



LOM21-I
A 03/II

Technische Grundlagen der Logistik

LOM 21: Technische Grundlagen der Logistik

Logistikmanagement

Uwe Hansen

Prof. Dr. Uwe Hansen



Schwerpunkte in Lehre und Forschung:

- Logistik/Verkehrswirtschaft
- Optimierung von logistischen Prozessen
- Verkehrslogistik
- Entsorgungslogistik

Hansen, Uwe:

Technische Grundlagen der Logistik; Logistikmanagement; Schriften des MBA Fernstudienprogrammes, Modul LOM21-I / A03/II; Koblenz 2022

© 2015 zfh – Zentrum für Fernstudien im Hochschulverbund
3. Auflage 2022

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung des zfh – Zentrum für Fernstudien im Hochschulverbund reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

Text, Abbildung und Programme wurden mit größter Sorgfalt erarbeitet. Das MBA-Fernstudienprogramm und die Autorinnen und Autoren können jedoch für eventuell verbleibende fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische noch irgendeine andere Haftung übernehmen.

Herausgeber:	MBA-Fernstudienprogramm Prof. Dr. Thomas Mühlencoert / Prof. Dr. Uwe Hansen (Studiengangsleitung) Fachbereich Wirtschafts- und Sozialwissenschaften Hochschule Koblenz, RheinAhrCampus Joseph-Rovan-Allee 2 • 53424 Remagen
Vertrieb:	zfh – Zentrum für Fernstudien im Hochschulverbund - Koblenz
Leiter:	Prof. Dr. Ralf Haderlein
Anschrift:	zfh – Zentrum für Fernstudien im Hochschulverbund Konrad-Zuse-Straße 1 • 56075 Koblenz • Tel.: 0261/91538-0
Titelgestaltung:	zfh – Zentrum für Fernstudien im Hochschulverbund - Koblenz

Einleitung

Die Logistik erfährt in Zeiten des globalen Wirtschaftens täglich neue Herausforderungen. Daher sind funktionierende Logistiksysteme für Unternehmen und Volkswirtschaften von elementarer Bedeutung. Veränderungen in Kunden-Lieferanten-Beziehungen, im Kontext globaler Kooperationen und globalen Wettbewerbs, führen zu vernetzten Beschaffungs-, Produktions- und Distributionsstrukturen.

Als Intralogistik werden die Material- und Informationsflüsse innerhalb eines Unternehmensgeländes bezeichnet. Der Begriff wurde definiert, um eine Abgrenzung zum außerbetrieblichen Transport zu schaffen, wie er beispielsweise durch eine Spedition erfolgt.

Das Forum Intralogistik im Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau definiert die Intralogistik als die Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Waren- und Materialflusses und der Logistik, der Informationsströme sowie des Warenumschlags in Industrie, Handel oder öffentlichen Einrichtungen.

Um Materialflüsse zu planen und deren Abläufe zu steuern, muss man die technischen Mittel kennen, mit denen diese Prozesse realisiert werden. Mit dem vorliegenden Studienbrief werden aufbauend auf Begriffsbestimmungen zunächst die Lagerung, die Kommissionierung und anschließend die Verpackung beschrieben und klassifiziert. Weiterhin werden die allgemeinen Grundlagen und anschließend die Stetig- und Unstetigförderer beschrieben und klassifiziert. Dabei werden die Basistechnologien und darauf aufbauende Lösungen behandelt. Wirkungsweise und Effizienz sowie die Stärken und Schwächen der Systeme und Komponenten werden beschrieben.

Neben längeren Transportwegen erhöht sich der Aufwand für das Handling von Informationen und Abstimmungen mit Akteuren zur Sicherung der Marktposition eines Unternehmens. Mit der Erschließung neuer Märkte gewinnt die eigene Logistik-Kompetenz für ein Unternehmen, von der Erstausslieferung bis zur Ersatzteilversorgung, an strategischer Bedeutung. Schlagwörter wie „Make or Buy“, „Time to Market“ oder „Supply Chain“ zeigen Chancen und Risiken für die Planung und den Einsatz von inner- und außerbetrieblichen Logistikprozessen in Logistiksystemen auf.

Logistik daher nur als eine Hilfswissenschaft mit einer Querschnittsfunktion in der modernen Wirtschaft zu bezeichnen, wird der betriebs- und volkswirtschaftlichen Bedeutung dieser umfassenden und komplexen Aufgabe bei Weitem nicht gerecht.

Die „richtige“ Vernetzung vielfältiger Facetten der theoretischen Logistik, Be-

schaffungs-, Materialfluss- und Transportlogistik sowie Informationslogistik bildet die Basis für ein erfolgreiches und in der Praxis belastbares Logistiksystem.

Die Zeichnungen und Bilder sollen dem Leser die Einsatzmöglichkeiten der Komponenten verdeutlichen. Der Leser dieses Studienbriefes soll am Ende in der Lage sein, begründete Auswahlentscheidungen für konkrete Projekte im Bereich Lagerung, Kommissionierung und Verpackung zu treffen.

Der Inhalt dieses Studienbriefes kann fachübergreifend für die Bereiche Fabrikplanung, Produktionsmanagement und anderer Fächer für die Lösung dortiger Problemstellungen mit angewendet werden.

Zur Ergänzung und Vertiefung des Stoffes wird folgende weiterführende Literatur empfohlen:

ten Hompel, M.; Schmidt, Th.; Dregger, J.: Materialflusssysteme: Förder- und Lagertechnik, VDI-Buch, Springer Verlag, Berlin, 2018

Hier werden die technischen Komponenten von Materialflusssystemen und die damit verknüpften organisatorischen Fragestellungen beschrieben. Hauptaugenmerk liegt auf der Materialflusstechnik der Stückgüter. Behandelt werden Basistechnologien sowie die Wirkungsweise und die Effizienz von Materialflusssystemen einschließlich der Stärken und Schwächen einzelner Komponenten. Es unterstützt die Bewertung und die Auswahl von Elementen und Systemen.

Gudehus, T.: Logistik. Springer Verlag, Berlin, 2013

Hier werden die Anwendungsmöglichkeiten der allgemein gültigen Grundsätze, Strategien und Berechnungsformeln anhand von Beispielen aus Industrie, Handel und Dienstleistung erläutert. Der Autor beschreibt und erläutert Strategien, Optimierungsverfahren, Algorithmen und Formeln zur rechnergestützten Planung und Disposition von Logistiksystemen.

Martin, H.: Transport- und Lagerlogistik, Verlag Springer Vieweg, Berlin, 2016

Die bearbeiteten Themen der Transport- und Lagerbereiche sind nach funktionellem Aufbau, Vor- und Nachteilen, Einsatzgebieten und planerisch interessierenden Fakten dargestellt. Besondere Berücksichtigung finden flexible Transportmittel, neue Lagersysteme und Automatisierungsmöglichkeiten.

ten Hompel, M.; Schmidt, T.: Warehouse Management, Springer Verlag, Berlin, 2010

Hier wird die Organisation von Lager- und Kommissioniersystemen thematisiert. Dabei werden die Grundlagen der Lager- und Kommissioniertechnik behandelt sowie die automatische Identifikation, die notwendige Informations-

und Kommunikationstechnik bis hin zu komplexen Warehousemanagement-Systemen (WMS).

Koether, R. (Hrsg.): Taschenbuch der Logistik. Hanser Verlag, München, 2018

Dieses Buch ist ein umfassendes Grundlagenwerk zum Nachschlagen von Basiswissen. Der Leser findet Hinweise über die gesamte Breite der Logistik. Es ist thematisch und nicht begrifflich geordnet. Damit dient es dem Leser als erste Standortbestimmung und die zahlreichen Literaturhinweise helfen vertieft in die Thematik einzusteigen.

Die gleiche Aussage gilt für die beiden folgenden Werke:

Krampe, H. u. Lucke, H.-J. (Hrsg.): Grundlagen der Logistik, Huss-Verlag, München, 2012

Arnold, D.; Isermann, H.; Kuhn, A.; Tempelmeier, H. (Hrsg.): Handbuch Logistik, Springer Verlag, Berlin, 2021

Zur Vertiefung der Inhalte stehen Ihnen auf OLAT folgende E-Learning-Lerneinheiten mit Selbstlernfragen (Quiz) zur Verfügung:

- Lagerung
- Kommissionierung
- Verpackung
- Sicherheit
- Förderung
- Planung logistischer Prozesse

Sie finden die Lerneinheiten im Bereich technische Grundlagen der Logistik im Teil Lerneinheiten und dann im Abschnitt Intralogistik.

Lernziele

Nach dem Studium dieses Studienbriefes und der dazugehörigen Kurseinheiten sollten Sie

- die Aufgaben und Ziele der Logistik definieren und in der Praxis optimieren können,
- die grundlegenden Begriffe der Logistikprozesse und die Rahmenbedingungen, Einflussgrößen und wechselseitigen Abhängigkeiten in der Logistik anwenden können,
- Aufgaben im Lager strukturieren und aus dem Lösungsspektrum ein Lager konzipieren können. Dabei erkennen Sie die typischen Systemelemente eines Lagers und deren Einfluss auf die Leistung. Einen Schwerpunkt stellen dabei die Stückgutlager dar,
- die Besonderheiten und wesentliche Merkmale von Kommissioniervorgängen unterscheiden und in der Praxis benennen können,
- geeignete Sortier- und Verteilsysteme auswählen, wichtige Systeme beschreiben und Kriterien zur Auswahl benennen können,
- in der Lage sein, zu entscheiden, wann welche Kommissioniertechnik für welchen Prozess zur Anwendung kommt,
- die Verpackungsfunktionen unterscheiden und in der Praxis benennen können, Gründe für die Modularisierung von Verpackungen kennen und diese in der Praxis anwenden können,
- die Prinzipien der Bildung von Ladeeinheiten erfolgreich in der Praxis anwenden können,
- die grundlegenden Begriffe der Förderung anwenden können,
- die Rahmenbedingungen, Einflussgrößen und wechselseitigen Abhängigkeiten analysieren können,
- einen Überblick über verschiedene Förderer (Stetig- und Unstetigförderer) haben,
- typische Einsatzfälle bewerten und die richtige Fördertechnik bestimmen können, die unterschiedlichsten technischen Merkmale und Bauformen kennen und einsetzen können,
- die wichtigsten Gestaltungsparameter und Kriterien zur Auswahl geeigneter technischer Lösungen erkennen und in der Lage sein, zu entscheiden, wann welche Fördertechnik für welche Förderung zur Anwendung kommen sollte,
- die Grundlagen zur Planung logistischer Systeme darlegen können,

- Merkmale strategischer und operativer Logistikplanung unterscheiden und anwenden können,
- zentrale und dezentrale Steuerung von Prozessen analysieren können,
- Materialflussplanungen durchführen können,
- Kennzahlen kennen, verstehen und anwenden können sowie
- unterschiedliche Ansätze zur Optimierung von Logistikprozessen kennen und in der Praxis anwenden können.

1 Ziele und Funktionen der Logistik

Die Verteilung von Gütern, das Anliefern von Waren zu einem definierten Zeitpunkt, das kundenorientierte Zusammenstellen von Artikeln und die Behandlung der mit diesen Prozessen verbundenen Informationen sind nur einige Beispiele für die verschiedenen Aufgaben der Logistik.

In Zeiten zunehmender globaler Konkurrenz und wirtschaftlich angespannter Phasen sehen sich alle Unternehmen gedrängt, ihre gesamte Struktur zu überprüfen und Schwachpunkte in ihrer Organisation zu beseitigen. Die Logistik erfordert die betrieblichen Abläufe ganzheitlich zu betrachten, beginnend bei der Beschaffung bis zur Übergabe des Produktes an den Kunden unter Berücksichtigung der eingesetzten Produktionsmittel und der Entsorgung. Sie ist nicht allein auf die Fragestellungen der produzierenden Unternehmen ausgerichtet. So findet die Logistik genauso Einsatz in Handels- und Dienstleistungsunternehmen, in öffentlichen Haushalten und im Verkehr.

Um wirtschaftlich zu handeln, müssen in der Fertigung und beim Kunden Materialien und Güter bereitgestellt werden, und zwar

Ziele der Logistik

- die richtigen Materialien, Artikel und Produkte
- in der richtigen Menge
- zur richtigen Zeit
- am richtigen Ort
- mit der richtigen Qualität
- zu minimalen Kosten.

Dies wird als Zielsetzung der Logistik bezeichnet. Von der Bundesvereinigung Logistik wird die Logistik als eine anwendungsorientierte Wissenschaftsdisziplin definiert. Sie analysiert und modelliert dabei arbeitsteilige Wirtschaftssysteme als Flüsse von Objekten (v. a. Güter und Personen) in Netzwerken durch Zeit und Raum und liefert Handlungsempfehlungen zu ihrer Gestaltung und Implementierung. Die primären wissenschaftlichen Fragestellungen der Logistik beziehen sich somit auf die Konfiguration, Organisation, Steuerung oder Regelung dieser Netzwerke und Flüsse mit dem Anspruch, dadurch Fortschritte in der ausgewogenen Erfüllung ökonomischer, ökologischer und sozialer Zielsetzungen zu ermöglichen. [BVL-21]

Um die Logistik effektiv zu gestalten, ist ein ganzheitlicher Ansatz erforderlich. Die Logistik basiert auf den drei Säulen:

Aufgabe der Logistik

- Technik (fertigungs-, transport- und lagertechnische Komponenten),
- Informatik (Informationsflusselemente) sowie
- Betriebs- und Volkswirtschaft (wirtschaftliche Komponente).

1.1 Logistische Systeme

Die Logistik ist neben der Produktion Teil der Leistungserstellung eines Unternehmens. Im Gegensatz zur Produktion findet bei logistischen Prozessen keine Änderung von Form oder Eigenschaft der Güter statt. Logistik ist damit immer eine Dienstleistung.

Logistische Systeme

Die Material-, Personen- und Informationsflüsse werden als logistische Systeme bezeichnet. Darunter ist jede Anordnung von mindestens zwei Einzelementen von Gegenständen der Logistik zu verstehen, um Aufgabenstellungen der Planung, Steuerung und Überwachung in solchen Systemen auszuführen. Logistische Prozesse bewirken im Rahmen eines Transformationsprozesses eine Veränderung des Systemzustandes von Gegenständen der Logistik hinsichtlich Zeit, Ort, Menge, Zusammensetzung und Qualität. Abbildung 1.1 gibt einen Überblick über Transformationsprozesse in der Logistik.

Operationen im Materialfluss	Zustandsänderung	Technische Mittel
Verpacken Montieren	Zusammensetzung, Wert, Gestalt	Verpackungsmittel, Montagemittel
Lagern, Puffern	Zeit	Lagermittel
Fördern, Transportieren	Ort	Fördermittel
Umschlagen	Ort, Lage, Zusammensetzung	Handhabungsmittel, Fördermittel, Verkehrsmittel
Ladeeinheitenbildung	Menge	Handhabungsmittel, Verpackungsmittel
Kommissionieren	Sorte, Menge, Ort	Lagermittel, Fördermittel, Handhabungsmittel

Abb. 1.1: Transformationsprozesse der Logistik (nach [Hom-21])

Zur Erfüllung der Aufgaben bedient sich die Logistik operativer Funktionen für die Material- und Informationsflüsse sowie der Führungsfunktionen. Im Einzelnen sind es folgende Funktionen:

- **Materialfluss:**
 - Transportieren
 - Kommissionieren
 - Lagern
 - Umschlagen
 - Verpacken
- **Informationsfluss:**
 - Erfassen
 - Speichern
 - Übertragen
 - Ausgeben
 - Verarbeiten
- **Führungsfunktionen:**
 - Planen
 - Entscheiden
 - Gestalten
 - Kontrollieren
 - Bewerten
 - Überwachen

1.2 Gegenstände der Logistik

Gegenstände der Logistik sind diskrete Einzelelemente oder Subsysteme, welche die verschiedensten logistischen Systeme bilden und in vielfältigen Kombinationen, oft hierarchisch strukturiert, in logistischen Prozessen zusammenwirken.

Generell kann unterschieden werden zwischen Gegenständen der Logistik, die als Objekte (Güter, Personen, Informationen) im Rahmen eines Transformationsprozesses verändert werden, und Gegenständen, die als Arbeitsmittel (Materialflussmittel, Produktionsmittel, Informationsflussmittel) zusammen mit der notwendigen Infrastruktur (Gebäude, Flächen, Wege) die Änderung in Systemen bewirken. Effektive logistische Systeme vom Lieferanten zum Kunden werden durch eine ganzheitliche Betrachtung der logistischen Kette konzipiert. Nur so können Teiloptimierungen in einzelnen Bereichen vermieden werden (vgl. Abbildung 1.2).

Gegenstände

Im Vordergrund dieses Studienbriefes stehen Stückgüter (diskrete Güter). Entsprechend stehen alle festen Körper unterschiedlicher Abmessungen und alle Schüttgüter, Flüssigkeiten und Gase in Hüllgütern (die damit diskretisiert werden) im Blickfeld.

Stückgüter

Die VDI 2710 definiert den Materialfluss als „Verkettung aller Vorgänge beim Gewinnen, Be- und Verarbeiten sowie bei der Verteilung von Gütern innerhalb fester Bereiche“. Ein Materialflussprozess stellt demnach einen logistischen Prozess dar, der im Rahmen eines Transformationsprozesses eine Veränderung des Systemzustandes von Gütern bewirkt.

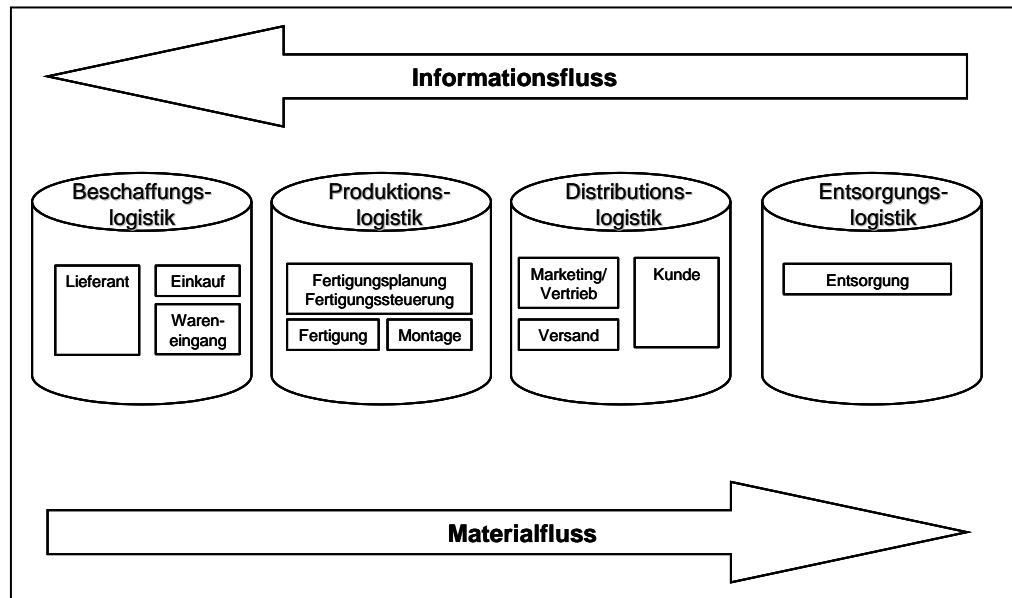


Abb. 1.2: Material- und Informationsfluss in der logistischen Kette (nach [Koe-18])

- Materialflusssystem** Ein Materialflusssystem ist eine Kombination von Gegenständen des Materialflusses, die im Rahmen eines Transformationsprozesses eine Veränderung des Systemzustandes hinsichtlich Zeit, Ort, Menge, Zusammensetzung und Qualität ermöglichen. Dafür existieren unterschiedliche Bestimmungsgrößen, von denen einige wichtige in der Abbildung 1.3 aufgeführt sind.
- Materialflusstechnik** Materialflusstechnik ist die wissenschaftliche Lehre der technischen Entwicklung, der Konstruktion, des Aufbaus, der Arbeitsweise und der Gestaltung (Planung) von Materialflusssystemen. Die Materialflusstechnik kann weiter aufgliedert werden in Haupt- und Nebenprozesse. Unter die Haupt- oder Kernprozesse fallen die Funktionen Transportieren (Fördern), Umschlagen und Lagern, unter die Nebenprozesse beispielsweise Funktionen wie Verpacken, Kommissionieren und Handhaben. Voraussetzung zur Planung von logistischen Prozessen sind gute Kenntnisse über die technischen Mittel der Logistik.

Größe	Symbol	Gleichung	Einheit
Förderweg	s		m, km
Förderzeit	t		s, min, h
Fördergeschwindigkeit	v	$v = \frac{s}{t}$	$\frac{m}{s}$; $\frac{m}{min}$; $\frac{km}{h}$
Fördermasse	m		kg; t
Fördervolumen	V		m ³
Tragkraft	F	$m * g$	N; kN, MN
Massendurchsatz	\dot{m}		$\frac{kg}{min}$; $\frac{t}{h}$
Volumendurchsatz	\dot{V}		$\frac{m^3}{h}$; $\frac{m^3}{min}$
Fördermenge	\dot{n}		$\frac{Stück}{h}$

Abb. 1.3: Bestimmungsgrößen der Logistik

2 Lagerung

Dieses Kapitel vermittelt Ihnen ein grundlegendes Verständnis für die wesentlichen Aufgaben und Funktionen eines Lagers. Es beschreibt wesentliche Konzepte zur Organisation und technischen Ausgestaltung von Lagersystemen und bietet Lösungen für unterschiedliche Aufgaben an. Der Leser kann die Aufgaben eines Lagers strukturieren und aus dem Lösungsspektrum ein Lager zusammensetzen. Dabei erkennt er die Systemelemente eines Lagers und deren Einfluss auf die Leistung. Einen Schwerpunkt stellen in diesem Kapitel die Stückgutlager dar.

Der ständig steigende Kostendruck auf Unternehmen hat dazu geführt, dass der Lagerwirtschaft größere Aufmerksamkeit gewidmet wird. Der Kundenwunsch nach immer höherer Produktverfügbarkeit zwingt die Anbieter zu einem effektiven Lagermanagement. Im Hinblick auf die Steuerung der kompletten Produktkette entsteht so die Notwendigkeit für einen lückenlosen Informationsfluss, beispielsweise über den Verbleib von Waren. Zur Realisierung dieser Anforderungen müssen Sie sich mit dem Thema der Lagerlogistik vertraut machen.

Im Bereich der Lagerwirtschaft beziehungsweise -logistik existiert eine Vielzahl von Begrifflichkeiten und Definitionen, die bei der Beschäftigung mit dem Thema relevant sind. Das folgende Kapitel gibt einen Einblick über Lagerfunktionen, Lagerorganisation, Lagersystematik und Lagertechnik.

2.1 Definitionen und Begrifflichkeiten

Der VDI definiert ein Lager als Raum beziehungsweise Fläche zum Aufbewahren von Stück- und/oder Schüttgut, das mengen- und/oder wertmäßig erfasst wird. Zusätzlich gehören Güter, Ausrüstungen und Arbeitskräfte zu einem Lager, die in ihrer Gesamtheit als ein Lagersystem die Lagerprozesse gewährleisten. [Hom-18, Sch-16]

Diese umfassende Definition beinhaltet das Lager in seinen verschiedenen Ausprägungsformen und die notwendigen Lagerhilfsmittel, die zur Erfüllung der Lagerprozesse erforderlich sind. Nicht eingeschlossen ist der Bereich der Bestandsführung beziehungsweise des Bestandsmanagements.

Die Lagerwirtschaft umfasst die Planung, Steuerung und Kontrolle der Lagerorganisation und der Lagertechnik, Lagereinrichtungen und -geräte, das Lagerlayout, die Lagerverwaltung und die Durchführung der Lagerung. Das Bestands-

management (Vorratshaltung) beinhaltet dagegen die Entscheidungen und Tätigkeiten zur Planung und Kontrolle der qualitativen und quantitativen Verfügbarkeit der Güter. Lagerwirtschaft ist damit die effiziente technische und organisatorische Realisierung der Vorratshaltung. [Sch-16]

Funktionen

Zwischen den Funktionen der Lagerung und der Bestandsführung besteht eine starke Wechselbeziehung. So zieht beispielsweise eine ausgelastete Lagerkapazität eine Einschränkung auf das Bestandsmanagement nach sich. Es muss hier in der Regel ein Mittelweg zwischen einer optimalen Bestandsführung und den davon direkt abhängigen Lagerkosten gefunden werden.

Aus logistischer Sicht treten Vorräte beziehungsweise Bestände im Güterstrom in Abhängigkeit vom Lieferer- oder Abnehmerstandpunkt als Material, Zwischenprodukt und Fertigerzeugnisse auf. Material wird differenziert in Rohstoffe, Werkstoffe, Teile, Hilfsstoffe und Betriebsstoffe sowie Reparaturmaterial. In der Praxis werden diese Bestandsarten weiter unterschieden. Unter dem Höchstbestand versteht man den maximal im Lager vorhandenen Bestand. Des Weiteren gibt es den mittleren Umlaufbestand (laufender Bestand oder durchschnittlicher Lagerbestand). Dieser wird für Vergleichs- und Planungszwecke ermittelt.

Weiterhin existiert der Sicherheitsbestand (wird zum Teil als „eiserne Reserve“ oder Mindestbestand bezeichnet). Er soll nicht unterschritten werden, da er der Aufrechterhaltung der Leistungsfähigkeit des Unternehmens dient.

Entstehen von Vorräten

Die allgemeine Ursache für das Entstehen von Vorräten sind Abweichungen zwischen der quantitativen und der zeitlichen Struktur von Input- und Output-Güterströmen. Bestandssenkungen im Lager und größere Zentralisierung der Bestände minimieren einerseits die Lagerhaltungskosten, müssen andererseits (bei Beibehaltung des Lieferservicegrades) durch größeren Transportaufwand ausgeglichen werden.

Somit entsteht eine Substitutionsbeziehung zwischen dem Lageraufwand und dem Transportaufwand. Wird ein idealisierter Bestandsverlauf mit konstanter Nachfrage und konstanten Einlagerungszyklen unterstellt, so ergibt sich die sogenannte „Sägezahnkurve“ (vgl. Abbildung 2.1).

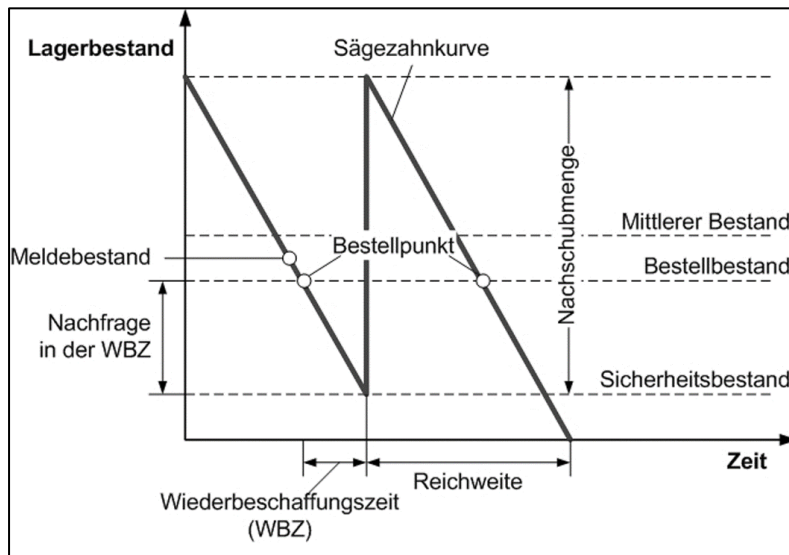


Abb. 2.1: Idealisierter Lagerbestandsverlauf eines Artikels [Hom-21]

Die Dispositionsstrategie ist hierbei so gestaltet, dass die Einlagerung in dem Moment erfolgt, in dem der Bestand auf den Sicherheitsbestand abgesunken ist. Diese Dispositionsart wird als Bestellpunktverfahren bezeichnet. Der mittlere Umlaufbestand kann folgendermaßen berechnet werden:

Dispositionsstrategie

$$\text{Mittlerer Umlaufbestand} = \frac{\text{durchschnittliche Einlagerungsmenge}}{2}$$

Lagerhaltungskosten lassen sich durch eine Vielzahl von Maßnahmen reduzieren. Beispiele hierfür sind:

Lagerhaltungskosten

- Reduzierung der Bestände durch Just-in-Time
- Sicherheitsbestände verringern
- Umschlagshäufigkeit erhöhen
- Automatische Ein- und Auslagerung
- Verstärkter EDV-Einsatz
- Reduktion der Artikelvielfalt
- Make-or-buy-Entscheidung (Outsourcing)
- Besserer Raumnutzungsgrad
- Verringerung der Spielzeiten
- Analyse der Lagerart und evtl. Umstellung
- Sortimentsbereinigung

2.2 Funktionen

Im Sinne der Herstellung beziehungsweise Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft kommt der Lagerhaltung eine große Bedeutung zu:

- Ausgleich unregelmäßiger Zu- und Abgänge (beispielsweise zwischen Fertigung und Distribution),
- Mengenausgleich (beispielsweise im Rahmen der Fertigung wirtschaftlicher Losgrößen),
- Sicherstellung der Auslastung (beispielsweise bei Störungen, Lieferengpässen, Verkehrsproblemen),
- Nutzung kostenoptimierter Bestellungen (Rabatte),
- Ausgleich von saisonalen Schwankungen des Absatzes,
- Schaffung eines hohen Lieferservice,
- Lagerung zur Wertsteigerung (Reifung) oder Spekulation,
- Erfüllung von Zusatzaufgaben (beispielsweise Kommissionierung).

Ausgleichsfunktion

Bei der Ausgleichsfunktion sollen die Bestände das zeitliche, sachliche, mengenmäßige und örtliche Auseinanderfallen von Lieferung beziehungsweise Produktion und Verbrauch überbrücken. Ein zeitliches Auseinanderfallen liegt vor, wenn bestimmte Materialien während des ganzen Jahres benötigt werden, die Beschaffung jedoch nur zu einem bestimmten Zeitpunkt oder nur während eines beschränkten Zeitraums möglich ist. Das kann zum Beispiel bei der Obstverarbeitung vorkommen. Das ganze Jahr über wird Obst verarbeitet, allerdings kann es nur während der Ernteperiode bezogen werden. Demnach ist eine Lagerung des Obstes erforderlich. Das Lager nimmt die Funktion eines Puffers ein.

Mengenmäßiges Auseinanderfallen ist gegeben, wenn bei bestimmten Chargenproduktionen aus technologischen Gründen nur eine bestimmte Menge produziert werden kann. Oftmals stimmt die Chargenmindestmenge nicht mit der benötigten Menge überein. Diese Differenzen müssen durch das Lager ausgeglichen werden. Außerdem können bei Produktionsabläufen oft Zwischenlagerbestände und/oder Puffer aus analogen Gründen entstehen. Bei der Werkstattfertigung werden Produktionslose in der Regel erst nach kompletter Bearbeitung durch die betreffende Werkstatt in die nächste weitergeleitet. Damit sinkt gleichzeitig die Störanfälligkeit der Werkstattfertigung gegenüber der Fließfertigung. Die Lagerhaltung entkoppelt den Absatz von der Produktion. Die Produktion kann dadurch ihre Kapazität besser auslasten. Eine zyklische Produktion benötigt zum Beispiel diese Funktion bei ständigem Absatz. [Ehr-17]

Die Sicherheitsfunktion wird in der Regel vom Sicherheitsbestand wahrgenommen. Sie wird wichtig bei Transportstörungen infolge von Witterungseinflüssen, Verkehrsstaus, Produktionsengpässen, Streiks oder Havarien. Die Sicherheitsfunktion in der Produktion wird meist von sogenannten Umschlagpuffern wahrgenommen. Sie werden beispielsweise bei Maschinenausfällen und operativen Produktionsumstellungen in Anspruch genommen. In Sonderfällen sind Bevorratungspflichten zur Krisenvorsorge aufgrund gesetzlicher Auflagen zu beachten. Zudem kommen noch Informationsdefizite im Unternehmen hinzu, beispielsweise:

Sicherheitsfunktion

- exakte Bedarfsmengen künftiger Perioden
- Liefermengen
- Bedarfszeitpunkte
- Lieferzeitpunkte
- Lagerschwund

Diese Defizite führen zu Unsicherheiten und zur Lagerhaltung [Ehr-17].

Lagerbestände dienen der Antizipation von Preisentwicklungen. Dies geschieht meist in Zeiten eines bevorstehenden konjunkturellen Aufschwungs mit einem zu erwartenden Preisanstieg für die zu beschaffende Ware. Ziel des beschaffenden Unternehmens ist eine Versorgung mit Gütern zum niedrigen Marktpreis. Das Lieferunternehmen spekuliert auf höhere Preise und deshalb werden Güter im Distributionslager zurückgehalten. Die Wahrnehmung von Marktchancen in Form von Gelegenheitskäufen kann ebenfalls zu weiteren Beständen führen. Befürchtete Qualitätsverschlechterungen können ebenso zu einer erhöhten Lagerhaltung führen. Handelsbetriebe üben diese Funktion in der Regel häufiger aus als Produktionsbetriebe.

Spekulationsfunktion

Die Bestände werden mit dem Ziel einer Qualitätssteigerung gelagert. Dabei laufen Gärungs-, Trocknungs- und Reifeprozesse ab, etwa bei Cognac, Holz, Käse oder Wein. Es handelt sich dabei um die Fortsetzung des Produktionsprozesses mit dem Ziel, die für den Verbrauch erforderlichen Qualitätsstandards zu erreichen. Bei einigen Planungsmodellen werden diese Bestände in die „eiserne Reserve“ einbezogen und gemeinsam mit dem Sicherheitsbestand als Mindestbestand ausgewiesen. Eine Analogie besteht insofern, als die zu veredelnden Bestände festliegen und für die laufende Disposition nicht verfügbar sind.

Veredelungsfunktion

Hier werden in größeren Losen gelieferte oder produzierte Bestände zu verbrauchsgerechten Sortimenten umstrukturiert. Beispielsweise werden Montageprozesse erleichtert, wenn die Teile zu montagegerechten Sets zusammengestellt werden. Im Groß- und Einzelhandel werden aus den angelieferten, gleichartige Artikel enthaltenden Losen Güter aussortiert und zu kundengerechten

Sortierungsfunktion

Sortimenten zusammengestellt. Erfolgt diese Zusammenstellung aufgrund vorliegender Bestellungen oder genauer Bedarfsinformationen, so wird die Sortierfunktion zum Mittel der Kommissionierung.

2.3 Stufen

Der Leistungserstellungsprozess in einem Fertigungsunternehmen kann in verschiedenen Stufen dargestellt werden. Diese Stufen steuern den Materialfluss und ihnen werden die einzelnen Lager zugeordnet. Damit wird unter Lagerstufen die Einordnung von Lagern in die verschiedenen Phasen des Güterflusses verstanden. Abbildung 2.2 skizziert diese Zusammenhänge.

- Lagerstufe 1** Die **Lagerstufe 1** stellt die Eingangslager dar. Die Eingangslager sollen die Produktion sicherstellen, indem sie der Fertigung permanent das benötigte Material zur Verfügung stellen und Sicherheitsbestände führen. Des Weiteren lagert im Eingangslager spekulativ beschafftes Material. Damit erfüllen die Eingangslager die Sicherheits-, Spekulations- und Pufferfunktion.
- Lagerstufe 2** Unter der **Lagerstufe 2** werden die Lager im Fertigungsbereich zusammengefasst. Es handelt sich um Zwischenlager, die häufig Werkstattlager oder Parallellager genannt werden. Ihre Funktion wird benötigt, wenn bereits Fertigungsstufen realisiert wurden. Als Hauptfunktion ist jedoch die Pufferung zu nennen.
- Lagerstufe 3** Nach der Fertigung kommt die **Lagerstufe 3**. Es folgen die Erzeugnis-, Absatz- oder Endlager. Sie dienen dem Ausgleich der Absatzschwankungen. Erzeugnislager üben sämtliche Funktionen aus.
- Lagerstufen 4 und 5** In der Literatur werden zum Teil noch die **Lagerstufe 4** (Lagerung von Handelsware) und die **Lagerstufe 5** (Lagerung der Verwaltung) erwähnt. Diese spielen im industriellen Bereich nur eine untergeordnete Rolle. [Ehr-17]

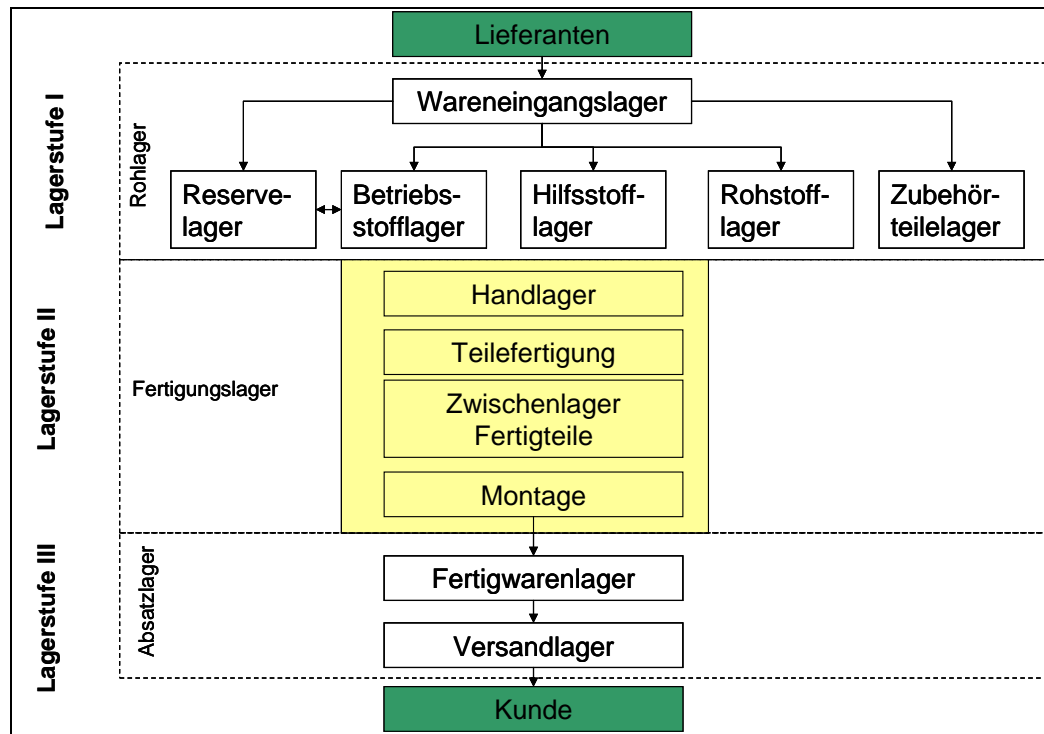


Abb. 2.2: Lagerstufen im Industriebetrieb

2.4 Prozesse

Der Kernprozess des Lagerns besteht aus dem Einlagern der Lagereinheiten (mit oder ohne Lagerhilfsmittel). Auf den Lagerplätzen werden die Lagereinheiten aufbewahrt, bereitgehalten und überwacht, bis dass sie schließlich wieder ausgelagert werden.

Kernprozess

Zu den Zusatzfunktionen zählt beispielsweise das Kommissionieren ganzer Ladeeinheiten, das geordnete Auslagern oder das Zusammenstellen der ausgelagerten Ladeeinheiten nach vorgegebenen Aufträgen. Die Einlagerungsfunktion unterteilt sich in Hauptschritte, die im Folgenden näher erläutert werden.

Zur Warenannahme (Wareneingang) werden die Materialien an einer Entladestelle, im Eingangslager oder im Fertigungsbereich ausgeladen. Während der Materialannahme finden erste Prüfungen statt. Die Termineinhaltung wird abgeglichen und das Material wird auf erste Mängel (beispielsweise falsches Material, Beschädigung des Materials und der Verpackung, Verderb) untersucht. Bei der **formalen Kontrolle** wird die Übereinstimmung zwischen Bestellkopie, Versandanzeigen, Lieferscheinen und sonstigen Begleitpapieren überprüft.

Warenannahme

EDV-technisch wird das eingehende Material beispielsweise in Warenwirtschaftssystemen verbucht. Es wird ein Abgleich der Bestellbestände vorgenommen, damit Abweichungen vom Bestellbestand erkannt werden können, beispielsweise Fehlmengen. Oftmals werden hier schon die Wareneingangssätze erstellt, wobei die benötigten Steuerinformationen angezeigt werden. Hierzu können folgende Möglichkeiten gehören:

- Unterscheidung zwischen Groß- und Kleinteilen
- Kennzeichnung von Fehlteilen, die beschleunigt abzuwickeln sind
- Hinweise für Stoffprüfvorschriften
- Angabe des Prüfindervalls und der Prüfmenge
- Abbuchung vom Bestellbestand
- Verbuchung der Eingangsmengen als Zugang
- Anzeigen der Wareneingänge für Disposition, Beschaffung und Steuerung
- Anzeigen der Wareneingänge für Rechnungsprüfer

Materialprüfung

Nach der Annahme folgt die Prüfung. Sie erstreckt sich auf Materialart, Materialmenge, Materialqualität, Liefertermin und die Rechnung. Art und Intensität der Prüfungen hängen vom Material ab. Entschieden wird hierbei nach A-, B- oder C-Artikel, den vertraglichen Abmachungen mit den Lieferanten hinsichtlich der Qualitätsprüfung, dem Lieferantenvertrauen und den bisherigen Erfahrungen mit den Zulieferern, dem verfügbaren Personal und vieles mehr.

Qualitätsprüfung

Im Anschluss erfolgt eine Qualitätsprüfung. Hier wird festgestellt, ob die angelieferten Güter die vertraglich zugesicherten Eigenschaften aufweisen. Nach DIN 55350 ist Qualität die Beschaffenheit einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, festgelegte oder vorausgesetzte Erfordernisse zu erfüllen. [Ehr-17]

Die „Beschaffenheit“ umfasst dabei die Gesamtheit der Merkmale und Merkmalswerte. Die „Einheit“ setzt sich aus dem materiellen oder immateriellen Gegenstand der Betrachtung zusammen. Das „Merkmal“ an sich ist die Eigenschaft zum Erkennen oder Unterscheiden von Einheiten.

Die Qualitätsprüfung steht in den Diensten der Qualitätssicherung des beschafften Materials. Häufig wird die Qualitätsprüfung dem Lieferanten zugewiesen, da sie bei dem Abnehmer eine Stockung des Materialflusses bewirkt, Geld kostet und die Ware ohnehin bereits beim Lieferanten geprüft wurde. Dem Lieferanten werden dann bestimmte Qualitätsmerkmale vorgeschrieben. Der Prüfumfang und die Prüfindensität, Prüfmethode, Prüfgeräte und Toleranzen werden vertraglich festgelegt. Der Lieferant spart Kosten durch seine einmalige Prüfung. Es entfallen Kosten für Ausschuss und für die Folge von Fehlern, für aufwendige Reklamations-, Verpackungs- und Versandarbeiten sowie abermalige

Prüfvorgänge beim Eingang der Ersatzware. [Ehr-17]

Je nach Lagerart werden verschiedene Schritte bei der Einlagerung der Güter in das Lager durchlaufen. Zu unterscheiden sind dabei manuelle oder automatische Lager. Bei einem manuellen Lager erfolgt eine einmalige Aufnahme der Ware, beispielsweise mit einem Stapler und anschließendem Transport an einen Lagerort.

Einlagerung

Bei automatischen Lagern kann es Zwischenstufen geben, wie beispielsweise Übergabepunkte zu vollautomatischen Regalbediengeräten. Hier wird der Transport vom Übergabepunkt aus zum endgültigen Lagerort von einem Regalbediengerät durchgeführt. [Hom-10]

Zunächst erfolgt eine Identifizierung der einzulagernden Ware. Bei der Identifizierung werden die Güter für die Einlagerung vorbereitet. Es folgt eine Zuordnung der Lagergüter nach bestimmten feststehenden Kriterien der Lagerplatzbestimmung:

Identifizierung

- Art des Lagergutes
- Abmessungen/Volumen
- Gewicht
- Temperatur
- Gefahrgutbestimmungen
- Überwachungs- und Pflegebedarf
- Lagereinheit
- Entnahmehäufigkeit

Der Identifizierung schließt sich die Positionierung (Zuteilung des Lagerplatzes) an. Es gibt zwei verschiedene Arten der Lagerplatzzuteilung. Entweder wird nach dem **Magazinierbetrieb** oder dem **Lokalisierprinzip** eingelagert.

Bei dem Magazinierbetrieb bekommt jedes Lagergut einen festen Lagerplatz, was jedoch zu einer unzureichenden Auslastung der Lagerkapazität führen kann. Das Lokalisierprinzip wird als „**chaotische Lagerung**“ bezeichnet. Hierbei gibt es keine festen Lagerplätze. Jeder freie Lagerplatz kann von unterschiedlichen Artikeln belegt werden. Der Vorteil ist vollständige Regalbelegung, allerdings wird die Organisation erschwert. Es kann zum sogenannten Durchlagern kommen, was einen direkten Transport der Ware an die Verbrauchsstellen beinhaltet.

Unabhängig von der Lagerart werden folgende Prozesse nach der Identifizierung beim Einlagern durchgeführt:

- Verteilung auf Lagerbereiche
- Vergabe von Lagerplätzen
- Transport in die Lagerbereiche beziehungsweise -plätze
- Einlagerung

Eine weitere Hauptfunktion ist das **Aufbewahren, Bereithalten** und **Überwachen**. Schwerpunkt hierbei ist der Schutz vor Umwelteinflüssen, Brand, unberechtigten Entnahmen usw. Durch unangemessene Lagerungsbedingungen können Gebrauchsminderungen und Schwund in Form von Verdampfung, Schrumpfung oder allgemeinem Gewichtsverlust entstehen. Der Eintritt von unwillkürlich veränderten Lagerungsbedingungen soll verhindert werden. Gegebenenfalls sind Luftdruck, Lichtverhältnisse, Temperatur und Luftfeuchtigkeit laufend zu überwachen und entsprechend zu regulieren. Bei bestimmten Gütern sind Aufbewahrungspflichten zu beachten. Daher sind besondere Kontrollen nötig und Umwälzprozesse erforderlich. Überlagerte Bestände müssen gegebenenfalls aussortiert werden. Bei umweltgefährdenden Gütern muss die Umwelt vor den Auswirkungen geschützt werden.

Auslagerung

Vor einer Auslagerung wird ein Abgleich zwischen Auftrag und Lagerbestand durchgeführt. Dabei erfolgt eine Reservierung der auszulagernden Mengen und/oder Lagereinheiten, um Fehlmengen zum terminierten Auslagerzeitpunkt zu vermeiden. Die Disposition und Durchführung der Auslagerung erfordert die Berücksichtigung verschiedenster Zielvorgaben und wird unter Anwendung bestimmter Auslagerungsstrategien durchgeführt. Einige Strategien können nur bei entsprechender zeitlicher Disposition realisiert werden. [Hom-10, Glo-17].

2.5 Systematik

Lagerarten

Eine Systematisierung von Lagern kann auf verschiedene Arten erfolgen (vgl. Abbildung 2.3). Für alle Kriterien gibt es im praktischen Einsatz eine Vielzahl von Realisierungsmöglichkeiten. Des Weiteren können jedem Lager somit mehrere Lagerarten zugeordnet werden. Ein Produktionslager kann beispielsweise ein geschlossenes Lager und Flachlager für Stückgut sein, welches die Funktion eines Ausgleichslagers besitzt.

Kriterium	Beispiele			
Stellung im logistischen Prozess	Umschlag	Produktion	Distribution	Handel
Lagergut	Form	Größe	Schüttgut	Kühlgüter
Lageraufgabe	Bevorratung	Pufferung	Verteilung	Sammlung
Lagerhöhe	flach	Hohe Flachlager	Etagen	hoch
Bauform	Freilager	Überdachte Lager	geschlossene Lager	Silolager
Stellung im Produktionsprozess	Rohmaterial	Hilfsmaterial	Halbzeuge	Fertigwaren
Gefahrenklassen	brennbar	toxisch	ätzend	explosiv
Art des Betriebes	Handel	Industrie		
Art der Distributionsstruktur	zentral	dezentral	regional	
Art der lagerbezogenen Tätigkeiten	Kommissionierung	Sortierung		
Organisatorische bzw. technologische Gründe	Reserve-lager	Ausgleichs-lager	Sperrlager	Konsignationslager
Gutklassen	Stückgut	Schüttgut	Gas	Gefahrgut

Abb. 2.3: Lagerarten

Eine Systematisierung soll deshalb im weiteren Verlauf anhand

- der Bauform,
- der Lagermittel sowie
- der verwendeten Fördermittel erfolgen.

2.5.1 Bauweise

Eine erste systematische Einteilung der Lagerbauweise richtet sich nach der Geschosshöhe der ausgeführten Lager:

- **Flachlager:** Lager in Gebäuden mit einer Höhe von bis zu 7 m
- **Hohe Flachlager:** Lager in Gebäuden mit Höhen bis zu 12 m
- **Hochlager oder Hochraumlager:** Hallenhöhen über 12 m
- **Etagenlager:** zwei oder mehr übereinander angeordnete Flachlager

Silobauweise

Neben den Lagern in festen Gebäuden gibt es Lager in Silobauweise. Hochregale in Silobauweisen sind für die Stückgutlagerung geeignet. Hierbei dient das Lagergestell als tragende Konstruktion, die alle anfallenden Belastungen, beispielsweise die Windkräfte (Windlasten), aufnimmt. Lager in Silobauweise sind nur für diesen einen Zweck zu nutzen. Sie sind nicht für Umschlag oder Produktion zu verwenden.

Außerdem werden Lager in Traglufthallen (zumeist Bodenlager für Stückgut), Bunker (Schüttgut) und Freilager (für witterungsunempfindliche Güter) eingesetzt. [Hom-18]

2.5.2 Lagermittel

Die Bauform allein kann nicht das alleinige Kriterium für die Gliederung der verschiedenen Lager darstellen. In der Praxis sind zahlreiche Lagermittel für eine Verwendung in mehreren Bauformen gleichermaßen geeignet. Daher wird in der Literatur eine Untergliederung der Lager in Abhängigkeit der zum Einsatz kommenden Lagermittel vorgenommen.

Man unterscheidet zwischen Lagern mit und ohne Einsatz von Regalen. Erstgenanntes wird als Regallagerung bezeichnet und das Zweitgenannte ist die Bodenlagerung. In beiden Fällen können die Ladeeinheiten wahlweise zu einem Block zusammengefasst und damit in einer Kompaktlagerung angeordnet oder in Form von Zeilen mit Zwischenräumen als Bedienwege zu einer Zeilenlagerung konfiguriert werden. Verschiedene Fördermittel sind systembedingt neben ihrer Förderfunktion auch zur Lagerung geeignet. Sie bilden im Rahmen dieser Systematisierung die Gruppe Lagerung auf Fördermitteln. [Hom-18] Damit ergeben sich folgende Kriterien:

- **Bodenlagerung:** Lagerung auf einer oder mehreren Ebenen
- **Regallagerung:** Lagerung grundsätzlich auf mehreren Ebenen
- **Kompaktlagerung:** mögliche Zusammenfassung zu einem Block oder mehreren Blöcken
- **Lagerung auf Fördermitteln**

- **Statische Lagerung:** Lagermittel sind statisch, wenn die Ladeeinheit zwischen der Ein- und Auslagerung in Ruhe an einem Platz im Lager verbleibt, d. h. keinerlei Ortsveränderungen durchgeführt werden. Eine Umlagerung zur Optimierung von Zugriffszeiten, beispielsweise in einem Palettenregal, hat dabei keinen Einfluss auf diese Einteilung.
- **Dynamische Lagerung:** Lagermittel werden als dynamisch bezeichnet, wenn die Ladeeinheiten nach dem Einlagern bewegt werden. Die Lage des Ein- und Auslagerungsortes ist dabei nicht relevant, es können sowohl identische wie auch unterschiedliche Orte im Lager sein. Bei der dynamischen Regallagerung ist die Unterscheidung in Block- und Zeilenlager nicht sinnvoll. Hier wird nach der vollzogenen Bewegung (bewegte Regale oder bewegte Ladeeinheiten) differenziert.

In Abbildung 2.4 sind die wichtigsten Begriffe für Lagermittel für Stückgut aufgeführt und systematisiert.

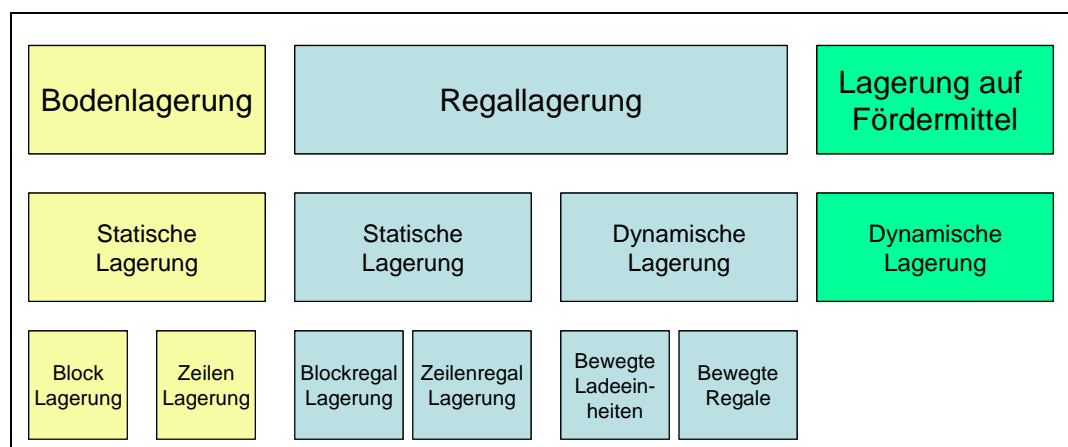


Abb. 2.4: Lagermittel für Stückgut (nach [Hom-18])

Im Rahmen der Regallagerung finden diverse Begriffe Verwendung. Abbildung 2.5 veranschaulicht Begriffe, die zur Einteilung eines Lagers dienen, unabhängig von der speziellen Regalart.

**Begriffe der
Regallagerung**

Die Begriffsdefinitionen dienen zur eindeutigen Festlegung von Lagerbereichen und sie erleichtern die Orientierung im Lager. Einzelne Artikel können beispielsweise nach den folgenden Kriterien aufgefunden werden: Regalgasse beziehungsweise Regalgang, Regalfeld, Regalebene, Regalfach und Regalplatz. Wird eine entsprechende Nummernsystematik verwendet, so werden beispielsweise Kommissionieraufträge mit einer eindeutigen Nummer des zu kommissionierenden Artikels vergeben, wobei sich der Kommissionierer an entsprechenden Hinweisschildern an den Regalzeilen beziehungsweise Gängen orientieren kann.

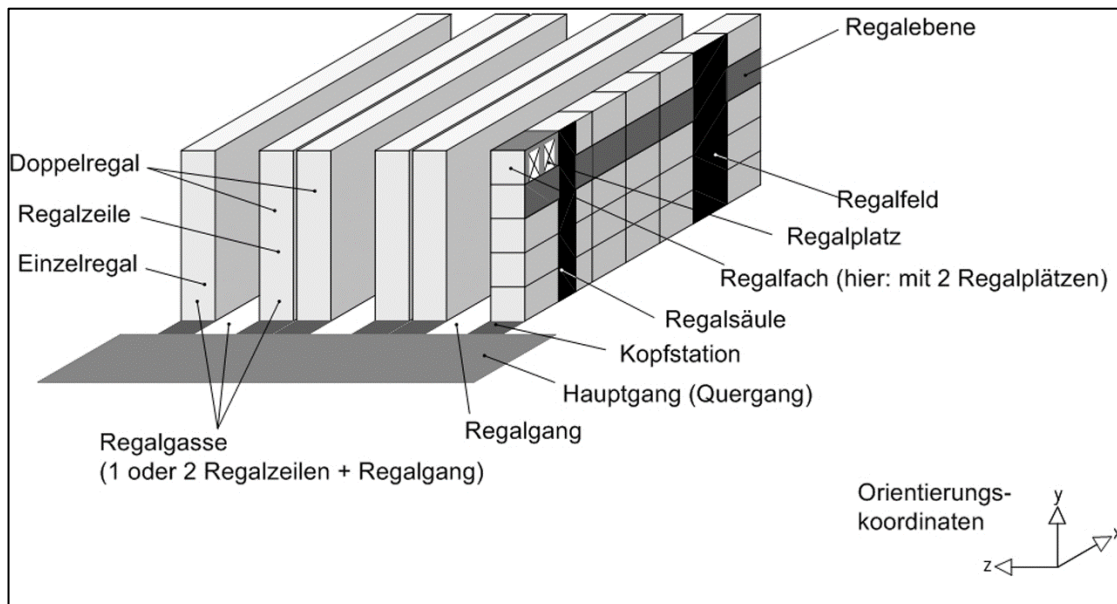


Abb. 2.5: Begriffsdefinitionen im Lager [Hom-21]

2.5.3 Fördermittel im Lager

In Anlehnung an ihre Bestimmung unterscheidet man vier Gruppen von Fördermitteln im Lager (vgl. Abbildung 2.6). Die erste Gruppe umfasst die Fördermittel als Bestandteil dynamischer Lager. Hier sind jene Fördertechniken zusammengefasst, die innerhalb dynamischer Lager die Bewegungsfunktion von Ladeeinheiten oder Regalen realisieren. Sie gliedern sich analog den Fördermitteln insgesamt in stetige und unstetige sowie flurgebundene, aufgeständerte oder flurfreie Fördermittel.

Aufgeständerte Stetigförderer beispielsweise findet man in Einschub- oder Durchlaufregallagern, flurfreie Stetigförderer (beispielsweise Kreisförderer) in horizontalen Umlaufregallagern, flurgebundene Unstetigförderer als Fahrschemel in Verschieberegallagern und aufgeständerte Unstetigförderer in Kanalregallagern (beispielsweise Aufzug im Rollpalettenlager).

		flurgebunden	aufgeständert	flurfrei
Fördermittel als Bestandteil dynamischer Lager	unstetig	Verschiebewagen	Aufzug	
	stetig		Rollenbahn Röllchenbahn Tragkettenförderer Paternoster	Kreisförderer Schleppkreisförderer
Fördermittel zum Ein- und Auslagern	unstetig	Regalbediengerät Gabelhubwagen Gabelstapler Hochregalstapler FTF	Aufzug Kanalfahrzeug Verteilfahrzeug	Brückenkran Stapelkran Portalkran EHB
	stetig		Rollenbahn Bandförderer Tragkettenförderer	
Fördermittel in der Lager- vorzone	unstetig	Verschiebewagen Gabelhubwagen Gabelstapler Hochregalstapler FTF	Aufzug Kanalfahrzeug Verteilfahrzeug	Brückenkran Stapelkran Portalkran EHB
	stetig	Unterflurschleppkettenförderer	Rollenbahn Röllchenbahn Tragkettenförderer Bandförderer Paternoster	Kreisförderer Schleppkreisförderer
Fördermittel mit Lagerfunktion	unstetig	Anhänger Wagen Eisenbahnwagen		Trolleybahn Rohrbahn EHB
	stetig		Bandförderer Staubandförderer Rollenbahn Staurollenbahn Staukettenförderer Paternoster	Kreisförderer Schleppkreisförderer

Abb. 2.6: Systematik der Fördermittel im Lager [Hom-18]

Die wichtigste Gruppe bilden die Fördermittel zum Ein- und Auslagern, die als Lagerbediengeräte bezeichnet werden. Ihre Untergliederung ist ebenfalls Abbildung 2.6 zu entnehmen. Eine weitere große Gruppe sind die Fördermittel in der Lager-
vorzone.

Als Schnittstelle zum angrenzenden Materialflusssystem kommt ihnen eine wichtige Rolle zu.

Die letzte Gruppe schließlich bilden die bereits bei der Systematik der Lagermittel angesprochenen Fördermittel mit Lagerfunktion, die keinen der vorgenannten Zwecke erfüllen, sondern selbst als Lagermittel dienen. Sie stellen Lagermittel dar und bilden zusammen mit der Lagerorganisation und den Informationsflusssystemen Lagersysteme, ohne dass eine spezielle Lagertechnik Verwendung findet. Sie finden vorrangig als Pufferlager Verwendung.

2.5.4 Lagerarten

Die folgenden gängigen Lagerbezeichnungen unterteilen die verschiedenen **Lagerarten**. Die Lagerbezeichnungen richten sich dabei meist nach der angestrebten Lagerfunktion.

Einheitenlager	Bei Einheitenlagern bleibt die Zusammensetzung der Lade- beziehungsweise Lagereinheiten zwischen Ein- und Auslagerung gleich. Dabei dienen Vorratslager dem Ausgleich von Bedarfsschwankungen und stellen in einer Zeit zwischen zwei Zugängen über einen längeren Zeitraum regelmäßig Material bereit. Typisches Merkmal ist, dass die Ein- und Auslagerungen unregelmäßig sein können. Pufferlager gleichen Schwankungen in kürzeren Zeitintervallen aus und dienen häufig zur Zeitüberbrückung zwischen verschiedenen aufeinanderfolgenden Arbeitsvorgängen. Bei diesen Lagern gibt es in der Regel nur geringe Schwankungen in der Zahl der Ein- und Auslieferungsvorgänge pro Zeiteinheit.
Kommissionierlager	Beim Kommissionierlager wird die Zusammensetzung der Lade- beziehungsweise Lagereinheiten zwischen Ein- und Auslagerung geändert. Zum einen kann das in einem Verteillager (Distributionslager) stattfinden. Dieses Lager erfüllt neben der Bevorratung den Zweck der Veränderung der Zusammensetzung von Ladeeinheiten zwischen Zu- und Abgang. Zum anderen sind die Sammellager zu nennen. Sie bilden das Gegenteil zum Verteillager. Hier werden Teilmengen einer Transportladung zu einer größeren Gesamtladung zusammengefügt.
Schüttgutlager	Bei der Unterscheidung nach Art des zu lagernden Gutes ergibt sich beispielsweise die Einteilung in Schüttgüter und Stückgüter. Für die Lagerung von Schüttgut gibt es die Möglichkeit der Freilagerung oder der Hallenlagerung.

Freilagerung

- Behälter: Bunker, Silo
- Bodenlagerung: Halde

Hallenlagerung

- Behälter: Bunker, Silo, Container zum Umschlag
- Bodenlagerung: Schüttgut-Haufen

Handelt es sich um Tanks, werden die Bauformen Festdachtanks, Kugeltanks und Schwimmdachtanks (Rohöllagerung: verhindert Gasaustritt) unterschieden. Für alle anderen Waren bietet sich die Lagerung in Regalsystemen an.

2.6 Strategien

Bei den Lagerstrategien spielen die Lagerplatzvergabestrategien sowie die Ein- und Auslagerungsstrategien eine tragende Rolle.

2.6.1 Lagerplatzvergabestrategien

Bei der festen Lagerplatzvergabe erhält jeder Artikel bei der Einlagerung seinen festen Lagerplatz. Deshalb wird diese Strategie als Festlagerung bezeichnet. Vorteil ist die Zugriffssicherheit auf die Artikel, falls die Volldatei im Lagerverwaltungsprogramm unbrauchbar werden sollte. Nachteilig ist die geringe Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Lagerkapazität.

**Feste
Lagerplatzvergabe**

Freie Lagerplatzvergabe innerhalb fester Bereiche: Hier werden die Zonung und die Querverteilung angewendet.

Bei der Zonung erfolgt die Lagerung der Ladeeinheiten entsprechend der Umschlagshäufigkeit. Dadurch wird eine erhöhte Umschlagsleistung erzielt. Eine mögliche Zonung ist beispielsweise die Einteilung der Güter in A-, B- oder C-Artikel.

Zonung

Mit der Querverteilung wird die Lagerung der Ladeeinheiten eines Artikels über mehrere Gänge bezeichnet. Sollte es zu einem Ausfall eines Fördermittels kommen, ist die Zugriffssicherheit mit dieser Strategie trotzdem gewährleistet.

Querverteilung

Unter der vollständig freien Lagerplatzvergabe wird die chaotische Lagerung verstanden. Die Ladeeinheiten werden auf beliebig freien Lagerplätzen gelagert. Somit kommt es zu einer erhöhten Ausnutzung der Lagerkapazität. Allerdings ist dann der Lagerort der Ladeeinheit nur noch über das Lagerverwaltungssystem ermittelbar. Kommt es zu dem Verlust der Volldatei oder zu einem Systemausfall, können die Lageristen die Ladeeinheiten (wenn überhaupt) nur schwer finden.

chaotische Lagerung

2.6.2 Ein- und Auslagerungsstrategien

Im Rahmen der Ein- und Auslagerungsstrategien wird unterschieden zwischen folgenden Verfahren:

Bei First-in-first-out (FIFO) findet die Auslagerung der zuerst **FIFO** eingelagerten Ladeeinheiten eines Artikels zuerst statt. Mit dieser Strategie wird die Alterung von Artikeln (Lebensmittel, Batterien, Medikamente) vermieden.

Mengenanpassung

Bei der Mengenanpassung erfolgt die Auslagerung von vollen und angebrochenen Ladeeinheiten entsprechend der Auftragsmenge. Das führt zu einer erhöhten Raumnutzung und weniger Rücklagerungen.

Wegoptimierte Ein- und Auslagerung

Im Rahmen der wegoptimierten Ein- und Auslagerung wird die Ladeeinheit eines Artikels mit dem kürzesten Bedienweg verwendet. Wurden die Artikel nach der Querverteilung eingelagert, kann der Fahrweg minimiert werden, indem die Artikel von dem Lagerplatz mit der geringsten Entfernung ausgelagert werden.

LIFO

Bei Last-in-first-out (LIFO) werden die zuletzt eingelagerten Ladeeinheiten eines Artikels zuerst wieder ausgelagert. Angewandt wird diese Strategie, wenn Umlagerungen bei bestimmten Lagertechniken vermieden werden sollen.

2.7 Planung

Zu einer Lagerplanung gehören in der Praxis die nachfolgenden Aspekte:

- Lagergut: Stückgut, Schüttgut
- Lagersystem: Einheitenlager, Kommissionierlager
- Lagerungsarten: Bodenlagerung, Regallagerung
- Regalart: Palettenregal, Durchlaufregal
- Lagerordnung: fest, chaotisch
- Lagerorganisation: Lagerplatz-/Lagerbestandsverwaltung
- Bedienung: manuell, mechanisch/automatisch
- Lagerbediengeräte: stetig/unstetig

Vergleichskriterien

Zur Beurteilung können folgende Vergleichskriterien verwendet werden:

- Höhe der Investitionen
- Betriebskosten (beispielsweise Lagerkosten je Einheit und Monat, Umschlagkosten je Einheit)

- Flächen- und Raumbedarf
- Automatisierungsgrad
- Lagerstrategien/-flexibilität
- Anzahl Bedienpersonal
- Erweiterungsmöglichkeiten

Bei der Gestaltung von Lagerflächen für die **Lagerung von brennbaren Flüssigkeiten** in ortsbeweglichen Behältern müssen besondere Vorsichtsmaßnahmen berücksichtigt werden.

Brennbare Flüssigkeiten

- Transport- und Umschlagmittel müssen ungehindert zum Lagereingang herangefahren beziehungsweise herangeführt werden können.
- Es müssen Grundwasser schützende und die Umgebung schützende Auffangräume vorhanden sein, um eventuelles Auslaufen verhindern zu können.
- In Abhängigkeit von der Lagermenge müssen Brandschutzstreifen vorhanden sein.

2.8 Techniken

In Abhängigkeit der zu lagernden Güter und der Lagerausprägungen haben sich unterschiedliche Lagertechniken herausgebildet, deren Komplexität der Lösungen erheblich variiert. Einige Ausführungen kommen mit geringen technischen Details aus, bei anderen Lagerformen sind komplexe regelungs- und steuertechnische Komponenten zur Abwicklung der Lagerfunktionen erforderlich. Im Folgenden werden unterschiedliche Formen näher beschrieben.

2.8.1 Bodenlagerung

Die Bodenlagerung in Blockform (Blocklagerung) wird bei der Lagerung von großen Mengen pro Artikel bei geringer Artikelzahl und unterschiedlichen Umschlagsleistungen angewandt. Die Ladeeinheiten werden auf dem Boden in großflächigen Blöcken gelagert (vgl. Abbildung 2.7) und in der Regel übereinander gestapelt. Im direkten Zugriff stehen nur die obersten Ladeeinheiten der

Stapel an den Gängen (Verkehrswege). Zu den Blocklagern zählen monostrukturierte Lager wie beispielsweise Getränkelager.

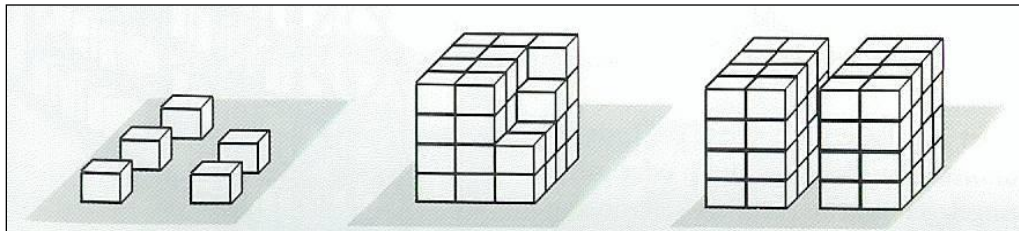


Abb. 2.7: Blocklagerung [Arn-21]

Bei der Blocklagerung wird Stückgut mit und ohne Ladehilfsmittel gelagert. Diese Lagerung fällt unter den Begriff der Bodenlagerung und ist statisch, da die Ladeeinheiten bis zur Auslagerung nicht mehr bewegt werden.

Vorteile

Zu den Vorteilen der Blocklagerung zählen kurze Zugriffszeiten. Die Lagerung ist leicht veränderbar und bei ausreichenden Lagergeräten existieren nur kurze Räumzeiten. Eine chaotische sowie eine starre Lagerordnung sind möglich. Des Weiteren ist das Lagergut stapelfähig und es wird nur eine geringe Investition für die Lagereinrichtung benötigt.

Nachteile

Allerdings beinhaltet die Blocklagerung bestimmte Nachteile, beispielsweise ist die Zugriffsmöglichkeit eingeschränkt, da nur die außen gelagerten Ladeeinheiten ohne Umlagerung ausgelagert werden können. Somit ist das FIFO-Prinzip nicht möglich. Ein Blocklager ist personalintensiv und ungeeignet bei geringem spezifischem Lagervolumen je Artikel. Ebenfalls ungeeignet ist es bei hoher Umschlaggeschwindigkeit je Artikel. Bei gestapelten Gütern ist der Einsatz von Förderzeugen erforderlich.



Abb. 2.8: Getränkelager als Blocklager [Still]

Der Einsatzfall der Zeilenlagerung ist die Lagerung von kleineren Mengen pro Artikel bei geringer Artikelzahl und unterschiedlicher Umschlagsleistung. Die Ladeeinheiten werden auf dem Boden in Zeilen gelagert (vgl. Abbildung 2.9).

Zeilenlagerung

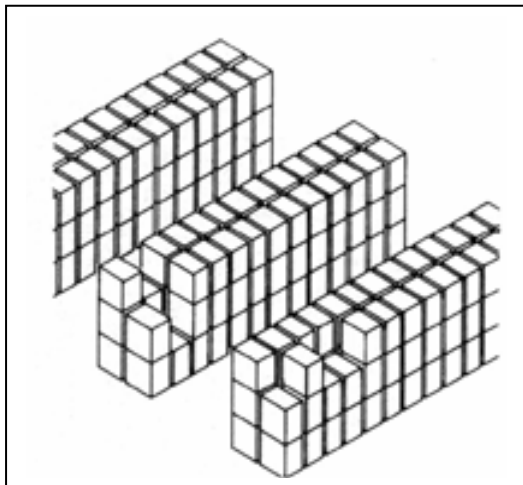


Abb. 2.9: Zeilenlagerung [Hom-18]

Es ergibt sich ein verbesserter Zugriff auf mehr Ladeeinheiten. Im direkten Zugriff stehen ebenso nur die obersten Ladeeinheiten der Stapel an den Gängen (Verkehrswege). Es handelt sich um statische Bodenlagerung von Stückgut mit und ohne Ladehilfsmittel. Im einfachsten Fall werden die Ladeeinheiten ungestapelt auf dem Boden gelagert. Wegen des damit verbundenen hohen Flächenverbrauchs ist dieser Fall selten innerhalb geschlossener Gebäude anzutreffen, sondern zumeist in Freilagern mit einer geringen Anzahl unterschiedlicher Artikel. Abbildung 2.10 zeigt Beispiele.

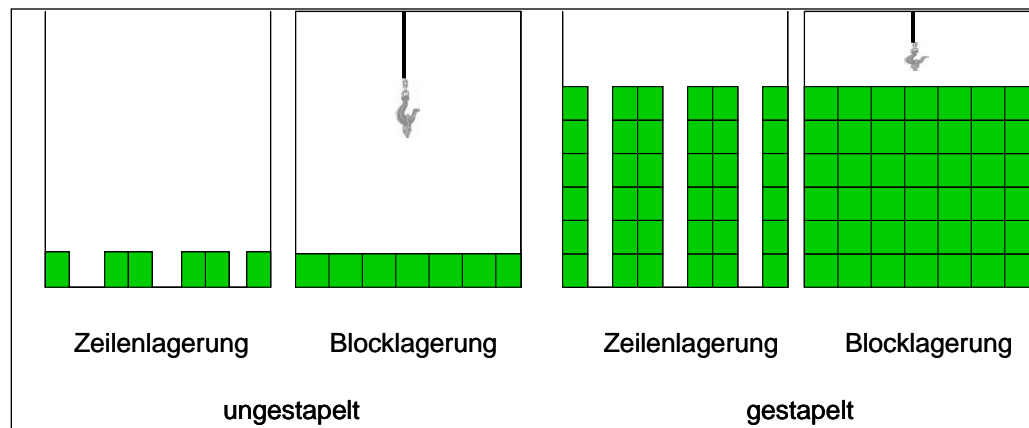


Abb. 2.10: Gestapelte und ungestapelte Lagerung

2.8.2 Statische Regallagerung

Regale

Empfindliche oder nicht stapelbare Güter werden in der Regel in Regalen gelagert. Abbildung 2.11 zeigt eine Regalgasse mit einem Regalbediengerät.

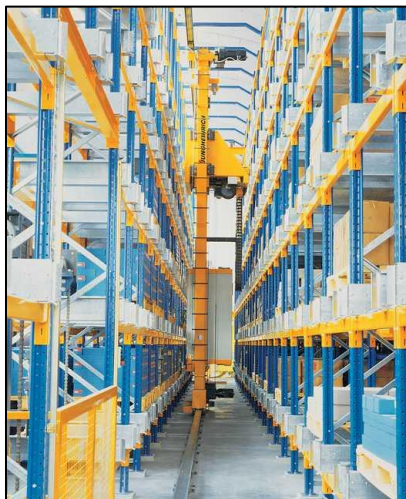


Abb. 2.11: Regallagerung [Jungheinrich]

Die Lagerorganisation kann chaotisch oder fest sein; die Anwendung des FIFO-Prinzips ist möglich. Der Zugriff auf die Artikel ist ohne Umlagerung möglich. Die Ein- und Auslagerung erfolgt manuell oder bei Höhen über 2 m mit Fördermitteln. Hierbei kann die Raumhöhe gut ausgenutzt werden. Für die Lagereinrichtung sind nur geringe Investitionen notwendig.

Durchfahrregal

Bei Durchfahrregalen werden größere Mengen pro Artikel bei hohem Gewicht und kleiner Artikelanzahl gelagert. Es eignet sich für druckempfindliche und

nicht stapelbare Ladeeinheiten. Die Ladeeinheiten stehen auf mehreren Ebenen übereinander und mit mehreren Einheiten in der Regaltiefe hintereinander. Die Ein- und Auslagerung erfolgt beispielsweise mit Gabelstaplern. Die Lagerung in einem Durchfahrregal wird als Regallagerung oder Blocklagerung bezeichnet und ist eine statische Lagerung. Gelagert wird Stückgut mit Ladehilfsmitteln. Allerdings müssen die Ladeeinheiten die gleiche Breite haben. Zudem sind nicht alle Ladeeinheiten im direkten Zugriff (vgl. Abbildung 2.12).

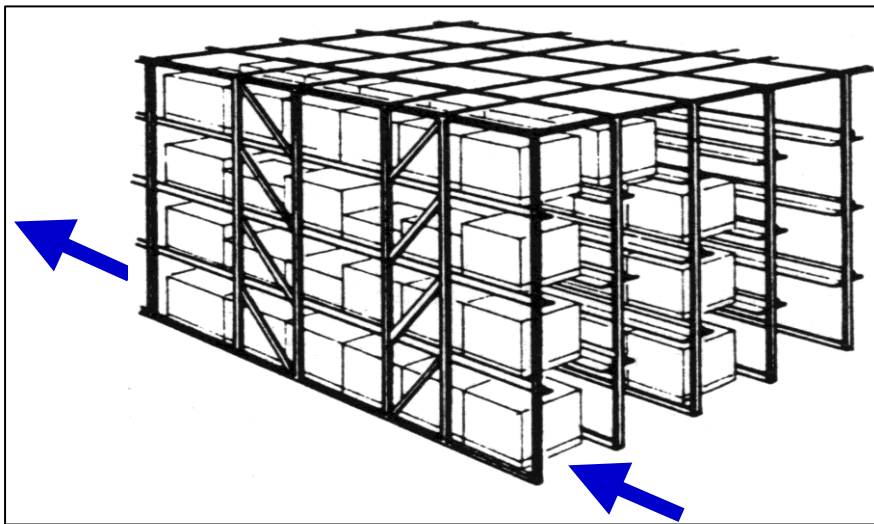


Abb. 2.12: Durchfahrregal [Hom-18]

Das Einfahrregal (vgl. Abbildung 2.13) ist dem Durchfahrregal ähnlich, allerdings systembedingt mit einer anderen Ein- und Auslagerstrategie. Ein- und Auslagerung erfolgt auf der Stirnseite des Regals. Hier wird Stückgut mit Ladehilfsmitteln gelagert. Es handelt sich um eine statische Regal- beziehungsweise Blocklagerung.

Einfahrregal



Abb. 2.13: Einfahrregal [Jungheinrich]

Fachbodenregal

Im Fachbodenregal wird das Gut auf geschlossenen Fachböden aus Holz oder Stahl in mehreren Ebenen übereinander gelagert. Es wird bei geringer bis mittlerer Menge pro Artikel bei großer Artikelzahl und unterschiedlichem Artikelspektrum eingesetzt. Es eignet sich insbesondere für nicht palettierte Artikel und Kleinteile.

Abbildung 2.14 zeigt Fachbodenregale bei einer Kommissionierung.



Abb. 2.14: Fachbodenregal [Jungheinrich]

Die Artikel werden mit und ohne Ladehilfsmittel gelagert. Es handelt sich um eine statische Regallagerung (Zeilenregallagerung). Vorteil ist der Zugriff auf jeden Lagerplatz, Nachteil die manuelle Einzelentnahme.

Fachbodenhochregale (Abbildung 2.15) werden als Ersatzteillager, Magazine, Werkzeug- und Modelllager, Montage- oder Produktionslager verwendet. Die Bedienung erfolgt mit einem Regalbediengerät (RBG). Vorteile sind die Zugriffsmöglichkeiten auf jeden Artikel sowie eine gute Übersichtlichkeit.

Fachbodenhochregal

Nachteilig ist der große Verkehrsflächenanteil, sodass der Flächennutzungsgrad nur etwa 45 Prozent beträgt.

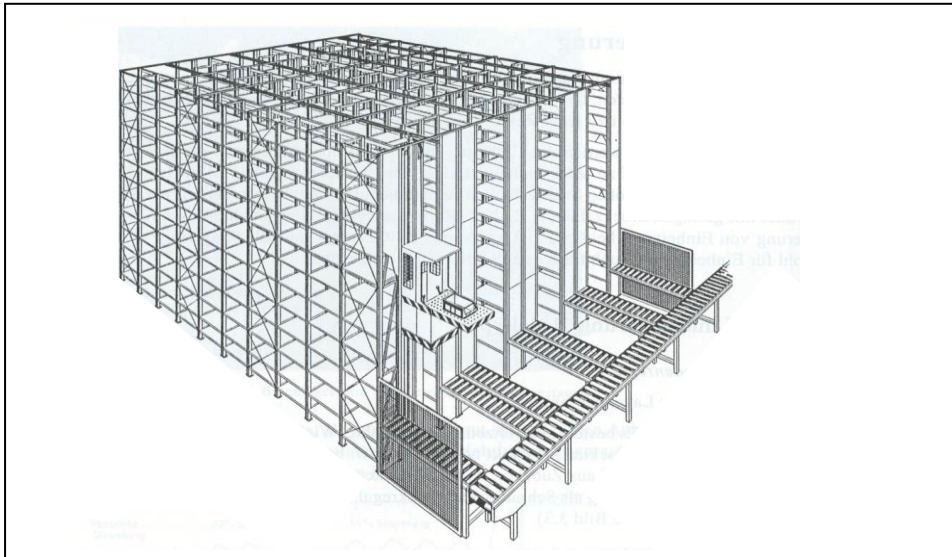


Abb. 2.15: Fachbodenhochregal [Mar-16]

In Schubladenregalen werden geringe bis mittlere Mengen pro Artikel bei mittlerer bis großer Artikelzahl gelagert. In der Regel werden Kleinteile (beispielsweise Werkzeuge, Messinstrumente, Prüfmittel) gelagert (Abbildung 2.16).

Schubladenregal

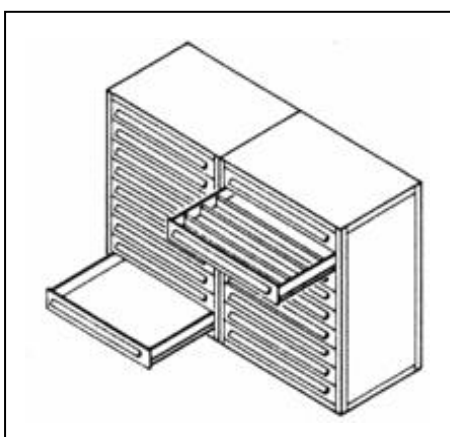


Abb. 2.16: Schubladenregal [Hom-18]

Es findet eine Lagerung auf geschlossenen Fachböden aus Holz oder Stahl in mehreren Ebenen übereinander statt. Es handelt sich um eine statische Regal-

oder Zeilenregallagerung. Vorteil des Schubladenregals ist die Ein- und Auslagerung von oben. Das Volumen kann gut genutzt werden; es besteht die Zugriffsmöglichkeit auf jeden Lagerplatz. Das Stückgut kann mit und ohne Ladehilfsmittel gelagert werden.

Palettenregal

Palettenregale sind häufig in Industrie und Handel anzutreffen. Das Stückgut lagert auf Ladehilfsmitteln (Paletten). Es werden kleine bis große Mengen je Artikel bei großen Artikelzahlen oder Sortimenten gelagert. Abbildung 2.17 veranschaulicht einen Einlagerungsvorgang in einem Palettenregal. Die statische Regallagerung wird als Zeilenregallagerung bezeichnet. Es hat den Vorteil, dass die Lagerfachhöhen aufgrund von Lochprofilen in den Regalständern beliebig einstellbar sind; zudem gibt es Zugriff auf alle Lagerplätze.



Abb. 2.17: Palettenregal [Jungheinrich]

Mehrplatzsystem

Palettenregale werden je nach Bauart in Einplatz- und Mehrplatzsysteme sowie Längs- und Quereinlagerung unterschieden. In Mehrplatzsystemen werden die Ladeeinheiten nebeneinander in einem Lagerfach gelagert. Dabei stehen Ladeeinheiten auf zwei Auflageträgern oder Längstraversen.

Einplatzsystem

Bei Einplatzsystemen wird hingegen nur eine Ladeeinheit pro Feld gelagert. Ladeeinheiten werden immer mit Ladehilfsmitteln gebildet, meistens mit Euro- oder Chemiepaletten sowie Gitterboxen. Bei Mehrplatzsystemen werden die Ladeeinheiten längs eingelagert. Hierdurch kommt es zu einer hohen Raumausnutzung. Die Quereinlagerung wird häufig in Kommissionierlagern in Verbindung mit Europaletten angewandt, da die Breite des Ladehilfsmittels so der maximalen Reichweite des Kommissionierers entspricht. Dabei wird oft die Einplatzlagerung gewählt.

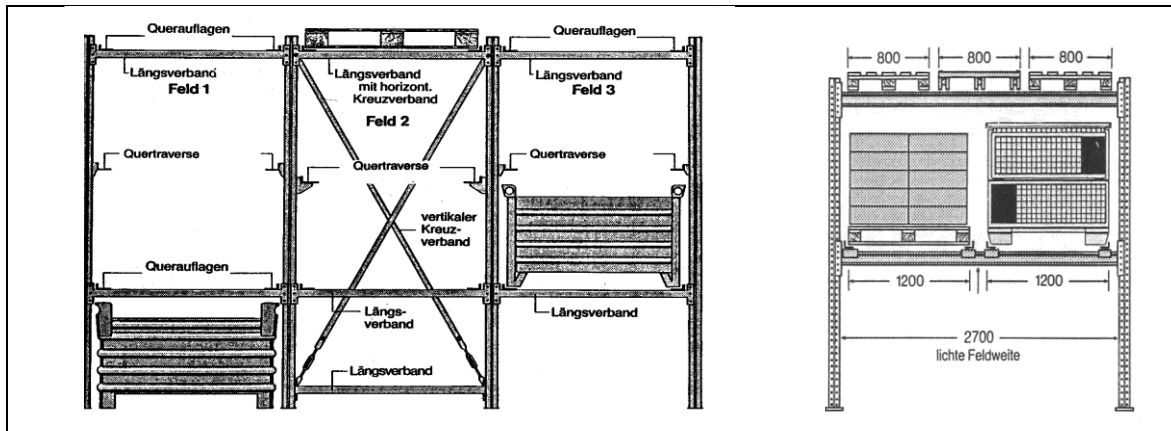


Abb. 2.18: Aufbau Palettenregal [Mar-16]

Doppeltiefe Palettenregale bestehen aus zwei hintereinander gelagerten Ladeeinheiten. Die Verkehrswege werden dadurch um fast 50 Prozent reduziert und die Kapazität um 30 Prozent gesteigert. Doppeltiefe Palettenregale sind LIFO-Systeme und werden bei Versandlagern mit vielen Artikeln mit kurzer Verweildauer und bei kostenintensiven Lagerräumen (beispielsweise Tiefkühlräumen) eingesetzt.

Doppeltiefe
Palettenregale

Die Höhe für die einzelnen Plätze errechnet sich aus der Höhe der Ladung, der Manipulationshöhe (ca. 100 mm), der Palette (ca. 150 mm) und der Auflageträger.

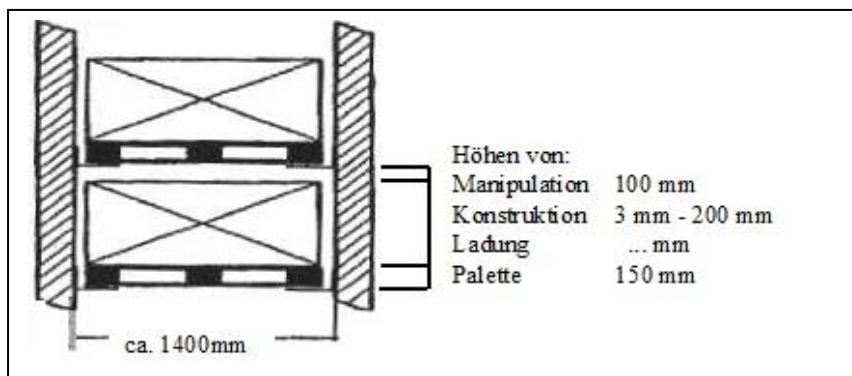


Abb. 2.19: Skizze zur Raumausnutzung [nach Mar-16]

Einsatzbereiche von **Behälterregalen** sind die Lagerung von Kleinteilen mit begrenzter Menge pro Artikel bei großer Artikelzahl und zu Kommissionierzwecken. Das Gut lagert auf Auflagekonsolen oder Fachböden in mehreren Ebenen übereinander. Die Güter werden mit Ladehilfsmitteln gelagert. Das Behälterregal ist eine statische Regal- beziehungsweise Zeilenregallagerung. Es ermöglicht den Zugriff auf jeden Lagerplatz (vgl. Abbildung 2.20).

Behälterregal



Abb. 2.20: Behälterregal [Bito]

Hochregale

Palettenhochregale zeichnen sich durch eine Höhe von mehr als 12 m aus. In der Praxis können sie bis zu 50 m hoch sein. Regale, Dach- und Wandelemente bilden eine bauliche Einheit. Einsatzfälle sind analog zu dem Palettenregal. Stückgut wird mit Ladehilfsmitteln gelagert und es handelt sich um eine statische Regal- oder Zeilenregallagerung. Zugriff ist auf jeden Lagerplatz möglich, und dies ist ein relevanter Vorteil des Systems. In der Abbildung 2.21 werden die unterschiedlichen Bauausführungen verdeutlicht. Hochregallager aus Stahl haben analoge Einsatzfälle.

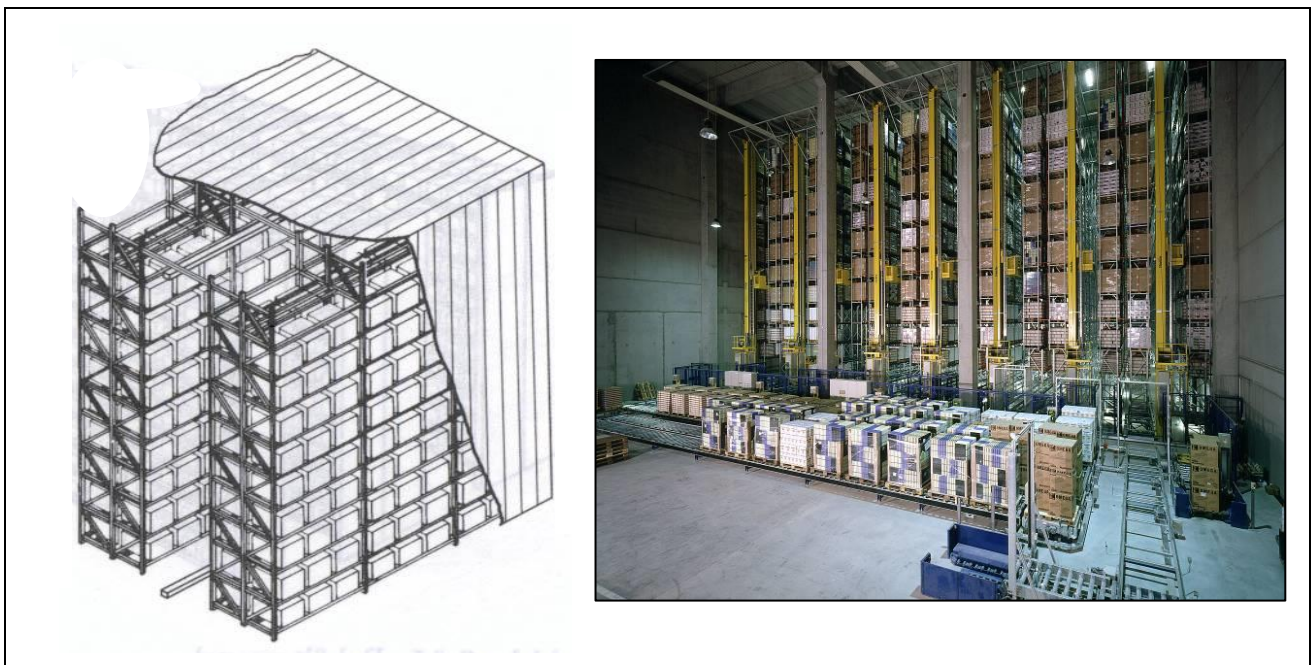


Abb. 2.21: Hochregallager [Hom-18, Stoecklin]

Wabenregal

Wabenregale (vgl. Abbildung 2.22) eignen sich für die Kompaktlagerung von Langgut und Tafelmaterial. Dabei sollten geringe bis mittlere Mengen pro Artikel bei geringer bis mittlerer Artikelzahl nicht überschritten werden.

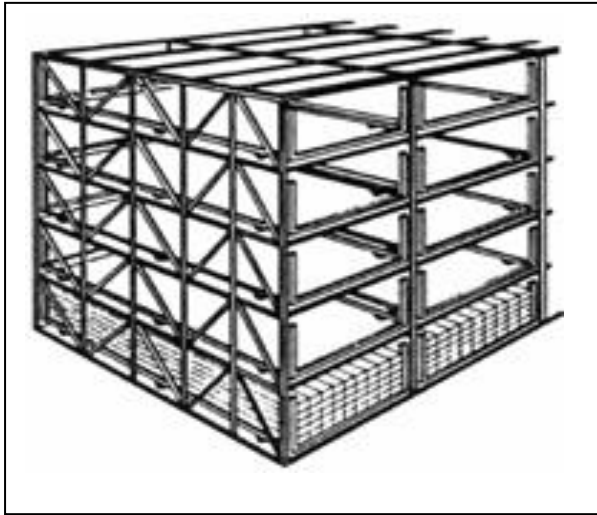


Abb. 2.22: Wabenregal [Hom-18]

Die Ware liegt in kanalähnlichen Fächern neben- und übereinander. Es kann mit und ohne Ladehilfsmittel gelagert werden. Das Regal wird von der Stirnseite bedient. Die Lagerung ist statisch und kann als Regal- oder Blocklagerung bezeichnet werden. Wabenregale besitzen folgende Entnahmemöglichkeiten:

- manuell (nur eingeschränkt)
- verfahrbarer Hubtisch
- Kran mit Traverse
- Regalbediengerät
- herausziehbarer Boden durch Staplereinsatz

Die Lagerung in einem Kragarmregal erfolgt ein- oder beidseitig auf von einem Ständer auskragenden starren Armen. Langgut und Bleche können bei kleiner bis mittlerer Menge je Artikel und bei kleiner bis großer Artikelzahl gelagert werden. Das Langgut kann mit und ohne Ladehilfsmittel gelagert werden. Das Kragarmregal ist eine Realisierung der statischen Regal- oder Zeilenlagerung.

Kragarmregal

Vorteil des Kragarmregals ist der mögliche Zugriff auf jeden Lagerplatz. Zudem bietet es eine gute Übersichtlichkeit und eignet sich besonders für schwere Güter. Abbildung 2.23 zeigt links ein Beispiel aus der Lagerung von Hölzern und rechts ist ein automatisches Kragarmlager skizziert.

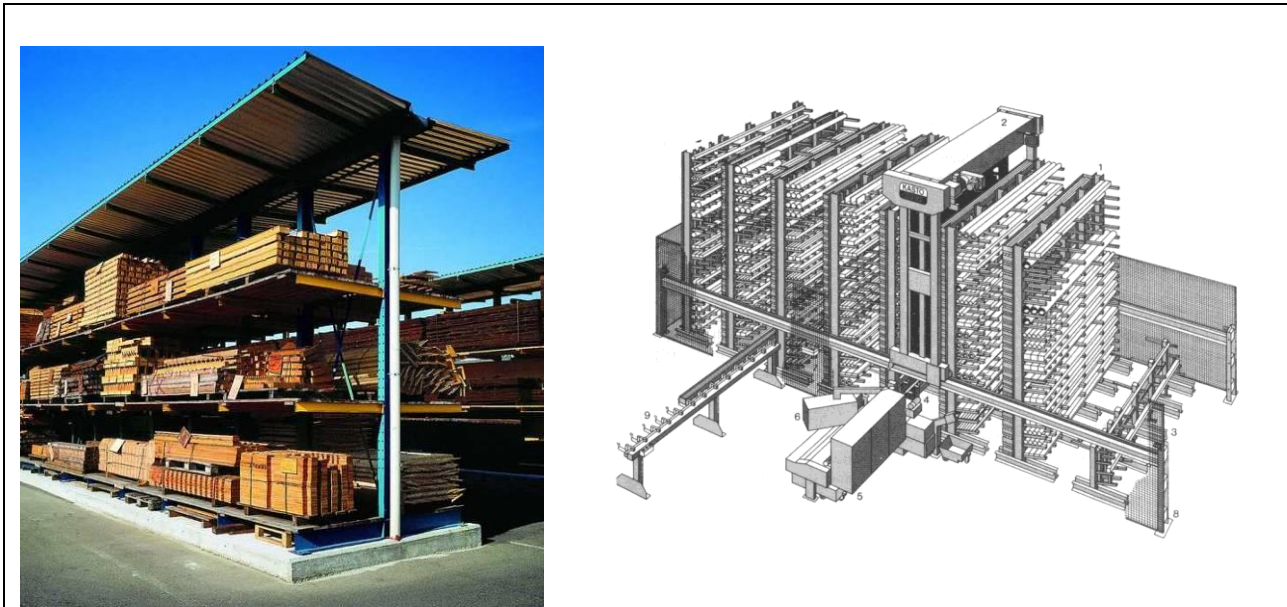


Abb. 2.23: Kragarmregal [Jungheinrich]; automatisiertes Kragarmregallager [Mar-16]

2.8.3 Dynamische Regallagerung

Durchlaufregal

Bei der dynamischen Regallagerung bewegt sich das eingelagerte Gut während der Lagerung. Ein wichtiger Vertreter ist hierbei das Durchlaufregal mit schwerkraftbetriebenen Stetigförderern (vgl. Abbildungen 2.24 und 2.25).

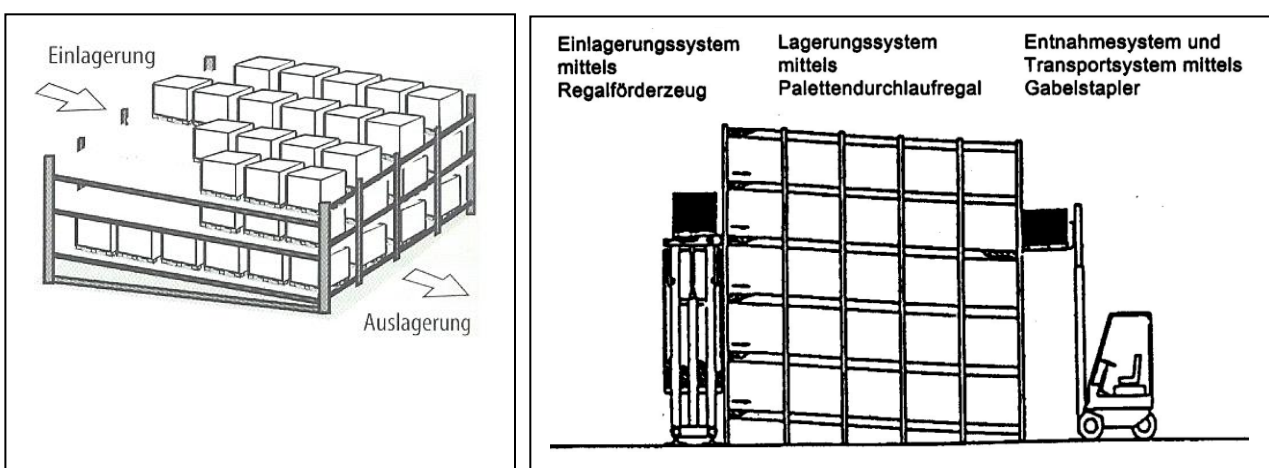


Abb. 2.24: Seitenansicht Durchlaufregal [Arn-21]

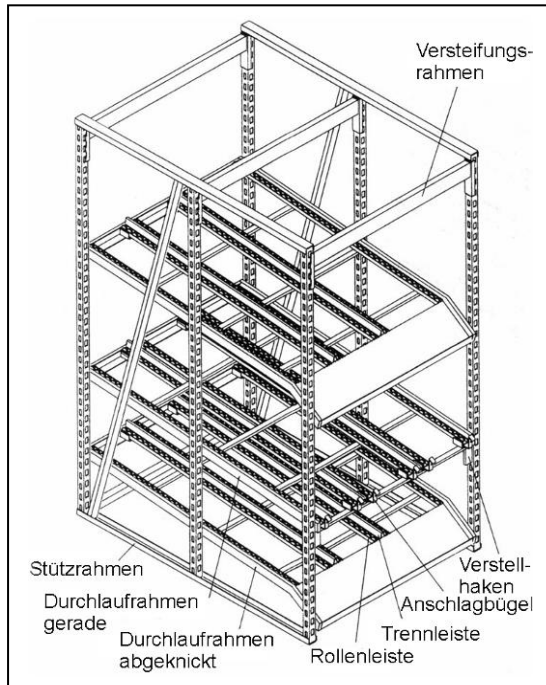


Abb. 2.25: Durchlaufregallagerung [Hom-18]

Es eignet sich für die Lagerung von mittleren bis großen Mengen je Artikel bei kleiner bis mittlerer Artikelzahl, vor allem in Verteillagern mit Kommissionierung. Die Lagerung wird artikelrein in Kanälen auf geneigten Rollenförderern durchgeführt. Die Einlagerung erfolgt am hohen Ende mit Kleinbehältern oder Paletten und die Auslagerung erfolgt an der Entnahmestelle am niedrigen Ende. Bei der Auslagerung rücken die übrigen Einheiten automatisch zur Kanalfrent vor.

Die Ladeeinheiten werden auf Röllchen oder Tragrollen bewegt. Die Einlagerung erfolgt mit einem Förderzeug. Vorteil ist der direkte Zugriff sowie die gute Raumausnutzung. Im Durchlaufregallager ist das Prinzip FIFO automatisch vorgegeben. Die Investitionskosten eines solchen Lagers sind deutlich höher als bei einem klassischen Palettenregal.

Zugriff

In Durchlaufregalen mit angetriebenen Stetigförderern werden die Ladeeinheiten dynamisch auf Rollen-, Ketten- oder Bandförderern gelagert, die in mehreren Ebenen übereinander horizontal angeordnet sind. Bei Entnahme rücken die anderen Ladeeinheiten über Stetigförderer nach. Die Güter werden staudrucklos gelagert, was bei schweren oder empfindlichen Gütern relevant ist. Es handelt sich um Stetigförderer mit Röllchen oder Tragrollen. Das Stückgut kann mit oder ohne Ladehilfsmittel eingelagert werden. Einsatzfälle sind mittlere Mengen je Artikel bei kleiner bis mittlerer Artikelanzahl.

Durchlaufregale mit angetriebenen Stetigförderern

Der Einsatzfall des Durchlaufregals mit Rollpalettentechnik (vgl. Abbildung 2.26) ist die Lagerung von mittleren bis großen Artikelmengen bei kleiner bis

Durchlaufregal mit Rollpalettentechnik

mittlerer Artikelanzahl. Eine hohe Ein- und Auslagerung ist dabei realisierbar. Die Ladeeinheiten werden auf Rollenuntersätze gestellt, die auf Schienen in den Kanälen verfahren.

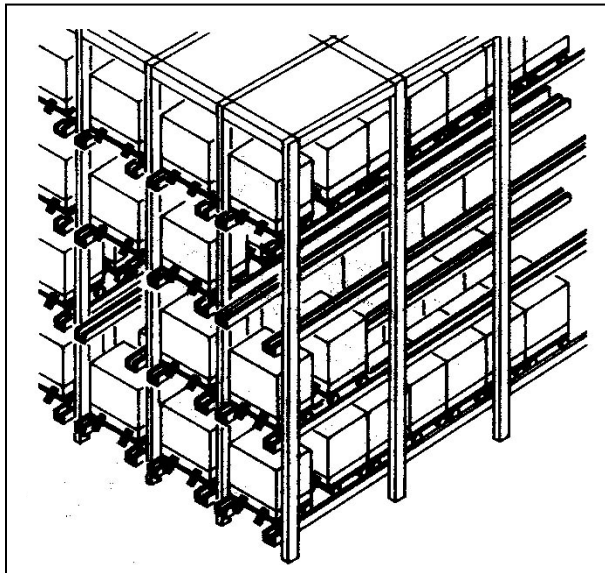


Abb. 2.26: Durchlaufregal mit Rollpalettentechnik [Hom-18]

Lager dieser Bauweise mit nicht angetriebenen Unstetigförderern werden als Rollpalettenlager oder dynamische Blocklager bezeichnet. Der Staudruck wird von den Rollpaletten aufgenommen. Vonseiten der Technik ist wieder zu erwähnen, dass die Regale feststehen und die Ladeeinheiten bewegt werden. Es handelt sich um eine dynamische Lagerung.

Einschubregal

Analog zu den Durchlaufregalen gibt es Einschubregale mit schwerkraftbetriebenen und/oder angetriebenen Stetigförderern sowie mit Rollpalettentechnik. Die Einsatzfälle sind analog zum Durchlaufregal, wobei eine andere Lagerstrategie angewandt wird, denn hier wird am niedrigeren Kanalende ein- und ausgelagert. Es handelt sich erneut um feststehende Regale mit bewegten Ladeeinheiten auf Röllchen oder Tragrollen. Das Stückgut wird mit und ohne Ladehilfsmittel gelagert. Das Einschubregal ist eine dynamische Lagerung.

Prinzip LIFO

Bei Einschub- oder Einfahrregalen ist das Prinzip LIFO vorgegeben. Daher eignen sie sich nicht oder nur eingeschränkt für Waren mit Mindesthaltbarkeitsdatum.

Bei der Lagerung in beweglichen Regalen werden kurze Durchlaufzeiten und hohe Umschlagszahlen erzielt. Ein Beispiel finden Sie in Abbildung 2.27. Die Investitionen für die Lagerung in beweglichen Regalen sind hoch.

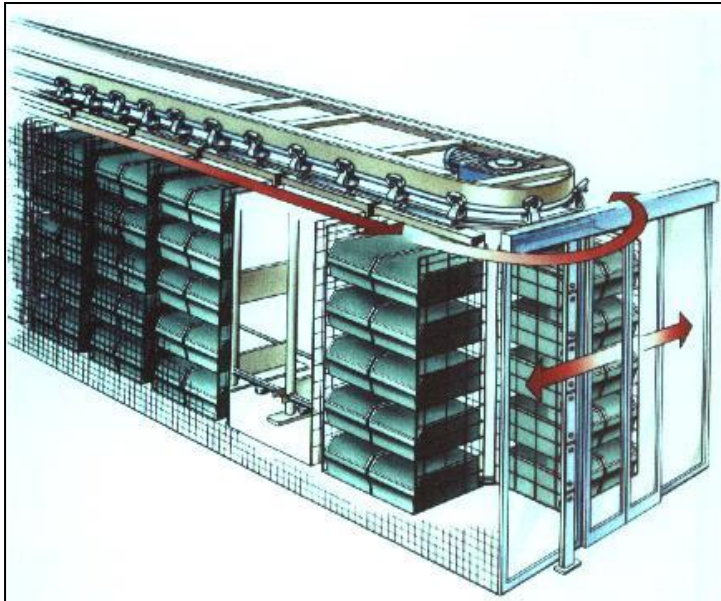


Abb. 2.27: Lagerung in beweglichen Regalen [Hom-18]

In horizontalen Umlaufregalen werden kleine bis mittlere Artikelmen­gen bei mittlerer bis großer Artikelzahl vor allem in Kommissionierbereichen gelagert. Das Gut lagert in Fachbodenregalen oder anderen Regalen, die an Laufwerken an der Decke sowie am Boden in angeordneten Schienen geführt werden. Als Antriebssystem dient eine Endloskette. Hierbei handelt es sich um eine dynamische Lagerung mit bewegten Regalen und feststehenden Ladeeinheiten.

Behälter-Umlaufregale sind Varianten der horizontalen Umlaufregale, jedoch werden separat angetriebene, übereinanderliegende Ebenen gleichzeitig bedient. Ein entscheidender Vorteil sind die besonders hohen Leistungen. Hier bewegen sich ebenso die Regale. Abbildung 2.28 zeigt eine besondere Ausführung eines Behälter-Umlaufregals, den sogenannten Rotary Rack.

horizontale Umlaufregale

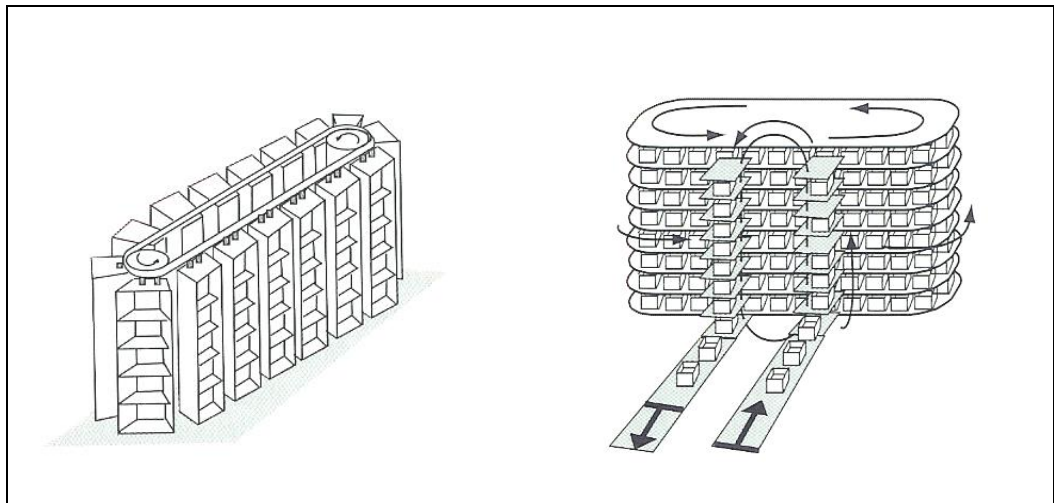


Abb. 2.28: Horizontales Umlaufregal (links) und Rotary Rack [Hom-18]

vertikales
Umlaufregal

Das vertikale Umlaufregal (Paternoster) lagert kleine bis mittlere Artikelmen gen bei mittlerer bis großer Artikelanzahl. Es eignet sich vor allem für die Lagerung von Kleinteilen.



Abb. 2.29: Shuttle [Ehrhardt und Partner]

In diesem System sind mehrere Ein- und Auslagerungspunkte realisierbar. Die Form der Streckenführung hängt u. a. von der geforderten Lagerkapazität und der zu realisierenden Zugriffszeit ab. Es handelt sich um eine dynamische Lagerung mit bewegten Regalen und feststehenden Ladeeinheiten. Abbildung 2.29 zeigt eine Sonderform eines Paternosters. Es handelt sich um ein vollautomatisches Shuttle mit einer vertikalen Umlaufrichtung und horizontal ausfahrbaren Regaltischen.

Verschieberegale werden bei geringer Ein- und Auslagerungsleistung und mittleren Mengen pro Artikel bei mittlerer bis hoher Artikelzahl verwendet. Die Regale werden auf Fahrschienen horizontal bewegt und sind so verschiebbar, dass sich lediglich neben derjenigen Regalzeile eine Gasse bildet, aus der eine Ladeinheit entnommen werden soll. Die übrigen Regale bilden jeweils zwei unterschiedlich große Blöcke.

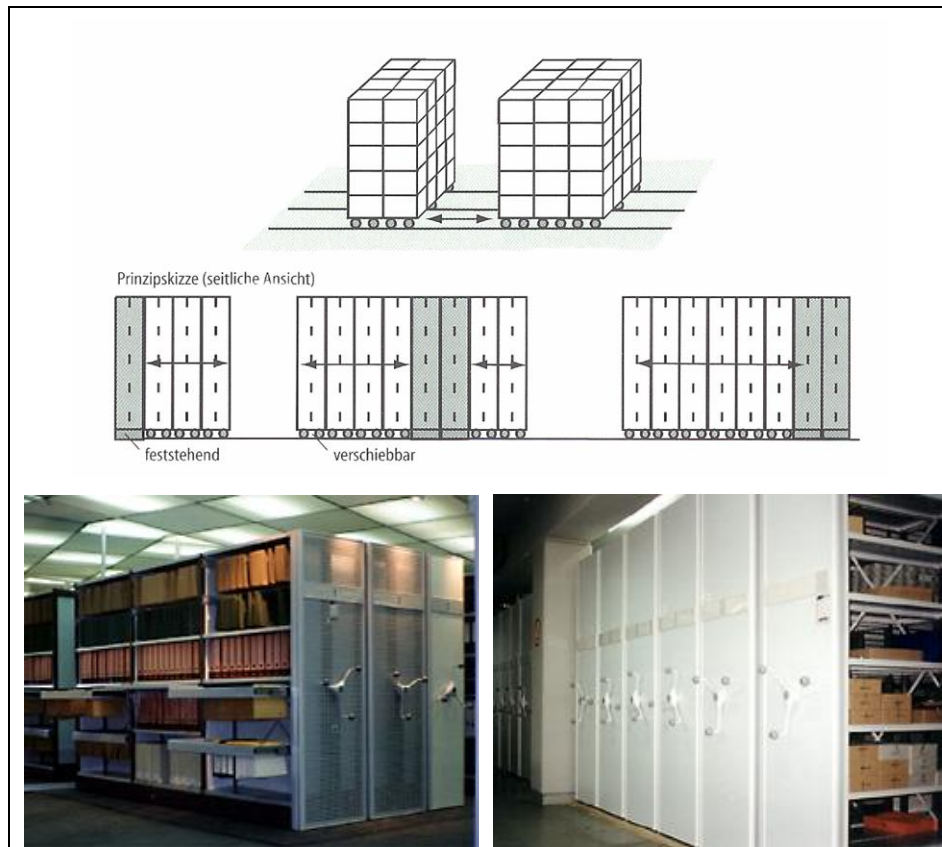


Abb. 2.30: Verschieberegale [Archiv-Lager-Logistik]

Der Antrieb der Regale erfolgt durch elektrischen Einzelantrieb. Das Stückgut wird mit oder ohne Ladehilfsmittel dynamisch gelagert. Es entsteht ein hoher Flächennutzungsgrad. Die Verkehrsfläche wird geringer, weil sie variabel ist, und das System bietet einen Raumgewinn. Daneben existieren manuelle Verschieberegale. Hier wird allerdings nur eine geringe Ein- und Auslagerungsleistung erreicht, denn die Regale müssen per Hand auf Fahrschienen bewegt werden.

Raumgewinn

Abbildung 2.31 verdeutlicht, warum Verschieberegale trotz ihrer geringen Ein- und Auslagerungsleistung eingesetzt werden. Sie sparen Platz und werden häufig in Archiven verwendet.

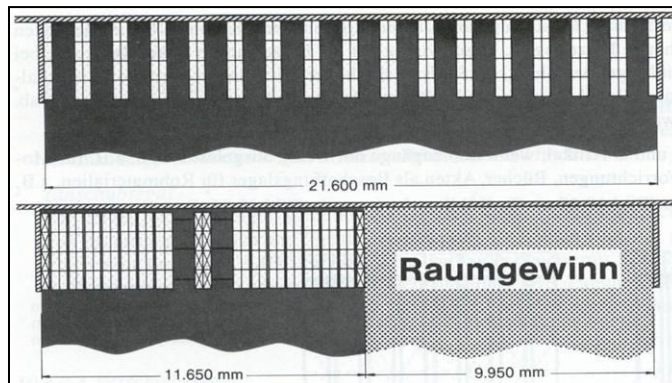


Abb. 2.31: Raumgewinnung durch Verschieberegalsysteme [Mar-16]

In der Abbildung 2.32 finden Sie einige Vertreter von statischen und dynamischen Regallagern.

Statische Regallager	Dynamische Regallager
Durchfahr-/Einfahrregal	Durchlaufregal (Schwerkraft)
Fachbodenregal	Durchlaufregal (angetrieben)
Schubladenregal	Einschubregal
Palettenregal	Umlaufregal
Behälterregal	Behälterumlaufregal
Wabenregal	Verschieberegale
Kragarmregal	Verschiebeumlaufregal

Abb. 2.32: Beispiele für statische und dynamische Regallager

Kanalregal

In einem Kanalregal können mehrere Lagereinheiten hintereinander gelagert werden. Zu diesen Regalarten gehören das Ein-/Ausfahrregal, das Durchlaufregal, das Durchfahrregal, das Einschubregal und das Rollwagenregal.

2.8.4 Lagerung auf Fördermitteln

In vielen Anwendungen verweilt das Lagergut nur eine kurze und definierte Zeit im Lager. Beispiele hierfür sind Krankenhäuser, Kleiderspeditionen und Kühlhäuser. Bei der Lagerung auf Fördermitteln kommt es zu einem Ineinandergreifen der Funktionen Fördern und Lagern, da das Gut auf dem Fördermittel verbleibt und dort gepuffert wird. Man unterscheidet hierbei analog die Fördermittelsystematik zwischen Stetigförderern und Unstetigförderern mit Lagerfunktion.

Stetigförderer haben ihren Einsatz bei Transporten zwischen Fertigungsabschnitten mit Einbindung in den technologischen Prozess (Kühlen, Trocknen usw.) oder Förderwegen mit erforderlicher Pufferung.

Stetigförderer

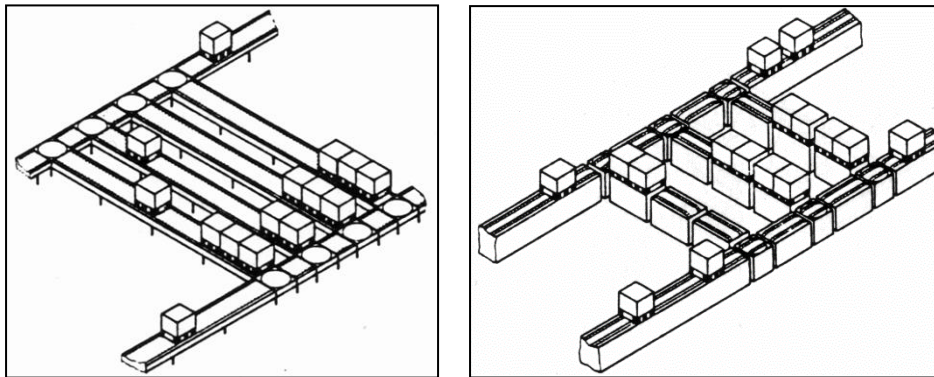


Abb. 2.33: Staurollenförderer (links) und Staukettenförderer [Hom-18]

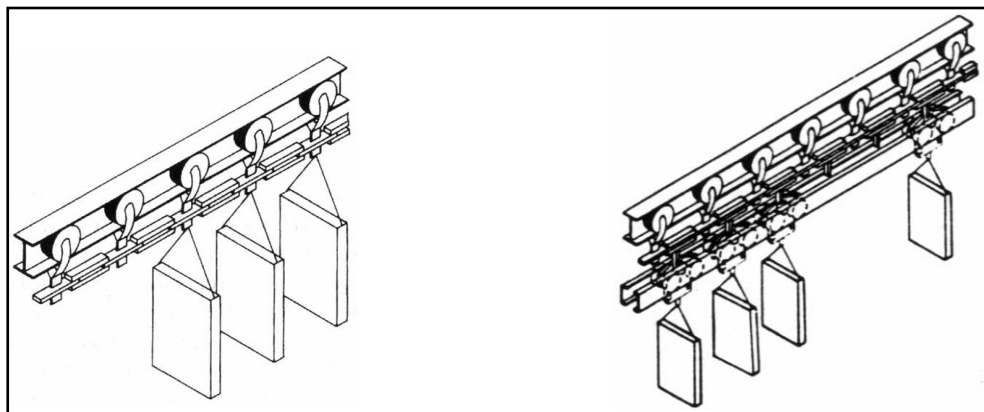


Abb. 2.34: Kreisförderer (links) und Schleppkreisförderer [Hom-18]

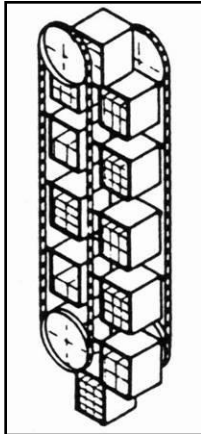


Abb. 2.35: Paternoster [Hom-18]

Alle genannten Fördermittel haben eine Lagerfunktion, da die Ladeeinheiten eine definierte Zeit auf diesen verbleiben. Die Güter können mit und ohne Ladehilfsmittel dynamisch gelagert werden.

Unstetigförderer

Auf Unstetigförderern können kleine Mengen je Artikel und geringer bis mittlerer Artikelzahl gelagert werden, sie sind vor allem für Kleinteile geeignet. Unstetigförderer werden im Handel, in der Industrie (beispielsweise Maschinenbau- und Elektroindustrie) und in Dienstleistungsunternehmen (beispielsweise in Krankenhäusern) eingesetzt. Besonders zu erwähnen sind hier Verkehrsmittel des außerbetrieblichen Einsatzes wie zum Beispiel Lkw-Anhänger, Wechselaufbauten und Eisenbahnwagen, die beispielsweise im Versandbereich häufig eine Pufferfunktion übernehmen. Die Fachboden- oder Behälterregale können auf Flurförderzeugen oder Wagen angeordnet werden und bei einer Huckepackaufnahme an beliebigen Orten in der Produktion flexibel abgestellt werden.

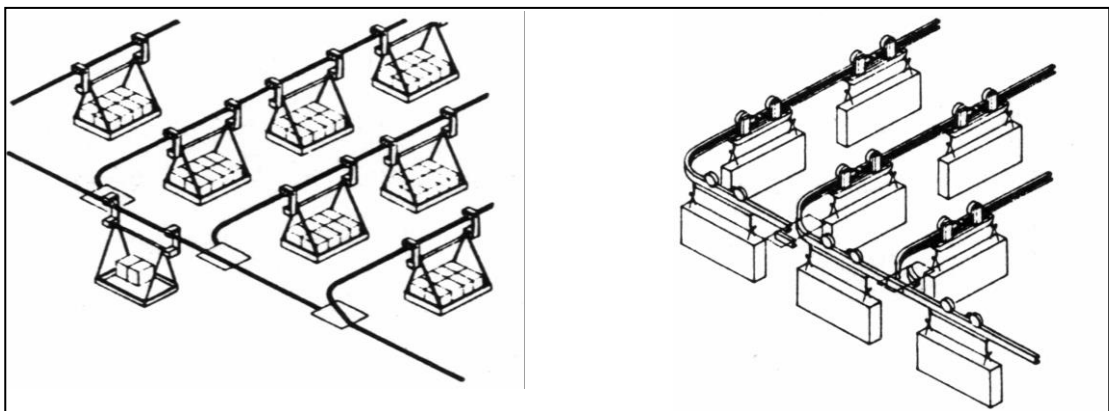


Abb. 2.36: Trolleybahn (links) und Elektro-Hängebahn [Hom-18]

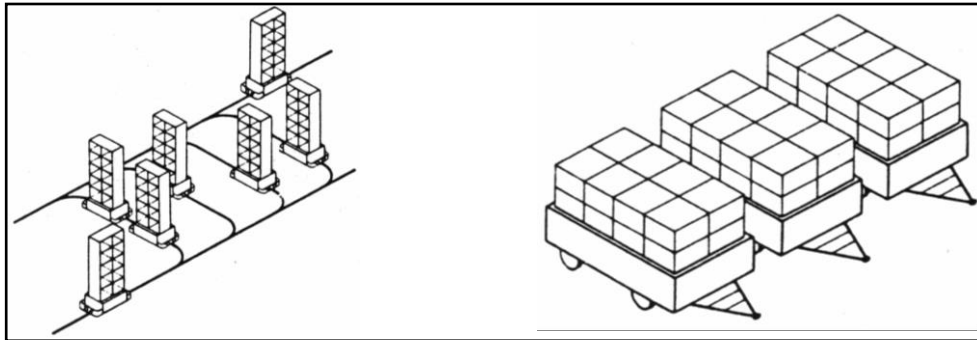


Abb. 2.37: Regal auf Flurförderzeug und Anhänger, Wagen [Hom-18]

Auch hier verbleiben die Güter eine definierte Zeit auf den Fördermitteln. Dies wird als dynamische Lagerung bezeichnet. Das Stückgut kann mit und ohne La-dehilfsmittel gelagert werden.

2.8.5 Lagerung von Schüttgütern

Staubförmige, körnige und stückige Güter werden in der Praxis unter dem Begriff der **Schüttgüter** zusammengefasst. Sie werden nach Körnung, Schüttdichte und/oder Schüttwinkel klassifiziert. Die Körnung wird dabei als Mittelwert aus maximaler und minimaler Korngröße definiert.

Schüttgüter

Schüttgut-klassifizierung	Körnung in mm	Beispiele
staubförmig	kleiner 0,5	Zement, Mehl, Ruß
körnig	zwischen 0,5 und 10	Sand, Getreide, Zucker
kleinstückig	zwischen 10 und 60	Kies, Kaffee
mittelstückig	zwischen 60 und 160	Schotter, Koks
grobstückig	über 160	Kohle, Gussabfälle

Abb. 2.38: Korngrößen von Schüttgütern

Unter Berücksichtigung der Schüttdichte, des Schüttwinkels und der besonders unter dem Brandschutzaspekt zu beachtenden Stapelhöhe ergibt sich die erforderliche Lagerfläche.

Für die **Lagerung von Schüttgütern** gibt es in Abhängigkeit von den spezifischen Eigenschaften des einzulagernden Gutes und den Verwendungsanforderungen drei grundsätzliche Lagerarten:

- **Offene Freilager** sind für witterungsunempfindliche Schüttgüter, wie beispielsweise Kies, Sand, Schotter, Erze usw., geeignet. Sie besitzen in der Regel einen verschleißfesten Unterbau. Zur Beschickung und Entnahme werden Krane und Stetigförderer eingesetzt.
- **Lagerhallen** eignen sich, wenn das zu lagernde Gut vor Umwelteinflüssen und evtl. die Umwelt vor dem zu lagernden Gut geschützt werden muss.
- Großbehälter wie **Bunker beziehungsweise Silos** ermöglichen eine günstige, dosierte Entnahme von Schüttgütern, Flüssigkeiten und Gasen. Um dies zu realisieren, muss der Form und insbesondere der Neigung des Auslaufbereiches besondere Beachtung geschenkt werden. Die Form der Bunker ist unterschiedlich und richtet sich nach dem Schüttgut und den örtlichen Gegebenheiten. Unterschiedliche Bunker finden Sie in der Abbildung 2.39.

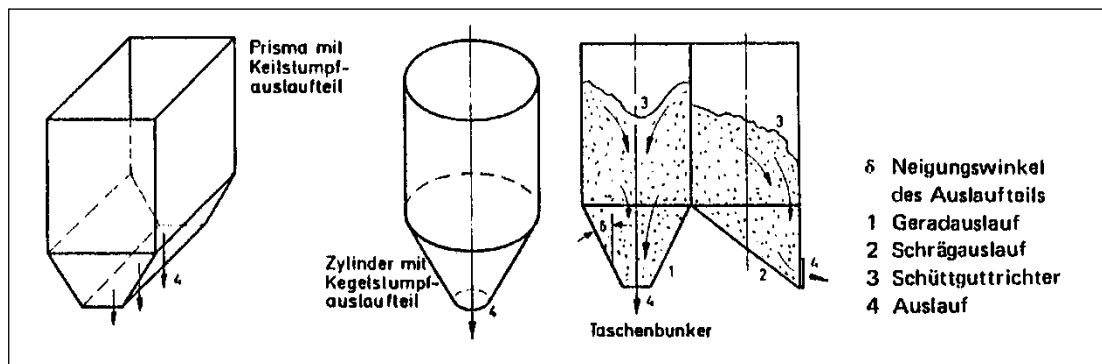


Abb. 2.39: Bauarten von Schüttgutbunkern [Mar-16]

Böschungswinkel

Der Böschungswinkel in Ruhe (β_R) ist die ausschlaggebende Größe bei der Planung und Festlegung der Haldenfläche für die Bodenlagerung. Unter diesem versteht man den Neigungswinkel von Schüttgut, welches lose auf eine waagerechte Fläche geschüttet wurde. Für die Bewegung des Schüttgutes auf Transportmitteln ist der Böschungswinkel in Bewegung maßgebend (β_B). (vgl. Abbildung 2.40) [Mar-16]

Schüttgut	Dichte in t/m ³	Schüttdichte in t/m ³	Böschungswinkel in der	
			Ruhe in °	Bewegung in °
Braunkohle	0,9	0,7	50	35
Asche (Schlacke)	2,5	0,9	45	35
Gerste	0,9	0,7	35	25
Kies (feucht)	2,5	0,7	50	35
Kunststoffgranulat	1,3	0,7	25	5
Mehl	0,7	0,5	55	50
Sand (trocken)	2,5	1,6	35	20
Sägespäne	0,4	0,25	35	5
Zement	2,8	1,2	45	20

Abb. 2.40: Schüttdichten und Böschungswinkel [Mar-16]

2.9 Externe Lagerauswahl

Wenn zur Lagerung eines Warenbestandes mehrere Lager zur Auswahl stehen, so ist zu entscheiden, in welchem dieser Lager eine bestimmte Menge eingelagert werden soll.

Unter der Voraussetzung, dass die voraussichtliche Lagerdauer bekannt ist, lässt sich die Auswahl durch folgenden Zusammenhang beschreiben:

$$k_{Li}(T_L) = k_{Zi} + k_{Di} + k_{Pi} * T_L \quad [€ / LE]$$

Dabei sind k_{Li} die spezifischen Lagerprozesskosten eines Lagerauftrages für ein Lager L_{Ai} mit einem Lagerplatzkostensatz k_{Pi} [€/LE-Tag] und einem Durchsatzkostensatz k_{Di} [€/LE], das vom Bereitstellort der Ware mit Zulauftransportkosten in Höhe von k_{Zi} [€/LE] erreichbar ist, bei einer voraussichtlichen Lagerdauer von T_L Kalendertagen. [Gud-13]

Literaturverzeichnis

- [Arn-21] **Arnold D. et al. (Hrsg.):** Handbuch Logistik. Springer Verlag, Berlin 2021
- [Bar-16] **Barkalov, I.:** Effiziente Unternehmensplanung. Verlag Springer Gabler, Wiesbaden, 2016
- [Bre-18] **Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH:** Auf dem Weg zu mehr Sicherheit im Flurfördereinsatz. Fördern und heben, 68. Jahrgang, 09/2018, S. 54 – 57
- [BVL-21] **Bundesvereinigung Logistik.** www.bvl.de, Zugriff am 16.09.2021
- [DGUV 208] **Berufsgenossenschaft Holz und Metall - BGHM (Hrsg.)** DGUV Information 208 - 004: Gabelstapler. Mainz, 2012
- [DGUV-18] **Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (Hrsg.):** Arbeitsunfallgeschehen 2016, Berlin, 2018
- [DIN 1055] **Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.):** DIN 1055 – Einwirkungen auf Tragwerke. Beuth Verlag, Berlin, 2010
- [DIN 15201] **Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.):** DIN 15201 – Stetigförderer - Benennungen. Beuth Verlag, Berlin, 1994
- [DIN 18560] **Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.):** DIN 18560 – Estriche im Bauwesen. Beuth Verlag, Berlin, 2021
- [DIN 30781] **Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.):** DIN 30781 - Transportkette Teil 1 und Teil 2. Beuth Verlag, Berlin, 1989
- [DIN 55405] **Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.):** DIN 55405 – Verpackung – Terminologie – Begriffe, Beuth Verlag, Berlin, 2014
- [DIN 55510] **Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.):** DIN 55510 – Verpackung; Modulare Koordination im Verpackungswesen; Teil 1 bis 3, Beuth Verlag, Berlin, 2005
- [DIN 9000] **Deutsches Institut für Normung:** DIN EN ISO 9000 Qualitätsmanagementsysteme – Grundlagen und Begriffe. Beuth Verlag, Berlin, 2015
- [Ehr-17] **Ehrmann, H.:** Logistik. Kiehl Verlag, Ludwigshafen, 2017

- [Fet-21] **Fettke, P.:** SCOR Modell. <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/>, Zugriff am 15.09.2021
- [Fig-17] **Figgemeier, E.:** Zellchemie und Ladeprofil. Logistra Sonderheft Lithium-Ionen-Gabelstapler. Huss-Verlag, München, 2017
- [Fre-14] **Frey, G.:** Trends in der Intralogistik. Vortrag auf dem Deutschen Logistik Kongress, Berlin, 2014
- [GDA-13] **Geschäftsstelle der Nationalen Arbeitsschutzkonferenz** (Hrsg.): Abschlussbericht zum GDA-Arbeitsprogramm „Sichere fahren und transportieren“, Berlin, 2013
- [GefStoffV] **Gefahrstoffverordnung (GefStoffV):** vom 26.11.2010 (BGBl. I S. 1643); geändert durch Art. 2 der Verordnung vom 21.07.2021 (BGBl. I S. 3115)
- [Glo-17] **Glock, Ch.; Grosse, E. (Hrsg.):** Warehousing 4.0. B+G Wissenschaftsverlag, Lauda-Königshofen, 2017
- [Göp-13] **Göpfert, I.:** Logistik: Führungskonzeption und Management von Supply Chains. Verlag Vahlen, München, 2013
- [GS1-21] **GS1 Germany.** www.gs1-germany.de, Zugriff am 16.09.2021
- [Gud-13] **Gudehus, T.:** Logistik Band 1 und 2. Springer Verlag, Berlin, 2013
- [Gün-12] **Günthner, W.; Rammelmeier, T.:** Vermeidung von Kommissionierfehlern mit Pick-by-Vision. Forschungsbericht AiF 16398 N, München, 2012
- [Hom-10] **ten Hompel, M.; Schmidt, T.:** Warehouse Management, VDI-Buch, Springer Verlag, Berlin, 2010
- [Hom-11] **ten Hompel, M.; Sadowsky, V.; Beck, M.:** Materialflusssysteme 2: Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik, VDI-Buch, Springer Verlag, Berlin, 2011
- [Hom-18] **ten Hompel, M.; Schmidt, Th.; Dregger, J.:** Materialflusssysteme: Förder- und Lagertechnik, VDI-Buch, Springer Verlag, Berlin, 2018
- [Hom-21] **ten Hompel, M.; Heidenblut, V.:** Taschenlexikon Logistik, <http://www.logipedia.de/>, Zugriff am 04.08.2021
- [ISO 509] **Deutsches Institut für Normung (DIN) (Hrsg.):** BS ISO 509 –

- Gabelhubwagen – Hauptmaße. Beuth Verlag, Berlin, 1996
- [Jod-12] **Jodin, D.; ten Hompel, M.:** Sortier- und Verteilsysteme, VDI-Buch, Springer Verlag, Berlin, 2012
- [Jun-20] **Jungheinrich:** www.jungheinrich.de/produkte/batterien-ladetechnik/batterien/lithium-ionen-batterien, Zugriff am 16.09.2021
- [Kap-18] **Kaplan, R.; Norton, D.:** Balanced Scorecard: Strategien erfolgreich umsetzen. Verlag Schäffer-Poeschel, Stuttgart, 2018
- [Kaß-20] **Kaßmann, M.:** Grundlagen der Verpackung, Beuth Verlag, Berlin, 2020
- [Kau-13] **Kaufmann, Th.:** Flurförderzeuge. Optimale Planung und effizienter Einsatz. Beuth Verlag, Berlin, 2013
- [Klu-18] **Klug, F.:** Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Springer Verlag, Berlin 2018
- [Koc-14] **Koch, K.:** Intralogistik – wieder an die Kette gelegt. Logistik und Fördertechnik. Nr. 11/2014, Basel
- [Koe-07] **Koether, R.:** Technische Logistik. Hanser Verlag, München, 2007
- [Koe-18] **Koether, R. (Hrsg.):** Taschenbuch der Logistik. Hanser Verlag, München, 2011
- [Kra-12] **Krampe, H.; Lucke, H.-J. (Hrsg.):** Grundlagen der Logistik, Huss-Verlag, München, 2012
- [Kra-16] **Krampf, P.:** Strategisches Prozess-Management. Verlag Vahlen, München, 2016
- [Krü-14] **Krüger, G.:** Mit Kennzahlen Unternehmen steuern. NWB Verlag, Herne, 2014
- [Kum-12] **Kummer, S.:** Logistikkostenrechnung und Controlling. In: **Krampe, H.; Lucke, H.-J. (Hrsg.):** Grundlagen der Logistik, huss Verlag, München, 2012
- [Kur-18] **Kurzweil, P.; Dietlmeier, O.:** Elektrochemische Speicher. Springer Verlag, Berlin, 2018
- [Lüc-17] **Lücke, O.:** Das Ende der Blei-Säure-Batterie. Logistra Sonderheft Lithium-Ionen-Gabelstapler. Huss-Verlag, München, 2017

- [Mar-16] **Martin, H.:** Transport- und Lagerlogistik, Verlag Springer Vieweg, Braunschweig, 2016
- [Mit-21] **Mitsubishi Gabelstapler,** www.mein-stapler.de, Zugriff am 07.09.2021
- [Mos-16] **Mosler, A.:** Integrierte Unternehmensplanung: Anforderungen, Lösungen und Echtzeitsimulation im Rahmen von Industrie 4.0. Verlag Springer Gabler, Wiesbaden, 2016
- [Paw-07] **Pawellek, G.:** Produktionslogistik. Hanser Verlag, München, 2007
- [Paw-16] **Pawellek, G.:** Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik, VDI-Buch, Springer Verlag, Berlin, 2016
- [Rei-17] **Reichmann, T.:** Controlling mit Kennzahlen. Verlag Vahlen, München, 2017
- [Sch-06] **Schmid, Th.:** Kennzahlensysteme im Einkauf. Esprit Consulting AG, München, 2006
- [Sch-16] **Schulte, Ch.:** Logistik. Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses. Verlag Vahlen, München, 2016
- [Ste-17] **Steger, J.:** Kennzahlen und Kennzahlensysteme. NWB Verlag, Herne, 2017
- [Tem-16] **Tempelmeier, H.; Günther, H.-O.:** Produktion und Logistik. Springer Verlag, Berlin, 2016
- [Tha-16] **Thaler, K.:** Produktionsmanagement. Verlag Bwv Berliner-Wissenschaft, Berlin, 2016
- [TRGS 554] **Bundesministerium für Arbeit und Soziales - BMAS (Hrsg.):** Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) 554, Abgase von Dieselmotoren, GMBI 2019, S. 88 - 104, vom 18.03.2019, Berlin
- [Ulr-19] **Ulrich, G., Albrecht, Th.:** Fahrerlose Transportsysteme. Verlag Springer Fachmedien, Wiesbaden, 2019
- [VDI 2198] **Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.):** VDI 2198 – Typenblätter für Flurförderzeuge, Beuth Verlag, Berlin, 2019
- [VDI 2199] **Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.):** VDI 2199 – Empfehlungen für bauliche Planungen beim Einsatz von Flurförderzeugen, Beuth Verlag, Berlin, 2012

- [VDI 2695] **Verein Deutscher Ingenieure** (Hrsg.): VDI 2695 – Ermittlung der Betriebskosten für Diesel- und Elektro-Gabelstapler, Beuth Verlag, Berlin, 2010
- [VDI 2710] **Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.):** VDI 2710 Ganzheitliche Planung von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS), Beuth Verlag, Berlin, 2010
- [VDI 3578] **Verein Deutscher Ingenieure** (Hrsg.): VDI 3578 – Anbaugeräte für Flurförderzeuge. Beuth Verlag, Berlin, 2008
- [VDI 3590] **Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.):** VDI 3590 Blatt 1 – Kommissioniersysteme – Grundlagen. Beuth Verlag, Berlin, 1994
Blatt 2 – Systemfindung, Beuth Verlag, Berlin, 2020
- [VDI 3619] **Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.):** VDI 3619 – Sortier- und Verteilsysteme für Stückgut, Beuth Verlag, Berlin, 2017
- [VDI 4400] **Verein Deutscher Ingenieure (Hrsg.):** VDI 4400 Blatt 1 – 3, Logistikkennzahlen für die Beschaffung, Produktion und Distribution, Beuth Verlag, Berlin, 2004
- [VerV-17] **Verpackungsverordnung** vom 21. August 1998 (BGBl. I S. 2379), zuletzt geändert durch Artikel 11 Absatz 10 des Gesetzes vom 18. Juli 2017 (BGBl. I S. 2745)
- [Wan-16] **Waniczek, M.; Ruthner, R.; Feichter, A.:** Unternehmensplanung und -steuerung. Linde Verlag, Wien, 2016
- [Web-17] **Weber, J. et. al.:** Wertorientierte Unternehmenssteuerung. Verlag Springer Gabler, Wiesbaden, 2017
- [ZVEI-21] **Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie - ZVEI (Hrsg.):** Lebensdauer-Betrachtungen bei Antriebsbatterien. www.zvei.org, Zugriff am 27.09.2021

Stichwortverzeichnis

A

ABC-Analyse	234
Abschiebeschuhsorter	147
Abweiser	149
Advanced Planning System.....	206
angetriebene Rollenbahn.....	70
Anspruchsgruppen	226
Antriebsart.....	49, 51, 53, 90
Arbeitsgangbreiten.....	99, 100
Artikelstruktur.....	228, 229, 231, 232
Aufgeständerte Förderer	69, 121
Auftragsstruktur	228, 231, 232
Aufzug	98, 126

B

Balanced Scorecard.....	215, 216, 217, 218, 219, 226, 227, 243
Bandförderer	74, 76, 134
Bandschnecke	86, 87
Baukastensystem.....	236
Beanstandungsquote.....	211, 213, 224
Becherwerk	82, 83
Behälterregal	33, 34, 42
Benchmarking	210, 220, 222, 223, 224
Bereitstellung	128, 129, 130, 131, 135, 136, 142, 160, 170, 229
Beschaffung	178, 182, 191, 192, 203, 221, 245
Bestellpunktverfahren	9
Betriebskosten.....	66, 89, 99, 100, 109
Beziehungszahl	209
Binnencontainer	164
Blei-Säure-Batterien.....	60, 62
Blocklagerung	25, 26, 29, 35
Bodenlagerung ...	18, 22, 23, 24, 25, 26, 27
Branchenanalyse	188
Bremsverzögerung	108
Brückenkran	123

Bunker.....	22, 23, 46
-------------	------------

C

chaotische Lagerung.....	15, 23
Container	163
Cross Docking	139

D

Deckentragfähigkeit	89, 106
Doppelgabeln	94
Doppelspiel	230
Dreharmsorter	149, 150
Druckluftförderanlage	88
Durchfahrregal	29, 42
Durchlaufregal.....	24, 36, 38, 42, 141, 142, 151
Durchlaufzeit.....	203, 224, 233
Dynamische Lagerung.....	19

E

Einfahrregal.....	29, 30, 42
Einheitenlager	22, 24, 130
Einkauf	193, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 244
Einlagerung	9, 15, 16, 23, 37, 142
Einschubregal	38, 42
Eintrommel-Antrieb	76, 77
Einzelspiel	230
Elektroschlepper.....	95
Entfernungsmatrix	201
Entfernungs-Matrix	200
Entnahme	37, 46, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 136, 137, 141, 142
Entnahmeeinheit..	128, 129, 131, 136, 138, 139
Entsorgungslogistik.....	184, 186, 190
eProcurement.....	222
ERP	183, 218
Erzeugnisstruktur	233, 234, 235, 236

- Europalette 162, 165, 166, 167
 Experimente 208
- F**
- Fachbodenregal 30, 42, 134, 137, 141, 151
 Fallklappensorter..... 147, 150
 Fehlerquote 212
 Fehlmengenkosten 213
 Fertigungstiefe 221, 233, 234, 237
 FIFO..... 24, 26, 28, 37
 Flächenbelastung..... 106, 107
 Flächenkennzahl 229
 Flächennutzungsgrad 212
 Flexibilisierung 205
 Flurfördermittel..... 106
 Flurförderzeug . 55, 92, 101, 107, 109, 117
 Flurgebundene Förderer 67, 90
 FMEA 219
 Förderanlagen 50, 85, 88
 Förderguteinschleusung 88
 Fördermittel 49, 50, 51, 52, 66, 67, 70, 75,
 78, 83, 85, 90, 91, 93, 95, 96, 99, 110,
 123
 Förderschnecke 86
 Freilagerung 22
 Frontstapler 99
 FTS 109, 110, 117, 118
 Führungstechniken..... 111, 112, 115, 117
 Funktionsbereiche
 - logistische 184
- G**
- Gabelhubwagen 92, 93, 94, 95
 Gabelstapler 94, 95, 96, 97, 102
 Gehänge 81, 122
 Genauigkeit..... 210, 215
 Gitterbox 90, 96, 163
 Gliederbandförderer 78, 79
 Gliederungszahl 209
 Gummigurtförderer 76
 Gurtkurve 74
- H**
- Hallenlagerung 22, 23
 Halteweg 108
 Handgabelhubwagen 93, 125
 Hängekran 123
 Hochdruckförderung 88
 Hochregalblocklager 121
 Hochregallager 121
 Hochregalstapler 92, 93, 99
 Horizontalkommissionierer 140
 Hubwagen 93, 94, 95
- I**
- Indizes 210
 Industriepalette 166, 167
 ISO-Container 163
- J**
- Just-In-Sequence 176
 Just-In-Time 176, 203
- K**
- Kanalfahrzeug 121
 Kanalregal 42
 Kanban 203, 204, 205, 206
 Kapitalbindung 211, 212
 Karren 93
 Kastenbandförderer 79
 Kennzahlensystem von Reichmann 215,
 216
 Kippachse..... 103
 Kippschalensorter..... 146, 147, 150
 Kleinladungsträger 70
 Kommissionierlager 22, 24, 143
 Kommissioniernester..... 142
 Kommissionierung II, 10, 12, 37, 127, 128,
 129, 130, 135, 136, 137, 138, 139, 140,
 141, 142, 143, 151, 157
 Kompaktlagerung 18, 34
 Konkurrentenanalyse..... 188
 Kontrolle 7, 13, 208
 Koordinierung 195, 221

Kopfantrieb	76, 77	Logistikrate	237
Kragarmregal	35, 42	M	
Kreisförderer	43, 80, 81	make or buy	I
Kugelbahn	73, 125	Mann zur Ware	130
Kundenbedarf	204	Marktanalyse	188
Kundenorientierung	205	Materialbestand	205
L		Materialfluss-Matrix	200
Ladeinheit.. 153, 155, 157, 160, 161, 165, 166, 167		Materialflussplanung	VI
Ladeeinheitensicherung	161	Materialflusstechnik	II, 4
Ladehilfsmittel	93, 96, 155	Materialprüfung	14
Ladung	153, 155, 165	Mehrtrommel-Antrieb	77
Ladungssicherung	155	Mengenanpassung	24
Ladungsträger 155, 161, 162, 163, 165, 172		Mitteldruckförderung	88
Lagereinheit	15, 130, 230	Mittelantrieb	76
Lagerhalle	46	Motivationsfunktion	210
Lagerkennzahl	229	Multimomentbeobachtung	208
Lagerkosten	212, 218	N	
Lagerorganisation	7, 24, 28	Netto-Zeitbedarf	202
Lagerplatzkosten	212	Niederdruckförderung	88
Lagerplatzvergabe	23	Nutzlast	107
Lagerreichweite	228	Nutzwertanalyse	219
Lagerstufe	12	O	
Lagersystematik	7	Offene Freilager	46
Lagertechnik	7	Operationalisierung	221
Lagerung auf Fördermittel	43	P	
Lagervorzone	69, 92	Packgut	153, 154, 155, 157
Lagerwirtschaft	7	Packhilfsmittel	153, 154, 155
Lastaufnahme . 90, 93, 95, 96, 99, 121, 123		Packmittel	153, 155, 157, 159, 161
Leistungsdaten	232	Packstoff	153
Leitprinzipien	111	Packstück	153, 164
Lieferbereitschaft	192, 213	Palette	71, 90, 93, 94, 96, 125
Liefertreue	213	Palettenregal 24, 32, 33, 34, 37, 42, 130, 151	
LIFO	24, 33, 38	Palettierung	157, 164
Lithium-Ionen-Batterien	60, 61, 62	Paternoster	85, 86
Logistik Kennzahlen von Weber	215	Planung	173
Logistikketten		- Gegenstromverfahren	181
- dispositiv	185	- Maßnahmenplanung	176, 179
- operativ	185	- operative	176
Logistikkosten	192, 233, 237		

- Prinzipien 174
- progressive 181
- retrograde 181
- Strategieplanung 176, 179
- strategische 175
- taktische 175, 176
- Zielplanung 176, 178, 179
- Planungsablauf
 - inhaltlich 182
 - zeitlich 182
- Planungsaufbau 181
- Planungsfunktion 210
- Planungsmatrix 182, 183
- Planungsprozess 176, 177, 178
- Planungsrichtlinien 180, 181
- Planungsrichtung 181
- Plattenbandförderer 79
- Plattformwagen 95, 96
- Pneumatikförderer 72
- Portalkran 124
- PPS 183, 191, 212, 218
- Primärerfassung 208
- Produktionslogistik 233, 244
- Produktprogramm 234
- Pufferlager 22
- Punktbelastung 106, 107
- Pusher 148, 149, 150
- Q**
- Qualität 177, 180, 186, 205, 211, 212, 213, 224
- Qualitätsprüfung 14
- Quergurtsorter 145, 146, 150
- R**
- Rechensystem 214
- Regalbediengerät 15, 28, 31, 35, 90, 91, 92, 99, 130, 131, 230
- Regallagerung 18, 24, 28, 29, 30, 32, 36
- Regelungsfunktion 210
- Rentabilität 216, 233
- Reproduzierbarkeit 218, 219
- Rohrbahn 122
- Rohrpostanlage 73
- Röllchenbahn 71, 72
- Rollenbahn 69, 70, 71, 73
- Roller 93
- Rührschnecke 87
- Rutsche 52, 84
- S**
- Sammellager 22
- Schachtkommissionierer 142, 143
- Scherenhubtisch 125
- Schleifenstrategie 139
- Schlepper 92, 93, 94, 95, 96, 110
- Schleppkreisförderer 43, 81, 82
- Schlussantrieb 76, 77
- Schmalgangstapler 99
- Schnecke 87
- Schubladenregal 31, 42
- Schubmaststapler 99
- Schwenkrollensorter 147, 148
- Schwerkraftentleerung 83
- SCOR 207
- Seilhubwerk 123
- Sekundärerfassung 208
- Servicegrad 211, 212, 233, 237
- Sicherheitsbestand 8, 9, 11
- Sicherheitsfunktion 11
- Silo 22, 23
- Sortier- und Verteilsystem 144
- Sortierungsfunktion 11
- Spekulationsfunktion 11
- Spielzeit 202, 229
- Stapelkran 123, 124
- Stapler 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 106, 107, 110
- Statische Lagerung 19
- Staubandförderer 75
- Staukettenförderer 43
- Staurollenförderer 43
- Stetigförderer 50, 52, 63, 64, 65, 66
- Steuerung VI, 173, 186, 203, 204, 205, 206, 208, 210, 220, 223

Stichgangstrategie 139
 Stoßfaktor..... 106, 107
 Strategische Geschäftseinheiten..... 186
 Supermarkt-Prinzip 204
 Supply Chain.....I, 183
 Supply Chain Management 205
 Supply Chain Optimization..... 206
 Synchronisation..... 205

T

Termtreue.. 184, 192, 195, 211, 212, 224
 time to marketI
 Tragfähigkeit.. 93, 94, 96, 98, 99, 103, 106
 Tragfähigkeitsdiagramm 103
 Tragkettenförderer 73, 74
 Tragschuhsorter..... 146, 150
 Transformationsprozess 2
 Transparenz..... 208, 222, 223
 Transportdiagramm 200
 Transporteinheit 200
 Transportkapazität..... 199, 202
 Transportmatrix..... 89
 Transportmittel.. 49, 51, 52, 64, 65, 66, 68,
 71, 80
 Transporttisch 72, 73
 Transportverpackung 167, 168
 Trolleybahn 122
 Tunnellager 121

U

Umsetzer 71, 81
 Unstetigförderer 50, 90
 Unterflurschleppkettenförderer .. 66, 67, 68

V

Variantenanteil 234
 Veredelungsfunktion..... 11
 Verfügbarkeit 210
 Vergleich..... 208
 Vergleichsfunktion..... 210
 Verkehrsfläche 229
 Verpackung . 153, 154, 155, 156, 157, 158,

160, 165, 167, 168, 169, 170
 Verpackungsprozess..... 155, 170, 171
 Versandeinheit..... 128, 154
 Versandkostenquote 213
 Verschieberegale..... 42
 Verschieberegallager 121
 Verschiebeumlaufregal..... 42
 Verteillager..... 22
 Vertikalkommissionierer 140, 141
 Verzugsquote..... 213
 Videoaufnahmen 208
 Vollschncke 86
 Vollwandboxpalette 163
 Vorratslager 22

W

Wabenregal 35, 42
 Wagen 92, 93, 94, 95, 110
 Wandertische..... 79
 Ware zum Mann 130
 Warehousemanagement II, III, XII, 242
 Warenannahme..... 13
 Wareneinsatz 230
 Wegoptimierte Ein- und Auslagerung.... 24
 Werkstattorganisation..... 204
 Wertschöpfungskette 204, 205, 206, 218
 Work in Process 203

Z

Zeilenlagerung..... 27, 35
 Zeiteinheit 200, 228, 232
 Zeitreihe 234
 Zeitreihenentwicklung..... 236
 Zielerreichung 189, 195, 210, 221, 223,
 238, 239
 Zielgruppe 238
 Zielvorgabe 220
 Zugmittel 67, 70, 79, 82
 Zugriffsstruktur 231, 232
 Zuverlässigkeit 177, 205, 210, 218
 Zweiachsschlepper 95
 Zweitrommelantrieb 77