat werden auch heutzutage manuell geführte Systeme in bestimmten Bereichen äußerst effizient eingesetzt. Beispielsweise werden in kleineren Pufferlagern in Produktions- und Montagesystemen Pinboards mit Anhängern für jede Materialart eingesetzt. Für jeden Artikel existiert ein Schacht, bei Einlagerung wird eine Karte mit der Lagerplatznummer oben nachgefüllt, zur Auslagerung unten entnommen. Dieses äußerst einfache System ermöglicht bei wenigen Artikeln gleichzeitig eine ideale Visualisierung der Bestände.

1.3 Systemschnittstellen und Abgrenzung

Die Aufgabe von Warehouse Managementsystemen besteht in der Führung und Optimierung von innerbetrieblichen Lagersystemen. In dieser Position ergibt sich eine Fülle von Schnittstellen zu angrenzenden Systemen, deren Abgrenzung nicht immer leicht fällt. Je nach Einsatzfall und vorliegender Systemstruktur finden sich einzelne Steuerungsmodule auch in angrenzenden Systemen wieder. In kleineren Unternehmen werden nicht notwendigerweise alle Systeme eingesetzt, und nicht originäre Systemelemente werden Bestandteil eines WMS.

Funktionsbedingt bestehen enge Verknüpfungen zu Systemen der Materialwirtschaft (WWS-, PPS- oder ERP-Systeme) und den Systemen zur unmittelbaren Steuerung des Materialflusses und der Kommissionierung (Warehouse Control Systeme (WCS) und Materialflussrechner (MFR)). Die Systeme lassen sich folgendermaßen abgrenzen [58]:

Warenwirtschaftssystem (abgek. WWS, *engl. Enterprise resource planning system (ERP system)*) ist ein rechnergestütztes System zur artikel- und mengenauen Erfassung und Verfolgung von Bedarfs- und Mengenströmen, wie sie beispielsweise im Handelsbereich zum Einsatz gelangen. Das übergeordnete Ziel ist die Steuerung von Bestellwesen, Warenvorhaltung und Verkauf.

Managementinformationssystem (abgek. MIS) hat als vorrangige Aufgabe die Vorbereitung von Managemententscheidungen. MIS werden oftmals als Bestandteil eines WWS geführt. Seit Mitte der 90er Jahre werden zunehmend analytische Funktionen in MIS integriert. Trends, Prognosen und Analysen im echtzeitnahen Bereich sollen das Management unterstützen.

Produktionsplanung und -steuerungssystem (abgek. PPS, *engl. Production planning and control system*) umfasst informationsverarbeitende Systeme der Produktionsplanung und -steuerung. PPS-Systeme lassen sich nach dem Steuerungsprinzip einteilen...

Enterprise Resource Planning System (abgek. ERP System) ist ein integriertes Softwaresystem zur umfassenden Planung und Koordination unternehmerischer, insbesondere betriebswirtschaftlicher Aufgaben mit dem Ziel, die in einem Unternehmen vorhandenen Ressourcen möglichst effizient einzusetzen.

Materialflussrechner (abgek. MFR, *engl. Material flow computer*) Die Umsetzung teil- oder vollautomatischer Materialflussoperationen erfolgt im MFR, der die Reihenfolge koordiniert, ggf. auch optimiert, und die Quelle-Ziel-Beziehungen kontrolliert, in der einzelne Aufträge, Prozesse usw. abgearbeitet werden. Dazu werden unterlagerte Steuerungen angesprochen.

Warehouse Control System (abgek. WCS) Vergleichbar mit dem MFR kontrollieren WCS Quelle-Ziel-Beziehungen. Typischerweise werden zu-

sätzliche Aufgaben integriert, die über den Umfang eines reinen MFR hinausgehen. WCS können insbesondere lokale bzw. nicht bewegte Bestände verwalten. Sie gelangen insbesondere dort zum Einsatz, wo wesentliche Funktionen eines WMS durch WWS bzw. ERP-Systeme abgedeckt werden und demzufolge eine separates WMS nicht erforderlich ist.

Das Zusammenwirken der verschiedenen Systeme im Distributionslager zeigt Abb. 1.1. Darin sind zur Verdeutlichung der prinzipiellen Abläufe beispielhafte Funktionen, Aktionen und Kommunikationswege dargestellt. Die einzelnen Systemhierarchien werden durch vertikale Linien verkörpert. Im Bereich der WWS sind in Bezug auf das Lagersystem Aufgaben der allgemeinen Bestandsoptimierung angesiedelt, das WMS übernimmt administrative und dispositive Aufgaben der Optimierung und die Materialflussrechnerebene die Optimierung einzelner Abläufe. Mit der Annäherung an die physische Ebene des Materialflusses steigen auch die zeitlichen Anforderungen an die Umsetzung einzelner Funktionen.

Auf der überlagerten Ebene kommuniziert das WMS mit dem WWS bzw. PPS/ERP-System. Diverse Buchungen erfolgen vom WMS zum WWS, beispielsweise bestandsverändernde Vorgänge. Vom WWS ausgehend werden Kundenaufträge in Verbindung mit den zur Durchführung erforderlichen Informationen (z. B. Lieferscheindaten) übermittelt.

Im Bereich der WMS sind die Grundfunktionen und einige grundlegende manuelle Materialflussoperationen angesiedelt. Bestimmte Steuerungsfunktionen erfolgen autark im WMS ohne Rückgriff auf unterlagerte Ebenen. Diese Funktionen umfassen beispielsweise manuelle Abläufe. So können nach einer Wareneingangskontrolle für Ladeeinheiten Label generiert werden, anhand derer ein Staplerfahrer die Ladeeinheiten und den Zielort identifiziert und den Transport, beispielsweise zum I-Punkt (Identifikationspunkt), durchführt. Damit ist dieser Prozess abgeschlossen.

Finden dagegen automatische oder teilautomatische Materialflussoperationen statt, greift das WMS auf unterlagerte Ebenen zu. Im Bereich der Kommissionierung werden die durch das WWS übermittelten Kundenaufträge im WMS aufbereitet und einzelnen Zonen zugeordnet. Die Umsetzung der Entnahmemengen für eine über Pick-to-Light gesteuerte Kommissionierzone (Zuordnung der Entnahmemengen zu Fächern und Generierung der Pickreihenfolge) erfolgt beispielsweise im WCS. Die technische Durchführung wiederum realisiert ein MFR, der auf die physische Ebene (Feldebene) zugreift und die Fachanzeige ansteuert. Ebenso werden einzelne Aktionen dokumentiert (Erfassung des Kommissioniervorganges) und an die jeweils überlagerten Ebenen zurückgemeldet, was jedoch in Abb. 1.1 nicht explizit dargestellt ist. Analog werden bei der Steuerung automatischer Gewerke Quelle-Ziel-Beziehungen eines RBG im WMS abgebildet und über das WCS bereichsweise ausgeführt. Die Ansteuerung einzelner Achsen eines Gerätes erfolgt schließlich auf der Feldebene.

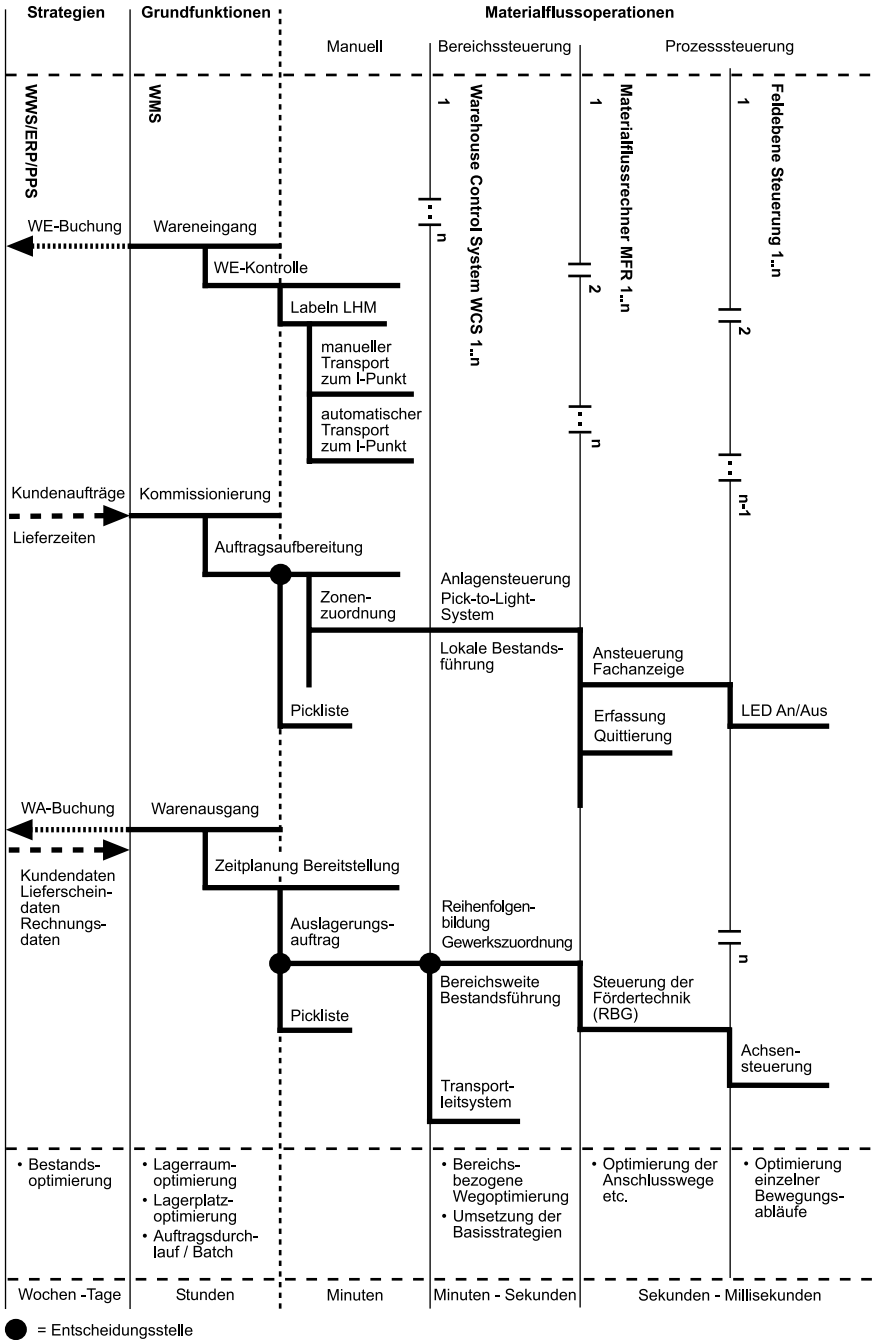


Abbildung 1.1. FDS-Diagramm (Funktionen – Daten – Systeme) für Warehouse Management

Wie bereits angeführt, ist die exakte Abgrenzung der Funktionalitäten einzelner Systeme in der Praxis nicht eindeutig und der idealtypische Fall nicht überall exakt umzusetzen.

Eine besonders enge Vernetzung verschiedener Systeme erfordern typischerweise die Anwendungen im Bereich der *E-Logistics* (s. dazu S. 18). Eine beispielhafte Systemstruktur zeigt dazu Abb. 1.2. Bei der dargestellten Struktur kann es sich sowohl um eine Anwendung im Endkundenbereich (Business-to-Consumer, B2C) als auch im Geschäftskundenbereich (Business-to-Business, B2B) handeln.

Der Kunde kommuniziert über das so genannte *Shopsystem* und kann nicht nur Produktkataloge einsehen und darauf basierend Aufträge erteilen, sondern auch Warenkörbe anlegen und an Auktionen teilnehmen sowie aktiv Auktionen durch entsprechende Ausschreibungen durchführen.

Das Shopsystem kann durch einen unabhängigen *Shop-Betreiber* unterhalten werden. Zu den Funktionen innerhalb des Shopsystems zählt auch die Prüfung der Kunden, respektive der Kundenbonität, und der Produktverfügbarkeit. Die Kataloginformationen werden durch den Lieferanten, im Idealfall für direkte Verfügbarkeitsabfragen durch das WWS des Lieferanten, zur Verfügung gestellt. Die Rechnungsabwicklung mit dem Kunden erfolgt ebenfalls über das Shopsystem.

Aufträge werden neben einer Auftragsbestätigung an den Kunden an das WWS des „Distributionszentrums“ (das repräsentiert in diesem Fall gleichermaßen Handelsunternehmen oder Hersteller) übergeben. Zu den Aufgaben dieses WWS gehören die gesamte Auftragsverwaltung, die Steuerung des Einkaufs (Bestandsprüfungen, Bestellvorschläge und Bestellverwaltung), die Pflege der Produkt- und Kundendaten und die Erstellung von Analysen, Prognosen und Statistiken mit dem Ziel einer kontinuierlichen Optimierung der Bestände und des Bestellverhaltens. Je nach Bestandssituation werden damit basierend auf der Auftragslage Bestellungen an das WWS des jeweiligen Lieferanten übermittelt. Von diesem ausgehend werden Avise über Warenlieferungen an das WMS des Distributionszentrums gesendet. Dieses WMS verwaltet die Bestände und Lagerorte im Distributionszentrum, setzt Kundenaufträge in die erforderlichen Lager- und Kommissionieroperationen um und verwaltet ein- und ausgehende Warenströme. Das Management ausgehender Warenströme umfasst die Übergabe der Lieferscheine und ggf. Rechnungsdaten an den Spediteur bzw. den KEP-Dienstleister und die Avisierung der Lieferung gegenüber dem Kunden. Daneben können Lieferungen auch vom Lieferanten direkt an den Kunden erfolgen, was insbesondere bei hochwertigen Waren und Eilaufträgen realisiert wird.

Das Leitsystem des Transportdienstleisters steuert unter anderem die Liefertouren und generiert ein präzisiertes Lieferavis (eine Wareneingangsankündigung) an den Kunden. Ebenso gehören Aufgaben der Nachnahmeverfolgung und des Retourenmanagements zu diesen Funktionen. Erfolgt die Lieferung nicht unmittelbar an den Kunden, sondern über eine dezentrale

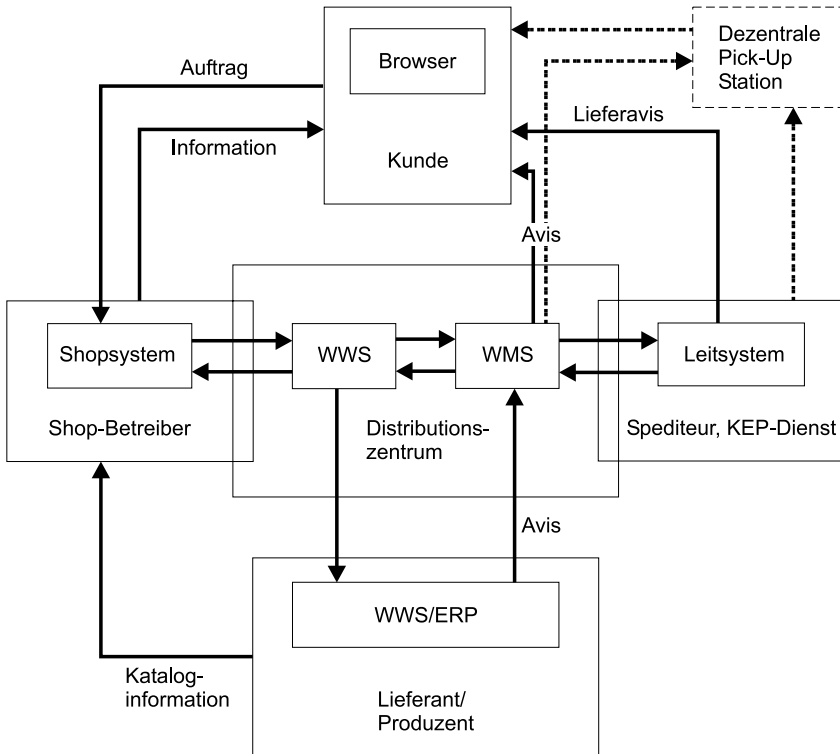


Abbildung 1.2. Grundlegende Informationsflüsse und Systembausteine in der E-Logistics

Pick-Up-Station, von der der Kunde seine Ware abholt, werden die Lieferdaten durch das Leitsystem automatisch oder durch den Auslieferer manuell der Station übergeben. Ebenso kann eine Avisierung anstehender Lieferungen bereits durch das WMS des Distributionszentrums, das in diesem Fall den Lieferanten darstellt, erfolgen. Die Benachrichtigung über abholbereite Sendungen erfolgt dann durch die Pickup-Station an den Kunden. Abgeschlossene Lieferungen werden schließlich dem Distributionszentrum durch das Leitsystem übermittelt.

1.4 Aufbau und Ziel des Buches

Nachdem der Begriff WMS im vorangegangenen Kapitel definiert und im Kontext eingeordnet wurde, führt das folgende Kapitel 2 in das Management von Lager- und Distributionssystemen ein und zeigt dazu die Abläufe aus Sicht des Materialflusses auf, d.h. ein Lagersystem wird anhand der typischen Materialflüsse und Abläufe beschrieben. Das Augenmerk liegt dabei

auf der detaillierten und strukturierten Darstellung der Abläufe, Anforderungen und Strategien in Lager- und Distributionssystemen. Außerdem werden die wesentlichen Prinzipien der Kommissionierung dargelegt sowie einige besondere Abläufe beschrieben. Gleichzeitig werden die Anforderungen, die an ein Lagerverwaltungssystem gestellt werden, definiert. Die Umsetzung dieser Anforderungen in die technische Struktur eines Warehouse Managementsystems, d.h. die Realisierung der Aufgaben der Lagerverwaltung und -steuerung in einem WMS, werden dargestellt.

Das Kapitel 3 gibt einen Überblick über die maschinenbaulichen Komponenten der Lager-, Förder-, Sortier- und Verteiltechniken. Die Darstellung der Techniken erfolgt fokussiert auf das Thema Lager- und Distributionssystem und nur soweit sie für die vorliegende Betrachtung relevant sind.

Das Kapitel 4 führt in die Verfahren zur Optimierung des Lagerbetriebs ein und behandelt Fragen des Scheduling und Dispatching. Hier stehen Fragen der Optimierung der Auftragsdisposition im Vordergrund.

Die generellen Prinzipien der Informationsverarbeitung und Kommunikation in Netzwerken werden im Kapitel 5 behandelt. Dazu zählen die Grundlagen der Betriebssysteme, der Kommunikation in Netzen und die wichtigen Fragen der Datensicherheit. Im Anschluss daran werden in Kapitel 6 Softwarearchitekturen sowie Grundlagen und Methoden zur Erstellung moderner Softwaresysteme vorgestellt.

Mit der dann folgenden beispielhaften Beschreibung von Datenmodellen, wie sie für Lagersteuerung und -verwaltung genutzt werden, wird dem Leser gleichzeitig ein Warehouse Managementsystem vorgestellt, welches alle elementaren Bestandteile eines Lager- und Distributionssystems mit automatisierter Fördertechnik und manueller Kommissionierung umfasst (myWMS).

Die vielfältigen Aspekte der Auswahl und Einführung eines Warehouse Managementsystems von der Anforderungserstellung bis zur Inbetriebnahme und dem weiteren Betrieb des Systems werden in Kapitel 8 behandelt.

Der Anhang enthält die Kurzvorstellung der führenden Software Plattformen, die im Umfeld von Warehouse Managementsystemen eingesetzt werden.

2. Lagersysteme und Lagerverwaltung

Lager- und Distributionssysteme sind auf ein spezielles Anforderungsprofil zurechtgeschnittene Lösungen, die sich entsprechend der Vielfalt der technischen und organisatorischen Gestaltungsmerkmale mehr oder weniger stark unterscheiden. Dennoch sind die grundlegenden ablauftechnischen Prozesse zwangsläufig ähnlich, da diese Systeme wiederum Teil einer übergreifenden Kette des Warenflusses sind. Mit dem Ziel der Schaffung einer einheitlichen Basis werden im Folgenden die wesentlichen Randbedingungen, Grundlagen und Abläufe herausgearbeitet.

Ein effizientes Lagermanagement setzt die Berücksichtigung dieser Rahmenbedingungen und der logistischen Einheiten voraus, um Abläufe gezielt optimieren zu können. Diese sollen zunächst näher beleuchtet werden. Nachfolgend werden die grundsätzlichen Abläufe in einem Lager beschrieben und die für einen effizienten Betrieb entscheidenden Funktionen identifiziert. Im Hinblick auf den besonderen Stellenwert der Kommissionierung als personalintensives und zeitkritisches Glied in der innerbetrieblichen Ablaufkette werden deren relevante Abläufe genauer betrachtet. Abschließend werden die typischen Daten und Kennzahlen der Systeme sowie elementare Funktionen eines WMS eingeführt.

2.1 Logistische Rahmenbedingungen

2.1.1 Logistik-Grundsätze

Der Begriff Logistik

Die Logistik beschreibt einen systemischen Ansatz zur umfassenden Optimierung von Fließsystemen, dazu zählen insbesondere Materialflusssysteme, über einzelne Systemgrenzen hinaus. Es existieren je nach Ausrichtung verschiedenste Definitionen der Logistik, auf die hier aber nicht näher eingegangen werden soll, da sie nicht im Hauptaugenmerk der Betrachtungen liegen. Der Kern einer Reihe von Definitionen reduziert sich auf die Rolle der Logistik als Forschung und Lehre der Planung, Organisation und Kontrolle solcher Fließsysteme (vgl. u. a. [18, 24, 29, 41, 58]).

Entsprechend dem materialflussbezogenen Fokus dieser Arbeit sollen die so genannten „6R’s“ der Logistik¹ hervorgehoben werden. Die „6R’s“ der Logistik beschreiben eines der Ziele der Logistik als die Lieferung der

- richtigen Ware, zum
- richtigen Zeitpunkt, in der
- richtigen Zusammensetzung und der
- richtigen Qualität, am
- richtigen Ort zum
- richtigen Preis.

Trotz der starken Simplifizierung besitzt dieser Leitsatz große Verbreitung. *Richtig* ist dabei als eine seitens des Kunden erwartete Eigenschaft im Sinne von *bestellt*, *gefordert*, *erwartet* und zu *minimalen Kosten* zu verstehen.

Koordination (Gleichlauf) von Materialfluss und Informationsfluss

Eine weitere etablierte und relevante Erkenntnis ist, dass sich die logistische Leistung eines Systems im Sinne der Erbringung eines optimalen Lieferservice zu minimalen Kosten nur dann erreichen lässt, wenn Materialfluss und Informationsfluss aufeinander abgestimmt werden. In vielen Fällen bedeutet dies auch, einen dem physischen Materialfluss vorausseilenden Informationsfluss zu schaffen, der z. B. die Bereithaltung entsprechender Kapazitäten an Förder-, Lager- oder Handhabungsmitteln ermöglicht. In diesem Kapitel werden kontinuierlich die Bedeutung und die Umsetzung dieses Paradigmas verdeutlicht.

Supply Chain Management (SCM)

Wie bereits aufgezeigt, ergibt sich im heutigen Güter- und Warenfluss eine Reihe von Faktoren, die zu mehrstufigen Schritten bzw. Teilsystemen, einer Versorgungskette oder *Supply Chain*, führt. Im klassischen Fall, bei dem jedes Element autark ist und jeweils nur das Verhalten seines Kunden (in Form von Bestellungen) und seiner Lieferanten (in Form von Lieferzeiten) wahrnimmt, führen minimale Schwankungen im Bestellverhalten am Ende der Supply Chain zu massiven Schwankungen im Bestellverhalten (und damit den Systembeständen) am Anfang der Kette. Dieses Phänomen, auch als Bullwhip- oder Peitscheneffekt bekannt, wurde Ende 1950 von Forrester beschrieben, und erst heute, mit der Verfügbarkeit leistungsfähiger Rechen- und Kommunikationssysteme, entstehen aussichtsreiche Ansätze zur Beherrschung dieser komplexen Zusammenhänge. Der Schlüssel liegt in der Informationsverarbeitung und -bereitstellung wichtiger Systeminformationen an

¹ verschiedentlich bei entsprechender Komprimierung der Inhalte auch als 4R’s bezeichnet

beliebigen Punkten der Supply Chain. Bekannte Strategien in diesem Umfeld sind *ECR*² und *CPFR*³.

Auch wenn das Supply Chain Management und die Methoden und Werkzeuge zur Optimierung dieser Ketten nicht im Fokus dieser Arbeit liegen, ist die Relevanz der Informationserfassung, -aufbereitung und -verarbeitung entlang der Supply Chain ein ganz entscheidender Faktor, der auch den Betrieb von Lagersystemen betrifft.

Outsourcing

In den letzten Jahren lässt sich aus verschiedenen Gründen eine eindeutige Tendenz zur externen Vergabe von innerbetrieblichen Dienstleistungen im Bereich der Logistik erfassen, was allgemein als *Outsourcing* bezeichnet wird. Häufig angeführte Gründe sind dabei die folgenden:

- Konzentration der betrieblichen Bemühungen auf die eigentlichen Kernkompetenzen, z. B. Entwicklung und Fertigung von Gütern, und Freisetzen von Managementkapazitäten;
- Reduktion der Logistikkosten durch Nutzung von Größendegressionseffekten (Economies-of-scale-Effekte) und bessere Systemauslastung auf Seiten des Kontraktlogistiklers;
- Abfedern saisonaler Arbeitsspitzen oder Schwankungen, welche die Vorhaltung entsprechender eigener Kapazitäten nicht rechtfertigen;
- Steigerung des Lieferservice durch Erhöhung der Kundenpräsenz oder durch Verkürzung von Lieferzeiten. Viele Kontraktlogistikler besitzen eine solche Präsenz per se, ein Aufbau aus eigenen Kräften lässt sich dagegen wirtschaftlich oftmals nicht darstellen. Als Beispiel sei der Aufbau einer EDI-Lösung mit sicherer Kundenanbindung zur Erstellung geforderter Lieferavise genannt;
- Nutzung tariflicher Rahmenbedingungen;
- Zukauf/Aufbau logistischer Kompetenz.

Es existieren verschiedenste Formen des Outsourcing. So kann ein Kontraktlogistiker den Betrieb eines vorhandenen Lagersystems übernehmen und fortführen. In anderen Fällen werden Warenbestände in ein externes Lager des Kontraktlogistiklers überführt, wo sie nun neben Beständen anderer Firmen geführt werden (Multi-Mandantensystem, auch Shared Warehouse).

In jedem Fall erwachsen daraus neue Anforderungen an den Betrieb solcher outgesourcter Läger. Da die Vergütung der Leistung oftmals nach durchgeführten Transaktionen erfolgt, ist die Leistungsmessung und Transparenz

² *Efficient Consumer Response* wird als direkte Rückmeldung eines Kundenbedarfs an das bestandsführende System (Lieferant) verstanden.

³ *Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment* propagiert die Vernetzung aller Beteiligten einer Supply Chain, um Bestellanforderungen und Lieferengpässe frühzeitig abzugleichen.

der Aktivitäten eine elementare Voraussetzung für den Betrieb, um den Kunden die Prozesse nachvollziehbar präsentieren zu können.

Weitaus anspruchsvoller gestalten sich Lösungen mit verschiedenen Kunden in einem System. Hier sind scheinbar gleichwertige Waren völlig unterschiedlichen Prozessen zu unterziehen, beispielsweise im Bereich der Inventur.

Und letztlich werden solche Verträge typischerweise für relativ kurze Dauer geschlossen, was für den Betreiber (Kontraktlogistiker) ein beträchtliches Risiko darstellt; ein Umstand, der gegebenenfalls die Errichtung hochspezialisierter Gewerke zu einem nicht kalkulierbaren Risiko macht.

Nicht zuletzt resultiert daraus eine Vielzahl von Anforderungen an das Warehouse Management und die eingesetzten Warehouse Managementsysteme. Diese müssen je nach Einsatzfall hochtransparent, allgemein einsetzbar und den unterschiedlichsten Anforderungen genügend ausgeführt werden. Wenig verwunderlich ist daher, dass große Kontraktlogistiker heute typischerweise über erhebliche personelle Ressourcen im Bereich der Informationslogistik verfügen. In den folgenden inhaltlichen Ausführungen sollen diese Anforderungen ausgiebig Berücksichtigung finden.

E-Logistics

Ein Bereich, der in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewinnt, ist die *E-Logistics*. Sie lässt sich definieren als ein

Überbegriff für die Planung, Steuerung und Kontrolle des Waren-, Informations- und Geldflusses entlang der gesamten Supply Chain über öffentliche und private Netze (Internet, Intranets), d. h. vom Front-End über die Kunden-Online-Bestellung (Business-to-Consumer (B2C), Business-to-Business (B2B)) bis zur Sendungsverfolgung und zum Kundenservice [58].

Die E-Logistics wird somit als verbindendes Element industriellen Handelns im Internet-Zeitalter verstanden. Die Erfahrungen zeigen gerade auf diesem Gebiet, dass eine leistungsfähige Logistik und schnelle Materialflusssysteme über Erfolg oder Misserfolg entscheiden. Die einseitige Fokussierung auf den Verkaufskanal und die Vernachlässigung der Erfüllung der Kundenaufträge (das so genannte *Fulfillment*) haben den Niedergang etlicher E-Commerce-Firmen zur Jahrtausendwende zumindest beschleunigt.

Es zeigt sich aber auch, dass klassische Distributionssysteme den Anforderungen der E-Logistics häufig nur ungenügend gerecht werden. Der Schlüssel liegt in der hochflexiblen und schnellen Abarbeitung kleiner, aber zahlreicher Kundenaufträge bei dynamisch schwankenden Auftrags- und Sortimentsstrukturen.

KEP-Dienste und E-Commerce

Seit Jahren besitzt die KEP-Branche (Kurier-, Express-, Paketdienstleister) ein dynamisches Wachstum. Dieser Erfolg ist eng mit dem bereits diskutier-

ten Bestellverhalten der Kunden und mit der geforderten Reaktionsgeschwindigkeit der Unternehmen verknüpft. Insbesondere vor dem Hintergrund der zukünftigen Entwicklung im E-Commerce-Bereich wird der Branche auch für die nächsten Jahre weiteres Wachstum vorausgesagt [7].

Diese Änderungen im Versandverhalten wirken sich ebenso nachhaltig auf die Prozesse in den Distributionszentren aus. Eine zunehmende Vielfalt kleiner Sendungen muss unter hohen zeitlichen Anforderungen fertiggestellt, erfasst und verbucht werden. Dieses lässt sich effizient nur durch konsequenten Einsatz geeigneter Leit- und Dokumentationssysteme erreichen.

2.1.2 Verpackung und Logistische Einheiten

Ein umfassender Überblick setzt die Kenntnis der typischen Einheiten voraus, die in diesen Prozessen im weiteren Sinne *transformiert* werden. Nach [24] stellt ein solcher Transformationsprozess eine Veränderung des Systemzustandes von Gütern hinsichtlich Zeit, Ort, Menge, Zusammensetzung oder Qualität dar. Die Einheiten kommen je nach punktueller Anforderung seitens der relevanten Teilsysteme und Betriebsmittel sowie der kundenseitigen Anforderungen in ständig wechselnder Form und Zusammensetzung in den Lagersystemen vor. Gleichzeitig haben sich verschiedene Bezeichnungen etabliert, die spezielle Verwendung in logistischen Systemen finden (aber nicht immer stringent genutzt werden).

Jede Betrachtung von Materialflüssen setzt daher zwangsläufig bei den Mengen und Eigenschaften der Waren und Güter an. Die Akteure oder Entscheider an den Endstellen solcher Materialflüsse stellen dabei grundverschiedene Anforderungen insbesondere an die Zusammensetzung dieser Einheiten. Am Beginn der Prozesskette sind die Produzenten oder Hersteller bestrebt, Güter in wirtschaftlichen Mengen (Losgrößen) zu produzieren und sie möglichst effizient, das bedeutet im Allgemeinen in einer möglichst geringen Anzahl an Arbeitsschritten, zum nächsten Abnehmer der Güter zu transportieren. Ein wichtiger Aspekt ist in diesem Zusammenhang auch die Konsolidierung der Warenflüsse und Prozesse. Die Logistik- und Materialflusssysteme von Produzenten sind in der Regel auf die effiziente Handhabung großer Mengen weniger Artikel ausgerichtet. Daher werden über den mehrstufigen Handel die hier erforderlichen Größeneffekte (Economies of scale) realisiert. Erst seitdem über den E-Commerce unter Umgehung klassischer Handelsstrukturen eine unmittelbare Präsenz jedes Produzenten gegenüber Endkunden realisiert werden konnte, begannen sich diese Strukturen zu bewegen.

Verpackung

Am Anfang von Güter- und Warenflüssen steht die Notwendigkeit, produzierte Güter vor den Einflüssen während der Transport-, Umschlag- und Lagerprozesse (TUL-Prozesse) so zu schützen, dass keine qualitative Beein-