Michael ten Hompel · Thorsten Schmidt · Lars Nagel

Materialflusssysteme

Michael ten Hompel · Thorsten Schmidt · Lars Nagel

Materialflusssysteme

Förder- und Lagertechnik

3., völlig neu bearbeitete Auflage

Herausgegeben von Michael ten Hompel
und Reinhardt Jünemann

Mit 255 Abbildungen und 36 Tabellen

Springer

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

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

Dipl.-Ing. Lars Nagel
lars.nagel@iml.fraunhofer.de

Professor Dr.-Ing. Dr. h.c. Dr.-Ing. E.h. Prof. E.h. Reinhardt Jünemann (Hrsg.)

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

Ursprünglich erschienen in der Reihe: Logistik in Industrie, Handel und Dienstleistungen.

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 978-3-540-73235-8 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 Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils 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 2007

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, nach Vorlagen von Lars Besten, Dortmund

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

Vorwort

Materialflusssysteme erbringen die zentralen logistischen Funktionen, Dinge zu lagern, zu transportieren, zusammenzuführen und zu verteilen. Sie sind so vielfältig wie die Branchen, in denen sie Anwendung finden. Ob bei der Warendistribution im Handel, bei der Sortierung von Gepäckstücken am Flughafen oder im Hub eines Paketdienstleisters: immer ist es das Materialflusssystem, das als Symbiose aus betrieblicher Organisation und physischer, fördertechnischer Umsetzung im Mittelpunkt steht. So vielfältig wie die Anwendungsfälle, so vielfältig sind auch die Elemente, aus denen diese Systeme bestehen.

Die Gestaltung effizienter Materialflusssysteme setzt Kenntnisse über den Stand der heute verfügbaren Technologien für die vielfältigen Materialflussoperationen voraus. Die Vielzahl an Technologien generiert eine große Auswahl an Gestaltungsmöglichkeiten, die für den jeweiligen Einsatz abzuwägen sind.

Dieses Buch liefert als Grundlagenwerk der Intralogistik einen vollständigen Überblick über die wesentlichen Komponenten der Förder- und Lagertechnik. Es verbindet diese Elemente mit einer Fülle von Systembeispielen und zeigt in zahlreichen Tabellen und Grafiken technische Daten und Auswahlmöglichkeiten. Hierdurch sollen grundlegendes Wissen vermittelt und Wechselwirkungen aufgezeigt werden. Eine Einführung in die Planung und analytische Berechnung von Materialflusssystemen vervollständigt den grundlegenden Überblick, der durch dieses Buch vermittelt werden soll.

Dieses Werk ist Bestandteil der neu konzipierten Reihe «Intralogistik», die in systematischer Herangehensweise das gesamte Feld der Intralogistik zwischen Informationstechnologie, Technik, Steuerung und Systemgestaltung aufarbeitet.

Herzlich gedankt für ihre Mitwirkung bei der Gestaltung von Beiträgen sei Frau Beck, Frau Oswald, Herrn Albrecht, Herrn Follert, Herrn Dr. Jodin und Herrn Jung vom Lehrstuhl für Förder- und Lagerwesen der Universität Dortmund und vom Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik in Dortmund.

Für die Erstellung der Abbildungen und Tabellen gilt der Dank Frau Liebich, Frau Vorwald, Herrn Besten, Herrn Heinzelmann und Herrn Katsi-

mitsoulias, für die Recherche und Formatierung Herrn Herwick und Herrn Schmidt.

Gedankt wird abschließend den Vertretern der Unternehmen für die Bereitstellung von Fotomaterial, und darüber hinaus den Firmen Vanderlande Industries, Hörmann, Modine und Hilti für die Bereitstellung von Unterlagen zur Erstellung der Beispiele für Materialflusssysteme.

Dortmund
Frühjahr 2007

Michael ten Hompel
Thorsten Schmidt
Lars Nagel

Die Intralogistik als identitätstiftende 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 Warenumschlag 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.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 1

2. Verpackungssysteme 5
2.1 Aufgaben der Verpackung und Ladeeinheitenbildung 5
2.2 Systematiken zur Packstück- und Ladeeinheitenbildung 9
2.2.1 Begriffsbestimmungen 9
2.2.2 Systematik zur Packstückbildung 11
2.2.3 Systematik zur Ladeeinheitenbildung 11
2.3 Verpackungstechnik 13
2.3.1 Beanspruchung der Güter 13
2.3.2 Packstoffe 14
2.3.3 Füll- und Polstermaterialien 15
2.3.4 Packmittel 17
2.3.5 Packhilfsmittel 19
2.3.6 Mehrwegsysteme 20
2.3.7 Verpackungsmaschinen 21
2.4 Ladeeinheitenbildung 23
2.4.1 Ladeeinheiten und Ladehilfsmittel 23
2.4.2 Tragende Ladehilfsmittel 24
2.4.3 Umschließende Ladehilfsmittel 26
2.4.4 Abschließende Ladehilfsmittel 29
2.4.5 Palettierung und Packmustergenerierung 34
2.4.6 Palettierung mit Roboterunterstützung 36
2.4.7 Ladeeinheitensicherung 38
2.4.8 Ladungszusammenstellung und Ladungssicherung 43
2.5 Auswahlkrierien und Systemvergleich 45

3. Lagersysteme 49
3.1 Aufgaben der Läger 50
3.2 Grundfunktionen von Lagersystemen 53
3.3 Systematik der Läger 55
3.3.1 Systematisierung der Lagermittel 55
3.3.2 Fördermittel im Lager 57
3.4 Lagermittel 61

3.4.1 Bodenlagerung ... 61
3.4.2 Statische Regallagerung ... 62
3.4.3 Dynamische Regallagerung ... 80
3.4.4 Fördermittel mit Pufferfunktion ... 89
3.5 Regalkonstruktion ... 90
3.5.1 Vergleich unterschiedlicher Lagertypen ... 97
3.5.2 Tiefkühllager ... 97
3.5.3 Brandschutz im Lager ... 100
3.6 Lagerorganisation ... 102
3.6.1 Parameter der Lagerorganisation ... 102
3.6.2 Ziele der Lagerorganisation ... 104
3.6.3 Strategien zur Lagerbewirtschaftung ... 105
3.6.4 Steuerung automatischer Lagersysteme ... 108
3.7 Begriffe und Kennwerte ... 110
3.8 Auswahlkriterien und Systemvergleich ... 113

4. Fördersysteme ... 119
4.1 Aufgaben der Fördersysteme ... 119
4.2 Systematik der Fördermittel ... 122
4.3 Stetigförderer ... 127
4.4 Unstetigförderer ... 155
4.4.1 Flurgebundene Unstetigförderer ... 156
4.4.2 Aufgeständerte Unstetigförderer ... 207
4.4.3 Flurfreie Unstetigförderer ... 213
4.5 Auswahlkriterien und Systemvergleich ... 223

5. Teilfunktionen in Materialflusssystemen ... 231
5.1 Stückgutsortiersysteme ... 231
5.1.1 Aufbau von Sortiersystemen ... 231
5.1.2 Aufbau einer Sortieranlage ... 233
5.1.3 Sortier- und Verteilförderer ... 234
5.2 Kommissioniersysteme ... 251
5.2.1 Systematik der Kommissionierung ... 256
5.2.2 Ausprägungsformen der Kommissionierung ... 269
5.2.3 Leistung von Kommissioniersystemen ... 274
5.2.4 Assoziierte Funktionen der Kommissionierung ... 286
5.3 Intralogistische Systeme und Techniken zum Warenumschlag ... 289
5.3.1 Aufgaben und Systematik von Umschlagsystemen ... 289
5.3.2 Innerbetriebliche Umschlagsysteme ... 290
5.3.3 Ladezone als Schnittstelle zwischen innerbetrieblichem und außerbetrieblichem Materialfluss ... 301
5.3.4 Systeme zur Be- und Entladung von Lkw ... 312
5.3.5 Auswahlkriterien und Systemvergleich ... 317

6. Planung von Materialflusssystemen 321
6.1 Einführung 321
6.1.1 Grundsätze und Axiome der Logistikplanung 321
6.1.2 Planungsziele 323
6.2 Zielsetzungen und Randbedingungen 324
6.2.1 Zielkonflikte 324
6.2.2 Planungsprobleme 324
6.2.3 Planungskriterien 325
6.2.4 Definitionen 328
6.3 Methodisches Vorgehen: Stufenmodelle der Planung 329
6.3.1 Planungsauftakt und Zieldefinition 331
6.3.2 Planungsdatenanalyse 335
6.3.3 Entwurf von Prozessvarianten 343
6.3.4 Entwurf von Arbeitsmittelvarianten 348
6.3.5 Dimensionierung, Überprüfung, Bewertung der Varianten 349
6.3.6 Feinplanung 352
6.3.7 Realisierung 354
6.4 Materialflussrechnung 356
6.4.1 Klassische Durchsatzberechnung 357
6.4.2 Grenzleistungsrechnung 358
6.4.3 Bedienungstheorie 359

7. Systembeispiele des Materialflusses 361
7.1 Distributionssystem 361
7.1.1 Distributionslogistik 361
7.1.2 Warenverteilzentrum 361
7.1.3 Hilti Warenverteilzentrum: Systembeschreibung 362
7.2 Cross-Docking-Terminal 366
7.2.1 Cross-Docking 366
7.2.2 Ausgangssituation 366
7.2.3 Cross-Docking-Terminal von Wal-Mart: Systembeschreibung 366
7.3 Produktionsver- und -entsorgung 370
7.3.1 Just-in-Time 370
7.3.2 Ausgangssituation 370
7.3.3 Modine JIT-Montagewerk zur Kühlerproduktion: Systembeschreibung 371

Literaturverzeichnis 377

Sachverzeichnis 383