

HANDBUCH

INTRALOGISTISCHE SYSTEME FÜR STÜCKGUT

Teil II

Lagertechnische Einrichtungen

Untertitel II.2:
Lagerarten, Lagertechniken

Gesamtübersicht	
Teil I	Gestaltungsmöglichkeiten zur Optimierung des Aufbaus und der Abläufe innerhalb des Systems
Teil II	Lagertechnische Einrichtungen Untertitel II.1: Ladeinheit, Ladehilfsmittel, Untertitel II.2: Lagerarten, Lagertechniken Untertitel II.3: Fördertechnik Untertitel II.4: Technische Einrichtungen für Kommissioniersysteme sowie WE / WA, Versand
Teil III	Lagerverwaltung, Datenerfassung, Datenverarbeitung
Teil IV	Gebäude und Infrastruktur für intralogistische Systeme Untertitel IV.1: Anforderungen an die Gebäude Untertitel IV.2: Realisierungsmöglichkeiten der Anforderung an die Gebäude
Teil V	Technische Gebäudeausrüstung

INHALTSVERZEICHNIS

1	Strukturierung und Begriffe	5
1.1	Konventionelle und komplexe Lagersysteme	6
1.2	Eingeschossige und mehrgeschossige Lager	6
1.3	Statische und dynamische Lagerung	7
1.4	Erläuterungen und Begriffe zu Lagergestelle / Regale	7
1.5	Zeilenlagerung und Kompaktlagerung	10
1.6	Bezeichnungen von Lagerarten nach Bauweise und Lagerhöhe	11
2	Normen, Richtlinien und Empfehlungen	12
3	Konventionelle eingeschossige statische Lagerung	13
3.1	Bodenlagerung (Lagerung ohne Lagergestell)	13
3.1.1	Ungestapelte Bodenlagerung	13
3.1.2	Gestapelte Bodenlagerung	13
3.1.3	Boden-Zeilenlagerung	14
3.1.4	Boden-Blocklagerung	15
3.2	Statische Lagerung mit Lagergestellen / Regalen	15
3.2.1	Regallager mit statischer Zeilenlagerung	17
3.2.1.1	Fachboden-Regalanlagen	17
3.2.1.2	Palettenregallager mit Konventioneller Bedienung	19
3.2.1.3	Kragarmregale	23
3.2.2	Statische Kompaktlagerung	24
3.2.2.1	Einfahr- und Durchfahrregal	24
4	Konventionelle eingeschossige dynamische Lagerung	26
4.1	Lagergut beweglich in feststehendem Lagergestell	26
4.1.1	Durchlaufregale	26
4.1.1.1	Durchlaufregale für Behälter, Kartons	27
4.1.1.2	Paletten-Durchlaufregale	29
4.1.1.3	Antrieb für die Bewegung der Ladeeinheiten	30
4.1.1.3.1	Bewegung durch Schwerkraft	30
4.1.1.3.2	Bewegung durch motorisch angetriebene Fördertechnik	32
4.1.2	Einschubregal	32
4.2	Gemeinsame Bewegung von Lagergut und Lagergestell	33
4.2.1	Verschieberegalanlagen mit konventioneller Regalbedienung	33
4.2.1.1	Manuell verfahrenene Verschieberegalanlagen	34
4.2.1.2	Elektromotorisch verfahrenene Verschieberegalanlagen	35
4.2.2	Umlaufregale mit konventioneller Bedienung	36
4.2.2.1	Horizontal umlaufende Systeme (Karussellregal)	37
4.2.2.2	Vertikal umlaufende Systeme	38
4.2.2.2.1	Paternosterregal	38

4.2.2.2.2	Brückenpaternoster	38
4.2.2.2.3	Flexible Speicher	39
4.3	Fördertechnik mit Lager- bzw. Pufferfunktion	40
4.3.1	Speicherung auf Fördertechnik ohne automatische Sortierfunktion	41
4.3.2	Speicherung auf Fördertechnik mit automatischer Sortierfunktion	42
5	Mehrgeschossige Lagerung	44
5.1	Mehrgeschossige Lagerung in Etagengebäuden	44
5.2	Mehrgeschossige Lagerung mit Zwischenbühnen	44
5.3	Mehrgeschossige Regalanlage	44
6	Komplexe Lagersysteme	47
6.1	Abgrenzung „Konventionelle Lager“ / „Komplexe Lager“	47
6.1.1	Typische Vertreter komplexer Lagersysteme	49
6.1.1.1	Hochraumlager und Hochregallager für mittlere bis hohe Nutzlasten je LE	49
6.1.1.2	Automatisches Kleinteilelager (AKL) für kleine bis mittlere Nutzlasten je LE	50
6.2	Komplexe Systeme mit Zeilenlagerung	50
6.2.1	Zeilenlager mit geführten Flurförderzeugen (Schmalgangsysteme)	51
6.2.1.1	Richtlinien / Regelwerke für das Betreiben von Schmalgangsystemen	52
6.2.1.2	Führungs- und Navigationssysteme	53
6.2.1.2.1	Mechanische Führungssysteme	53
6.2.1.2.2	Halb- und vollautomatische Führungs- Navigationssysteme	55
6.2.1.3	Maßnahmen zum Personenschutz und zur Gassensicherung	55
6.2.1.3.1	Generell geforderte Maßnahmen	56
6.2.1.3.1.1	Sicherheitskennzeichnung / Beschilderung	56
6.2.1.3.1.2	Gangendsicherung	56
6.2.1.3.1.3	Quergänge	57
6.2.1.3.1.4	Notausgänge	57
6.2.1.3.1.5	Abstandhaltung	57
6.2.1.3.2	Vom Anwendungsfall abhängige Maßnahmen	57
6.2.1.3.2.1	Geschwindigkeitsbegrenzung	57
6.2.1.3.2.2	Bauliche Abtrennungen	57
6.2.1.3.2.3	Stationäre Warnanlagen / Technische Maßnahmen an Gassenzugängen	58
6.2.1.3.2.4	Mobile Sensorik / Schutzeinrichtungen am Schmalgangstapler	59
6.2.1.3.3	Maßnahmen zur Durchführung von Nebenarbeiten	59
6.2.1.4	Anforderungen an Übergabestationen im Ein- / Auslagerungsbereich	59
6.2.1.5	Anforderungen an den Bodenbelag	60
6.2.2	Zeilenlager mit schienengebundenen Förderzeugen zur Regalbedienung	61
6.2.2.1	Lager mit in Bodennähe verfahrbaren „klassischen“ Regalbediengeräten	61
6.2.2.1.1	Transportkapazität eines Regalbediengerätes	62
6.2.2.1.2	Gangebundene und gangwechselnde RBG	63
6.2.2.1.2.1	Gangwechsel mit Hilfe von Gangwechselvorrichtungen / Umsetzbrücken	64
6.2.2.1.2.2	Kurvengängige RBG	64
6.2.2.1.3	Möglichkeiten zur Steuerung eines Regalbediengerätes	64
6.2.2.1.3.1	Manuelle Steuerung	64
6.2.2.1.3.2	Teilautomatisierte Steuerung	65
6.2.2.1.3.3	Automatisierte Steuerung	65
6.2.2.1.4	Optimierungspotentiale bei den RBG`s	65
6.2.2.1.5	Sicherheitseinrichtungen zum Personenschutz	66
6.2.2.2	Geräte mit höhenvariabler Verfahrebene (Hubbalken-Regalbediengeräte)	66
6.2.2.3	Auf mehreren Ebenen übereinander verfahrbare Regalbediengeräte	67

6.3	Doppel- und mehrfachtiefe Zeilenlager	69
6.4	Komplexe Systeme mit Kompaktlagerung	69
6.4.1	Systeme mit hintereinander angeordneten Gütern	70
6.4.1.1	Kanallager für Rollpaletten (Systeme mit dynamischer Lagerung)	70
6.4.1.1.1	Rollpalettenlager mit Antrieb durch Schwerkraft	71
6.4.1.1.2	Rollpalettenlager mit Antrieb vom Verschiebewagen aus	71
6.4.1.2	Kanallager für Kanalfahrzeuge (Systeme mit statischer Lagerung)	71
6.4.2	Systeme mit vertikal angeordneten Gütern	75
6.4.2.1	Flächenportalroboter	75
6.4.2.2	3D-Shuttle™	75
6.4.2.3	Autostore-System	76
6.4.3	Schachtautomat	76
7	QUELENNACHWEIS zu Teil II.2	77
7.1	Abbildungsverzeichnis	77
7.2	Literaturverzeichnis	77
7.2.1	Gesetze, Normen, Richtlinien, Empfehlungen, Berufsgenossenschaftliche Vorschriften, Regeln, Informationen usw.	77
7.2.2	Literatur, Firmenbroschüren, Internetveröffentlichungen	78

1 STRUKTURIERUNG UND BEGRIFFE

Die Lagerung von Stückgütern zum Zwecke der Zeitüberbrückung kann auf verschiedene Weise realisiert werden. Für die Unterscheidung der verschiedenen Lagerarten müssen immer die gesamten Systeme gegenüber gestellt werden. Das System besteht nicht nur aus der Art der Lagerung zur Zeitüberbrückung; es sind auch die Techniken der jeweiligen Ein- und Auslagerung zu berücksichtigen sowie ggf. die Bewegung der Lagerware vom Einlagerungsort zum Auslagerungsort.

Ein Merkmal für die Unterscheidung von Lagern für Stückgütern ist z. B. die Unterscheidung in:

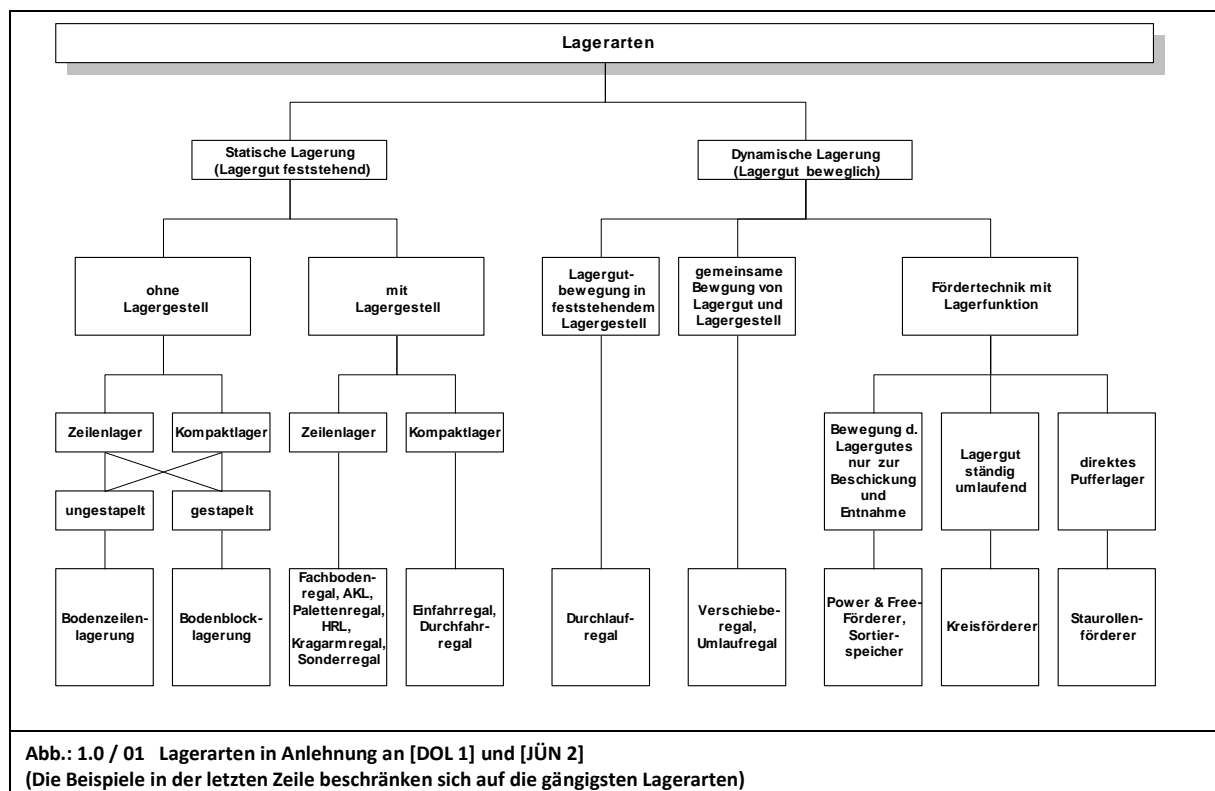
- Freilager
- Geschlossene Lager

Freilager sind Lager außerhalb eines geschlossenen Gebäudes. Allerdings ist das Lagergelände i. d. R. durch Umzäunung gegen Diebstahl gesichert. In Freilagern ist das Lagergut den Witterungseinflüssen ausgesetzt. Freilager sind daher nur geeignet z. B.:

- für Baustoffe und sonstige witterungsbeständige Materialien
- für kurzzeitige Lagerung

Alle nachfolgenden beschriebenen Lagerarten können prinzipiell sowohl in Freilagern, als auch in geschlossenen Lagern realisiert werden. Es sind aber nicht alle Lagertechniken für Freilager geeignet. In der Regel erfolgt die Lagerung von Stückgütern innerhalb geschlossener Gebäude, oder z. B. in Traglufthallen.

Einen Überblick über die unterschiedlichen Lagerarten zeigt die nachfolgende Abbildung:



Abweichend von der oben dargestellten Struktur wird im Folgenden zusätzlich unterschieden zwischen:

- Konventionellen Lagern und komplexen Systemen
- Eingeschossigen und mehrgeschossigen Lagern

1.1 Konventionelle und komplexe Lagersysteme

Alle Lagerarten (sowohl statische als auch dynamische Lager) benötigen zum Funktionieren zusätzliche Einrichtungen für die Beschickung und die Entnahme der Lagerware. Zum Überbrücken langer Wege (z. B. vom Wareneingang zum Lager) ist eventuell noch zusätzliche Fördertechnik erforderlich.

Konventionelle Lager

Bei konventionellen Lagern im Sinne dieser Gliederung müssen zwar die Methoden zur Beschickung und Entnahme auf die Lagerart abgestimmt sein, ansonsten sind aber die technischen Einrichtungen zur Beschickung und Entnahme vom Lager unabhängig. Bei ein und demselben Lager können mehrere unterschiedliche Methoden / Einrichtungen / Geräte parallel zur Beschickung und Entnahme eingesetzt werden, wobei mit den Geräten i. d. R. noch andere fördertechnische Aufgaben wahrgenommen werden.

Bei einem Palettenregal kann z. B. (entsprechende Gangbreiten vorausgesetzt) die Beschickung mit unterschiedlichen Gabelstaplern (Frontgabelstapler, Schubmaststapler usw.) erfolgen. Das gleiche gilt für die Entnahme. Erfolgt die Lagerung in der untersten Ebene auf dem Hallenboden, kann hierfür auch ein Handdeichselhubwagen eingesetzt werden. Beim Kommissionieren aus dem Palettenregal erfolgt die Entnahme von Hand.

Komplexe Systeme

Bei komplexen Systemen im Sinne dieser Gliederung bilden die technischen Einrichtungen zur Beschickung, zur Lagerung und zur Entnahme eine Einheit. Alle Komponenten dieses Systems sind speziell aufeinander abgestimmt und i. d. R. nur innerhalb dieses Systems einsetzbar. Das Zu- und Abfordern der Ladeeinheiten bis zu bzw. ab den System-Übergabestellen erfolgt i. d. R. über eine externe Fördertechnik.

Bei den meisten komplexen Systemen handelt es sich um halbautomatisch oder automatisch bediente Lager. Die bekanntesten automatisch bedienten Lagesysteme sind das Hochregallager, das AKL sowie die diversen Ausprägungen von Shuttle- bedienten Kompaktlagern.

Wie bei jeder Abgrenzung gibt es bei der Vielzahl an realisierten technischen Lösungen auch hier Systeme, die keinem Modell mit allen Merkmalen zuzuordnen sind. Beispielhaft seien hier genannt:

- Schmalganglager, bei denen die Schmalgangstapler außerhalb des Schmalgangs frei verfahrbar sind und andere Aufgaben wahrnehmen können.
- Shuttle- bediente Lagersysteme, bei denen die Shuttles auch außerhalb des Systems fördertechnische Aufgaben wahrnehmen können.

1.2 Eingeschossige und mehrgeschossige Lager

Nach der Anzahl der Bedienungsebenen übereinander kann unterschieden werden in:

- Eingeschossige Lagerung:
Die Beschickung und die Entnahme eines Lagers erfolgt von einer gemeinsamen Bedienungsebene aus (i. d. R. vom Hallenboden).
- Mehrgeschossige Lagerung:
Das Lager wird von zwei oder mehr übereinander angeordneten Etagen aus bedient. Dafür sind zum einen die Höhenunterschiede zwischen den jeweiligen Etagen zur Anlieferungsebene und zur Versandebene zu überbrücken, zum anderen sind die einzelnen Etagen miteinander zu verbinden. Zur Höhenüberbrückung sind zusätzliche technische Einrichtungen erforderlich, wie z. B. Treppen, Aufzüge, Rampen und / oder Geräte mit Hubvorrichtungen, wie z. B. Gabelstapler.

1.3 Statische und dynamische Lagerung

Die Lagerung von Stückgut zum Zwecke der Zeitüberbrückung setzt nicht voraus, dass sich das Lagergut während der Lagerung ständig an einem Ort befindet. Bei der Lagerung mit Hilfe zusätzlicher Lagertechnik kann nach verschiedenen Kriterien unterschieden werden.

Ein Kriterium ist die Unterscheidung nach dem statischen bzw. dynamischen Verhalten von Lagergut und Lagergestell. Hiernach kann unterschieden werden in:

- **Statische Lagerung**
Zwischen Ein- und Auslagerung erfolgt keine direkte oder indirekte Bewegung des Lagergutes (sowohl Lagergut als auch das Lagergestell – soweit vorhanden – sind feststehend).
 - Feststehende Lagerung ohne Lagergestell (Bodenlagerung)
 - Feststehende Lagerung mit feststehendem Lagergestell (z. B. Lagerung im Fachbodenregal).
- **Dynamische Lagerung**
Zwischen Ein- und Auslagerung wird das Lagergut bewegt. Dabei kann unterschieden werden in:
 - Bewegliche Lagerung in feststehendem Lagergestell, z. B. bei Lagerung im Durchlaufregal
 - Gemeinsame Bewegung von Lagergut und Lagergestell, z. B. bei Lagerung in Verschieberegalen
 - Bewegliche Lagerung ohne Lagergestell auf Stetig- oder Unstetig-Fördertechnik.

1.4 Erläuterungen und Begriffe zu Lagergestelle / Regale

Die Grundelemente von Regalanlagen sind:

- Die vertikalen Elemente; sie werden Ständer, Stützen, Steher, oder auch Stiele genannt.
- Die horizontalen Elemente, die Auflageträger für die Ladeeinheiten; sie werden auch Holme, Balken, bzw. Traversen genannt.

Die Regalständer nehmen die vertikalen Kräfte der Lagerlasten auf. Sie bestehen i. d. R. aus kalt- oder warmgewalzten Profilen.

- Kaltgewalzte Profile werden aus Blech-Bandmaterial durch Rollformen hergestellt. Durch das Umformen (Einbringen von Kanten und Sicken) erhält das relativ dünne Ausgangsmaterial eine hohe Steifigkeit. Kaltgewalzte Profile als „Systemprofile“ werden am häufigsten für Regale verwendet.
- Warmgewalzte Profile (als T- oder U-Profil) erfordern einen höheren Materialeinsatz. Sie haben eine höhere Widerstandsfähigkeit als kaltgewalzte Profile und eignen sich daher eher für den Einsatz bei sehr hohen Lasten, bzw. bei „robustem“ Lagerbetrieb.

In die Profile werden i.d.R. mehrere Lochreihen in einem definierten Raster eingestanzte. Sie dienen zum Verbinden mit den Auflageträgern sowie zum Anschluss weiterer Regalbauteile.

Üblicherweise werden zwei Ständer mit Verbänden zu Ständerrahmen verschraubt bzw. verschweißt. Die Länge der Profile bzw. Ständerrahmen ist allein schon aus Transportgründen begrenzt. Für hohe Regale werden ggf. mehrere Ständerrahmen übereinander miteinander verbunden. Die Verbindung wird Ständerstoß genannt. Für die Ausführung des Ständerstoßes gibt es verschiedene Verbindungstechniken.

Bei Hochregallagen werden mitunter warm- und kaltgewalzte Profile miteinander verbunden. Dabei werden im unteren Bereich, in dem die hohen Lasten auftreten, die warmgewalzten Profile verwendet.

Die Auflageträger können aus kalt- oder warmgewalzten Profilen hergestellt werden. An deren Enden sind Einhängeverbindungen angebracht, sogenannte Agraffen (von frz. agrafe, Haken). Mit diesen Hakenlaschen können die Auflageträger in die Lochung der Ständer eingehängt werden.

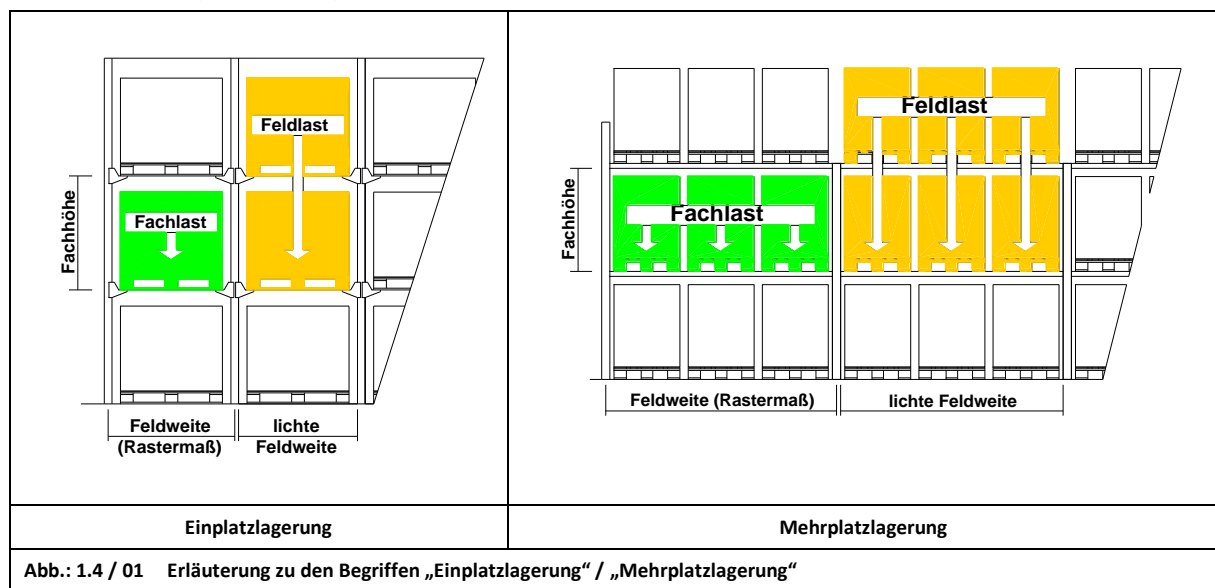
Diese Verbindung muss gegen unbeabsichtigtes Ausheben (z. B. durch Gabelstapler) gesichert werden (z. B. durch Sicherungsstifte).

Durch die vertikalen und horizontalen Elemente wird ein Regal in Felder und Fächer unterteilt:

- **Regalfeld:** umfasst alle Lagerebenen zwischen zwei Stützrahmen
- **Regalfach:** ist eine Lagerebene zwischen zwei Stützen.
Auch der Hallenboden zwischen den Stützen kann eine Lagerebene sein kann; diese wirkt sich aber nicht durch die Fachlast (siehe unten) auf das Regal aus.

Für die Dimensionierung der Regale ergeben sich daraus die Begriffe „Fachlast“, „Feldlast“ und „Feldweite“ (siehe hierzu BGR 234 „Lagereinrichtungen und –geräte [BGR 1])

- **Fachlast:** maximal wirkende Last in einem Regalfach aufgrund der Lagereinheiten, bei gleichmäßiger Verteilung der Last
- **Feldlast:** Summe der Fachlasten innerhalb eines Regalfeldes, die in die Stützrahmen eingeleitet werden (d. h. ohne die Lasten auf dem Boden und ohne das Eigengewicht des Regals).
- **Lichte Feldweite** Lichter horizontaler Abstand zwischen zwei Stützrahmen
- **Feldweite (Rastermaß)** Horizontaler Abstand zwischen den Mitten zweier Stützrahmen



Wesentlichen Einfluss auf die maximale Tragfähigkeit (Feldlast) eines Regals hat die Fachhöhe, bzw. die Knicklänge. Die von den Herstellern angegebenen zulässigen Belastungen der Ständerrahmen beziehen sich teilweise auf unterschiedliche Bezugslängen. Teilweise wird auf die „Knicklänge“ Bezug genommen, teilweise auf die „lichte Knicklänge“.

- Die Fachhöhe ist der Abstand von Oberkante des Hallenbodens bis zur Holm-Oberkante des ersten Regalfachs, bzw. zwischen der Holm-Oberkante eines Fachs bis zur Holm-Oberkante des nächsten Regalfachs.
- Die lichte Fachhöhe ist der Abstand zwischen Oberkante einer Auflage (Hallenboden / Holm) bis zur Unterkante des nächsten Holms.
- Die Knicklänge ist eine andere Bezeichnung für die Fachhöhe. Sie ist von Bedeutung für die Statik bzw. Tragfähigkeit eines Regals. Dabei bezieht sich die Knicklänge i. d. R. nur auf die unterste Ebene, also der Abstand vom Boden bis zur Oberkante des ersten Holms.
- Die lichte Knicklänge ist analog dazu der Abstand bis zur Unterkante des ersten Holms.

Häufig wird darauf hingewiesen, dass die darüber liegenden (lichten) Fachhöhen den gleichen Abstand haben sollten wie die (lichte) Knicklänge, aber nicht mehr als 20% größer sein sollten. Mitunter werden aber auch nur einheitliche Fachhöhen vorausgesetzt.

Bei der Betrachtung der Regalfronten in Blickrichtung des Bedienungsganges können die Regalfächer zwischen zwei Stützen so ausgebildet sein, dass die Regalfächer nur eine Ladeinheit aufnehmen können oder mehrere. Unabhängig von der Anzahl der Ladeeinheiten, die in der Tiefe gelagert werden können, wird anhand der Regalkonstruktion insbesondere bei Palettenregalen unterschieden in

- Einplatzlagerung

Einplatzlagersysteme können zwischen zwei Regalstützen in Blickrichtung des Bedienungsganges nur eine Ladeinheit aufnehmen. Sie wurden ursprünglich für die Lagerung von Gitterboxen und Behältern entwickelt. Diese liegen üblicherweise nicht mit Kufen, sondern nur mit vier Füßen auf. Die Regalfächer bestehen daher aus Stützen und Tiefenauflagen (Quertraverse).

- Mehrplatzlagerung

Mehrplatzlagersystemen können zwischen zwei Regalstützen in Blickrichtung des Bedienungsganges mehr Ladeeinheiten nebeneinander aufnehmen. Diese Lagergestelle bestehen i. d. R. aus den vertikalen Stützen / Ständern und horizontalen Längstraversen.

Zur universellen Nutzung können die Längstraversen mit zusätzlichen Auflagen ausgestattet werden, wie z. B.:

- Tiefenauflagen
- Fachböden aus Spanplatten, Stahlpaneelen, Gitterrosten u. ä.

Bei Regalzeilen unterscheiden viele Hersteller zwischen Grundfeld und Anbaufeld:

- Grundfeld Komplettes Regalfeld mit Fachböden oder Auflageträgern, bei dem zwei vertikale Seitenteile (z. B. Ständerrahmen, Wände) durch verbindende Elemente (z. B. Horizontalverbinder, Kreuzverband, Regal-Rückwand, usw.) zu einem geschlossenen System verbunden werden. Dieses ausgesteifte Regalfeld kann ohne weitere Hilfsmittel frei aufgestellt werden.
- Anbaufeld Im Gegensatz zum Grundfeld hat das Anbaufeld nur ein vertikales Seitenteil; es verfügt auch nicht unbedingt über aussteifende Elemente, wie z. B. über einen Kreuzverband. Das Anbaufeld kann somit nicht alleine aufgestellt werden, sondern nur in Verbindung mit einem Grundfeld. An ein mit einem Grundfeld verbundenen Anbaufeld können weitere Anbaufelder angeschlossen werden.

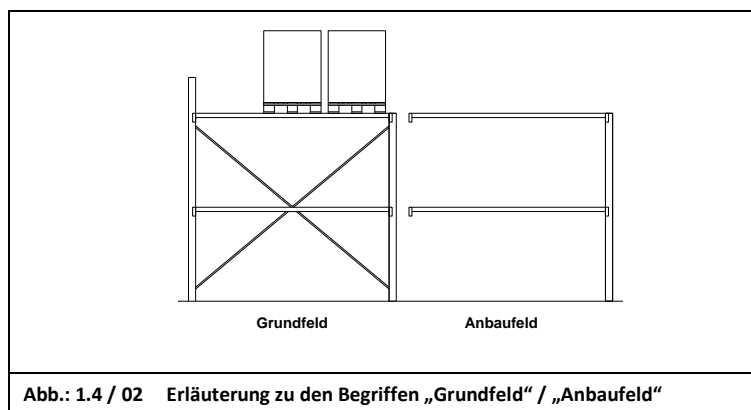


Abb.: 1.4 / 02 Erläuterung zu den Begriffen „Grundfeld“ / „Anbaufeld“

1.5 Zeilenlagerung und Kompaktlagerung

Bei der Lagerung sowohl mit als auch ohne Lagergestell ist zu unterscheiden zwischen

- Zeilenlagerung
- Kompaktlagerung / Blocklagerung

Unterscheidungsmerkmal zwischen diesen beiden Lagerungsarten ist die Lagerungstiefe, d. h. die Anzahl der Ladeeinheiten, die von einem Bedienungsgang aus hintereinander angeordnet sind (Prinzipdarstellungen siehe unten bei „Bodenlagerung“, Kap. 3.1).

Bei der reinen Zeilenlagerung wird in der Tiefe nur eine Ladeeinheit gelagert; in der Höhe können mehrere Ladeeinheiten gelagert sein. Bei der reinen Zeilenlagerung mit Lagergestell ist durch die einfachtiefe Lagerung jede Ladeeinheit vom Bedienungsgang aus unmittelbar erreichbar. Typische Zeilenlager sind die konventionellen Palettenregale oder Fachbodenregale.

Bei der Kompaktlagerung werden von der Bedienungsseite aus gesehen mehrere Ladeeinheiten hintereinander abgestellt. Typische Kompaktlager sind die Boden-Blocklager und die Kanallager, wie z. B. Einfahr- und Durchfahrregale sowie Durchlaufregale. Die verschiedenen Arten der Kompaktlager können unterteilt werden in

- Eingangssysteme
Beschickung und Entnahme erfolgt von einem gemeinsamen Bedienungsgang aus. Hierfür gibt es zwei Möglichkeiten:
 - Das gesamte Bedienungsgerät (z. B. der Stapler) fährt zur Ein- und Auslagerung von dem Bedienungsgang aus in das Fach der Blockstapelung (bei Bodenlagerung) bzw. des Regals ein (z.B. bei Einfahrregalen).
 - Das Bedienungsgerät ist mit einem Lastaufnahmemittel (Shuttle) ausgestattet, das vom Bedienungsgerät gelöst eigenständig innerhalb der Regalkanäle verfahren werden kann. Die Einlagerung und die Auslagerung in der Tiefe erfolgt durch das Shuttle.
- Zweigangsysteme
Die Bedienungsgänge für die Einlagerung und die Auslagerung sind voneinander getrennt auf den beiden gegenüberliegenden Seiten des Lagers angeordnet (z. B. Durchlaufregal, Durchfahrregal).

Ein Grenzfall zwischen Zeilenlagerung und Kompaktlagerung sind Lager mit doppelt- oder ggf. mehrfachtiefer Lagerung, bei denen sowohl die Ein- als auch die Auslagerung von einem gemeinsamen Bedienungsgang aus erfolgt und das Bediengerät mit einem Lastaufnahmemittel fest verbunden ist, das geeignet ist, alle hintereinander abgestellten Ladeeinheiten aufzunehmen (z.B. Teleskopgabel).

Kompaktlagerung	
Vorteil	Nachteil
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es sind weniger Bedienungsgänge erforderlich. Dies führt zu einer besseren Flächen- und Raumnutzung und damit zu geringerem Gebäudevolumen. Dies führt zu <ul style="list-style-type: none"> ○ geringeren Gebäudeherstellkosten. ○ geringeren Betriebskosten für Heizen / Kühlen. ▪ Durch die geringere Anzahl an Bedienungsgängen können u. U. auch Bediengeräte entfallen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eingeschränkte Zugriffsmöglichkeit auf die Ladeeinheiten, da nur auf die vorderste Ladeeinheit (vom Bedienungsgang aus gesehen) direkt zugegriffen werden kann. <ul style="list-style-type: none"> ○ Der Zugriff auf eine dahinter befindliche Ladeeinheit ist mit aufwendigem Umlagern verbunden. ○ Sortenreine Lagerung innerhalb eines Kanals setzt eine bestimmte Artikelstruktur voraus (wenige Artikel mit hohem Durchschnittsbestand)

1.6 Bezeichnungen von Lagerarten nach Bauweise und Lagerhöhe

Lager werden auch nach der Bauweise und der Höhe des Lagergebäudes unterteilt. In der Literatur sind aber die Höhenangaben je Lagertyp und teilweise auch die Bezeichnungen uneinheitlich.

■ Flachlager

Die Lagerung in einem Flachlager kann in Form von Bodenlagerung, mit Lagergestell oder mit Fördertechnik erfolgen.

- In der Regel werden Lager als „Flachlager“ bezeichnet, bei denen die Hallenhöhe maximal 7 m beträgt.
- In seltenen Fällen wird der Begriff auf manuell bedienbare Lager begrenzt (ggf. mit Unterstützung von Hubgeräten). Die Lagerhöhe wird dann mit ca. 3 m Höhe angegeben.

■ Mittelhohe Lager und Hochraumlager

Sofern überhaupt eine Unterteilung in „Mittelhohe Lager“ und „Hochraumlager“ erfolgt, sind die die Abgrenzungen bezüglich der Höhe fließend. Beide Bezeichnungen werden für freistehende Regalsysteme verwendet, die innerhalb eines festen Baukörpers aufgebaut sind. Die Regale haben keine statische Funktion für die Halle.

- Mittelhohe Lager (mitunter auch als „hohe Flachlager“ bezeichnet) sind Regalsysteme mit einer Höhe von 7 – 12 m. Für die Lagerbedienung werden häufig Schmalgangstapler eingesetzt.
- Hochraumlager haben i. d. R. eine Höhe von 9 – ca. 15 m (Tendenz in der Höhe steigend). Die Lagerbedienung erfolgt mit Hilfe von Schmalgangstaplern oder mit schienengebundenen Regalbedienungsgeräten.

■ Hochregallager (Silo-Bauweise)

Der Unterschied zum Hochraumlager liegt in der Bauweise. Beim Hochregallager sind Regale und Baukörper eine Einheit. Bei dieser als „Silo-Bauweise“ bezeichneten Konstruktion sind die Regale die Tragkonstruktion für Dach und Wände. Hochregallager können eine Höhe von ca. 50 m erreichen.

Anmerkung:

Die Bezeichnung „Hochregallager“ wird auch häufig für Hochraumlager genutzt.

■ Etagenlager

Etagenlager sind eine Form der mehrgeschossigen Lagerung (siehe oben). Die Gebäudehöhe ist in mehrere Stockwerke unterteilt. Die Unterteilung in Stockwerke kann durch die Gebäudekonstruktion gegeben sein, oder durch das Einziehen von einer Lagerbühne in eine gegebene Halle. Auf den Ebenen übereinander sind Flachlager angeordnet.

2 NORMEN, RICHTLINIEN UND EMPFEHLUNGEN

Für die Vielzahl an unterschiedlichen Lagerarten gibt es auch eine Vielzahl unterschiedlicher Regelungen. Diese sind für die einzelnen „Planungs- und Lebensphasen des Objektes“ von dem jeweiligen Konstrukteur, Hersteller, Planer sowie auch vom Betreiber zu beachten. Wichtige Normen, Vorschriften, Regelungen und Empfehlungen sind u. a.:

- DIN 15185 T1 Lagersysteme mit leitliniengeführten Flurförderzeugen - Anforderungen an Boden, Regal und sonstige Anforderungen
- DIN 15185 T2 Lagersysteme mit kraftbetriebenen Flurförderzeugen - Beispielhafte Lösungen für den Personenschutz beim Einsatz von Flurförderzeugen in Schmalgängen
- DIN EN 15095 Kraftbetriebene verschiebbare Paletten- und Fachbodenregale, Umlaufregale und Lagerlifte - Sicherheitsanforderungen
- DIN EN 15512 Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Verstellbare Palettenregale - Grundlagen der statischen Bemessung
- DIN EN 15620 Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Verstellbare Palettenregale - Grenzabweichungen, Verformungen und Freiräume
- DIN EN 15629 Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Verstellbare Palettenregale - Spezifikation von Lagereinrichtungen
- DIN EN 15635 Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Verstellbare Palettenregale - Anwendung und Wartung von Lagereinrichtungen
- DIN EN 15878 Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl - Begriffe
- FEM 9.831 Berechnungsgrundlagen für Regalbediengeräte; Toleranzen, Verformungen und Freimaße im Hochregallager“
- FEM 10.3.01 Palettenregale, Toleranzen, Verformungen und Freiräume
- DGUV 108-007 Richtlinien für Lagereinrichtungen und – geräte (ehemals BGR 234)
- RAL-RG 614 ff Güte- und Prüfbestimmungen für Lager- und Betriebseinrichtungen

Mehrere Normen und Regelungen enthalten Anforderungen, die sich auf dieselben Themen beziehen. Diese Anforderungen aus den unterschiedlichen Normen sind aber nicht immer identisch.

DIN 15185 Teil 1 stammt z. B. aus dem Jahr 1991. Die Anforderungen an die Regalkonstruktion weichen in neueren Normen (DIN EN 15620 und FEM 10.3.01) deutlich von den Anforderungen der DIN 15185 Teil 1 ab. Auch die Ausführung des Bodenbelags (Anforderungen an den Hochbau) wird in andern Normen geregelt.

Aber nicht nur der Bezug auf eine recht alte Norm führt zu Irritationen, auch die Anforderungen aus neueren Normen sind in einzelnen Themen nicht immer deckungsgleich.

Um Konflikte zu vermeiden sollte der Planer daher mit den Herstellern / Lieferanten von Regalanlagen, Flurförderzeugen und Hochbau / Bodenbelag und ggf. mit der zuständigen Baubehörde klären, welche der Normen dem jeweiligen Projekt zu Grunde zu legen sind.

3 KONVENTIONELLE EINGESCHOSSIGE STATISCHE LAGERUNG

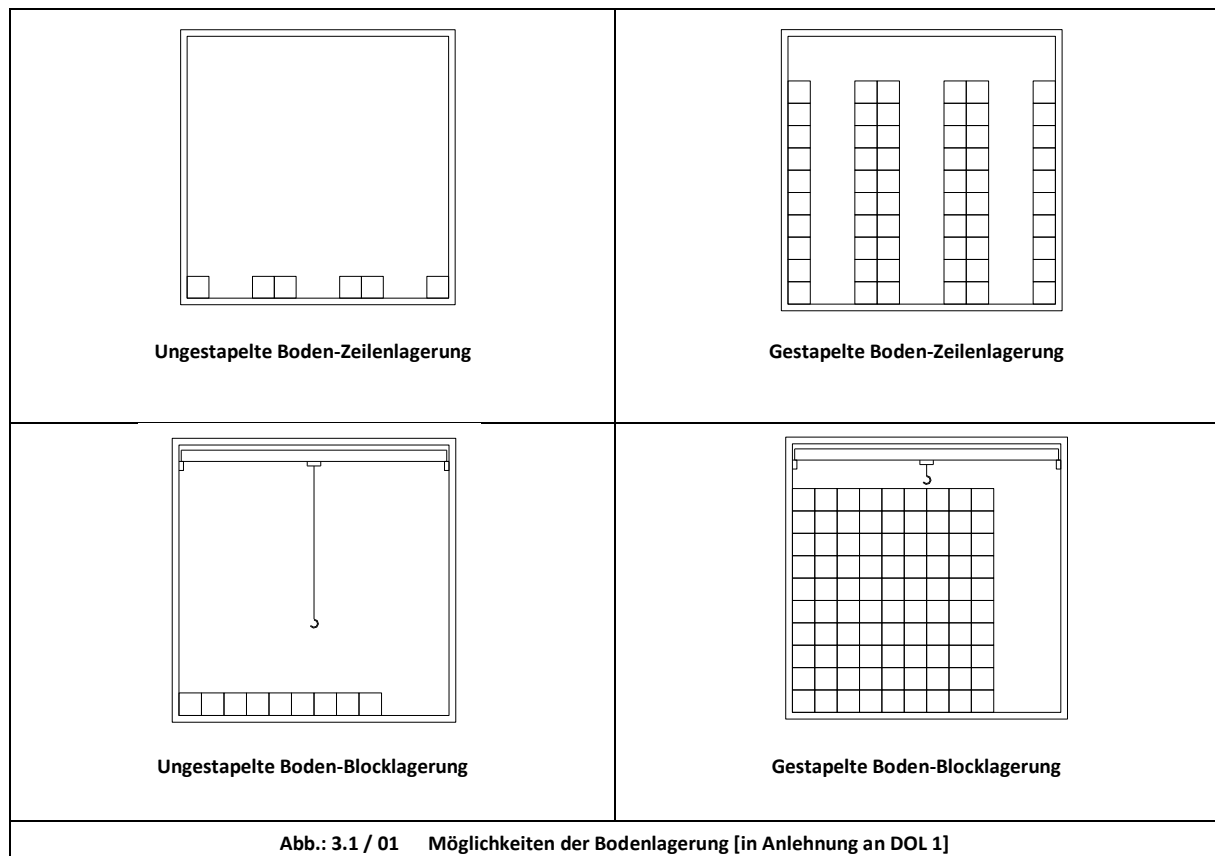
3.1 Bodenlagerung (Lagerung ohne Lagergestell)

Die Lagerung des Stückgutes kann bei der Bodenlagerung unterschiedlich erfolgen:

- ungestapelt oder
- gestapelt

sowie

- in Zeilen oder
- in Blöcken.



3.1.1 Ungestapelte Bodenlagerung

Die ungestapelte Bodenlagerung ist insbesondere für schwere, sperrige oder nicht stapelbare Ladegüter geeignet.

Da die dritte Dimension des Raumes zur Lagerung vernachlässigt wird, führt diese Lagerungsart zu einer schlechten Raumnutzung und somit zu einem schlechten Flächennutzungsgrad.

3.1.2 Gestapelte Bodenlagerung

Bei Bodenlagerung mit gestapeltem Lagergut werden die Ladeeinheiten unmittelbar aufeinander gestapelt, d. h. ohne Lagergestell (z. B. Regal). Die gestapelte Bodenlagerung setzt die Stapelfähigkeit des Lagergutes voraus. Zur Gewährleistung der Stapelbarkeit müssen ggf. umschließende Ladehilfsmittel (wie z. B. Gitterbox, Behälter u. ä.) eingesetzt werden. Anforderungen an die Stapelbarkeit:

- Das Lagergut, bzw. Die Ladeeinheit muss formstabil sein, um die Last der darüber befindlichen Ladeeinheiten (Staudruck) aufnehmen zu können
- Die Deckflächen der Ladeeinheiten müssen plan sein.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe Investitionskosten für Farbmarkierungen auf dem Boden zur Kennzeichnung der Stellplätze (keine Lagergestelle erforderlich). ▪ Hohe Flexibilität; das Lager kann ohne großen Aufwand umgeordnet, verlegt und in nahezu jeder Halle neu eingerichtet werden [DOL 1]. ▪ Bei gegebener Standsicherheit kaum störanfällig 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Anforderungen an die Stapelfähigkeit der Lagergutes, bzw. der Lagereinheiten. ▪ Die begrenzte Stapelhöhe führt zu geringer Raumnutzung ▪ Anforderungen an die Handhabung der Ladeeinheiten mit dem Stapler: <ul style="list-style-type: none"> ○ Der Stapler muss mit Staplerklammern ausgerüstet sein, oder ○ die Ladeeinheiten müssen unterfahrbar sein (Ladegut auf geeignetem Ladehilfsmittel, wie z. B. Palette, oder auf Kanthölzern). ▪ Staplerbedienung i. d. R. nur mit Frontstaplern, daher große Gangbreiten ▪ FiFo aus dem Stapel nur mit Umlagern möglich.

Die Stapelhöhe hängt ab von

- der Belastbarkeit der untersten Ladeeinheit
- der Lagermenge
- der gewünschten Zugriffsmöglichkeit zu den einzelnen Lagergütern
- der Standsicherheit des Stapels
(die Anforderungen sind in BGR 234 „Lagereinrichtungen und –geräte“ [BGR1] geregelt).

Zur Orientierung (z. T. leicht abweichend von BGR 234):

- Die Stabilität des Stapels hängt maßgeblich von der „Schlankheit“ des Stapels ab, d. h. vom Verhältnis der Stapelhöhe zur Schmalseite der Grundfläche
 - Der Stapel darf höchstens viermal so hoch sein
(nach BGR 234 gilt das Verhältnis 6 : 1 bei einem Standsicherheitsfaktor von mindestens 2,0)
 - Bei Stapelung im Freien darf wegen der Windlast das Verhältnis 3:1 nicht überschritten werden.
- Die Stapel sind lotrecht zu errichten. Bei einer Neigung von mehr als 2 % ist der Stapel schnellstmöglich in gefahrloser Weise abzubauen.
- Beim Stapeln von Ladeeinheiten mit sehr unterschiedlichen Lasten müssen die Lasten von unten nach oben abnehmen.
- Bei Verwendung von Paletten oder Stapelbehälter müssen diese in einwandfreiem Zustand sein.

3.1.3 Boden-Zeilenlagerung

Bei ungestapelter Zeilenlagerung ist der direkte Zugriff zu jedem Lagergut möglich (siehe Abb. 3.1/01).

Bei der gestapelten Boden-Zeilenlagerung ist der Zugriff auf einzelne ganze Ladeeinheiten innerhalb des Stapels eingeschränkt, da ggf. umgeschichtet werden muss. Bei Stapelung mit geeigneten Ladehilfsmitteln (z. B. Lagersichtkästen oder Gitterboxpaletten) ist jedoch bei Zeilenlagerung eine Einzelbeschickung in die Behälter, bzw. Kommissionierung aus den Behältern möglich.

3.1.4 Boden-Blocklagerung

Bei der ungestapelten Blocklagerung ist der direkte Zugriff nur von oben möglich, z. B. durch einen Kran (siehe Abb. 3.1/01).

Soll nur vom Boden aus auf die Ladeeinheiten zugegriffen werden, z. B. mit Gabelstapler, ist der Zugriff nur auf die zum Bedienungsgang hin vordersten Ladeeinheiten möglich. Entsprechend den Anforderungen des Staplers an die Einfahrbreite zwischen den Ladeeinheiten muss ggf. zwischen den im Block gelagerten Ladeeinheiten ein seitlicher Freiraum vorgesehen werden.

Bei der gestapelten Boden-Blocklagerung ist der Zugriff auf die einzelnen Ladeeinheiten innerhalb des Stapels gegenüber der Zeilenlagerung noch weiter eingeschränkt. Ohne Umlagerung ist nur möglich:

- Zugriff von oben mit Kran / Portalroboter auf die obersten Ladeeinheiten des jeweiligen Stapels
- Zugriff vom Gang aus mit z. B. Gabelstapler ist jeweils nur auf die oberste Ladeeinheit der Stapel möglich, die an den Gang angrenzen.

Die gestapelte Boden-Blocklagerung ist eine Planungsalternative, wenn das Sortiment aus wenigen Artikeln mit hohem Durchschnittsbestand besteht und das Lagergut die Anforderungen an die Standfestigkeit erfüllt.

3.2 Statische Lagerung mit Lagergestellen / Regalen

Bei der konventionellen feststehenden Lagerung mit Lagergestell (Lagereinrichtung, wie z. B. Lagerung im Palettenregal mit Beschickung und Entnahme mit Hilfe von Gabelstaplern) kann wie bei der Bodenlagerung unterschieden werden nach

- Zeilenlagerung
- Kompaktlagerung.

Nach den Anforderungen des Lagergutes an das Lagergestell bezüglich Abmessungen, Format und Gewicht können die Lagerarten weiter unterschieden werden nach:

- Fachboden-Regalanlagen
für nicht zu schwere Güter, insbesondere für Kleinteile und Behälter
- Paletten-Regalanlagen
- Langgut-Regale, wie z. B. Kragarmregale

In den Katalogen der Hersteller von Regalen sind aber noch andere Bezeichnungen für Regale zu finden. Diese Regalbezeichnungen sind aber i. d. R. Synonyme oder beschreiben Untergruppen bezogen auf die o. g. Regalarten. Beispiele hierfür sind Begriffe wie:

- Weitspannregal
Bauart der Fachbodenregale - insbesondere für sperrige Güter - mit besonders großen Abständen zwischen den Ständern in Länge und / oder Tiefe.
- Schwerlastregal
Synonym für Palettenregal, aber auch für Regale, bei denen das Gewicht des Lagerguts deutlich über das übliche Palettengewicht hinausgeht.

Für die statische Auslegung der Regale ist die DIN EN 15512 [DIN 5] zu beachten.

Um Unfälle zu vermeiden ist beim Aufbau dieser Lagereinrichtungen zu beachten, dass deren Standsicherheit gewährleistet ist. Die Regale sollten daher am Boden befestigt werden, soweit die Sicherheit gegen Umkippen nicht anderweitig gewährleistet werden kann.

Durch den Einsatz von Förderzeugen an den Regalen, oder in deren Nähe, können erhebliche horizontale Kräfte auf die Regale ausgeübt werden. Diese Kräfte könnten zu einer Verschiebung der Regalständer führen. Für den Einsatz von Förderzeugen in den Regalanlagen sind daher die Regale grundsätzlich am Boden zu befestigen.

Bei Regalen, die nur von Hand bedient werden, besteht nicht diese Gefahr der großen horizontalen Kräfte. Es handelt sich bei diesen Lagergestellen aber häufig um sehr schlanke Regale, d. h. Regale bei denen das Verhältnis Regalhöhe zu Regaltiefe relativ groß ist. Darüber hinaus gibt es Lager-einrichtungen (z. B. Fachbodenregale) mit Schubladen oder mit Flügeltüren, die in geöffnetem Zustand ebenfalls ein ganz erhebliches Kippmoment bewirken.

Ohne Bodenbefestigung sind daher nur manuell bediente Lagereinrichtungen zulässig, die folgende Kriterien erfüllen (DIN EN 15635 [DIN 6]):

- Das Verhältnis „Regalhöhe zur Gesamt-Regaltiefe“ beträgt maximal 4:1.
 - Bei Einzelregalen gilt die einfache Regaltiefe.
 - Bei ausreichend miteinander verbunden Doppelregalen (z. B. durch Verschraubung) gilt die Gesamt-Regaltiefe.
- Die Regale sind nicht mit Elementen ausgestattet, die sich negativ auf das Kippmoment auswirken (Schubladen, Türen, usw.).

Nach DIN EN 15620 [DIN 7] sowie FEM 10.3.01 werden Regalanlagen in 4 Klassen unterteilt.

Regalklasse	Lagertyp
100	Schienengeführte (oben und unten), automatisch gesteuerte Regalförderzeuge ohne Feinpositionierung.
200	Schienengeführte (oben und unten), automatisch gesteuerte Regalförderzeuge mit Feinpositionierung / manuell gesteuerte RFZ.
300	Schmalganglager mit geführten Flurförderzeugen, wobei weiter unterteilt wird in:
300 A	Flurförderzeuge mit hebbarem Fahrerplatz (Mann oben)
300 B	Flurförderzeuge mit nicht hebbarem Fahrerplatz (Mann unten)
400	Regalanlagen, mit großen Gangbreiten für das 90°-Einschwenken von Gegengewichtsstaplern oder von Schubmaststaplern vor dem Regal.

Tab.: 3.2 / 01 Einteilung der Regale in Klassen

Die nachfolgend behandelten Regale für konventionelle Lager sind der Klasse 400 zuzuordnen. Die weiteren Klassen werden in Kapitel 6 behandelt

Neben weiteren bestehenden Sicherheitsanforderungen an Lagereinrichtungen, die sich aus diversen Richtlinien ergeben, sind auszugsweise die wichtigsten Forderungen an statische Lager aus der berufsgenossenschaftlichen Regel BGR 234 [BGR 1]:

- Sicherung gegen Heraus- oder Herabfallen von Teilen der Lagereinrichtung (z. B. bei Konstruktionen mit eingesteckten oder eingehängten Bauelementen)
 - Auflagen zur Aufnahme der Ladeeinheiten (z. B. Tiefenauflagen) müssen so ausgeführt und angeordnet sein, dass diese Auflagen nicht herabfallen können.
 - An Regalen, die mit Fördermitteln be- und entladen werden, müssen die Auflageträger (Traversen) mit Aushebesicherungen versehen werden.
- Sicherungen gegen Herabfallen von Ladeeinheiten und Lagergut
 - Die nicht für die Be- und Entladung vorgesehenen Seiten von Regalen müssen gegen Herabfallen von Ladeeinheiten gesichert sein.
 - Die Rückseite eines freistehenden Regals kann z. B. mit einer Gitterwand gesichert werden.
- Bei Palettenlagerung müssen die Endrahmen des Lagergestells um mindestens 500 mm höher sein als die Höhe der obersten Auflage. Damit soll seitliches Herabfallen von Ladeeinheiten verhindert werden.

- Bei Doppelregalen muss ein Sicherheitsabstand von mindestens 100 mm zwischen den von beiden Seiten eingebrachten Ladeeinheiten gewährleistet sein. Bei geringerem Abstand sind Durchschubsicherungen vorzusehen.
- Die Bereiche über Regaldurchgängen sind so auszuführen, dass kein Lagergut herab- oder durchfallen kann (z. B. durch Einlegeböden aus Spanplatten in den Lagerfächern oberhalb der Durchgänge).
- Die freistehenden Eckbereiche von Regalen, sind mit einem gelb-schwarz markierten Anfahrerschutz zu versehen; dies gilt auch für Durchfahrten (ausgenommen sind Regalanlagen, die mit leitliniengeführten Fördermitteln be- oder entladen werden – siehe Kap. 6).
- Ortsfeste Lager mit einer Fachlast von mehr als 200 kg oder einer Feldlast von mehr als 1.000 kg sind zu beschildern, u. a. mit Angabe der zulässigen Fach- und Feldlasten.

Neben den Vorgaben aus den gesetzlichen Regelungen, Vorschriften und Richtlinien sind bei der Lagerplanung / Regalauswahl auch die Vorgaben der Regalhersteller in Bezug auf ihr jeweiliges Produkt zu beachten. Diese können weitere produktbezogene Einschränkungen beinhalten, z. B.:

- Anforderungen an die Regalgestaltung zur Gewährleistung der Standsicherheit und der zulässigen Knicklängen der Ständer. Überschreitungen der vorgegebenen Maximalwerte bzw. Unterschreitungen der Minimalwerte führen i. d. R. zumindest zu einer reduzierten zulässigen Fachlast. Zu diesen Anforderungen gehören z. B.:
 - Forderung nach gleichmäßig verteilter Last
 - Maximale Fachhöhe
 - Maximaler Unterschied zwischen den einzelnen Fachhöhen
 - Minimale Anzahl Traversenpaare je Feld
 - Minimale Anzahl Felder je Regal
- Anforderungen an den Aufstellungsort, z. B.:
 - Anforderung an die Bodenqualität des Hallenbodens (Ebenheit)
 - Anforderung an die Betongüte des Hallenbodens (i. d. R. minimal C 20/25 nach DIN 1045 – alte Bezeichnung B 25 -).
 - Die Dicke der Bodenplatte ist von der Belastung abhängig; die minimale Betondicke wird i. d. R. mit 200 mm angegeben.
 - Die meisten Lagereinrichtungen / Regale bestehen aus Stahl. Beim Aufstellen dieser Lagereinrichtungen ist die Art des Estrichs zu beachten. Sollte der Estrich aus Magnesit-Estrich (Magnesia-Estrich) bestehen, sind die Ständerauflagen vom Magnesiaestrich durch korrosionsverhindernde Unterlagen zu trennen.

3.2.1 Regallager mit statischer Zeilenlagerung

3.2.1.1 Fachboden-Regalanlagen

Fachbodenregale werden in Unternehmen auf vielfältige Weise eingesetzt. Angefangen vom Archivregal, über Kleinteile- und / oder Behälterregal bis hin zu Regalen für mittelschwere sperrige Güter.

Entsprechend dieser sehr unterschiedlichen Anforderungen gibt es die Fachbodenregale in den unterschiedlichsten Bauarten mit unterschiedlichen Fachbreiten, Fachtiefen und Regalhöhen sowie mit unterschiedlichen maximal zulässigen Feldlasten. Die Maße für die lichten Fachbreiten (= lichte Feldweiten) und Fachtiefen sind herstellerabhängig sehr unterschiedlich. Gängige Maße sind in den Bereichen

- Fachbreite ca.: 750 bis 1.300 mm
- Fachtiefe ca.: 300 bis 800 mm

Eingeschossige Lager können für manuelle Bedienung eine Höhe von ca. 1,80 m haben, sie können aber auch für den Einsatz von z. B. Kommissionierstaplern 12 bis 14 m hoch sein.

Fachbodenregale gibt es für einfache Anwendungsfälle aus Holz, i. d. R. sind es aber Metallkonstruktionen. Diese Metall-Fachbodenregale gibt es in unterschiedlicher Bauweise:

- Das Fachbodenregal besteht aus einzelnen Bauelementen. Alle Bauelemente (die vertikalen Ständer, die Kreuzverbände, die Böden mit Zubehör, usw.) werden einzeln zur Montage vor Ort angeliefert und dort zusammengesetzt. Häufig sind aber die aus vorderem und hinterem Ständer bestehenden Ständerpaare bereits bei Anlieferung über eine Fachwerkkonstruktion oder über eine geschlossene Seitenwand aus Metall zu kompletten Rahmen verbunden.

Die Ständer, bzw. Rahmen sind meist mit einem Lochraster versehen und / oder mit Einhänge-laschen, die im Rasterabstand angeordnet sind. Über diese Raster können die horizontalen Bauelemente (z. B. die Fachböden) mit den vertikalen Elementen verbunden werden. Nach der Verbindungsart wird unterschieden in „Steckregale“ und „Schraubregale“.

Zur Aussteifung in Längsrichtung werden die Ständer / Rahmen mit Kreuzverbänden verbunden, zum anderen wirken auch die horizontalen Fachböden, oder Längstraversen (s. u.) aussteifend.

- Bei einer gängigen Lieferform bestehen die Fachbodenregale je Zeile aus einem Grundfeld und je nach Regallänge aus diversen Anbaufeldern (siehe Abb. 1.4/02). Bei diesen Regalen werden i. d. R. herstellerseitig mindestens 2 Anbaufelder vorgeschrieben. Ansonsten entsprechen sie vom Prinzip der o. g. Konstruktion.
- Während bei den o. g. Konstruktionen die vertikalen Ständer / Rahmen mindestens die gleiche Höhe haben wie das Regal, gibt es eine weitere Konstruktion, bei der sich das Regal aus vielen Modulen zusammensetzt, die nebeneinander und übereinander gestapelt werden. Die einzelnen Module bestehen aus stabilen Stahl-Schweißkonstruktionen. In diese Module können wiederum Fachböden in ein Lochraster eingehängt werden.

Bei „Fachbodenregalen“ gibt es für die horizontalen Regalelemente eine große Vielfalt an Gestaltungsmöglichkeiten. Am häufigsten anzutreffen sind die „Fachböden“, aus denen sich der Name des Lagertyps ableitet.

Die Fachböden sind meist geschlossene Metallkonstruktionen aus Blech. Es gibt sie aber auch aus Holzwerkstoffen (z. B. Spanplatten) oder als Metall-Gitterroste. Wegen der überwiegend durchgängigen Flächen können die Kleinteile ohne Ladehilfsmittel auf den Fachböden abgelegt werden.

Für die Aufnahme / Verbindung der Fachböden mit den vertikalen Elementen gibt es verschiedene Möglichkeiten, wie z. B.:

- Die Fachböden werden direkt mit den Ständern über das Lochraster / Laschenraster durch Steckverbindungen oder durch Verschrauben verbunden.
- In das Lochraster der Ständer / Rahmen werden Bodenträger o. ä. eingehängt, auf die die Fachböden aufgelegt werden.
- Es gibt aber auch Fachbodenregale, bei denen die Ständer mit Längstraversen wie bei Palettenregalen miteinander verbunden werden. Auf diese Traversen können dann die Fachböden aufgelegt werden.

Für Fachbodenregale gibt es ein vielseitiges Zubehör für die unterschiedlichste Art der Nutzung. Beispielhaft sind hier genannt:

- Trennbleche zur Unterteilung der Fachböden in einzelne Fächer
- Schubladeneinsätze und ausziehbare Fachböden

Wesentliches Kriterium bei der Gestaltung eingeschossiger Regale ist die Art der geplanten Bedienung. Dabei sind Kriterien, wie z. B. die Handhabbarkeit der Artikel, die geforderte Durchsatzleistung, die Flexibilität usw. zu beachten. Beispiele hierfür sind:

- Manuelle Bedienung durch zu Fuß gehendes Personal
Die Greifposition in Bodennähe ist ergonomisch ungünstig und zeitaufwendig. Auch in der Höhe ist der Greifradius begrenzt. Der obere Fachboden sollte daher nicht höher als 2 m sein, empfehlenswert ist eine Höhe von 1,80 m.
- Manuelle Bedienung durch zu Fuß gehendes Personal, aber mit Hilfsmitteln, wie z. B. einem Auftritt oder einer Leiter.
Mit geeigneten Hilfsmitteln sind auch Fachebenen in größeren Höhen erreichbar. Dadurch verbessert sich die Raumnutzung. Allerdings ist die Lagerbedienung von z. B. einer Leiter aus ergonomisch ungünstig und sehr zeitaufwendig. Die Lagerhöhe ist daher meist auf 2,5 m bis maximal 3 m begrenzt.
- Manuelle Bedienung mit z. B. einem frei verfahrbaren Kommissionierstapler oder einem schienengebundenen Kommissioniergerät.
Die Bedienungsgeräte haben eine höhenverfahrbare Bedienungskanzel. Zum Beschickung bzw. zur Entnahme / Kommissionierung ist der Bediener immer in optimaler Greifposition. Die Fachbodenregale können dabei Höhen von 12 bis 14 m erreichen.
- Automatische Bedienung durch ein Regalbediengerät in Verbindung mit einem Greifroboter.
Auch bei diesem Lagersystem können sehr große Höhen realisiert werden.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe Investitionskosten (ausgenommen kostenintensives Zubehör wie z. B. Schubladen u. ä.) ▪ Direkter Zugriff auf das Lagergut ▪ Gute Übersichtlichkeit ▪ Manuell bedienbare FB-Regale sind für Kommissioniersysteme mit geringem Bereitstellungsvolumen pro Artikel geeignet (Person zur Ware) ▪ Flexibel in der Gestaltung wegen des vielfältigen Zubehörs ▪ Mechanisierbar und bedingt Automatisierbar ▪ In hohen Hallen können auch manuell bediente FB-Regale in mehrgeschossiger Ausführung zu einem guten Flächennutzungsgrad führen (siehe Kap. 5 ff). 	<p>Eingeschossige FB-Regale für manuelle Bedienung durch zu Fuß gehendes Personal</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ haben in hohen Hallen einen schlechten Volumen-Nutzungsgrad ▪ führen zu langen Wegstrecken (Lagerbestand wird auf die Breite verteilt) ▪ haben relativ hohen Personalbedarf ▪ sind in den unteren und oberen Fachebenen ergonomisch ungünstig zu bedienen (Bücken / Strecken).

3.2.1.2 Palettenregallager mit Konventioneller Bedienung

Bei Palettenregalen für konventionelle Bedienung (d. h. maximale Höhe ca. 14 m) sind die Ständer i. d. R. über Horizontal- und Diagonalstreben zu Fachwerkrahmen verschweißt. Für die meisten Anwendungsfälle (Gewicht je Ladeinheit ca. 1.000 kg) werden die Ständer aus kaltgewalztem Bandmaterial hergestellt. Die Ständer sind im Abstand von ca. 50 – 75 mm mit einem Loch- oder Laschenraster versehen. Über dieses Raster werden die vertikalen Tragelemente mit den horizontalen Tragelementen (Längs- oder Quertraversen) verbunden. Nur bei besonders hohen Belastungen werden Ständer aus warmgewalztem Material eingesetzt.

Palettenregale mit statischer Zeilenlagerung eignen sich besonders bei folgenden Kriterien:

- Hohe Bestände je Artikel, die zu Ladeeinheiten in der Größenordnung von Paletten zusammengefasst sind
- Große Sortimentsbreite
- Direkter Zugriff auf jeden Artikel
- Relativ hohe Umschlagsleistung

In der Größenordnung von Paletten gibt es verschiedene Ladehilfsmittel mit unterschiedlichen Anforderungen an die Lagergestelle. Für die sichere Lagerung und den optimalen Zugriff auf die Ware muss daher die Art der Lagergestelle und deren Auslegung auf die Anforderungen der Ladeeinheiten und damit auch die jeweiligen Ladehilfsmittel sowie auf die jeweilige Einlagerrichtung abgestimmt werden.

- Tragende Ladehilfsmittel (z. B. Euro-Paletten) haben i. d. R. Kufen,
- umfassende Ladehilfsmittel (z. B. Gitterbox-Paletten) haben häufig Füße.
- Ladeeinheiten in Verbindung mit Europaletten werden
 - bei reiner Staplerbedienung in Einheitenlagern / Vorratslagern längs eingelagert (mit der Schmalseite zum Bedienungsgang), da dies zur besten Raumnutzung führt.
 - in Palettenlagern mit Kommissionierung i. d. R. quer eingelagert, da dies die optimale Lagerung bezüglich der Greiftiefe ist.

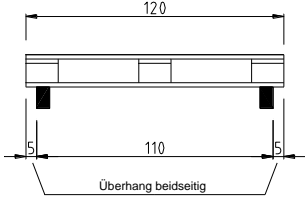
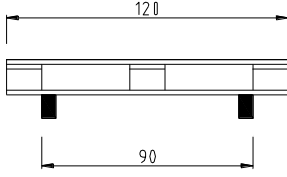
Aufgrund der konstruktiven Unterschiede der LHM und der Unterschiede in der Einlagerrichtung gibt es auch unterschiedliche Anforderungen an das Lagersystem:

- Regale für Paletten mit Kufen haben bei Längseinlagerung i. d. R. nur Längstraversen, wobei die Mehrplatzlagerung bevorzugt wird. Ausgehend von Paletten im Euro-Format ist die 3-Platzlagerung üblich. Abhängig vom Gewicht der Ladeeinheiten und der Anzahl Ebenen übereinander kann wegen der Belastung der Ständer aber auch eine 2-Platz-Lagerung oder eine 4-Platzlagerung wirtschaftlicher sein.

Zur universellen Nutzung können die Längstraversen mit zusätzlichen Auflagen, wie z. B. Tiefenauflagen oder Fachböden ausgestattet werden.

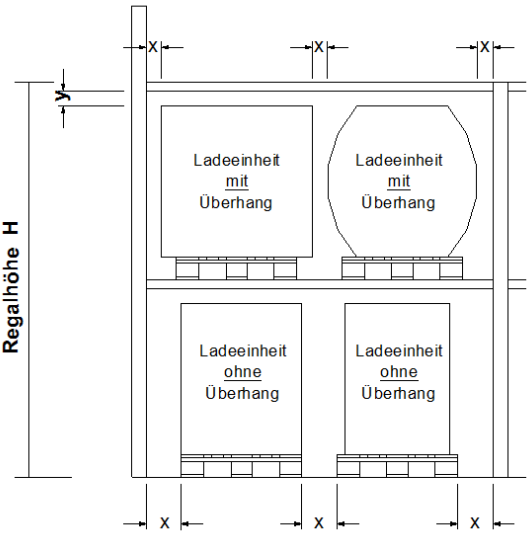
- Lager für Paletten mit Füßen sowie für Paletten in Quereinlagerung erfordern Tiefenauflagen. Die Einlagerung erfolgt daher häufig in Einplatzsystemen oder in Mehrplatzsystemen mit zusätzlichen Tiefenauflagen.

Für die unterschiedlichen Palettenabmessungen und die Unterschiede in der Einlagerungsrichtung werden die Palettenregale mit unterschiedlichen Rahmentiefen angeboten. Bei Längseinlagerung ist die Rahmentiefe so zu wählen, dass die Palettenkufen mit Überstand über die Längsholme hinausragen, um ein Abstürzen zu vermeiden. Die Last muss aber über die Klötze oberhalb der Kufen auf die Traversen abgetragen werden. Ist die Rahmentiefe zu schmal, wird die Last nur über die Kufen ableitet, was zur Beschädigung der Kufen führen kann.

	
Richtige Rahmentiefe	Beispiel für falsche Rahmentiefe
Abb.:3.2.1.2 / 01 Auflager von längs eingelagerten Paletten auf Längstraversen	

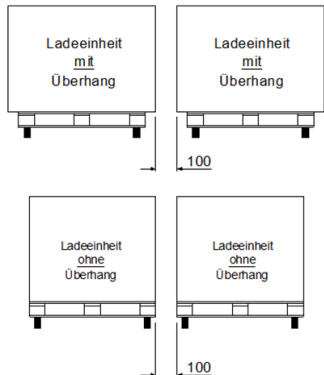
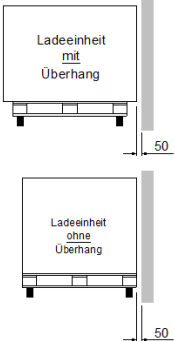
Beim Ein- und Auslagern von Ladeeinheiten mit Hilfe eines Staplers muss vermieden werden, dass dabei benachbarte Ladeeinheiten verschoben, oder die Regalkonstruktion beschädigt wird. Seitlich von den Ladeeinheiten und oberhalb sind daher Sicherheitsabstände einzuhalten (siehe Abb. unten). Die Minimalabstände sind von der Lagerhöhe abhängig. In der nachfolgenden Tabelle bedeuten:

- H Lagerhöhe vom Boden bis zur Oberkante des oberen Auflagers / Trägers
- X Seitlicher Abstand zwischen Ladeeinheit und Regalstütze sowie zwischen benachbarten Ladeeinheiten bei Mehrplatzlagerung
- Y Abstand zwischen Oberkante Ladeeinheit (bei maximaler Lasthöhe) zur darüber befindlichen Traverse (Freiraum für den Palettenaushub).

Lagerhöhe (H) mm	Abstand seitlich (X) mm	Abstand oben (Y) mm	
3.000	75	75	
6.000	75	100	
9.000	75	125	
<p>Die Minimalwerte beziehen sich auf Regalklasse 400.</p> <p>Es ist aber empfehlenswert, größere Abstände einzuhalten.</p> <p>Abb.:3.2.1.2 / 02 Freimaße in X und Y-Richtung</p>			

Bei der Dimensionierung und der Nutzung der Lagerfächer ist zu beachten, dass die maximalen Abmessungen der Ladeeinheiten zu Grunde gelegt werden (z. B. bei Paletten mit Überstand). Dies gilt nicht nur für die Dimensionierung in der Breite sondern auch für die Tiefe (siehe Abb. 3.2.1.2 / 02 und Abb. 3.2.1.2 / 03).

Werden Regalzeilen zu Doppelregalen miteinander verbunden, ist darauf zu achten, dass zwischen den von beiden Seiten eingelagerten Ladeeinheiten mindestens ein Abstand von 100 mm gewährleistet ist; ansonsten muss zwischen den Regalzeilen eine Durchschubsicherung vorgesehen werden (siehe oben). Der Abstand zwischen den Ladeeinheiten muss größer ausgelegt werden, wenn innerhalb der Regalanlage Sprinkler installiert werden sollen (Abstand ≥ 150 mm)

	
Abstände zwischen Ladeeinheiten im Doppelregal	Abstand im Einzelregal zu einer Begrenzung (z. B. Wand)
Abb.:3.2.1.2 / 03 Freimaße (minimale Abstände) in Z-Richtung	

Für die Mehrplatzlagerung werden Längstraversen in verschiedenen Standardlängen angeboten. Diese Standardlängen ergeben sich aus den Palettenabmessungen (Länge x Breite) 1.200 x 800 mm, 1.200 x 1.000 mm und 1.200 x 1.200 mm (jeweils ohne Überstand) sowie aus den o. g. minimalen seitlichen Freiräumen. Für längs eingelagerte Paletten, bzw. quer eingelagerte Paletten auf

Tiefenstegen sind diese Traversenlängen unter Berücksichtigung der geeigneten Rahmentiefe für folgende Einlagerungsschemata geeignet:

Einlager- richtung	Traversenlänge (mm)	Palettenmaß (mm)	Palettenmaß zur Gangseite	Paletten- anzahl je Fach
Längslagerung	1.825 ¹⁾	1.200 x 800	800	2
	2.225 ¹⁾	1.200 x 1.000	1.000	2
	2.700	1.200 x 800	800	3
	3.300	1.200 x 1.000	1.000	3
	3.600	1.200 x 800	800	4
Querlagerung auf Tiefenstegen	2.700	1.200 x 800	1.200	2
		1.200 x 1.000		
		1.200 x 1.200		
	3.900	1.200 x 800	1.200	3
		1.200 x 1.000		
		1.200 x 1.200		
¹⁾ Standardlängen sind bei den meisten Herstellern 1.800 und 2.200 mm				

Bei der Mehrplatzlagerung von Europaletten ist das gängige Rastermaß für die Längstraversen 2.700 mm für Dreiplatzlagerung.

Soll aus den Lagerebenen manuell Ware entnommen werden (Kommissionierung), ist ein höherer Greifraum vorzusehen. In Lagern mit manueller Kommissionierung bietet die Einplatzlagerung den Vorteil, dass keine Längstraversen den Zugriff stören. Es wird im Gegenteil zusätzlicher Greifraum oberhalb der Palette zwischen Palettenfüßen der darüber befindlichen Palettenebene geboten.

Sieht man von der möglichen Kommissionierung aus der untersten Lagerebene durch zu Fuß gehendes Personal ab, erfolgt in konventionellen Palettenlagern die Beschickung und Entnahme mit Hilfe von Flurförderzeugen, die mit einer Hubvorrichtung und einem Lastaufnahmemittel ausgestattet sind. Typische Flurförderzeuge für die Beschickung und Entnahme sind Deichselhubwagen, Frontgabelstapler, Schubmaststapler. Auch Schmalgangstapler und Kommissionierstapler sind hierfür typische Flurförderzeuge. Die Schmalgangsysteme, in denen diese Stapler eingesetzt werden, werden den komplexen Lagersystemen zugeordnet und in Kap. 6.2 behandelt.

Die unterschiedlichen Stapler, die in konventionellen Palettenregalanlagen zum Einsatz kommen können, beeinflussen die Anforderungen an:

- die max. nutzbare Regalhöhe
- die Regalgangbreite (siehe auch Teil IV.1, Kap. 3.1.2 ff „Verkehrswege“)
- die eventuell erforderlichen Anfahrmaße (siehe auch Kap. 6 „Komplexe Lagersysteme“)

Die Anfahrmaße führen aufgrund technischer Gegebenheiten zu zusätzlich erforderlichem Lagervolumen, bzw. zu nicht nutzbaren Regalvolumina. Es ist z. B. nicht jedes Flurförderzeug in der Lage mit seinem Lastaufnahmemittel eine Ladeeinheit in Einlagerrichtung direkt am Boden aufzunehmen / abzusetzen (siehe auch Teil II.3, Kap. 2.1.2 ff „Personenbediente Flurförderzeuge“). In diesem Fall müssen die Ladeeinheiten zur Aufnahme / Abgabe auf einer Regalauflage erhöht angedient werden. Das Maß vom Boden bis Oberkante unterster Regalauflage ist nicht für die Lagerung nutzbar. Es kann als „unteres Anfahrmaß“ bezeichnet werden.

- die Sicherheitsvorkehrungen zum Schutz von Personal innerhalb des Regalganges
- die Bodenqualität / Bodenebenheit

Palettenregale	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Staudruckfreies Lagern von Ladeeinheiten übereinander ▪ Große Lagerhöhen sind erzielbar, siehe z. B. HRL (Abstimmung mit Bauaufsichtsbehörde). ▪ Variable Höhenanpassung der Fächer ▪ Direkter Zugriff auf alle Ladeeinheiten ▪ Feste und freie Lagerplatzzuordnung möglich, wobei die freie Lagerplatzzuordnung zu einem guten Nutzungsgrad führt. ▪ Mechanisier- und automatisierbar 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Investitionskosten im Vergleich zur Bodenlagerung ▪ Die Höhe der Auflagen / Traversen und die erforderlichen Freiräume über den Ladeeinheiten schränkt die Nutzung der Raumhöhe ein. ▪ Ladungsträger müssen einheitlich und auf das Regalsystem abgestimmt sein ▪ Bestände an Ladeeinheiten mit unterschiedlichen Höhen führen zu schlechter Volumennutzung

3.2.1.3 Kragarmregale

Die Grundelemente von Kragarmregalen sind Ständer, die mit Fußauslegern verschraubt oder verschweißt sind. An den Ständern sind ein- oder beidseitig Kragarme befestigt. Meistens sind die Kragarme über ein Lochraster in der Höhe an die Erfordernisse anpassbar. Die Ständer sind untereinander über Längs- und Kreuzverbände miteinander verbunden. Die Ständer- und Kragarmprofile bestehen für leichte und mittlere Belastung aus kaltgewalzten, bei hohen Belastungen aus warmgewalzten Profilen.

Da Kragarmregale zur Bedienseite hin keine vertikalen Stützen haben (im Gegensatz z. B. zu Palettenregalen), sind sie sehr variabel einsetzbar. Typisches Einsatzgebiet von Kragarmregalen ist die Lagerung von Langgut, z. B. in Form von Stangenmaterial u. ä. (einzeln, gebündelt, oder in Kassetten). Aber auch für die Lagerung von flächigem Material (z. B. als Blechlager) sind Kragarmregale üblich. Die Länge des einzulagernden Gutes ist praktisch nur durch die Länge des Regals begrenzt. Übliche Lagergut-Längen sind 6 m, aber auch Sondermasse von über 12 m sind möglich.

- 1a Ständer
- 1b Ständerfuß
- 2 Horizontalverbinder
- 3 Kreuzverband
- 4 Kragarm
- 5a Abrollsickeung fest
- 5b Abrollsickeung steckbar
- 6 Kragarmteiler
- 7 Kragarmbrücke
- 8 Fachboden

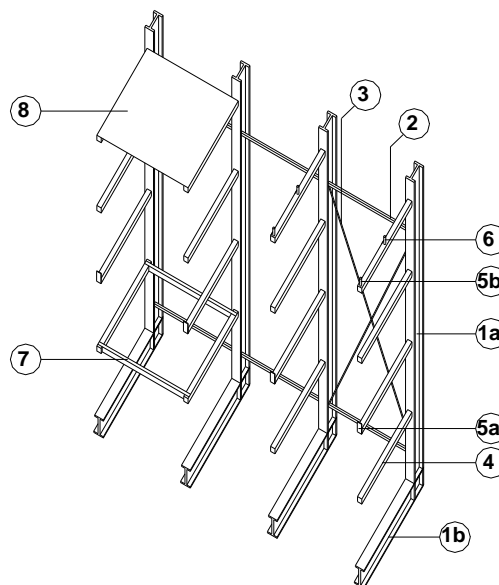


Abb.:3.2.1.3 / 01 Kragarmregal

Für Kragarmregale gibt es fast für jeden Lagerzweck bedarfsgerechtes Zubehör:

- Für die Lagerung von rollfähigem Material - z. B. einzelne Rundprofile - können die freien Kragarm-Enden mit Abrollsicherungen versehen werden (durch Aufkantungen, begrenzende Dorne u. ä.).
- In der Tiefe können die Kragarme unterteilt werden, z. B. zur Lagerung unterschiedlicher Materialquerschnitte.
- Für die Lagerung von kurzen Teilen, die zwischen den Kragarmen durchfallen würden, können Wannen / Armbrücken eingesetzt werden. Sehr universell nutzbar werden Kragarmregale, wenn auf die Kragarme Fachböden aufgelegt werden.

Kragarmregale bieten einen breiten Anwendungsbereich. Damit können Lager errichtet werden,

- die manuell, mit konventionellen Staplern, Vierwege-Seitenstaplern, mit kranartigen Geräten oder mit Regalbediengeräten bedient werden.
- in eingeschossiger und auch mehrgeschossiger Bauweise
- mit Lagerhöhen im Bereich vom Flachlager bis zum Hochregallager
- die als statische Lager, oder auf Verfahrwagen aufgesetzt als dynamische Lager eingesetzt werden.

3.2.2 Statische Kompaktlagerung

3.2.2.1 *Einfahr- und Durchfahrregal*

Lagergestelle zur statischen Kompaktlagerung werden auch Blocklagerung mit Regalen genannt [JÜN 2]. Zur kompakten Lagerung von Ladeeinheiten im Palettenformat gibt es die beiden Lagerarten:

- Einfahrregal (auch Drive- in Regal genannt)
- Durchfahrregal

Diese Lagergestelle werden eingesetzt, wenn

- palettierte Lagergüter oder Ladeeinheiten in einheitlichem Palettenformat auf mehreren Ebenen übereinander gelagert werden sollen,
- die Ladeeinheiten nicht stapelbar oder druckempfindlich sind,
- große Lagerbestände bei kleiner Artikelanzahl zu lagern sind (z. B. Monostruktur),
- Saisonware über einen längeren Zeitraum gelagert werden muss.

In beiden Regalarten werden die Ladeeinheiten in mehreren Ebenen übereinander (ähnlich wie bei der Paletten-Einplatzlagerung) auf Tiefenauflagen (Konsolen) quer eingelagert. Die Tiefenauflagen sind seitlich an den Ständern befestigt. Die Regaltiefe ist aber bei den Einfahr- und Durchfahrregalen so groß, dass je Ebene mehrere Ladeeinheiten hintereinander gelagert werden können.

Die Lagerbedienung erfolgt bei beiden Lagerarten mit konventionellen Gabelstaplern (Frontstapler oder Schubmaststapler). Da der Stapler zur Ein- bzw. Auslagerung zwischen den Ständern in ein Lagerfach einfahren muss, ist die Breite des Flurförderzeuges begrenzt. Die Gassen innerhalb der Regalanlage gelten nicht als Verkehrswege. Der Zutritt für Fußgänger ist verboten.

Zum Schutz der Regalanlage und zur besseren Orientierung des Staplerfahrers sollten in den Fächern (insbesondere bei einer Fachtiefe von mehr als 3 Ladeeinheiten) Bodenschienen angebracht werden und an den Quergängen Einfahrhilfen / Rammschutz. Die Gesamttiefe des Regals errechnet sich aus der Tiefe einer Ladeeinheit und der Anzahl Ladeeinheiten hintereinander, zuzüglich dem Sicherheitsabstand zwischen den Ladeeinheiten und zuzüglich der Tiefe der Einfahrhilfe.

Die beiden Regalarten unterscheiden sich sowohl in der Bedienbarkeit, als auch im konstruktiven Aufwand zur Sicherung der Standsicherheit:

- Unterschiede in der Bedienbarkeit:
 - Einfahrregale haben eine offene Bedienungsseite, von der aus die Gabelstapler sowohl zur Ein- als auch zur Auslagerung in die Regalstichgänge hineinfahren. Die Beschickung eines Stichganges beginnt hinten
Für Einfahrregale gilt das Lifo- Prinzip (Last in- first out)
 - Durchfahrregale sind auf zwei Seiten offen; ein Stapler kann daher durch ein freies Fach durchfahren. Sind entsprechende Quergänge auf beiden Seiten der Regalanlage vorhanden, können die Fächer gleichzeitig von einer Seite beschickt werden, während auf der gegenüberliegenden Seite ausgelagert wird. Damit kann mit Durchfahrregalen das Fifo- Prinzip (first in – first out) gewährleistet werden.
- Unterschiede im konstruktiven Aufwand zur Sicherung der Standsicherheit
 - Die Standsicherheit von Einfahrregalen wird durch horizontale Kreuzverbände im Kopfbereich der Regalständer und durch vertikale Verbände am Ende der Stichgänge gewährleistet.
 - Da bei Durchfahrregalen die vertikalen Kreuzverbände am Ende der Fachdurchfahrten nicht möglich sind, muss zur Sicherstellung der Standsicherheit wesentlich mehr Aufwand betrieben werden, als bei Einfahrregalen.

Vor- und Nachteile der statischen Kompaktlagerung mit Lagergestellen	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kompakte Lagerung ermöglicht große Lagerbestände in relativ kleinem Raumvolumen (hoher Flächen- und Raumnutzungsgrad) ▪ Die Lagergestelle ermöglichen die Lagerung von Ladeeinheiten übereinander, sowohl <ul style="list-style-type: none"> ○ bei nicht stapelfähiger Ware, z. B. aufgrund mangelhafter Stabilität des Stapels wegen ungleichmäßig beladener Paletten. ○ bei druckempfindlicher Ware 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Einheitliche Ladeeinheiten erforderlich ▪ Direkter Zugriff auf einzelne Paletten nicht möglich (Umstapeln erforderlich) ▪ Innerhalb eines Lagerfaches ist Artikelreinheit erforderlich (siehe oben); ausgenommen bei kompletter Räumung eines Lagerfaches. ▪ Bei artikelreiner Lagerung gibt es für jeden Artikel einen „Anbruch-Kanal“, der nur teilweise gefüllt ist. ▪ Sehr begrenzte Mechanisier- und Automatisierbarkeit.

Vor- und Nachteile von Einfahrregalen gegenüber Durchfahrregalen	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringerer Aufwand zur Gewährleistung der statischen Anforderungen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Nur Lifo machbar, während bei Durchfahrregalen Lifo und FiFo machbar ist. ▪ Beschickung und Auslagerung können nur von einem gemeinsamen Quergang aus erfolgen, während beim Durchfahrregal die Beschickungsseite von der Auslagerungsseite getrennt werden kann.

4 KONVENTIONELLE EINGESCHOSSIGE DYNAMISCHE LAGERUNG

4.1 Lagergut beweglich in feststehendem Lagergestell

Für die dynamische Lagerung, bei der sich das Lagergut durch ein feststehendes Lagergestell vom Einlagerungsort zum Auslagerungsort hindurch bewegt, werden ausschließlich Lagergestelle für Kompaktlagerung eingesetzt. Die Fächer dieser Lagergestelle (Kanäle bezeichnet), können mehrere Ladeeinheiten hintereinander aufnehmen. Die Lagergestelle bestehen aus mehreren Kanälen nebeneinander und übereinander.

Die konventionellen Lagerarten (Komplexe Lagersysteme werden separat behandelt) können nach folgenden Kriterien unterteilt werden:

- Nach der Art des Antriebes für die Bewegung durch das Lagergestell
 - Schwerkraft (z. B. Rollenbahn mit einem Gefälle von ca. 3 – 5 %)
 - Angetriebene Förderstrecken innerhalb der Lagergestelle
- Nach der Größe und dem Gewicht der Lagereinheiten
 - Lager für Kleingebinde (Behälter aus Metall oder Kunststoff, Pakete usw.)
 - Lager für Großgebinde (z. B. Paletten)
- Nach der Zuordnung von Beschickungs- und Entnahmeseite
 - Eingangssystem
 - Zweigangsystem

wobei das Eingangssystem eine Sonderform darstellt.

Zu der Lagerart „Lagergut beweglich in feststehendem Lagergestell“ gehören.

- Durchlaufregale (und als Sonderform Durchrutschregale)
- Einschubregale
- Rollpaletten-Regalanlagen

4.1.1 Durchlaufregale

In der Lagerart „Lagergut beweglich in feststehendem Lagergestell“ sind die Durchlaufregale am meisten verbreitet. Durchlaufregale sind prinzipiell Zweigangsysteme. An der Beschickungsseite wird das Lagergut in das jeweilige Lagerfach (Lagerkanal) eingelagert. Innerhalb des Kanals durchläuft das Lagergut die Fach- bzw. Kanaltiefe auf einem in das Regal integrierten Stetigförderer (z. B. Rollen- oder Röllchenbahn) in Richtung der gegenüberliegenden Entnahmeseite. Auf der Entnahmeseite kann dann eine Ganzauslagerung oder Teilauslagerung (Kommissionierung) erfolgen. Bei Durchlaufregalen erfolgt die Lagerung zwangsläufig nach dem FiFo-Prinzip.

Durchlaufregale gibt es in unterschiedlichen Formen für die verschiedensten Anwendungen:

- Sowohl für Kleingebinde als auch für Paletten
- Sowohl ohne Antrieb der Rollen oder Röllchen (Schwerkraft), als auch mit Antrieb der Förderstrecke (angetriebene Rollenbahn oder Tragkettenförderer)
- Sowohl eingeschossig als auch mehrgeschossig (z. B. mit integriertem Kommissionierstollen).

Unabhängig von der Gebindegröße werden Durchlaufregale am häufigsten als Bevorratungslager für die Entnahme einzelner Ladeeinheiten oder zur Teilentnahme im Rahmen der Kommissionierung eingesetzt. Für diesen Einsatzbereich ist innerhalb eines Lagerfaches Artikelreinheit erforderlich. Bei nicht artikelreiner Lagerung könnte innerhalb eines Kanals nicht auf jeden Artikel zugegriffen werden, ohne umzuräumen.

Durchlaufregale als Bevorratungslager sind daher ideal, wenn eine Artikelstruktur gegeben ist:

- mit wenigen Artikelsorten
- die jeweils in hoher Stückzahl vorliegen
- die eine hohe Umschlagshäufigkeit haben

Ein wichtiges Kriterium bei der wirtschaftlichen Auslegung von Bevorratungs-Durchlaufregalen ist die Ermittlung der optimalen Fachtiefe. Die einzelnen Artikel innerhalb der Artikelstruktur haben unterschiedlichen Stellplatzbedarf. Darüber hinaus gibt es bei artikelreiner Lagerung ggf. mehrere volle Kanäle je Artikel und einen „Anbruch-Kanal“ für jeden Artikel. Dieser ist nur teilweise gefüllt, weil

- die Befüllung noch nicht abgeschlossen ist,
- die Restmenge des Artikel nicht ausreichend ist zur vollständigen Befüllung
- aufgrund der Entnahme der artikelbezogene Kanal bereits wieder teilweise geleert ist

Bei der Optimierung der Fachtiefe sind zwei Kriterien zu beachten:

- der Füllungsgrad des Lagers

Der Füllungsgrad ist umso besser, je kürzer die Kanaltiefen sind. Bei einer Artikelstruktur mit hohen Beständen je Artikel sind dann die Bestände je Artikel zum einem auf einen Anbruchkanal verteilt, zum anderen auf relativ vollgefüllte Kanäle. Der Anbruchkanal ist im statistischen Mittel zu 50% gefüllt.

- die Längen der Regal-Bedienfronten und damit die Weglängen für die Beschickung und die Entnahme.

Um die Wege zu minimieren sollten die Regalfronten so klein wie möglich sein. Das Minimum wird erreicht, wenn die Kanäle so tief sind, dass für jeden Artikel ein Kanal ausreichend ist.

Ein anderer Einsatzbereich für Durchlaufregale, insbesondere der von Paletten-Durchlaufregalen ist die Verwendung als Bereitstellungssystem im Warenausgang, ggf. auch im Wareneingang. Als Bereitstellungslager im Warenausgang werden im Laufe des Tages die Kanäle tourenrein (nicht artikelrein) befüllt. Vorteil dieser Lagerungsart ist, dass neben der Raumersparnis die LKWs aufgrund kurzer Wege innerhalb kurzer Zeit abgefertigt werden können.

Generelle Vor- und Nachteile von Durchlaufregalen	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Vorteile der Kompaktlagerung, wie z. B. <ul style="list-style-type: none"> ○ Gute Raumnutzung, da für große Lagerbestände wenige Bedienungsgänge erforderlich sind. ▪ Vorteile der Zweigangsysteme, wie z. B. <ul style="list-style-type: none"> ○ getrennte Beschickung und Entnahme, daher keine gegenseitige Behinderung ○ FiFo-Prinzip ▪ Vorteile der dynamischen Lagerung z. B. Transportfunktion des Lagers 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Störungsfreier Durchlauf ist sehr von der Qualität der Ladehilfsmittel abhängig. ▪ Relativ hohe Investitionskosten ▪ Relativ hohe Wartungs- und Instandhaltungskosten für die dynamischen Komponenten.

4.1.1.1 Durchlaufregale für Behälter, Kartons

Reine Durchlaufregale für Behälter oder Kartons (auch Kolli-Durchlaufregal bezeichnet) bestehen im Wesentlichen aus folgenden Komponenten:

- Eine Tragkonstruktion, welche die vertikalen Lasten aufnimmt.

Die Tragkonstruktion besteht aus senkrechten Stützen, die untereinander mit Verbänden ausgesteift sind. Bei vielen Herstellern werden Ständerprofile verwendet, die auch bei Palettenregalen eingesetzt werden. Aufgrund dieser stabilen Ausführung können oberhalb der Behälter-

Durchlaufbahnen Palettenplätze angeordnet werden, oder die Anlage kann mehrgeschossig ausgeführt werden.

- Durchlaufrahmen zur Aufnahme der Röllchenleisten.

Die Durchlaufrahmen werden in mehreren Ebenen übereinander und mehreren Feldern nebeneinander an der Tragkonstruktion (i. d. R. schraubenlos) befestigt. Jeder Durchlaufrahmen kann i. d. R. mehrere Durchlaufkanäle nebeneinander aufnehmen. Die Höheneinteilung und die Neigung der Durchlaufrahmen ist innerhalb eines geringen Rasters einstellbar.

- Röllchenleisten, die in die Durchlaufrahmen eingesetzt werden (siehe Teil II.3 Fördertechnik). Aufgrund des engen Rasters in den Durchlaufrahmen können die Abstände der Röllchenleisten zueinander gut auf die Breite des Lagergutes angepasst werden. Die Röllchenleisten gibt es mit unterschiedlicher Rollenteilung und mit unterschiedlicher Tragkraft pro Rolle.
- Führungselemente, welche die Kanäle über die gesamte Tiefe voneinander abtrennen und den Geradeauslauf des Lagergutes gewährleisten. Als Führungselemente werden i. d. R. Trennleisten verwendet. Es können aber auch ggf. Spurkranzröllchen z. B. für den Transport von Kunststoffbehältern zum Einsatz kommen.

Anforderungen an das Lagergut für einen störungsfreien Durchlauf:

- Die Umverpackung (Behälter, Karton) sollte einen stabilen Boden haben.
- Der Boden der Umverpackung sollte keine Querrippen haben.
- Die Umverpackung sollte nicht so beschädigt sein, dass Teile der Umverpackung absteigen und sich dadurch verhaken können; es sollten auch keine Kartons mit aufgeklappten, abstehenden Klappen verwendet werden.

Für die Regalfront auf der Entnahmeseite gibt es vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten. Diese erlauben es, die Entnahme im Hinblick auf das Lagergut und die Entnahmesituation zu optimieren. Dies betrifft die Ergonomie (Greifhöhe, Greiftiefe), die Größe der Greiföffnung und die Übersichtlichkeit. Ziel ist die Minimierung der Greifzeiten und der Kommissionierfehler.

Lagergut / Entnahmesituation	Gestaltung der Regalfront
Artikel in Umverpackungen mit geschlossener Front / Entnahme ganzer Ladeeinheiten	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gerade Durchlaufrahmen; vertikale Regalfront, Bereitstelleneinheiten stehen bündig übereinander. ○ Kein Greifraum erforderlich, geringer Höhenabstand zwischen den Ebenen ausreichend
Kleine Artikel in Umverpackungen mit geöffneter Front (Greiffenster) / Entnahme von Teilmengen (Kommissionierung) durch Greiffenster.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Gerade Durchlaufrahmen; vertikale Regalfront, Bereitstelleneinheiten stehen bündig übereinander. ○ Höhenabstand an Greifsituation anpassen
Mittelgroße Artikel in Umverpackungen mit geöffneter Front (Greiffenster) / Entnahme von Teilmengen (Kommissionierung) durch Greiffenster.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bereitstellung auf abgeknickten Durchlaufrahmen, bzw. auf geraden Durchlaufrahmen mit schräg nach vorn geneigten Absetzblechen
	<ul style="list-style-type: none"> ○ Treppenartige Anordnung der Durchlaufrahmen übereinander vergrößert den Greifraum. ○ Abgeknickte Durchlaufrahmen, bzw. gerade Durchlaufrahmen mit schräg nach vorn

	geneigten Absetzblechen bringen zusätzliche Erweiterung
Hohe Artikel in Umverpackungen mit geschlossener Front / Entnahme von Teilmengen (Kommissionierung) von oben, ohne dass tief in den Behälter eingegriffen werden muss.	<ul style="list-style-type: none"> ○ Treppenartige Anordnung der Durchlaufrahmen übereinander vergrößert den Greifraum ○ Abgeknickte Durchlaufrahmen, bzw. gerade Durchlaufrahmen mit schräg nach vorn geneigten Absetzblechen bringen zusätzliche Erweiterung. ○ Relativ großer Höhenabstand zwischen den Ebenen erforderlich

Für das Kommissionierprinzip „Pick to Belt“ können die Durchlaufregale mit Abfördertechnik (Rollenbahn oder Gurtförderer) kombiniert werden. Wird eine Schwerkraft-Rollenbahn rechtwinklig zu den Durchlaufkanälen in das Durchlaufregal integriert, kann der Kommissionierer den Kommissionierbehälter an den Kanälen entlang auf der Rollenbahn entlang schieben.

Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit und zur Reduzierung der Kommissionierfehler können die Kanäle an den Durchlaufrahmen mit Beschriftungsetiketten, z. B. für „Pick by Scan“ versehen werden. In die Durchlaufrahmen können aber auch Displays für das beleglose Kommissionierverfahren „Pick to Light“ integriert werden, oder Komponenten für andere Identifikationssysteme.

Spezielle Vorteile von „Behälter“-Durchlaufregalen:

- Gut geeignet für Kommissioniersysteme nach dem Prinzip „Mann zur Ware“
 - Kurze Kommissionierwege, da gleichartige Artikel nicht nebeneinander, sondern hintereinander im Regal stehen.
 - Ergonomische Gestaltung des Entnahmebereichs möglich.
 - Gute Übersichtlichkeit und Einbindung von Ident-Systemen möglich; dadurch Reduzierung der Kommissionierfehler.
- Fördertechnik problemlos integrierbar und anzubinden für
 - Transport der Kommissionier- / Sammelbehälter entlang der Entnahmekanäle
 - Abtransport der gefüllten Kommissionierbehälter
 - Transport des Leergutes aus dem Kommissionierbereich
- Nutzung der Hallenhöhe möglich, durch
 - Bereitstellung von Nachschubware in Palettenform oberhalb der Durchlaufregale möglich.
 - Mehrgeschossige Lagerung möglich

4.1.1.2 Paletten-Durchlaufregale

Die Tragkonstruktion für Paletten-Durchlaufregale besteht i. d. R. aus Systemteilen der statischen Palettenregale (Ständerrahmen, Kreuzverbänden, ggf. Längstraversen). Dabei werden in Richtung Regaltiefe mehrere Ständerrahmen hintereinander angeordnet. Die Förderstrecken werden an den Ständerrahmen eingehängt, oder auf die Traversen aufgelegt. Die Förderstrecken bestehen

- i. d. R. aus Schwerkraftförderern (siehe Teil II.3 Fördertechnik)
- sind aber in Ausnahmefällen elektromotorisch angetriebene Rollenbahnen oder Tragkettenförderer.

Die Größe, in der Paletten-Durchlaufregalanlage errichtet werden können, ist fast nur durch die Gebäudeabmessungen begrenzt. Innerhalb dieser Abmessungen können beliebig viele Kanäle nebeneinander angeordnet werden. Die Anzahl der Kanäle übereinander ist neben der lichten

Gebäudehöhe noch durch die Hubhöhe der einzusetzenden Förderzeuge (Gabelstapler, Regalbediengeräte) begrenzt. Selbst in der Kanaltiefe können nach Herstellerangaben Rollengänge von 60 m Länge realisiert werden.

4.1.1.3 Antrieb für die Bewegung der Ladeeinheiten

4.1.1.3.1 Bewegung durch Schwerkraft

Bei Schwerkraft-Durchlaufregalen für Paletten bestehen die Förderstrecken aus Rollenbahnen mit durchgehenden Rollen oder aus Rollenleisten (siehe unten). Die Förderstrecken haben eine Neigung von ca. 4%; es sind aber auch stärkere Neigungen möglich. Aufgrund des Gefälles laufen die Paletten ohne motorischen Antrieb von der Beschickungs- zur Entnahmeseite. Um einen störungsfreien Durchlauf zu gewährleisten, sollte das Lagergut folgende Anforderungen erfüllen:

- Die Palettenkufen- bzw. Füße sollten nicht beschädigt sein, um ein Verhaken zu verhindern.
- Jede einzelne Ladeeinheit sollte möglichst gleichmäßig beladen sein. Einseitige Lastverteilung beeinflusst den Geradeauslauf der Palette auf der Förderstrecke.
- Die Ladeeinheiten sollten möglichst einheitliche Gewichte haben.

Schwere Paletten haben eine größere Hangabtriebskraft als leichte Paletten. Um die leichten Paletten zum Laufen zu bringen, muss die Förderstrecke eine stärkere Neigung haben. Um die Durchlaufgeschwindigkeit der schweren Paletten zu begrenzen (max. 0,3 m/s), müssen entsprechende Bremstragrollen eingesetzt werden.

Jeder Durchlaufkanal kann in drei Hauptgruppen unterteilt werden:

- Der Beschickungs- oder Aufgabepplatz
- Die Stau-Rollenbahn
- Der Entnahmeplatz

Beschickungsplatz

Der Beschickungsplatz besteht im Wesentlichen aus einem Rollenförderer und dem Einsetztrichter:

- Durch den Einsetztrichter werden die Ladeeinheiten auf dem Rollenförderer zentriert.
- Den Rollenförderer am Beschickungsplatz gibt es in unterschiedlichen Ausführungen:
 - Einteilig, d. h. mit durchgehenden Rollen
 - 2-teilig und 3-teilig

Die Beschickung der Kanäle erfolgt mit Hilfe von Fördergeräten mit Hochhub-Vorrichtung, i. d. R. mit Gabelstaplern. Es kommen aber auch Elektro-Handhubwagen und Regalbediengeräte zum Einsatz.

Bei einer durchgehenden Rollenbahn muss das Lastaufnahmemittel des Förderzeuges an die Neigung der Rollenbahn angepasst werden, damit die Ladeeinheit über die komplette Länge auf den Tragrollen aufsitzt, bevor das Lastaufnahmemittel zurückgezogen wird. Zur Regalbedienung kommen daher in diesem Fall Gabelstapler mit neigbarem Mast (+ / -), bzw. RBG s mit neigbarem Lastaufnahmemittel zum Einsatz.

Die Verwendung von zwei- oder dreiteiligen Beschickungsplätzen ist erforderlich, wenn Flurförderzeuge ohne neigbaren Mast / Lastaufnahmemittel eingesetzt werden sollen. Beim Absetzen der Palette taucht das Lastaufnahmemittel nach unten zwischen den Rollenleisten weg. Dabei wird die Palette bis zuletzt zum einen vom Rollenförderer getragen und zum anderen vom Lastaufnahmemittel. Ein plötzliches Abkippen der Palette wird dadurch verhindert.

Stau-Rollenbahn

Die Stau-Rollenbahn dient zur Pufferung der Ladeeinheiten im Kanal. Aufgrund der selbständigen Bewegung der Ladeeinheiten infolge der Schwerkraft sind zwei Stausysteme zu unterscheiden:

- **Förderstrecke mit Staudruck**
Die Ladeeinheiten laufen auf die im Kanal bereits eingelagerten Ladeeinheiten auf und werden durch diese gebremst. Um die Auflaufgeschwindigkeit zu begrenzen, sind in die einzelnen Palettenplätze Bremsrollen oder Bremstragrollen integriert. Diese Art Förderstrecke ist in Paletten-Durchlaufregalen üblich.
- **Staudruckfreie Förderstrecke**
In die Förderstrecke sind Brems- und Separiervorrichtungen integriert. Die Ladeeinheiten kommen daher mit Abstand zueinander zum Stehen. Diese Art Förderstrecke kommt nur bei sehr langen Kanälen oder bei sehr druckempfindlichem Lagergut zum Einsatz.

Für die unterschiedlichen Palettengewichte und Rollenbahnlängen gibt es verschiedene Rollenbahnausführungen:

- Rollenbahnen mit unterschiedlicher Tragkraft
- Rollenbahnen mit unterschiedlicher Rollenteilung. Diese ist abhängig von
 - der Transportrichtung (längs oder quer), bzw. der Auflagefläche der Kufen / Füße. Enge Rollenteilung für Quereinlagerung von Palette oder z. B. Gitterboxen.
 - den Abmessungen und dem Gewicht der Paletten; mit der auf die Rollen verteilten Last darf die Tragfähigkeit der einzelnen Rollen nicht überschritten werden.
- Rollenbahn mit durchgehenden Rollen; für lange Kanäle geeignet
- Rollenbahn mit geteilten Bahnen (Rollenleiste / Rollenschiene); wirtschaftliche Lösung bei kurzen Kanälen mit geringem Gefälle und ohne Bremstechnik [BIT 1].
- Rollenbahnen mit Spurkranzrollen
die Ladeeinheit wird beim Durchlauf seitlich geführt.

Vorteile der Schwerkraftrollenbahnen sind:

- Schwerkraftrollen sind verschleiß- und wartungsarm.
Es können allenfalls Kugellagerschäden auftreten. Ein derartiger Schaden kann durch Austausch der Rolle schnell behoben werden.
- Schwerkraftrollen sind mechanisch funktionierende Systemkomponenten:
 - Sie benötigen keinen Energieanschluss und haben keinen Energieverbrauch.
 - Sie benötigen keine elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch geregelten Komponenten, wie z. B. angetriebene Förderstrecken.

Zur Geschwindigkeitsregulierung werden Bremsrollen und / oder Bremstragrollen in die Rollenbahn integriert (siehe hierzu auch Teil II.3, Fördertechnik, Kapitel „Schwerkraftförderer“).

Entnahmeplatz

Auf der Entnahmeseite kann die unterste Lagerebene am Boden auslaufen. Die Entnahme aus dieser Ebene kann daher auch mit normalen Hand-Hubwagen erfolgen. Bei einem geneigten Palettenauslauf sollte aber für den Hubwagen eine Auffahrrampe vorgesehen werden, um den kompletten Aushub zu gewährleisten. Ansonsten gilt für die Entnahme-Förderzeuge das gleich wie für die

Beschickungs-Förderzeuge. Dementsprechend können wie auf der Beschickungsseite in Abhängigkeit von den einzusetzenden Förderzeugen einteilige oder geteilte Förderstrecken verwendet werden.

Die erste in den Kanal eingelagerte Palette rollt bis zum Entnahmeplatz durch. Dort wird sie von einem Anschlag gebremst. Gleichzeitig betätigt sie eine Nachlauf Sperre. Diese mechanische Sperre wird ausgelöst, indem die Palette über eine Schaltklappe hinwegrollt und diese dabei umlegt. Durch die Drehbewegung der Schaltklappe wird über einen Hebel / Wippe die Sperre hinter der Palette über das Rollenbahnniveau angehoben.

Die Nachlauf Sperre verhindert, dass die nachfolgende Ladeeinheit direkt auf die Auslagereinheit aufrollen kann. Dadurch kann die vorderste Palette staudrucklos aus dem Kanal entnommen werden. Mit der Palettenentnahme geht die Schaltklappe in ihre Ausgangsposition zurück, die Sperre wird abgesenkt und die nächste Ladeeinheit kann nachrollen (siehe hierzu auch Teil II.3, Fördertechnik, Kapitel „Schwerkraftförderer“).

4.1.1.3.2 Bewegung durch motorisch angetriebene Fördertechnik

Für die Lagerung von Ladeeinheiten im Palettenformat kommen auch Durchlaufregale mit angetriebener Fördertechnik (angetriebene Rollenbahnen oder Tragkettenförderer) zum Einsatz. Wegen der vergleichsweise hohen Investitionskosten sind sie aber eher die Ausnahmen.

Aufgrund des elektromotorischen Antriebs haben die Förderstrecken kein Gefälle, sondern verlaufen horizontal. Je nach Aufteilung der Förderstrecke in unterschiedliche Antriebszonen können die Ladeeinheiten mehr oder weniger staudrucklos durch den Kanal befördert werden.

Vor- und Nachteile der angetriebenen Rollenbahn gegenüber der Schwerkraft-Rollenbahn	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kein Gefälle, daher bessere Nutzung der Raumhöhe möglich. ▪ Ladeeinheiten, die nicht selbstständig durch Schwerkraft-Durchlauflager laufen können, können mit angetriebenen Förderstrecken in Blocklagerung gelagert werden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Investitionskosten ▪ Kosten für Wartung und Instandhaltung ▪ Energiekosten

4.1.2 Einschubregal

Das Einschubregal entspricht vom Aufbau her einem Paletten-Durchlaufregal mit Schwerkraftantrieb, bzw. einem Rollpalettenlager. Wesentlicher Unterschied ist, dass sowohl Beschickung als auch Entnahme von einem gemeinsamen Gang aus erfolgen (Eingangssystem). Bezogen auf die geneigte Rollenbahn bzw. das geneigte Schienenpaar befindet sich der Bedienungsgang an der niedrigeren Seite des Lagerfaches.

Die Bedienung des Lagers erfolgt i. d. R. mit Hilfe von Gabelstaplern. Wird ein Fach neu befüllt, wird die erste Ladeeinheit auf dem zum Gang hin vordersten Platz im Fach abgesetzt. Bei der Einlagerung einer weiteren Ladeeinheit wird mit der neuen Ladeeinheit die im Fach befindliche Ladeeinheit gegen die Steigung in die Fachtiefe verschoben.

Durch die Schwerkraft steht der gesamte Pulk an eingelagerten Paletten direkt am Bedienungsgang zu Auslagerung bereit. Gegen ein Herausfallen der Ladeeinheiten sind die Fächer mit Endanschlügen gesichert, ggf. auch mit Bremsrollen. Nachlauf Sperren oder Staudruckminderer, wie sie beim Palettendurchlaufregal erforderlich sein können, entfallen beim Einschubregal.

Bei der Auslagerung wird die zuletzt eingelagerte Ladeeinheit zuerst entnommen, d. h. es funktioniert nach dem LiFo-Prinzip (Last-in-First-out). Bei der Entnahme kommen die hinteren Paletten automatisch nach vorne.

Vorteile des Einschublagers:

- Guter Flächennutzungsgrad, da nur ein Bedienungsgang für Ein- und Auslagerung erforderlich ist.
- Bei Entnahme der vorderen Ladeeinheit in einem Kanal rücken die hinteren Ladeeinheiten selbständig nach. Dadurch sind alle Artikel an der Entnahmefront verfügbar.
- Mechanisier- Automatisierbar

4.2 Gemeinsame Bewegung von Lagergut und Lagergestell

Zu den Lagern, bei denen das Lagergestell gemeinsam mit dem Lagergut bewegt wird, gehören:

- Verschieberegalanlagen (auch Verfahrrégalanlagen bezeichnet)
- Umlaufregale

Richtlinien und Empfehlungen für die Planung und die Beschaffung derartiger Lagereinrichtungen sind u. a.:

- Die Sicherheitsanforderungen an die Konstruktion und Ausführung von Anlagen, bei denen das Lagergut mit dem Lagergestell bewegt wird, sind nach DIN EN 15095 „Kraftbetriebene verschiebbare Paletten- und Fachbodenregale, Umlaufregale - Sicherheitsanforderungen“ geregelt.
- Bei der Planung von Lagereinrichtungen sind insbesondere die berufsgenossenschaftlichen „Richtlinien für Lagereinrichtungen und –geräte“ zu beachten (BGR 234 [BGR 1], die frühere ZH1 / 428).
- Bei der Beschaffung von Lagereinrichtungen sollte darauf geachtet werden, dass diese den Güte- und Prüfbestimmungen für Lager- und Betriebseinrichtungen (RAL-RG 614 ff [RAL 1]) entsprechen.

4.2.1 Verschieberegalanlagen mit konventioneller Regalbedienung

Verschieberegalanlagen bestehen aus Regalen, die auf Fahrwagen aufgebaut sind. Diese Fahrwagen können manuell oder durch elektromotorischen Antrieb verfahren werden. Verschieberegalanlagen für geringe Nutzlasten können direkt auf dem Hallenboden ohne Schienen verfahren werden; i. d. R. werden aber Verschieberegalanlagen auf einer Schienenanlage verfahren. Anhand der Verfahrungsrichtung sind zwei Typen zu unterscheiden:

- Verfahren der Regale parallel zum Hauptgang
Mit diesem System können die Regale linear zu einem oder mehreren Blöcken zusammen gefahren werden. Es bleiben nur noch die Bedienungsgänge neben den Regalzeilen offen, die zur Beschickung oder Entnahme bedient werden sollen. Der Flächenbedarf für die Bedienungsgänge kann dadurch deutlich reduziert werden.
- Verfahren der Regale rechtwinklig zum Hauptgang
Alle Regaleinheiten stehen als ein Block dicht nebeneinander, ohne Bedienungsgang zwischen den Regalzeilen. Zur Beschickung und zur Entnahme werden Regaleinheiten auf den Fahruntersätzen in den Hauptgang verfahren.
Das bekannteste Lager dieser Art ist das Apothekenregal. Diese Lagerart wird aber z. B. auch für die Lagerung von Langgut genutzt.

Allen Systemen mit Verschieberegalen ist gemein, dass sie nach dem Prinzip „Mann zur Ware“ funktionieren. In der Intralogistik werden i. d. R. die Verschieberegale eingesetzt, die parallel zum Hauptgang verfahren werden. Die folgenden Ausführungen beziehen sich daher nur noch auf diese Systeme.

Verschieberegalanlagen sind vom Prinzip her für alle Arten von Stückgütern geeignet, ob Kleinteile, Aktenordner, Paletten, Langgut oder Blechpakete. Die Unterschiede bestehen in der Dimensionierung und in der Wahl des jeweils geeigneten Regaltyps. Dadurch gibt es auch Verschieberegalanlagen für sehr unterschiedliche Lasten.

- Manuell verfahrenene Verschieberegalanlagen für leichte bis mittelschwere Lasten
- Elektromotorisch verfahrenene Verschieberegalanlagen für mittelschwere und schwere Lasten

Bei der Auslegung / Dimensionierung der Verschieberegale sind insbesondere die berufsgenossenschaftlichen Vorgaben (BGR 234) zu beachten. Diese fordern u. a.:

- Um die Standsicherheit zu gewährleisten darf die Höhe der obersten Ablage maximal das Fünffache des Radachsenabstandes betragen.
- Die Schienen dürfen keine Stolperstellen bilden; sie müssen daher bündig in den Boden integriert werden, d. h.:
 - Die Schienen müssen bündig mit dem Estrich abschließen, oder
 - auf den Estrich müssen im Bereich der Regalanlage Ausgleichböden aufgelegt werden. Da diese Ausgleichböden zum Hauptgang hin keine Stolperstellen bilden dürfen, müssen sie entsprechen abgeschrägt, oder markiert sein (schwarzgelbe Gefahrenkennzeichnung oder blendfreie Beleuchtung).
- Quetsch- und Scherstellen müssen vermieden werden:
 - Der Kantenabstand zwischen verfahrbaren Regaleinheiten muss mindestens 25 mm betragen (z. B. durch Distanzhalter).
 - Die Abstände der verfahrbaren Einheiten zu Bauwerksteilen müssen betragen:
 - zu ebenen Wänden mindestens 120 mm, höchstens 180 mm. Diese Wände dürfen nicht nachgiebig sein und sie müssen mindestens 2 m über der Aufstandsfläche hoch sein.
 - zu Wandvorsprüngen, Säulen, benachbarten Regalen, Schränken und ähnlichen Einrichtungen mindestens 500 mm.

Die Schienenanlage muss nicht nur die oben genannten Sicherheitsanforderungen erfüllen; es wird auch eine hohe Verlegegenauigkeit gefordert. Wesentliche Anforderungen an die Schienenanlagen sind:

- Die Schienen müssen die Radlasten der Verfahrwagen aufnehmen. Diese sind abhängig von der Gesamtlast und der Anzahl der tragenden Räder sowie deren Auflagefläche.
- Die Schienen müssen den Geradeauslauf der Verfahrwagen gewährleisten. Daher müssen neben den Tragschienen auch Führungsschienen vorgesehen werden, in die Spurkranzräder eingreifen. Der Geradeauslauf wird u. a. beeinträchtigt durch
 - Baubedingte Toleranzen und Verschleiß
 - ungleichmäßig verteilte Last auf die Räder
 - bei gleichmäßig verteilter Last in den Regalaufbauten, aber die krafteinleitenden Regalstützen sind versetzt zu den Rädern angeordnet;
 - die Räder sind zwar unterhalb der Regalstützen, aber die Regalanlage ist im Betrieb ungleichmäßig beladen.
 - Auswirkung der ungleichmäßigen Antriebskräfte bei angetriebenen und nicht angetriebenen Rädern.

Als Untergrund für die Schienenanlage ist „schwimmender Estrich“ ungeeignet. Er ist auch ungeeignet für das Betreiben einer schienenlosen Anlage.

4.2.1.1 Manuell verfahrenre Verschieberegalanlagen

Verschieberegalanlagen für leichte bis mittelschwere Lasten bestehen meist aus Verfahrwagen, auf denen Fachbodenregale aufgebaut sind. Typische Einsatzbereiche sind Archivregale und Regale für Kleinteile- und Ersatzteilleger.

In Abhängigkeit von der Nutzlast je Verfareinheit gelten nach BGR 234 folgende Regelungen:

Nutzlast je Einheit	Regelung nach BGR 234
Bis 2.000 kg	<ul style="list-style-type: none"> ○ Handschubeinrichtung erlaubt ○ Max. Verfahrstrecke des Regalblocks 0,75 bis 1,00 m
2.000 kg bis 5.000 kg	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mechanisch unterstützter Antrieb erforderlich (z. B. Handkurbeltrieb mit entsprechender Übersetzung), oder Kraftantrieb je Einheit

Über 5.000 kg	○ Kraftantrieb erforderlich (siehe elektromotorisch verfahrene Verschieberegale)
---------------	---

4.2.1.2 Elektromotorisch verfahrene Verschieberegalanlagen

Elektromotorisch verfahrbare Verschieberegalanlagen werden für mittelgroße bis große Lasten eingesetzt. Die Regalaufbauten sind abhängig vom Lagergut. In den meisten Fällen sind es aber Palettenregale oder Kragarmregale für Langgut.

Neben den Regalaufbauten bestehen die elektromotorisch verfahrbaren Regale aus folgenden Hauptkomponenten:

- Der Schienenanlage (siehe oben)
- Dem Verfahrwagen, bestehend aus Fahrgestell und Elektroantrieb
- Der Steuerung
- Den beweglichen Anschlüssen
- Den Sicherheitseinrichtungen

Verfahrwagen

Die wesentlichen Komponenten eines Verfahrwagens sind das Fahrgestell und der Elektroantrieb.

Das Fahrgestell für mittelschwere und schwere Lasten setzt sich i. d. R. (in Regallängsrichtung gesehen) aus mehreren Modulen zusammen. Diese Module werden verwindungssteif miteinander verbunden. Jedes Modul besteht aus einem Grundrahmen mit mindestens einem Diagonalverband und beinhaltet auch die Radsätze. Die Module tragen die Regalaufbauten.

Für den Antrieb eines Verfahrwagens werden Elektro-Getriebemotoren eingesetzt. Über kardanischn gelagerte Antriebswellen wird die Drehbewegung auf die Antriebsräder übertragen. Die Anzahl der erforderlichen Getriebemotoren je Verfahrwagen und deren Dimensionierung ist abhängig von der Wagenlänge sowie der Gesamtlast des Verfahrwagens einschließlich Nutzlast.

Der Verfahrwagen ist gleichzeitig die unterste Ablageebene für das Lagergut. Die Höhe eines Verfahrwagens ist lastabhängig. Neben den Lauf- und Führungsrollen sind in der Verfahrwagen-Konstruktion auch die Antriebsmotore in der erforderlichen Stärke und Anzahl unterzubringen. Üblicherweise liegt die Bauhöhe zwischen 225 und 350 mm.

Die gängige Länge von Verschieberegalanlagen liegt je Zeile bei ca. 30 m. Die Anlagen können aber auch wesentlich größere Längen erreichen. Nach Herstellerangaben wurden schon Längen von 70 – 80 m realisiert. Bei diesen großen Anlagen werden die Verfahrwagen zwar geteilt, über die Steuerung werden sie aber wie ein Wagen verfahren. In diesem Sinne werden die Verfahrwagen auch geteilt, wenn z. B. Stützen umfahren werden müssen.

Steuerung

Elektromotorisch verfahrbare Verschieberegalanlagen gibt es in dem Spektrum von relativ einfachen, manuell gesteuerten Anlagen bis hin zu sehr komplexen automatisierten Verschieberegalanlagen.

Die Steuerung von elektromotorisch betriebenen Verschieberegalanlagen besteht üblicherweise aus

- einem Hauptschaltschrank.
Er ist außerhalb der eigentlichen Verschieberegalanlage, aber in deren Nähe angeordnet. Im Hauptschaltschrank werden die einzelnen Steuerkreise zusammengeführt. Die Systemzustände werden über Leuchtdioden o. ä. angezeigt. Der Hauptschaltschrank enthält u. a. auch einen „Not-Aus-Schalter“. Über ein entsprechendes Bedienungspaneel kann vom Hauptschaltschrank i. d. R. die gesamte Anlage gesteuert werden.
- einem Steuerpaneel je Verfahrwagen.
Die Steuerpaneele sind an der Frontseite der Verfahrwagen angebracht. Sie enthalten die wichtigsten Bausteine für das Betreiben der Anlage. Dazu gehören

- die grundsätzliche Steuerelemente
Tasten zum Freifahren eines Ganges (Fahrt recht / links) sowie „Not-Aus“
- die grundsätzlichen Signalelemente (Kontrollsystem und Warnleuchten)
- die Anzeigen für die Diagnostik
- und ggf. aus einer Steuerung per Fernbedienung zur Erhöhung der Zugriffsgeschwindigkeit, bei Bedarf vom Stapler aus (nicht immer standardmäßig).

Sicherheitseinrichtungen

Nach BGR 234 müssen kraftbetriebene verfahrbare Regale und Schränke mit Schutzeinrichtungen gegen Gefahren durch sich bewegende Verfahreinheiten ausgerüstet sein. Dabei muss eine oder mehrere der nachfolgend genannten Einrichtungen vorgesehen werden:

- Schaltleisten oder Lichtschranken
müssen an allen Frontseiten der Verfahreinheiten, d. h. längs der Bedienungsgänge, über die gesamte Wagenlänge in Fußhöhe (so niedrig wie möglich) angebracht sein.
- Seilzugsicherung (Seilzugsperrern)
müssen in einer Höhe von 0,9 m angebracht und in den Stromkreis einbezogen sein.
- Freigabeschalter mit Zeitrelais
gilt als Ausnahmeregelung für kleine manuell bediente Anlagen (Länge der zusammengeführten Einheiten bis zu 10 m), bei denen nur ein Bedienungsgang geöffnet und der nur von einer Seite betreten werden kann.

4.2.2 Umlaufregale mit konventioneller Bedienung

Umlaufregale arbeiten nach dem Prinzip „Ware zum Mann“. Soll eine Beschickung oder Entnahme erfolgen, werden die Lagergestelle über ein Kettenumlaufsystem bewegt. Die Ein- und die Auslagerung erfolgt jeweils an einem festen Ort, wobei die Ein- und die Auslagerungsstationen voneinander getrennt oder an einem gemeinsamen Ort sein können.

Das typische Artikelspektrum für den Einsatz von Umlaufregalen ist gegeben bei

- Mittlerer bis großer Artikelanzahl, mit
- Artikeln mit kleinen bis mittleren Mengen je Artikel und
- mittlerer Umschlagsleistung

Unter dem Überbegriff „Umlaufregal“ gibt es verschiedene Lagerarten.

Hauptunterscheidungsmerkmal ist die Bewegungsrichtung der Lagergestelle (horizontal / vertikal). Insbesondere bei den vertikal umlaufenden Systemen gibt es noch weitere Untergruppen.

Bezeichnung nach der Bewegungsrichtung	Übliche Bezeichnung der Untergruppe
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Horizontales Umlaufregal: ▪ Vertikales Umlaufregal: 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Karussellregal ○ Paternosterregal ○ Brückenpaternoster ○ Flexibler Speicher

Die üblichen Lagerarten sind das Karussellregal und das Paternosterregal. Der Brückenpaternoster ist eine Sonderform zum klassischen Paternoster (siehe unten). Karussellregale und Paternosterregale verfügen ausschließlich über ortsfeste Umlenkpunkte für die Kettensysteme. Dadurch haben diese Umlaufregale einen einheitlichen Kettenumlauf. Wird ein Gehänge weiterbewegt, bewegen sich alle Gehänge im System weiter.

Die „flexiblen Speicher“ sind eine weitere Sonderform der vertikalen Umlaufregale. Sie haben nicht nur ortsfeste, sondern auch höhenvariable Umlenkpunkte. In der Intralogistik finden sie zwar relativ wenig Einsatz, als interessante Konstruktion sollen sie aber mit berücksichtigt werden.

Im Gegensatz zu Verschieberegalanlagen, insbesondere aber zu Regalanlagen mit statischer Lagerung, kann bei Umlaufregalanlagen auf Bedienungsgänge zwischen den Regalzeilen vollständig verzichtet werden. Dies führt aber nicht zwangsläufig zu einer Raumersparnis. Der Vorteil der Platzersparnis durch Wegfall der Bedienungsgänge wird durch die für die Umlenkung erforderlichen Gehängeabstände im Wesentlichen wieder aufgezehrt.

4.2.2.1 Horizontal umlaufende Systeme (Karussellregal)

Die einfachste Form der Karussellregale sind horizontal umlaufende Kreiskettenförderer, an denen Regaleinheiten (i. d. R. Fachbodenregale) hängen. Üblicherweise werden diese Gehänge in Bodenschienen geführt um ein Schaukeln der Gehänge zu verhindern.

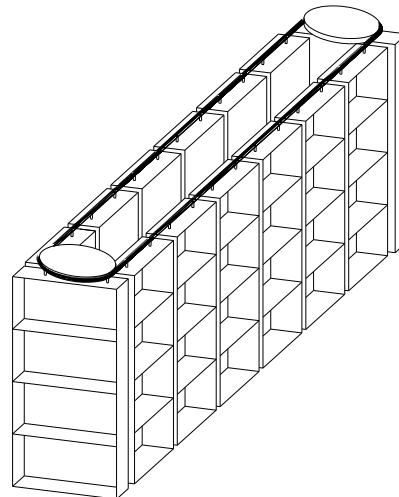


Abb.:4.2.2.1 / 01 Karussellregal (Prinzipdarstellung)

Abhängig von der Länge eines „Kreisförderers“ kann es zu relativ langen Zugriffszeiten auf einzelne Artikel kommen. Bei entsprechender Kombination mehrerer Anlagen können aber auch sehr komplexe Systeme gestaltet werden (insbesondere für den Kommissionierbereich), die eine hohe Anzahl an Zugriffen pro Position je Kommissionierer und Stunde ermöglichen.

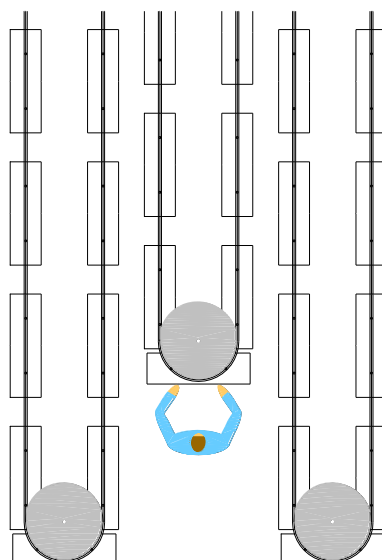


Abb.:4.2.2.1 / 02 Beispiel für einen Entnahmeplatz mit 3 Karussellregalen

Zwei grundsätzliche Kombinationsmöglichkeiten sind:

- Anordnung mehrerer Karusselllager nebeneinander;
- Anordnung mehrerer Karusselllager übereinander.

Nebeneinander können zwei, drei oder auch vier Umlaufregale so zueinander angeordnet werden, dass diese von einem Kommissionierer bedient werden können. Die sinnvolle Anzahl der Umlaufregale nebeneinander wird durch die Pick-Leistung des Kommissionierers begrenzt.

Es besteht die Möglichkeit, mehrere Umlaufsysteme übereinander anzuordnen. Die einzelnen Systeme können unabhängig voneinander bewegt und bedient werden. Zur Bedienung dieser Systeme können entweder fest installierte Bedienungsplattformen installiert werden, oder höhenvariable Hebebühnen.

4.2.2.2 Vertikal umlaufende Systeme

Die Lagergestelle (auch Wannen oder Gondeln bezeichnet) hängen an zwei parallel umlaufenden Endlosketten. Die Gondeln können mehrere Meter breit sein. Durch Unterteilung der Gondeln können innerhalb einer Gondel mehrere Artikel gelagert werden. Es besteht aber auch die Möglichkeit, Langgut zu lagern.

Die Mehrzahl der vertikal umlaufenden Systeme ist für Artikel mit kleinen bis mittleren Gewichten ausgelegt. Anlagen für Schwergut sind aber durchaus üblich.

Vorteile des Systems	Nachteile des Systems
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prinzip „Ware zum Mann“, daher keine Wegzeiten. ▪ Ergonomische Greifhöhe. ▪ Durch Kombination mehrerer Anlagen ist gute Auslastung des Kommissionierers möglich. ▪ Gute Nutzung der Raumhöhe 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Relativ große Massen im Umlauf, daher auch relativ hohe Investitionskosten. ▪ Kosten für Wartung und Instandhaltung ▪ Bei einem Einzelsystem relativ lange Zugriffszeiten.

4.2.2.2.1 Paternosterregal

Für die Bedienung des Paternosters (Beschickung / Entnahme) gibt es mehrere Gestaltungsmöglichkeiten.

- Das Standard-Paternosterregal ist einetagig und wird nur von einer Seite, der Frontseite, bedient. Die Bedienungsfront ist meist mehrere Meter breit, so dass mehrere Artikel gleichzeitig in einer Gondel angedient werden (siehe Abb. 4.2.2.2/01).
- Eine Variante dazu ist die beidseitige Bedienung des Paternosters, d. h. sowohl an der Front- als auch an der Rückseite gibt es (i. d. R. durch Schiebetüren verschließbare) Kommissionieröffnungen.
- Mit der vertikalen Bewegung des Paternosters kann auch
 - der Raum einer hohen Lagerhalle genutzt werden, bzw.
 - der Zugriff aus mehreren Etagen übereinander erfolgen.

4.2.2.2.2 Brückenpaternoster

Beim Brückenpaternoster ist der Kettenverlauf nicht nur vertikal, sondern auch horizontal. Diese Bauweise erlaubt die optimale Raumnutzung, da der Brückenpaternoster an die baulichen Gegebenheiten angepasst werden kann. Es können Verkehrswege oder auch Lager- und Fertigungsbereiche überbaut werden.

Die Brückenpaternoster können mit einer gemeinsamen Beschickungs- und Entnahmestation ausgestattet werden (siehe Abb.); die Beschickungsstation und die Entnahmestation kann aber auch an getrennten Orten angeordnet werden. Die getrennte Anordnung bietet sich z. B. an, wenn mit dem Brückenpaternoster ein Lager mit einer Fertigung verknüpft werden soll.

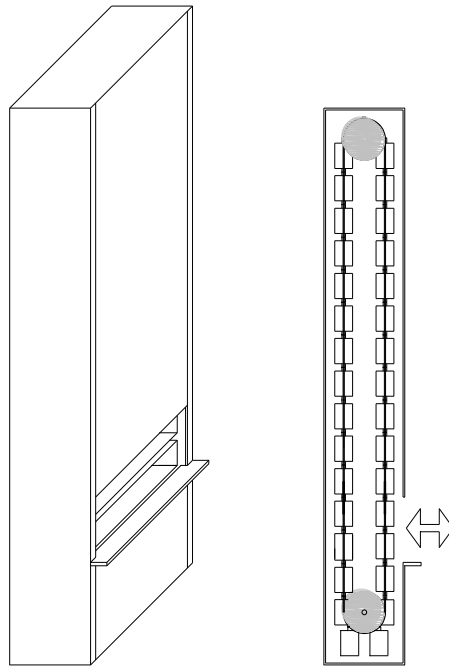


Abb.:4.2.2.2 / 01 Paternosterregal (Prinzipdarstellung)

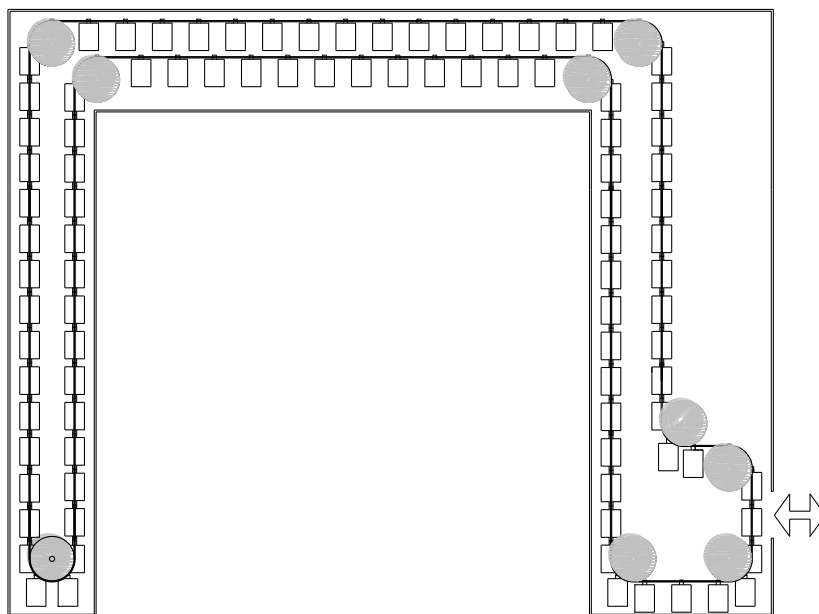


Abb.:4.2.2.2 / 02 Brückenpaternoster (Prinzipdarstellung)

4.2.2.2.3 Flexible Speicher

Flexible Speicher sind auch vertikal umlaufende Systeme. Der konstruktive Unterschied zum Paternosterregal besteht in der Gestaltung der Kettenumlenkpunkte. Im Gegensatz zu o. g. Paternosterregal verfügt der flexible Speicher über zusätzliche innere Umlenkpunkte für die Ketten, die nicht ortsfest sondern höhenvariabel sind (siehe Abb.).

Merkmale der flexiblen Speicher sind:

- Flexible Speicher haben räumlich getrennte Ein- und Auslagerungsorte.
- Die Vorgänge „Ein- und Auslagerung“ sind voneinander entkoppelt, so dass dadurch Ein- und Auslagerungsvorgänge zeitversetzt zueinander erfolgen können, ohne dass an der einen oder anderen Stelle ein systembedingter Stillstand erfolgen muss.

(es können z. B. auf der Beschickungsseite die Gehänge weitergetaktet und lückenlos beschickt werden, während auf der Entnahmeseite die Gehänge zur Entnahme stillstehen).

- Das „First-in-First-Out-Prinzip“ gilt für den gesamten Speicherinhalt, d. h. alle Lagereinheiten werden genau in der Reihenfolge zur Auslagerung bereitgestellt, wie sie eingelagert wurden.
- Flexible Speicher werden primär in der Lebensmittelbranche eingesetzt, z. B. zur Taktung der Prozesszeiten. Innerhalb der Lagertechnik finden sie insbesondere den Einsatz als kurzzeitigen Puffer vor Verpackungslinien.

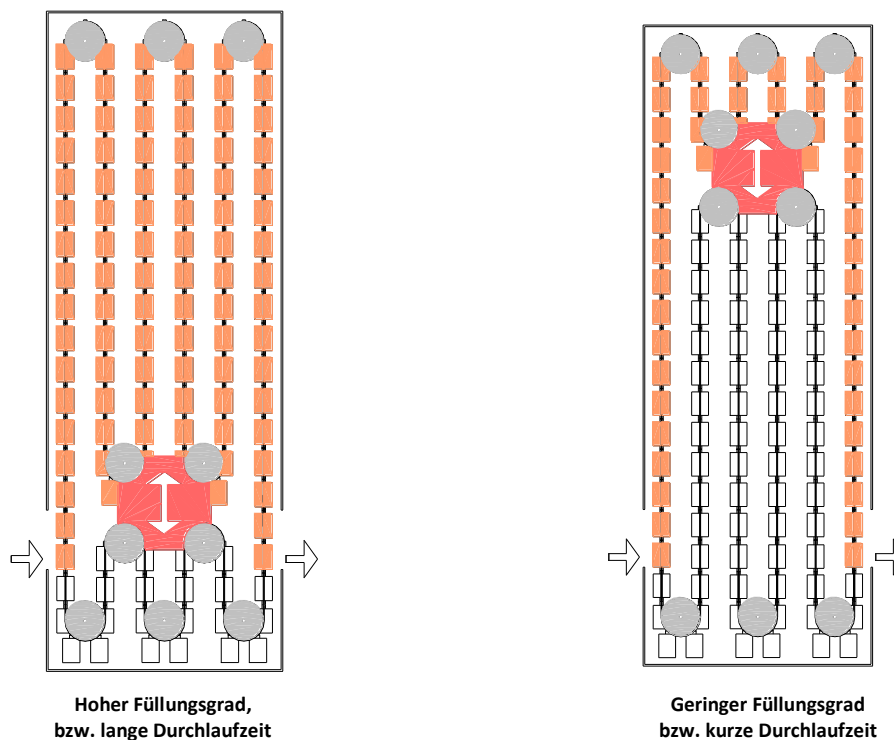


Abb.:4.2.2.2 / 03

Flexible Speicher (Prinzipdarstellung)
mit unterschiedlichen Füllungsgraden bzw. Prozessdurchlaufzeiten

4.3 Fördertechnik mit Lager- bzw. Pufferfunktion

Bei den oben genannten Beispielen für dynamische Lagerung ist auch Fördertechnik notwendig. Die Abgrenzung zur „Fördertechnik mit Lager- bzw. Pufferfunktion“ ist daher fließend. Eine grobe Abgrenzung kann an zwei Kriterien festgemacht werden:

- Bei den o. g. dynamischen Lagerarten ist die Fördertechnik mit Regalen / Lagergestellen kombiniert. Fördertechnik ist in Regale eingebaut, oder Regale / Lagergestelle werden durch die Fördertechnik bewegt.
Bei den nachfolgenden Fördertechniken werden keine Regale eingesetzt.
- Bei den o. g. dynamischen Lagerarten ist die Lagerfunktion vorrangig.
Bei den nachfolgenden Fördertechniken ist die Förderfunktion vorrangig. Die Lagerung beschränkt sich eher auf ein kurzzeitiges Puffern von Ladeeinheiten innerhalb der fördertechnischen Einrichtungen.

Die Fördertechniken können im Hinblick auf die lagerspezifischen Einsätze nach verschiedenen Kriterien unterteilt werden:

- Nach der Möglichkeit des automatischen Sortierens
 - Fördertechnik ohne automatische Sortierfunktion
 - Fördertechnik mit automatischer Sortierfunktion

- Nach der Kontinuität der Förderbewegung
 - Unstetigförderer / intermittierende Fördertechnik
 - Stetigförderer
- Nach der Ebene für Fördertechnik und Fördergut in Bezug auf den Hallenboden:
 - Flurfrei
 - Aufgeständert, dicht über dem Hallenbodenboden verlaufend
 - Flurgebunden
- Nach der Dauer der Bewegung des Lagergutes
 - Lagergut wird nur zur Beschickung und Entnahme in Bewegung gesetzt; zwischenzeitlich wird es ortsfest gepuffert.
 - Lagergut ist zwischen Beschickung und Entnahme ständig umlaufend.

Da auf die Fördertechnik in Kap. II.3 ausführlicher eingegangen wird, sollen hier nur die lagerspezifischen Einsätze der Fördertechnik stichpunktartig beschrieben werden.

4.3.1 Speicherung auf Fördertechnik ohne automatische Sortierfunktion

Die Notwendigkeit zur kurzfristigen Speicherung kann überall innerhalb des Materialflusses erforderlich werden. Die Zweckmäßigkeit, das Fördergut auf der Fördertechnik zu speichern, auf der es angedient wurde, bzw. mit der es abgefördert werden soll, ist vom jeweiligen Anwendungsfall abhängig.

Typische Bereiche innerhalb des intralogistischen Systems, in denen das Fördergut für eine gewisse Zeit gepuffert werden muss, sind:

- die Wareneingangsbereitstellung
- Kommissionierbereich in der zweiten Stufe bei artikelbezogener Kommissionierung
- die Auftragszusammenstellung
- die Versandbereitstellung

Diese Bereiche können in hoch automatisierten Systemen in eine Fördertechnik mit automatischer Sortierfunktion eingebunden sein (siehe unten); in den meisten Fällen erfolgt in diesen Bereichen eine eventuell notwendige Sortierung aber manuell.

Ist eine automatische Sortierung nicht erforderlich, kommt für die Pufferung nahezu jede Art der Fördertechnik in Frage. Die kurzfristige Speicherung kann sowohl auf Unstetigförderern erfolgen sowie auch auf Stetigförderern.

- Für die Speicherung auf Unstetigförderern kommen i. d. R. Fördermittel ohne eigenen Antrieb in Frage. Die Speicherung kann z. B. auf Wagen erfolgen, die mittels Schlepper in den Sammelbereich (z. B. Auftragszusammenstellung) gezogen und abgestellt werden.
- Die Art des Stetigförderers, der zur Speicherung eingesetzt werden kann, ist primär abhängig von den Anforderungen des Fördergutes. Üblich sind Schwerkraftrollen- oder Röllchenbahnen, aber auch z. B. angetriebene Rollenförderer, Tragkettenförderer, Gurtförderer, in besonderen Fällen auch Schleppkettenförderer.

Die Zuführung und Übergabe des Fördergutes an die Speicherbahn kann durch ein anderes Stetigförderersystem erfolgen, mittels Flurförderzeugen oder auch manuell. Danach gibt es für die Ausführung der Speicherbahn zwei Möglichkeiten:

- Auf der Speicherbahn wird das Fördergut bis zu einem Bereitstellungsplatz transportiert, wo es ortsfest gepuffert wird. Typischer Einsatzbereich sind die Speicherbahnen in der Versandbereitstellung, z. B. mittels Schwerkraftrollenbahn.
- Der Stetigförderer ist keine gerade Förderstrecke, sondern bildet einen geschlossenen Ring. Das Fördergut wird auf diesem Ring ständig in Bewegung gehalten, bis es durch manuellen Einfluss abgezogen wird, vergleichsweise dem Gepäckband am Flughafen. Aufgrund der Form und der Anwendung läuft diese Art der Förderung auch unter der Bezeichnung

„Sortierkreisel“, wobei es auch Sortierkreisel mit automatischer Sortierfunktion gibt (siehe unten).

Sortierkreisel ohne automatische Sortierfunktion können eingesetzt werden, wenn relativ geringe Anforderungen an die Sortierleistung gestellt werden. Dies gilt insbesondere, wenn das Sortiergut visuell sehr gut unterschieden werden kann (z. B. Sortierung von Leergutbehältern in der Getränkeindustrie). Derartige Sortierkreisel können aber auch als zweite Stufe in Kommissioniersystemen mit artikelbezogener Kommissionierung eingesetzt werden, oder in Cross-Docking-Systemen. Ist bei diesen Systemen das Sortiergut visuell nicht eindeutig unterscheidbar, sind identifikationstechnische Hilfen an den Abzugsstellen erforderlich. Diese Hilfen können entsprechende Lichtsignale o. ä. sein, die über Wegeverfolgung initiiert werden, oder Signale, die über Identifikationssysteme an den Ausschleusstellen abgegeben werden.

4.3.2 Speicherung auf Fördertechnik mit automatischer Sortierfunktion

Bei fördertechnischen Speichern mit automatischer Sortierfunktion kann unterschieden werden in

- Sortierspeicher
- Sortierkreisel mit automatischer Sortierfunktion

Unterschieden werden diese beiden Systeme nach ortsfester Lagerung und beweglicher / umlaufender Lagerung.

Nach [GUD 2] bestehen Sortierspeicher aus folgenden Elementen:

- Zuförderstrecke
- Verzweigungen
(Ausschleuseinheiten von der Zuförderstrecke auf die Staustrecken)
- Staustrecken
(die eigentlichen Speicherbahnen)
- Zusammenführungen
(Abzugseinheiten von den Speicherbahnen auf die Abförderstrecke)
- Abförderstrecke

Die Speicherung und Sortierung kann sowohl auf Unstetigförderern erfolgen, auf Stetigförderern, oder aus Kombinationen aus Unstetig- und Stetigförderern.

- Typische flurfreie Unstetigförderer für Sortierspeicher sind „Elektrohängebahnen“ und „Trolleybahnen“ (siehe Teil II.3, Kap. 3.3 ff).
- Ein weiteres flurfreies Fördersystem für Sortierspeicher sind „Power- & Free- Systeme“. Üblicherweise handelt es sich hierbei um flurfreie Fördersysteme für Hängeware (siehe Teil II.3, Kap. 3.4).
Es gibt aber auch flurgebundene Power- & Free- Systeme (z. B. Handgabelhubwagen, die von P&F geschleppt und ausgeschleust werden. Diese Fördertechniken können z. B. bei Cross-Docking-Systemen zum Einsatz kommen.
- Die meisten Sortierspeicher bestehen ausschließlich aus Elementen der Stetigfördertechnik (siehe Teil II.3, Kap. 3 ff „Stetigförderer“). Für die tragenden und sammelnden Elemente gibt es je nach Anforderung des Fördergutes und der Förderleistung eine Vielzahl an Fördertechniken (z. B. Rollen-, Hubketten-, Gurt-, Riemchen-, Tragplattenförderer, usw.).

Auch für die Ausschleus- und Abzugstechniken gibt es eine große Bandbreite an möglichen Techniken. Auswahlkriterien sind insbesondere das Gewicht des Fördergutes und die Sortierleistung (siehe Teil II.3, Kap. 3.3.5 „Zusammenführungen, Verzweigungen“).

- Bei leichtem Sortiergut (z. B. Kartons, Behälter) z. B. Pusher, Schwenkband, Pop-up usw.
- Bei schwerem Sortiergut (z. B. bei Paletten) Eckumsetzer oder Drehtisch.

Übliche Einsatzbereiche sind Kommissioniersysteme mit relativ geringer Durchsatzleistung im Vergleich zu Hochleistungssortern und der Bereich „Warenausgang i. w. S.“.

- Kombinationen aus Unstetig- und Stetigförderern sind z. B. Systeme, bei denen das Fördergut auf Stetigförderern gepuffert wird, die Beschickung und / oder das Abziehen durch Verteilwagen o. ä. erfolgen.

Diese Systeme bieten sich bei geringer Sortierleistung an.

- Sortierkreisel sind Stetigförderer, die sich prinzipiell aus den gleichen fördertechnischen Elementen zusammensetzen, wie o. g. Sortierspeicher. Die Förderstrecke bildet aber einen geschlossenen Ring, auf dem das Sortiergut zwischen Einschleusung und Ausschleusung ständig im Umlauf bewegt wird. Während dieses Umlaufs wird das zugeführte Sortiergut so lange aufgestaut, bis anhand auftragsbezogener Kriterien die Artikel für einen Auftrag zu einem Pulk abgezogen werden können (siehe auch Teil II.4, Kap. 1 „Automatische Sortier- und Verteilanlagen“).

5 MEHRGESCHOSSIGE LAGERUNG

Bei mehrgeschossiger Lagerung wird die Hallenhöhe genutzt, um zwei oder mehr Lagerebenen übereinander anzuordnen. Die Raumnutzung ist damit der wesentliche Vorteil dieses Lagertyps. Ein weiterer positiver Nebeneffekt ist, dass die Gesamtlagerfläche dieser Zone in mehrere Flächen aufgeteilt wird. Dadurch können mehrere Personen gleichzeitig das Lager bedienen, ohne sich gegenseitig zu behindern. Außerdem werden dadurch die Wege kürzer.

Grundsätzliche Nachteile dieses Lagertyps sind die Kosten für die Herstellung der Etagen sowie die Notwendigkeit der Höhenüberbrückung und der damit verbundenen Kosten.

Die Aufteilung eines Lagers auf mehrere Geschosse kann auf verschiedene Weise erfolgen:

- Mehrgeschossige Lagerung in Etagengebäude
- Mehrgeschossige Lagerung mit Zwischenbühnen
- Mehrgeschossige Regallager

5.1 Mehrgeschossige Lagerung in Etagengebäuden

Das Gebäude ist in diesem Lagerbereich keine Halle, sondern ein Etagengebäude.

Die Zwischendecken bestehen i. d. R. aus Beton. Sie haben daher eine hohe Tragfähigkeit. Unter Berücksichtigung dieser Deckentragfähigkeit können auch auf den oberen Ebenen Flurförderzeuge mit Hubgeräten (z. B. Stapler) eingesetzt werden.

Die Flächen der Zwischendecken können unter Berücksichtigung der lichten Etagenhöhe und der Deckentragfähigkeit wie ein Hallenboden beliebig für jede Form der Flachlagerung genutzt werden, d. h. sowohl Bodenlagerung als auch Regallagerung sind machbar.

Der Nachteil dieser Bauweise ist die geringe Flexibilität bei einer Nutzungsänderung.

5.2 Mehrgeschossige Lagerung mit Zwischenbühnen

In eine Halle wird eine Zwischenbühne / Lagerbühne eingezogen. Die Lagerbühne hat entweder eine eigene Tragkonstruktion / Stützen, oder sie wird ganz oder teilweise auf eine Regalanlage aufgelegt. Über die Stützen und / oder über die Regalanlage werden die vertikalen Kräfte in den Hallenboden einleitet.

Die Nutzbarkeit der Flächen der Bühnenebenen entspricht der Nutzung eines Etagengebäudes, die Belastbarkeit ist allerdings i. A. geringer. Für die Ebenen der Lagerbühne stehen verschiedene Bodenbeläge zur Auswahl. Je nach statischer Auslegung der Tragkonstruktion und nach Wahl des Bodenbelags können sehr unterschiedliche Deckentragfähigkeiten realisiert werden. Die Minimalanforderung an die Deckentragfähigkeit beträgt 250 kg/m^2 bei gleichmäßig verteilter Last (BGR 234). Eine Deckentragfähigkeit von 1.000 kg/m^2 ist nicht ungewöhnlich.

Eine stärkere Dimensionierung gegenüber der Minimalanforderung ist erforderlich bei einer Einzellast von 100 kg an ungünstiger Stelle. Außerdem müssen höhere Belastungen durch Fahrverkehr zusätzlich berücksichtigt werden.

5.3 Mehrgeschossige Regalanlage

Für eine mehrgeschossige Regalanlage werden die Höhen der Bedienungsgänge unterteilt, indem begehbare Zwischenbühnen an den benachbarten Regalzeilen befestigt werden. Die Regalanlage ist somit die tragende Konstruktion für die Zwischengeschosse.

Anlagen mit bis zu 4 Geschossen sind möglich, bei einer Bauhöhe von bis zu 12 m . Die durchgehenden Regalstände haben dabei die Höhe der Gesamtanlage.

Aufgrund der begrenzten Tragfähigkeit der Regalkonstruktionen sind die Geschossebenen nicht für den Einsatz von schweren Flurförderzeugen (z. B. Gabelstapler, Kommissioniergeräte u. ä.) ausgelegt.

In der mehrgeschossigen Regalanlage erfolgen sowohl die Entnahme als auch die Beschickung durch zu Fuß gehendes Personal.

Da diese Form der mehrgeschossigen Lagerung primär bei Kommissionierlagern zum Einsatz kommt, ist dieser Lagertyp insbesondere in Verbindung mit Fachbodenregalen und Durchlaufregalen zu finden. Wegen des im Normalfall relativ hohen Palettengewichts und der relativ geringen Tragfähigkeit der Zwischenbühnen kommt dieser Lagertyp in Verbindung mit Palettenlagern praktisch nicht vor.

Eine Ausnahme bildet das Palettenregal mit integriertem Kommissionierstollen. Im Kommissionierbereich ist das Stollenregal ein Zweigangsystem. Von der Beschickungsseite aus werden volle Paletten per Stapler bzw. RFZ eingelagert. Vom Kommissionierstollen aus werden die Paletten abkommissioniert. Wegen des hohen Gefährdungspotentials für das Kommissionierpersonal (Absturz bei nicht vorhandener Palette) und der damit verbundenen kostenintensiven Sicherheitsvorkehrungen wird dieser Lagertyp nur selten realisiert.

Den Bodenbelag für die Lagerbühne bzw. die Bedienungspodeste gibt es in verschiedenen Materialien und Ausführungen. Gängig sind:

- Spanplatten (Güte V20 E1)
- Gitterroste (verzinkt)
- Riffel- oder Tränenbleche

Für den Vertikaltransport von größeren Ladeeinheiten (z. B. Lagergut wird zum Einlagern auf Paletten angeliefert, bzw. kommissionierte Ware wird zum Abtransport zu Ladeeinheiten zusammengefasst) bieten sich folgende Möglichkeiten an:

- Die Anlieferung bzw. der Abtransport größerer Ladeeinheiten erfolgt per Flurförderzeug mit Hubeinrichtung (z. B. Gabelstapler). Hierfür werden an den Bühnen Übergabepplätze (Be- und Entladestellen) vorgesehen.
- In die Regalanlagen werden Lastenaufzüge integriert.

Bei der Dimensionierung dieser mehrgeschossigen Regalanlagen ist die minimal erforderliche lichte Höhe unter bzw. zwischen den Bühnenebenen zu beachten. Unter Berücksichtigung eventueller abgehängter Einbauten, wie z. B. Beleuchtung, Sprinkler, usw. muss noch eine lichte Höhe von mindestens 2 m gewährleistet sein.

Darüber hinaus sind bei der Gestaltung mehrgeschossiger Regalanlagen die Regelungen der BGR 234 [BGR 1] zu berücksichtigen:

- Die Bühnen müssen durch Treppen miteinander verbunden sein:
 - Treppenbreite mindestens 0,8 m
 - Lichte Durchgangshöhe von Treppen (lotrecht gemessen) mindestens 2,1 m
 - Maximale Stufenhöhe 190 mm; Auftritttiefe ohne Unterschneidung mindestens 260 mm.
 - Nach höchstens 18 Stufen muss ein Zwischenpodest eingebaut sein; minimale nutzbare Länge des Podests: 1,0 m
- Es sind Absturzsicherungen für Personen in Form eines Geländers vorzusehen:
 - Das Geländer muss zweiteilig, d. h. mit Handlauf und Knieleiste ausgeführt sein
 - Höhe des Handlaufs mindestens 1,0 m.
 - In Bereichen von Übergabepätzen (z. B. für Anlieferung per Gabelstapler aus dem Erdgeschoss) muss das Geländer klappbar oder verschiebbar sein. Es darf sich nicht nach außen öffnen lassen und muss gegen unbeabsichtigtes Öffnen gesichert sein.

Als Absturzsicherung ist eine Kette ausreichend, sofern damit ein eingezogener Abstellplatz mit einer Tiefe von mindestens 0,8 m abgesperrt wird.

- Es ist ein Schutz gegen herabfallendes Gut vorzusehen:
 - Im Bereich der Geländer müssen Fußleisten vorhanden sein. Die Höhe der Fußleisten muss auf das Lagergut abgestimmt sein, mindestens jedoch 0,05 m betragen.
 - Nicht geschlossene Bühnenböden (z. B. Gitterroste oder Lochbleche) müssen so ausgeführt sein, dass darunter befindliche Personen nicht durch herabfallende Gegenstände gefährdet werden.

In der BGR 234 wird u. a. verwiesen auf

- ASR 12/1-3 „Schutz gegen Absturz und herabfallende Gegenstände“
- AGI-Arbeitsblatt H 10 „Gitterroste im Industriebau“

6 KOMPLEXE LAGERSYSTEME

6.1 Abgrenzung „Konventionelle Lager“ / „Komplexe Lager“

In konventionellen Lagern ist die zur Bedienung der Lagertechnik (i. d. R. Regalanlagen) eingesetzte Fördertechnik (i. d. R. Flurförderzeuge) auch für andere fördertechnische Aufgaben einsetzbar. Lagertechnik und Fördertechnik sind somit weitgehend voneinander unabhängig.

Komplexe Lager sind überwiegend in sich geschlossene Lagersysteme, bei denen die einzelnen Komponenten des Systems speziell aufeinander abgestimmt sind, mit der Möglichkeit zur Automatisierung. Zu den Komponenten derartiger Systeme zählen

- die Lagergestelle (Regale)
- die Bediengeräte zur Beschickung und Entnahme und / oder zur Kommissionierung, sowie ggf. die vor- und nachgeschaltete Fördertechnik
- die Gangausrüstung, wie z. B. Führungen oder Schienen für die Bediengeräte sowie spezifische Sicherheitseinrichtungen usw.
- der Steuerungstechnik für die Bewegungsabläufe (abhängig vom Automatisierungsgrad) im Zusammenspiel mit dem Lagerverwaltungssystem.

Ein spezieller Lagertyp ist das so genannte Silo-Lager. Hier bilden die Regale gleichzeitig die Tragkonstruktion für die Gebäudehülle; d. h. Dach und Außenwände sind an der Regalkonstruktion befestigt.

Komplexe Lagersysteme kann man nur im Zusammenhang betrachten. Gegenüber den oben genannten Lagerarten und Regalen für konventionelle Lagerung ist z. B. zu beachten:

- Es gelten andere Sicherheitsanforderungen als bei konventionellen Lagern. Die Breite der Regalgassen der nachfolgend beschriebenen komplexen Lagersysteme entspricht nicht den Anforderungen an die Verkehrswege (vergl. Teil IV.1. Kap. 3.1).
- Bei einigen Systemen sind die Geräte zur Regalbedienung direkt oder indirekt über Schienen oder Führungen mit den Regalen verbunden. Dadurch wirken zusätzliche statische und dynamische Kräfte auf die Regalkonstruktionen.
- Es können höhere Anforderungen an die Freimaße und Toleranzen in Bezug auf die Regalkonstruktion gestellt werden (siehe unter Kap. 3.2, Einteilung der Regalanlagen in 4 Klassen nach DIN EN 15620).

Bei vielen komplexen Lagersystemen sind zusätzlich zur reinen Nutzlänge und Nutzhöhe einer Regalanlage zusätzliche erforderliche Lagerlängen- und Höhen zu berücksichtigen. Diese zusätzlichen Volumina ergeben sich

- aus technisch bedingten Anfahrmaßen aufgrund der Konstruktion der Förderzeuge;
- aus eventuell zusätzlich erforderlichem Platzbedarf, wie z. B.
 - für zusätzliche technische Einbauten (z. B. Auffahrpuffer für RBG).
 - Platzbedarf für Gangwechsel / Ebenenwechsel
 - Sicherheitsabstände

Anfahrmaße sind nach [GUD 2] in horizontale und vertikale Anfahrmaße zu unterscheiden

- Die horizontalen Anfahrmaße (bestehend aus vorderem und hinteren Anfahrmaß) werden durch die Weglängen bestimmt, die ein Regalbediengerät mit der Vorder- bzw. Hinterkante aus dem Gang herausfahren muss um den vorderen Übergabe- / Übernahmeplatz, bzw. den hinteren Ein- Auslagerungsplatz bedienen zu können (siehe Abb. unten).

Bezugskante für die horizontalen Anfahrmaße ist jeweils die Mitte des Lastaufnahmemittels in der vorderen Übergabe- / Übernahmeposition und der hintersten Ein- Auslagerposition.

- Die vertikalen Anfahrmaße (bestehend aus unterem und oberem Anfahrmaß) bestimmen den Teil der Lagerhöhe, der unterhalb bzw. oberhalb des jeweiligen Anfahrmaßes nicht von den Regalbediengeräten bedient werden kann.
 - Das untere Anfahrmaß ist Freiraum zwischen Boden und der untersten Ladeeinheit. Dieser Freiraum kann z. B. bei schienengebundenen Bediengeräten mit Teleskopgabeln erforderlich werden.
 - Das obere Anfahrmaß ist der eventuell erforderliche Freiraum oberhalb der oberen Regalaufgabe bis zur oberen Führungsschiene des Bediengerätes bzw. bis zur Decke. Dieser Freiraum kann z. B. bei personenbedienten Geräten erforderlich werden, wenn die Fahrerkabine mit der Last angehoben wird und die Fahrerkabine höher ist als die Last.

Die geräteabhängigen vertikalen Anfahrmaße können i. d. R. den Datenblättern der jeweiligen Gerätehersteller entnommen werden. Die horizontalen Maße sind zwar auch geräteabhängig, sie sind aber auch vom jeweiligen Aufbau des Systems abhängig.

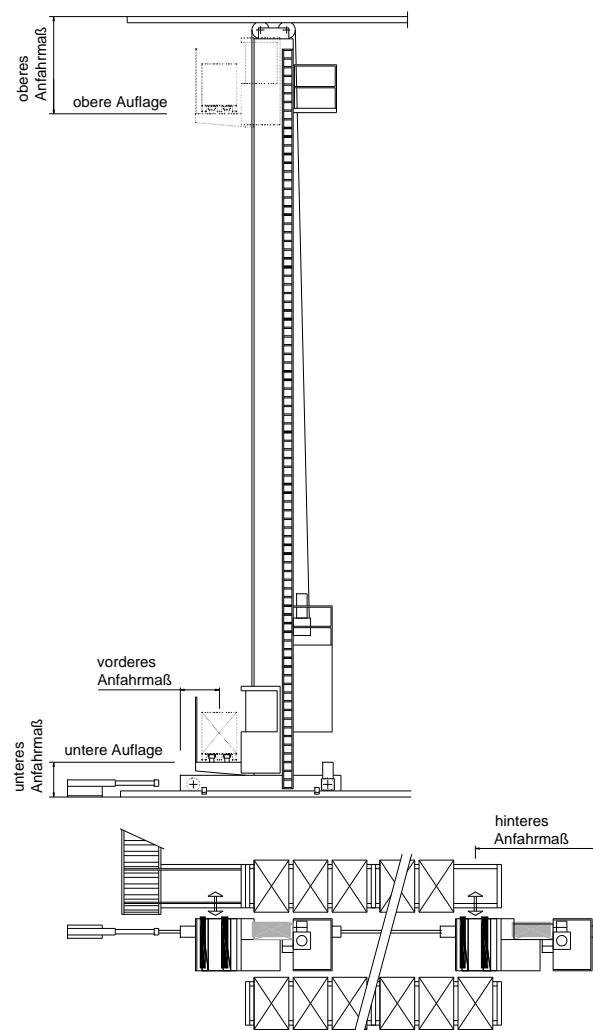


Abb.:6.1 / 01 Anfahrmaße bei einem klassischen Regalbediengerät

Inzwischen gibt es eine Vielzahl unterschiedlichster komplexer Lagersysteme, wobei ein Teil der Unterscheidungsmerkmale denen der konventionellen Lagerung entsprechen. Wesentliche Unterscheidungsmerkmale für die Systeme sind:

Die Arten, Abmessungen und Nutzlasten der Ladeeinheiten;

- Lager für Kleinteile, Behälter oder Tablette (kleine bis mittlere Nutzlasten je Ladeinheit)

- Lager für Paletten u. ä. (mittlere bis hohe Nutzlast je Ladeinheit)
- Lager für Langgut u. ä.
- Zeilenlagerung oder Kompaktlagerung
wobei die doppeltiefe, oder mehrfachtiefe Lagerung einen Übergang vom einen zum anderen System darstellt.
- Statische oder dynamische Lagerung
- Regalbedienung mit geführten Flurförderzeugen und mit schienengebundenen Geräten
- Der Automatisierungsgrad
 - Manuell und halbautomatisch bediente Lagersysteme
 - Automatisch bediente Lagersysteme

Die Schnittstelle dieser komplexen Lagersysteme zum angrenzenden Materialfluss ist die jeweilige Lagervorzone.

Die Lagervorzone i. e. S. ist der Bereich, in dem die einzulagernden Ladeeinheiten an das Lagersystem übergeben werden, bzw. die ausgelagerten Ladeeinheiten für das nachgelagerte Fördersystem bereitgestellt werden.

Die Lagervorzone i. w. S. beinhaltet auch eine eventuell an das Lager angeschlossene Kommissionierzone, wobei Lager und Kommissionierung i. d. R. ein geschlossenes System bilden. Die Kommissionierzone allein kann schon ein sehr komplexes System darstellen (siehe Teil II.4, Kap. 3.2). Bestandteile der Lagervorzone sind dann

- Ein- und Auslagerstrecken,
- Sortierstrecken
- Pufferplätze
- Kommissionierplätze

6.1.1 Typische Vertreter komplexer Lagersysteme

6.1.1.1 Hochraumlager und Hochregallager für mittlere bis hohe Nutzlasten je LE

Die meisten Hochraum- und Hochregallager für mittlere bis hohe Nutzlasten sind meistens für Palettenlagerung ausgelegt. Bei diesen Lagertypen (siehe auch Kapitel 1.6) handelt es sich i. d. R. um Schmalganglager (siehe auch unten) oder um Lagersysteme, bei denen die Ein- / Auslagerung bzw. Kommissionierung über halbautomatisch oder automatisch gesteuerte Regalbediengeräte erfolgt.

Die Ausführung als Hochregallager (Silo-Bauweise) kann ab einem Lagerhöhenbereich von ca. 12 bis 15 m wirtschaftlich sein. Abzuwägen sind folgende Vor- und Nachteile:

Vor- und Nachteile der Silobauweise	
Vorteil	Nachteil
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Gesamtinvestitionskosten für Gebäudehülle und Regalanlage sind ab oben genanntem Höhenbereich bei Silo-Bauweise i. d. R. etwas niedriger als bei konventioneller Bauweise. <ul style="list-style-type: none"> ○ Die Bauhöhe führt zu Flächeneinsparung im Bereich Baugrund, Bodenplatte sowie Dach ○ Geringe Montagezeit, da Regalanlage, Dach- und Wandverkleidung fast gleichzeitig errichtet werden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der Baukörper ist eine Einweckanlage. Flexibilität für eine anderweitige Verwertung der Halle ist nicht gegeben.

<ul style="list-style-type: none"> ○ Die meisten Silo-Lager werden mannlos mit RBG betrieben. Somit geringe Investitions- und Betriebskosten für Gebäudetechnik (Heizung, Klima, Beleuchtung, Reinigung usw.) ▪ Die Gesamtanlage, bestehend aus Regalanlage, Regalbedienung und Umhausung ist steuerlich als eine Einheit zu betrachten und wie eine Maschine steuerlich abzusetzen. 	
--	--

Hochregallager können Höhen von bis zu ca. 50 m erreichen. Bei sehr großen Regalhöhen in Verbindung mit schweren Nutzlasten ergeben sich daher sehr hohe Feldlasten, die von den Regalstehern aufzunehmen sind.

Hohe Regale für schwere Lasten werden daher häufig als Einplatzlager (siehe Kap. 1.4) ausgeführt.

Bei konventionellen Regalkonstruktionen werden die Steher i. d. R. aus kaltprofilierten Blechbändern geformt. Bei Hochregallagern für schwere Lasten kann es sinnvoll sein, den unteren Teil der Regalkonstruktion aus warmgewalztem Stahl zu fertigen und nur den oberen Teil aus kaltgewalztem Blech aufzusetzen.

Für die Regalbedienung werden frei verfahrbare Schmalgang-Flurförderzeuge oder schienengebundene Regalbediengeräte unterschiedlicher Art eingesetzt. Bei Zeilenlagerung sind die Förderzeuge für die Ein- und Auslagerung ganzer Ladeeinheiten mit Lastaufnahmemitteln, wie z. B. Schwenkschubgabel oder Teleskopgabel ausgerüstet. In Kompaktlagersystemen sind für die Ein- und Auslagerung aus der Tiefe andere Lagerbedientechniken erforderlich, wie z. B. zusätzlicher Einsatz von Kanalfahrzeugen / Shuttles (siehe Teil II.3, Kap. 2.2.2 ff).

6.1.1.2 Automatisches Kleinteilelager (AKL) für kleine bis mittlere Nutzlasten je LE

Automatische Kleinteilelager dienen zur Lagerung von Kleinteilen, Behältern und / oder Tablaren. Zur Lagerung können sowohl Lagersysteme mit Zeilenlagerung als auch mit Kompaktlagerung eingesetzt werden. Für die Zeilenlagerung gibt es verschiedene Lageralternativen:

- Am häufigsten werden Einplatzlagersysteme verwendet für Behälter und Tablare.
- Es werden aber auch Mehrplatzlagersysteme verwendet
- In relativ wenigen Fällen werden Fachbodenregale für automatisch bediente Lager eingesetzt.

Bei den verfahrbaren Geräten zur automatischen Ein- und Auslagerung gibt es bedarfsabhängig unterschiedliche Konstruktionen (siehe Teil II.3, Kap. 2.2.2 ff):

- „klassische“ Regalbediengeräte (RBG)
- Hubbalken-Regalbediengeräte
- Verfahrgeräte / Verteilerfahrzeuge (auch als „Shuttles“ bezeichnet)

6.2 Komplexe Systeme mit Zeilenlagerung

Bei der statischen Lagerung erfährt das Lagergut in der Zeit zwischen der Ein- und der Auslagerung keine Ortsveränderung (siehe Kap. 1.3). Anhand der Kriterien „Fachtiefe“ und „Art der Lagerbedienung“ können die Systeme mit statischer Lagerung in Systeme mit Zeilenlagerung und in Systeme mit Kompaktlagerung untergliedert werden (siehe Kap. 1.5).

Soweit Systeme mit doppeltiefer oder mehrfachtiefer Lagerung wie einfachtiefe Zeilenlager bedient werden, werden sie im Folgenden prinzipiell den Zeilenlagern zugeordnet. Da aber ein paar lagertechnische Besonderheiten zu beachten sind, werden diese unter Punkt 6.3 separat aufgelistet.

Die Hauptkomponenten komplexer Systeme mit statischer Zeilenlagerung sind neben den Regalanlagen für statische Lagerung die verfahrbaren Geräte zur Ein- / Auslagerung und / oder zur

Kommissionierung (siehe auch Teil II. 3, Kap. 1 ff „Fördertechnik für Stückgut“). Anhand der Vielfalt dieser Geräte können die Systeme unterschieden werden in:

- Geräte, die auf dem Hallenboden verfahren werden und innerhalb des jeweiligen Bedienungsganges mechanisch, induktiv oder über ein Navigationssystem (z. B. mittels Laser oder RFID), geführt werden (z. B. Schmalgangstapler, FTS). Außerhalb des Bedienungsganges können sie wie z. B. Gabelstapler frei verfahren werden.
- Geräte, die jeweils nur innerhalb eines Bedienungsganges, bzw. einer Bedienungsebene schienengebunden verfahren werden (z. B. ganggebundene RBG und Shuttle).
- Geräte (RBG, oder Shuttle), die schienengebunden verfahren werden, aber über Wechselzonen den Bedienungsgang, bzw. die Bedienungsebene wechseln können. Für den Wechsel des Ganges, bzw. der Ebene gibt es grundsätzlich unterschiedliche Techniken:
 - Die Bediengeräte können eigenständig horizontal den Bedienungsgang oder vertikal die Bedienungsebene wechseln.
 - Die Bediengeräte selbst können nur geradeaus in einer Ebene verfahren werden. Für den horizontalen, bzw. vertikalen Gangwechsel sind zusätzliche Einrichtungen erforderlich (Gangwechselvorrichtungen / Umsetzer, Aufzüge).
- Geräte, die höhenvariabel auf Hubbalken verfahren werden.

6.2.1 Zeilenlager mit geführten Flurförderzeugen (Schmalgangsysteme)

Die Bedienungsgänge in Schmalgangsystemen sind Verkehrswege nach ASR A1.8, 3.5. Diese Gänge zur Regalbedienung sind aber nur geringfügig breiter als die Flurförderzeuge, die darin verfahren werden (siehe unten, sowie Kapitel IV.1 „Anforderungen an Gebäude in intralogistischen Systemen“).

Da in Schmalgangsystemen die für Verkehrswege vorgeschriebenen seitlichen Sicherheitsabstände entfallen, müssen Ausnahmegenehmigungen beantragt werden (z. B. beim Gewerbeaufsichtsamt und / oder der zuständigen Berufsgenossenschaft). Für die Erteilung der Ausnahmegenehmigung müssen alternative Sicherheitsmaßnahmen festgelegt werden, die den Personenschutz ausreichend sicherstellen. Diese Sicherheitsmaßnahmen, die sowohl bauliche, technische, als auch organisatorische Maßnahmen umfassen können (siehe unten), sind letztendlich auch vom Betreiber umzusetzen und während des Betriebes dauerhaft aufrecht zu erhalten.

Die Schmalgangstapler können ganze Ladeeinheiten seitlich zur Fahrtrichtung ein- und auslagern, d. h. sie müssen nicht wie z. B. Schubmaststapler zur Ein- Auslagerung vor dem jeweiligen Lagerplatz frontal einschwenken. Hierfür sind sie mit einem speziellen Lastaufnahmemittel ausgestattet (Teleskopgabel oder Schwenkschubgabel).

Schmalgangstapler sind üblicherweise personenbedient, es gibt aber auch halbautomatische und vollautomatische Geräte. Sie sind für die Regalbedienung in großen Höhen geeignet. Bauhöhen von 12 m sind normal, es sind aber auch Höhen von 16 m und mehr erreichbar. Je nach der Art der Regalbedienung können unterschiedliche Typen von Schmalgangstaplern zum Einsatz kommen:

Nur Ein- / Auslagerung
ganzer Ladeeinheiten

Hochregalstapler (Man- down):

Zur Ein- bzw. Auslagerung wird die Ladeeinheit am Mast vertikal verfahren, während der Staplerfahrer mit seinem Bedienungsstand unten in Bodennähe bleibt.

Nur manuelle
Kommissionierung und ggf.
manuelle Beschickung

Vertikalkommissionierer (Man- up):

Der Staplerfahrer kann seine Bedienkabine in die gewünschte Entnahmehöhe vertikal verfahren.

Das Lastaufnahmemittel zur Ablage der kommissionierten Ware ist nicht zur seitlichen Ein- bzw. Auslagerung geeignet.

Ein- / Auslagerung ganzer
Ladeeinheiten sowie manuelle
Kommissionierung

Kommissionierstapler (Man- up):

Der Staplerfahrer kann seine Bedienkabine in die gewünschte Entnahmehöhe vertikal verfahren.
Das Lastaufnahmemittel ist zur seitlichen Ein- bzw. Auslagerung geeignet.

An Schmalgangsysteme gibt es vielfältige Anforderungen:

- Wesentlich ist der Personenschutz und die allgemeine Sicherheit im Schmalganglager
- Da die auf dem Hallenboden verfahrbaren Schmalganggeräte auch zur Bedienung sehr großer Lagerhöhen geeignet sind, werden an die Ebenheit des Hallenbodens im Fahrbereich besondere Anforderungen gestellt.
- In Schmalgangsystemen sind Regalanlagen der Klasse 300 A oder 300 B einzusetzen.

Für die Lagerung von Ladeeinheiten in den Regalen sind folgende Freimaße zu beachten (Erläuterung siehe Kap. 3.2 ff):

	Klasse 300 A		Klasse 300 B	
Lagerhöhe (H) mm	Abstand seitlich (X) mm	Abstand oben (Y) mm	Abstand seitlich (X) mm	Abstand oben (Y) mm
6.000	75	100	100	100
9.000	75	125	100	125
12.000	75	150	125	125

6.2.1.1 Richtlinien / Regelwerke für das Betreiben von Schmalgangsystemen

Ergänzend zu den Normen, Richtlinien und Empfehlungen gemäß Kapitel 2 sind im Rahmen komplexer Systeme, wie z. B. den Schmalgangsystemen weitere Regelungen zu beachten.

BGI / GUV 5160: 2011	Personenschutz beim Einsatz von Flurförderzeugen in Schmalgängen
DIN 15185-1: 1991	Lagersysteme mit leitliniengeführten Flurförderzeugen; Anforderungen an Boden, Regal und sonstige Anforderungen
DIN 15185-2: 2013	Flurförderzeuge- Sicherheitsanforderungen Teil 2: Einsatz in Schmalgängen
DIN EN 15620 2010	Ortsfeste Regale aus Stahl – Verstellbare Palettenregale - Grenzabweichungen, Verformungen und Freiräume
DIN EN 1726-2: 2001	Sicherheit von Flurförderzeugen – Motorkraftbetriebene Flurförderzeuge bis einschließlich 10 000 kg Tragfähigkeit und Schlepper bis einschließlich 20 000 N Zugkraft Teil 2: Zusätzliche Anforderungen für Flurförderzeuge mit hebbarem Fahrerplatz und Flurförderzeugen, die zum Fahren mit angehobener Last gebaut sind.
DIN EN ISO 3691-1: 2012	Sicherheit von Flurförderzeugen – Sicherheitsanforderungen und Verifizierung – Teil 1: Motorkraftbetriebene Flurförderzeuge mit Ausnahme von fahrerlosen Flurförderzeugen, Staplern mit veränderlicher Reichweite und Lastentransportfahrzeugen.
DIN EN ISO 3691-3: 2016-12	Flurförderzeuge – Sicherheitstechnische Anforderungen und Verifizierung – Teil 3: Zusätzliche Anforderungen für Flurförderzeuge mit hebbarem

Fahrerplatz und Flurförderzeuge, die zum Fahren mit angehobener Last ausgelegt sind.

DIN EN 13849-1	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (2008)
VDMA-Richtlinie	Böden für den Einsatz von Schmalgang-Flurförderzeugen; September 2010

6.2.1.2 Führungs- und Navigationssysteme

Schmalgangstapler sind außerhalb der Regalzeilen frei verfahrbar. Innerhalb eines Regalganges müssen diese Stapler für ihre horizontale Bewegung auf vorgegebenen Fahrspuren geführt werden. Durch diese Zwangsführung können (in Grenzen) die horizontale Fahrbewegung und der vertikale Hub gleichzeitig erfolgen. Diese Diagonalfahrt führt zu einer Erhöhung der Umschlagsleistung.

Eine Sonderform unter den Schmalgangstapler sind Geräte, die außerhalb des Bedienungsganges frei verfahrbar sind, die aber innerhalb des Bedienungsganges zusätzlich zur Führung im Bodenbereich auch an einer Deckenschiene geführt werden. Dadurch sind größere Höhen, insbesondere aber höhere Beschleunigungen und Geschwindigkeiten erreichbar. Die Bedienkabine ist vertikal verfahrbar (Man- up) und erlaubt eine uneingeschränkte Diagonalfahrt.

Die Zwangsführung kann durch ein mechanisches Führungssystem, ein halbautomatisches oder auch vollautomatisches Navigationssystem erfolgen.

6.2.1.2.1 Mechanische Führungssysteme

Bei den mechanischen Führungssystemen wird der Schmalgangstapler innerhalb einer Regalgasse durch Führungsrollen zwischen seitlichen Metallschienen geführt. Bei der Fahrt innerhalb der Regalgasse ist die Handlenkung außer Betrieb; sie wird elektronisch auf „Geradeausfahrt“ gestellt.

Die Führungsschienen dürfen nach DIN 15185-1 in den Bereichen der Führungsrollen keine die Laufruhe der Flurförderzeuge beeinflussenden Unebenheiten haben. Am Anfang des Bedienungsganges wird die Gangbreite zum Einfädeln der Stapler zu einem „Einfahrtstrichter“ erweitert.

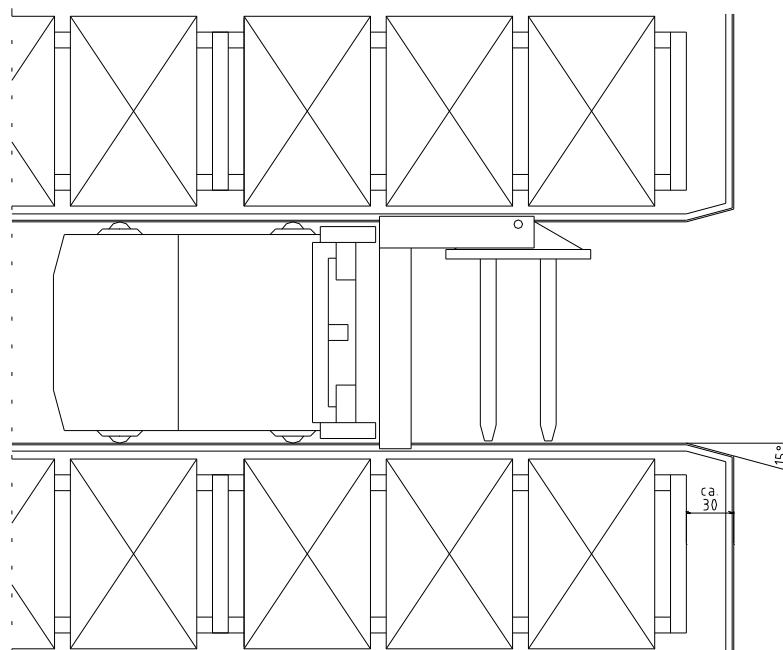
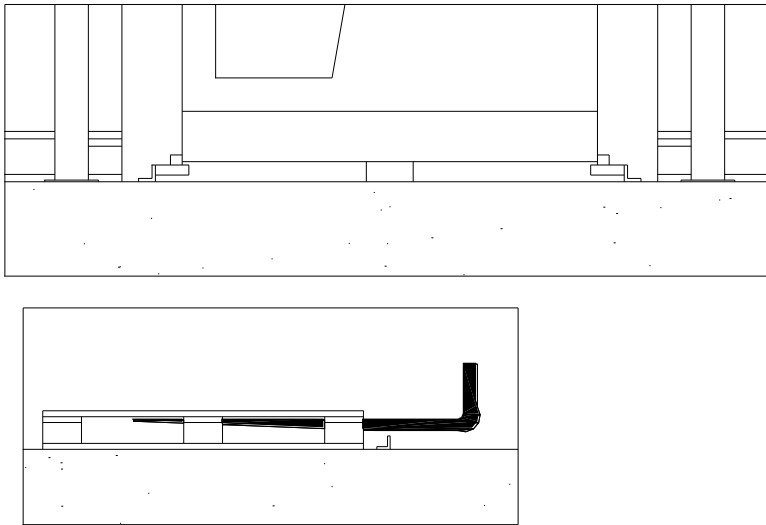


Abb.: 6.2.1.2 / 01 Führungsschienen mit Einfahrtstrichter

Für die seitlichen Führungsschienen werden L- oder U-Profile verarbeitet. Die typische Höhe dieser Führungsschienen beträgt 100 mm; es gibt aber auch Schienen, die nur eine Höhe von 50 mm haben. Die Profilauslegung und deren Befestigung erfordert eine genaue Abstimmung zwischen den Herstellern / Lieferanten der Regale, der Führungsschienen und der Stapler.



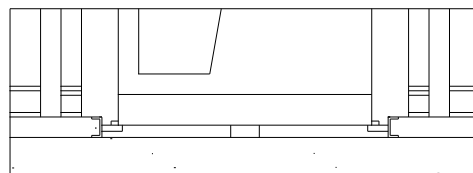
**Abb.: 6.2.1.2 / 02 Führungsschienen ca. 50mm hoch;
Aufnahme der Ladeeinheit vom Hallenboden mit Messergabeln**

Bei einer Schienenhöhe von ca. 50 mm ist die Aufnahme der Ladeeinheiten vom Hallenboden mit schlanken Messergabeln möglich (Standart-Gabelzinken, die sich nach vorne konisch verjüngen).

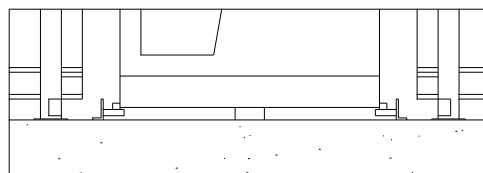
Bei L- und U-Profilen mit einer Höhe von 100 mm können die Ladeeinheiten nicht mehr vom Hallenboden in der Fahrebene aufgenommen werden. Als unterste Auflagerebene für die Ladeeinheiten müssen

- in den Regalen zusätzliche untere Palettenauflagen (Längstraversen oder Tiefenauflagen) vorgesehen werden,
- oder (insbesondere bei U-Profilen üblich) es müssen im Bereich der Regale Betonsockel hergestellt werden. Diese Betonsockel sind die Basis, auf denen die Regale montiert werden; sie sind gleichzeitig unterste Ablageebene für die Ladeeinheiten.

Die hohen Anforderungen an die Bodenqualität sind nur im Bereich des Bedienungsganges erforderlich.



Zwangsführung durch U-Profil, unterste Ablage auf Betonpodest



Zwangsführung durch L-Profil, unterste Ablage auf Querholm

Abb.: 6.2.1.2 / 03 Beispiele für Führungsschienen; Höhe 100 mm

Für einen Gangwechsel ist der Quergang vor den Regalgassen (meist der Hauptgang) ausreichend breit zu dimensionieren. Dabei sind die Vorderkanten der Einfahrhilfen die Bezugskanten.

6.2.1.2.2 Halb- und vollautomatische Führungs- Navigationssysteme

Anstelle von Führungsschienen, wie bei der mechanischen Zwangsführung, wird der Schmalgangstapler bei der halb- und vollautomatischen Führung innerhalb der Regalgasse durch elektromagnetische Signale gesteuert. Seit Langem üblich ist das Prinzip der „Leitdraht-Führung“. In den letzten Jahren sind aber vermehrt Geräte im Einsatz, die durch Laser- oder RFID- Systeme gesteuert werden (siehe auch Teil II.3, Kap. 2.1.4.2 „Navigationssysteme / Navigationstechniken“).

Die halb- und vollautomatische Führung bietet folgende Vorteile:

- Gegenüber manueller Fachanfahrt können die Lagerspiele deutlich erhöht werden (Positionsgerechte Diagonalfahrt, automatische Ein- / Auslagerung, automatisches Quittieren der Aktion gegenüber dem Lagerverwaltungssystem).
- Es entfallen die Führungsschienen innerhalb des Schmalganges. Die Vorteile hierdurch sind:
 - Die Ladeeinheiten können in der Höhe der Fahrebene aufgenommen, bzw. abgesetzt werden.
 - Es entfallen die mechanischen Einführtrichter. Damit entfallen die Stoßbelastungen an den Gasseneinfahrten; die Verschleißschäden und Reparaturkosten werden reduziert.
 - Der Hallenboden besteht aus einer einheitlichen Fläche; er kann bei Bedarf ungehindert gereinigt werden.

6.2.1.3 Maßnahmen zum Personenschutz und zur Gassensicherung

Um den Personenschutz und die allgemeine Sicherheit in den Schmalgängen zu gewährleisten, sind gegenüber normalen Verkehrswegen zusätzliche bauliche, technische und / oder organisatorische Maßnahmen notwendig. Die Norm DIN 15185-2 [DIN 8] nennt sowohl Maßnahmen, die generell durchgeführt werden müssen, als auch Maßnahmen, die abhängig vom Anwendungsfall umzusetzen sind.

Grundsätzliche Unterschiede in den systembedingten Anwendungsfällen sind:

- System 1:
In dem Schmalganglager arbeiten systembedingt nur Regalförderzeuge (es werden z. B. nur ganze Ladeeinheiten ein- und ausgelagert, oder die Kommissionierung erfolgt von einem Kommissionierstapler aus). Bestimmungsgemäß halten sich keine Fußgänger im Schmalgang auf (ausgenommen zu Nebenarbeiten, wie z. B. Wartungsarbeiten).
Um dies sicher zu stellen, ist der Schmalgang-Lagerbereich durch entsprechende stationäre Sicherungssysteme gegen unbefugtes Betreten oder Befahren abzusperren; alternativ hierzu sind die Flurförderzeuge mit entsprechenden mobilen Personenerkennungssystemen auszustatten. Die Schutzeinrichtungen müssen mindestens dem Sicherheitsniveau (Performance Level) PL c nach DIN EN ISO 13849-1 [DIN 12] entsprechen.
 - Stationäre Abspernung bzw. Sicherung des Schmalgang-Lagerbereiches durch bauliche bzw. technische Systeme:
 - Durch bauliche Maßnahmen, wie z. B. durch Zäune / Mauern.
 - Durch Schrankensysteme im Einfahrbereich (z. B. mechanische Schranken, i. d. R. aber Lichtschranken).
 - Mobiler Personenschutz
Durch Sensorik am Flurförderzeug
- System 2:
Die Kommissionierung durch Fußgänger und der Staplerbetrieb erfolgen abwechselnd.
 - Kommissionierung und Staplerbetrieb erfolgen zeitversetzt, oder
 - Die Regalbedienung erfolgt nach dem Prinzip des ersten Zugriffs

An die Konzeption der Zugangssicherung (Lichtschranken) sind hierfür besondere Anforderungen zu erfüllen (siehe Kap. 6.2.1.3.2.3 „Stationäre Warnanlagen“). Die Schutzeinrichtungen müssen ebenfalls mindestens dem Sicherheitsniveau PL c nach DIN EN ISO 13849-1 [DIN 12] entsprechen.

▪ **System 3:**

Systembedingt dürfen sich Fußgänger und Regalflurförderzeuge gleichzeitig innerhalb eines Schmalganges aufhalten.

Für den gleichzeitigen Betrieb von Schmalgang- bzw. Kommissionierstaplern mit Fußgängern innerhalb eines Schmalganges müssen nach AST A1.8 unter Pkt. 10 geeignete bauliche bzw. technische Schutzmaßnahmen (z. B. Personenerkennungssystem) installiert werden. Nach BGI / GUV-I 5160 [BGI 3] ist für diese Systeme der Personenschutz nur mit Sensoren an den Flurförderzeugen möglich (siehe auch DIN 15185-2 [DIN 8]). Danach sind in diesem Fall bauliche Maßnahmen und Warnanlagen allein i. A. nicht geeignet.

Die Schutzeinrichtungen müssen mindestens dem Sicherheitsniveau PL d nach DIN EN ISO 13849-1 [DIN 12] entsprechen.

Für die vielfältigen Maßnahmen zum Personenschutz und zur Gassensicherung gibt es aufgrund der verschiedenen Blickwinkel von Gesetzgeber und Herstellern mehrere Einteilungskriterien. Gängig sind die Unterscheidungen in:

- Bauliche / technische / organisatorische Maßnahmen, die sich auf das gesamte Schmalganglagersystem beziehen können.
- Stationäre / Mobile Sicherungssysteme, die sich auf die Gassensicherung beziehen.
 - Stationäre Sicherungssysteme beinhalten sowohl bauliche, als auch technische Systeme.
 - Die Mobilen Sicherungssysteme beschränken sich ausschließlich auf technische Lösungen.

Organisatorische Sicherungssysteme werden im Folgenden nur im Zusammenhang mit einer der anderen oben genannten Maßnahmen betrachtet.

Für die Auswahl „Stationäre / Mobile Sicherungssysteme“ gilt als grober Ansatz:

- Stationäre Sicherungssysteme sind wirtschaftlich, wenn die Anzahl Gassen mit der Anzahl Flurförderzeugen weitgehend übereinstimmt, und ein Gassenwechsel, bzw. eine Doppelbelegung selten ist.
- Mobile Sicherungssysteme sind wirtschaftlich, wenn - bezogen auf die Anzahl der Gassen - nur relativ wenige Flurförderzeuge eingesetzt werden sollen.

Für den ordnungsgemäßen Betrieb des Lagersystems müssen außer den Arbeiten im Rahmen der oben genannten „systembedingten“ Anwendungsfälle auch so genannte Nebenarbeiten ausgeführt werden. Zu diesen Nebenarbeiten gehören z. B. Arbeiten zur Wartung und Instandhaltung, Reparaturarbeiten sowie Inventurarbeiten und Kontrolltätigkeiten. Derartige Nebenarbeiten dürfen nur ausgeführt werden, wenn besondere Sicherheitsmaßnahmen getroffen wurden (siehe unten).

6.2.1.3.1 Generell geforderte Maßnahmen

6.2.1.3.1.1 Sicherheitskennzeichnung / Beschilderung

Jeder Schmalgang ist gemäß ASR A1.3 [ASR 2] mit den entsprechenden Sicherheitszeichen zu beschildern. Jeder Gang ist mit „Für Fußgänger verboten“ zu kennzeichnen. Für Ausnahmeregelungen sind Zusatzkennzeichen anzubringen.

6.2.1.3.1.2 Gangendsicherung

Mit der Gangendsicherung ist das Flurförderzeug am Ende des Schmalganges und vor querenden Fluchtwegen selbständig (ohne Einwirken der Bedienungsperson) abzubremsen. Hierfür gelten folgende Anforderungen:

- Die Ausfahrt aus einer Regalgasse bzw. das Erreichen der Endstellung in einer Sackgasse darf maximal mit Kriechgeschwindigkeit (max. 2,5 km/h) erfolgen.

- Dürfen sich in einem Bedienungsgang Fußgänger und Schmalgangstapler bestimmungsgemäß gleichzeitig aufhalten, muss die automatische Abbremsung des Förderzeuges gegeben sein.
- Ein Förderzeug darf einen Schmalgang nur verlassen, wenn Lastaufnahmemittel und Fahrerkabine soweit abgesenkt sind, dass diese nur noch auf maximal 0,5 m über Boden angehoben sind.

6.2.1.3.1.3 Quergänge

Schmalganggassen dürfen nicht von Quergängen gekreuzt werden, ausgenommen, die Quergänge dienen ausschließlich als Fluchtwege. Im Bereich dieser Fluchtwege sind besondere Sicherheitsmaßnahmen im Schmalgang zu treffen. Sicherheitsmaßnahmen sind z. B. selbständige Reduzierung der Fahrgeschwindigkeit der Flurförderzeuge, Lichtschranken oder Schalmatten, die Alarm auslösen, wenn sich ein Fußgänger im Quergang aufhält.

6.2.1.3.1.4 Notausgänge

Um das Schmalganglager im Gefahrfall ohne Behinderung verlassen zu können, müssen an Sackgassen Notausgänge vorhanden sein (Anforderungen an die Notausgänge siehe unten unter „Bauliche Abtrennungen“).

6.2.1.3.1.5 Abstandhaltung

Sollen in einem Schmalgang mehrere Flurförderzeuge gleichzeitig eingesetzt werden, müssen selbstständig wirkende Einrichtungen vorgesehen werden, die ein Zusammenstoßen der Geräte verhindern.

6.2.1.3.2 Vom Anwendungsfall abhängige Maßnahmen

Ergänzend zu den oben genannten Maßnahmen sind weitere Maßnahmen vom Anwendungsfall abhängig; es ist jedoch mindestens eine der nachfolgenden Maßnahmen umzusetzen:

6.2.1.3.2.1 Geschwindigkeitsbegrenzung

Eine Geschwindigkeitsbegrenzung der Schmalgang-Flurförderzeuge kann unter bestimmten Voraussetzungen (bei den Systemen 1 und 2) als Personenschutz-Maßnahme eingesetzt werden:

- Begrenzung der Fahrgeschwindigkeit im Schmalgang
 - 2,5 km/h ohne optische Warnanlage, die selbständig das Einfahren und den Aufenthalt des Flurförderzeugs im Schmalgang signalisiert.
 - 4 km/h wenn eine optische Warnanlage selbständig den Aufenthalt eines Flurförderzeugs im Schmalgang vom Einfahren bis zur Ausfahrt signalisiert.
- Begrenzung auf den Einsatz bestimmter Flurförderzeuge, wobei vorausgesetzt wird, dass diese keine Einrichtungen zum Ein- und Auslagern ganzer Ladeeinheiten haben:
 - Kommissionierfahrzeuge, bei denen nur das Kommissionieren von Hand vorgesehen ist;
 - Flurförderzeuge, bei denen bauartbedingt die Bedienungsperson nur auf 1,2 m Höhe angehoben werden kann;
 - Flurförderzeuge, bei denen Sicht auf die Fahrbahn in Fahrtrichtung gegeben ist, unabhängig von der Stellung des Fahrerplatzes.

6.2.1.3.2.2 Bauliche Abtrennungen

Bauliche Abtrennungen sollen das unbefugte Betreten von Schmalgang-Lagerbereichen verhindern. Dies betrifft sowohl den unbefugten Zugang über die jeweiligen Gassenenden, das eventuelle Durchsteigen durch die äußeren Regalzeilen, als auch das Durchsteigen durch Regalzeilen zwischen den Gassen (die Durchstiegssicherung ist gefordert, wenn die erste Auflage über 1,2 m hoch ist). Möglichkeiten hierzu sind z. B. das Abgrenzen des Bereiches bzw. der Gassen durch Mauern oder Zäune.

Anforderungen an die baulichen Abtrennungen sind:

- Die Mauern / Zäune sind üblicherweise mindestens 2 m hoch. In der Umhausung sind entsprechende Fluchttüren / Notausgänge zu berücksichtigen.
- Lastübergabestellen, über die das ein- und auszulagernde Gut bewegt wird, sind so auszuführen, dass ein einfaches Übersteigen, bzw. Unterschreiten durch Personen nicht gegeben ist.
- Die Türen in der Absperrung zum Schmalgang-Lagerbereich, die dem Zutritt und / oder als Notausgang (Fluchttüren) dienen, müssen besondere Anforderungen erfüllen:
 - Sie sollen selbstständig schließen.
 - Sie dürfen von außen nur mit einem besonderen Schlüssel zu öffnen sein. Dieser muss identisch mit dem Schlüssel des Schmalgang-Flurförderzeugs sein, oder mit diesem durch einen verschweißten Ring verbunden sein, so dass die Zugangsmöglichkeit auf einen beschränkten Personenkreis begrenzt ist (Fahrer der Förderzeuge).
 - Sie sind durch Warnanlagen zu überwachen, die einen Alarm auslösen, wenn die Tür länger offen stehen sollte, als für den Durchgang einer Person erforderlich ist (siehe auch „Warnanlagen“).

6.2.1.3.2.3 Stationäre Warnanlagen / Technische Maßnahmen an Gassenzugängen

Die Warnanlagen an den Zugängen müssen i. d. R. Fußgänger von Schmalgang-Förderzeugen unterscheiden können. Infrarot-Lichtschraken im Einfahrtbereich der Schmalganggassen sind die klassische Methode zur Absicherung der Regalgassen. Diese Lichtschraken erkennen bereits an der Gasseneinfahrt den Versuch einer eventuellen Doppelbelegung und lösen Alarm aus. Der Alarm darf nur von einer Aufsichtsperson an einem Schlüsselschalter zurückgesetzt werden, nachdem diese sich davon überzeugt hat, dass sich keine Fußgänger in dem abgegrenzten Schmalgang-Lagerbereich aufhalten.

Bei Alarm infolge eines unberechtigten Zutritts, bzw. einer Zufahrt müssen

- mindestens optischer und akustischer Alarm ausgelöst werden;
- die Flurförderzeuge in den Schmalgängen unverzüglich zum Stillstand gebracht werden. Dies kann durch die Bedienungspersonen oder automatische Zwangsbremmung erfolgen.

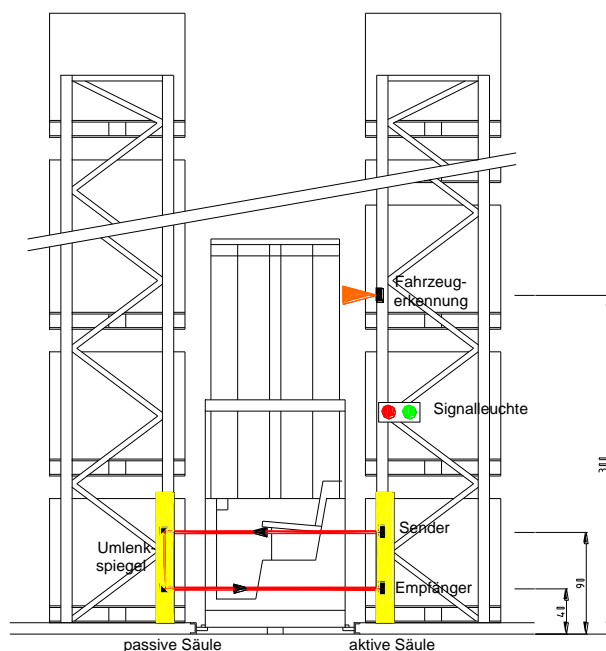


Abb.:6.2.1.3 / 01 Stationäre Warnanlage an einem Gassenzugang

Abhängig von der jeweiligen Betriebsart werden an das Lichtschrankensystem unterschiedlich hohe Anforderungen gestellt.

- Befinden sich systembedingt keine Fußgänger in den Schmalgängen (System 1), muss der Alarm immer durch das Lichtschrankensystem ausgelöst werden, sobald ein Fußgänger einen Schmalgang betritt (ausgenommen zu Wartungs- / Reparaturarbeiten).
- Für die Betriebsarten gemäß System 2 sind zusätzliche Anforderungen zu erfüllen:
 - Für einen abwechselnden, zeitversetzten Betrieb muss das Lichtschrankensystem von einer Aufsichtsperson manuell umschaltbar sein zwischen „Fußgängerberechtigung“ und „Staplerbetrieb“.
 - Für die Arbeitsweise nach dem Prinzip des ersten Zugriffs muss das System automatisch auf die jeweilige Betriebsart „Fußgängerbetrieb“ oder „Staplerbetrieb“ umschalten. Dazu muss z. B. über das Lichtschrankensystem eine getrennte Zählung von Fußgängern und Regalförderzeugen erfolgen. Die Kontrolle des Zu- und Abganges kann über zwei hintereinander angeordnete Lichtschranken erfolgen.

6.2.1.3.2.4 Mobile Sensorik / Schutzeinrichtungen am Schmalgangstapler

Zum Schutz von Personen, sowie zur Vermeidung von Kollisionen mit anderen Schmalgang-Flurförderzeugen in der gleichen Gasse können an den Flurförderzeugen Sensoren angebracht werden, die den Fahrbereich überwachen. Dabei handelt es sich i. d. R. um Laserscanner (früher auch um Ultraschall- Detektoren).

Werden durch die Sensorik Gefahrensituationen erkannt, sind die erforderlichen Wirkungsweisen von der jeweiligen Betriebsart abhängig:

- Ist der gleichzeitige Aufenthalt von Fußgänger und Flurförderzeug in einer Regalgasse verboten (System 1 und 2; siehe oben), muss
 - dem Fahrer die Gefahrensituation optisch und akustisch angezeigt werden, so dass er das Fahrzeug rechtzeitig bis zum Stillstand abbremsen kann;
 - das Flurförderzeug automatisch bis zum Stillstand abgebremst werden, soweit dies die technische Ausrüstung zulässt.
- Dürfen sich Fußgänger und Regalflurförderzeuge systembedingt gleichzeitig innerhalb eines Schmalganges aufhalten (siehe System 3) und ein Fußgänger kommt in den Gefahrenbereich der Flurförderzeuges, muss das Flurförderzeug automatisch bis zum Stillstand abgebremst werden.

6.2.1.3.3 Maßnahmen zur Durchführung von Nebenarbeiten

Innerhalb von Schmalgängen dürfen Nebenarbeiten nur auf Anweisung einer hierzu berechtigten Aufsichtsperson ausgeführt werden. Zuvor ist sicherzustellen, dass

- sich in den Gängen keine Flurförderzeuge zur Regalbedienung befinden,
- die Schmalgänge gegen das Einfahren von Schmalgang-Flurförderzeugen durch mechanische Schranken oder Ketten gesperrt sind
- das Verbotsschild „Für Flurförderzeuge verboten“ aufgestellt ist.

6.2.1.4 Anforderungen an Übergabestationen im Ein- / Auslagerungsbereich

Die Zuförderung und die Abförderung von Ladeeinheiten zum und vom Schmalganglager erfolgt meist mit konventionellen Gabelstaplern. Die Übergabe der Ladeeinheiten von einem Förderzeug zum nächsten Förderzeug erfolgt an speziellen Übergabepätzen. Diese sind an den Regalstirnseiten des Schmalganglagers angebracht und i. d. R. als Kragarm ausgebildet.

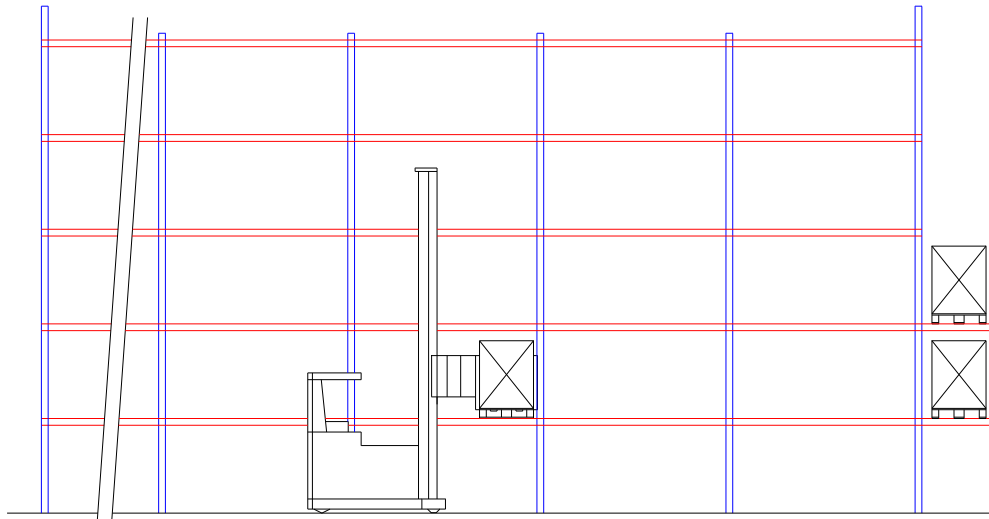


Abb.: 6.2.1.4 / 01 Kragarm- Übergabepunkte am Schmalganglager

Um eine hohe Genauigkeit bei der Positionierung der Ladeeinheiten zu gewährleisten, sollten die Übergabepunkte so gestaltet sein, dass die Ladeeinheiten darin zentriert werden. Die Positioniergenauigkeit am Übergabepunkt beeinflusst die Positionierung bei der Einlagerung in das Regal.

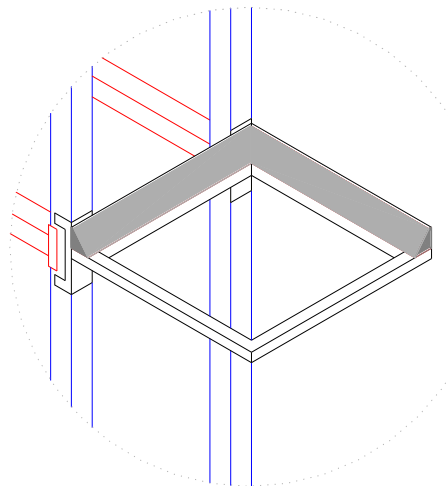


Abb.:6.2.1.4 / 02 Übergabepunkt mit Zentrierung (Prinzipdarstellung)

6.2.1.5 Anforderungen an den Bodenbelag

Die Anforderungen an die Qualität des Bodenbelags in Schmalgängen sind höher als die Anforderungen an übliche Industriefußböden.

Die Anforderungen an die Ebenheit und ggf. auch die Kurzwelligkeit eines flächenfertigen Bodens sind abhängig von dem Lagersystem, das darauf betrieben werden soll (siehe auch Teil IV.2, Kap. 3.1.3 ff „Anforderungen an den flächenfertigen Boden“). Die Anforderungen sind abhängig von:

- Der Art und Höhe der Regalanlage.
Die Ebenheit des Hallenbodens kann sich auf die Aufstellung der Regale in Längs- und Querrichtung auswirken;
- Der Art der Flurförderzeuge, die auf dem Hallenboden verfahren werden sollen.
Die Qualität der Ebenheit und Kurzwelligkeit der Bodenoberfläche kann sich auf die Laufruhe, die zulässigen Fahrgeschwindigkeiten, auf Diagonalfahrten und auf Positioniergenauigkeiten auswirken. Einflussgrößen sind z. B. der Radstand und die Hubhöhe.

Je höher die Regalbedienebene ist, desto stärker wirken sich Unebenheiten im Hallenboden auf die Positionierung der Lastaufnahmemittel in Bezug auf das Regalfach aus. Auch die Position des Staplerfahrers während der Ein- / Auslagerung ist wichtig (Man- down / Man- up).

Die Anforderungen an den Bodenbelag für Lagersysteme nach DIN 15185 mit leitliniengeführten Flurförderzeugen sind i. d. R. nur mit aufwendigen Zusatzmaßnahmen erfüllbar, wie z. B. Schleifen des Estrichs, selbstnivellierende Verlaufsmassen bzw. Beschichtungen.

6.2.2 Zeilenlager mit schienengebundenen Förderzeugen zur Regalbedienung

Schienengebundene Förderzeuge werden i. d. R. nur innerhalb geschlossener Lagersysteme eingesetzt (siehe oben). Die meisten Förderzeuge sind für die Ein- und Auslagerung ganzer Ladeeinheiten konzipiert; es gibt aber auch Förderzeuge, auf denen Personen zum Kommissionieren mitfahren können.

Ein derartiges Förderzeug wird i. d. R. auch als „Regalbediengerät“ bezeichnet. Der Begriff „Regalbediengerät“ beschränkte sich ursprünglich auf Förderzeuge, deren Schienen auf dem Hallenboden befestigt sind. Derartige RBG werden im Folgenden zur Abgrenzung als „klassische“ RBG bezeichnet. Inzwischen gibt es weitere Arten der Regalbedienung. Neben anderen Unterscheidungsmerkmalen zum klassischen Regalbediengerät unterscheiden sie sich insbesondere in der Verfahrebene für die horizontale Bewegung. Ein Einteilungskriterium für Regalbediengeräte ist daher die Verfahrebene innerhalb eines Regalbedienungsanges:

- Eine Verfahrebene in Bodennähe für den Einsatz eines klassischen Regalbediengerätes
- Mehrere übereinander angeordnete Verfahrebene für den Einsatz von Shuttles
- Eine höhenvariable Verfahrebene mit Hilfe von Hubbalken für den Einsatz von Shuttles.

6.2.2.1 *Lager mit in Bodennähe verfahrbaren „klassischen“ Regalbediengeräten*

Unter der Vielzahl der unterschiedlichen Regalbediengeräte sind die „klassischen“ in Bodennähe verfahrbaren RBG immer noch die am häufigsten eingesetzten Geräte.

Ein „klassisches“ Regalbediengerät besteht im Prinzip aus einem senkrechten Mast (ggf. auch zwei Masten), der auf einem Fahrwerk unterhalb des Mastfußes horizontal entlang der Regalzeilen verfahren werden kann. Gleichzeitig kann entlang dieses Mastes eine Hubeinheit mit dem Lastaufnahmemittel vertikal von der untersten Lagerebene bis zur obersten Lagerebene angehoben werden. Das Regalbediengerät wird mit dem Fahrwerk in Bodennähe auf einer Schiene verfahren und am Mastkopf in einer Führungsschiene geführt. Je nach Leistungsanforderung ist das Fahrwerk mit einem oder mit zwei Fahrtrieben ausgestattet. Eine weitere Leistungssteigerung ist über einen Kopfantrieb möglich.

Bei Lagersystemen, die mit klassischen RBG bedient werden, d. h. mit Geräten, die oben und unten schienengeführt sind, sind folgende Anforderungen an die Regalanlagen zu beachten (siehe auch Kap. 3.2):

- | | |
|---|-------------------|
| ▪ automatisch gesteuerte Regalförderzeuge ohne Feinpositionierung | ▪ Regalklasse 100 |
| ▪ automatisch gesteuerte Regalförderzeuge mit Feinpositionierung bzw. mit manueller Steuerung | ▪ Regalklasse 200 |

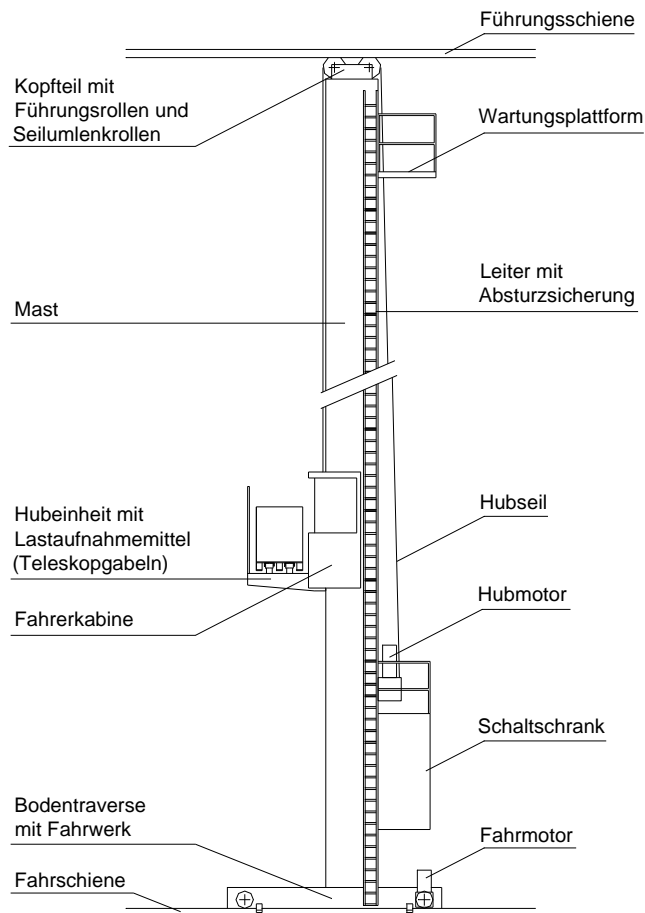


Abb.: 6.2.2.1 / 01 Regalbediengerät in Einmast-Ausführung (Prinzipiskizze)

6.2.2.1.1 Transportkapazität eines Regalbediengerätes

Je nach Auslegung des Systems kann ein RBG eine oder mehrere Ladeeinheiten gleichzeitig aufnehmen. Mit der Erhöhung der Anzahl Ladeeinheiten, die gleichzeitig transportiert werden können, kann die Leistung eines RBG deutlich erhöht werden.

Bei der Aufnahme mehrerer Ladeeinheiten kann unterschieden werden in:

- Mehrere Ladeeinheiten nebeneinander in x-Richtung, d. h. Fahrtrichtung
- Mehrere Ladeeinheiten nebeneinander in z-Richtung, d. h. Einlagerrichtung.

Mehrere Lastaufnahmemittel in X-Richtung

Wird der Hubwagen mit mehreren Lastaufnahmemitteln (in X-Richtung nebeneinander) bestückt, können auf einer Rundfahrt entsprechend viele Ladeeinheiten ein- und ausgelagert werden. In Palettenlagern sind RBG für 2 Ladeeinheiten üblich; es gibt aber auch RBG für 3 Paletten. Zu beachten ist, dass mit jeder weiteren Ladeeinheit der technische und räumliche Aufwand zunimmt, der Zusatznutzen aber abnimmt.

Mehrere Lastaufnahmemittel in Z-Richtung

Soll ein RBG mit einem Lastaufnahmemittel ausgestattet werden, das mehrere Ladeeinheiten in Z-Richtung aufnehmen kann, setzt dies auch ein Lager für mehrfachtiefe Lagerung und somit auch eine geeignete Artikelstruktur voraus. Die Fachtiefe, die mit Teleskopgabeln bedient werden kann, ist begrenzt. Bei Palettenlagern ist die doppeltiefe Lagerung üblich.

Für RBG, deren Lastaufnahmemittel mehrere Ladeeinheiten nebeneinander in Z-Richtung aufnehmen können, muss eine entsprechende Gassenbreite berücksichtigt werden, was die Raumnutzung verschlechtert.

Innerhalb des Lagers kann die mehrfachtiefe Lagerung zu einem schlechteren Füllungsgrad führen. Wird z. B. bei artikelreiner doppeltiefer Lagerung die vordere Ladeinheit entnommen, kann das Lagerfach erst wieder befüllt werden, nachdem auch die zweite LE entnommen wurde. Dieses Problem kann aufgehoben bzw. gemildert wenn:

- die Anzahl der Entnahmeeinheiten denen der hintereinander gelagerten Ladeinheiten entspricht (das Fach ist danach leer und kann völlig neu belegt werden).
- innerhalb einer Nachtschicht / Geisterschicht die LE aus einem Anbruchfach umgelagert werden können.

6.2.2.1.2 Ganggebundene und gangwechselnde RBG

Besteht ein Lagersystem aus mehreren Regalgassen, ist für die Auslegung des Systems zu unterscheiden:

- Einsatz „ganggebundener“ Regalbediengeräte
- Einsatz „gangwechselnder“ Regalbediengeräte

Regalbediengeräte sind i. d. R. an einen Regalgang gebunden, d. h. jeder Regalgasse des Lagersystems ist ein Regalbediengerät zugeordnet.

Vorteile dieses Systems sind:

- Es fallen keine Anfahrmaße für den Gangwechsel an, womit ein höherer Raumnutzungsgrad verbunden ist.
- Relativ hohe Systemleistungen sind möglich, da
 - in jeder Regalgasse ein RBG ausschließlich zur Regalbedienung eingesetzt wird,
 - keine Zeiten für den Gangwechsel verloren gehen.

Es gibt aber auch Lagersysteme mit gangwechselnden Geräten. Der Gangwechsel ist konstruktiv sehr aufwendig. Wegen der Gangwechselzeiten ist auch die Leistung des Lagersystems relativ niedrig. Dennoch gibt es sinnvolle Einsatzmöglichkeiten. Voraussetzungen sind:

- eine relativ große Lagerkapazität
- bei großer Artikelvielfalt und
- ein relativ geringer Lagerumschlag,
d. h. es müssen für die Sicherstellung des Lagerumschlags nicht alle Gassen gleichzeitig mit Regalbedienungsgeräten bestückt sein.

Neben den oben genannten Nachteilen haben die Systeme mit gangwechselnden Geräten auch ihre Vorteile:

- Große Lager können mit wenigen RBG bei optimaler Geräteauslastung bedient werden.
- Hohe Verfügbarkeit, da jedes RBG die Aufgaben eines eventuell mit Störungen behafteten RBG's übernehmen kann.
- Bei später höheren Leistungsanforderungen kann das System durch zusätzliche RBG's nachgerüstet werden.

Für den Gangwechsel gibt es zwei Möglichkeiten:

- Gangwechsel mit Gangwechselvorrichtungen / Umsetzbrücken
- Gangwechsel mit kurvengängigen RBG

Für den Einsatz von gangwechselnden Geräten werden i. d. R. kurvengängige Geräte bevorzugt. Beide Systeme haben aber ihre spezifischen Vorteile, so dass bei der Auswahl des Systems eine eingehende Analyse erforderlich ist.

6.2.2.1.2.1 Gangwechsel mit Hilfe von Gangwechselvorrichtungen / Umsetzbrücken

An den hinteren Stirnseiten der Regalanlage ist eine Gangwechselvorrichtung installiert. Diese besteht aus einem Umsetzgerät, das auf Schienen verfahren wird, die rechtwinklig zu den Regalgassen angeordnet sind.

Für den Gangwechsel wird das RBG in den Umsetzer eingefahren und dann von dem Umsetzer zur jeweiligen Regalgasse verfahren. Neben der Anzahl der RBG ist auch die Anzahl der Umsetzer von der geforderten Systemleistung abhängig.

Der Vorteil dieses Systems liegt insbesondere in der höheren Arbeitsgeschwindigkeit, welche die RBG innerhalb der Regalgassen erreichen können.

6.2.2.1.2.2 Kurvengängige RBG

Kurvengängige RBG haben ein Fahrwerk mit kurvengängigen Rädern und seitlichen Führungsrollen. Neben den gassenbezogenen Verfahrsschienen gibt es noch eine weitere gassenverbindende Verfahrsschiene an der hinteren Stirnseite der Regalanlage, rechtwinklig zu den Regalgassen. Der Übergang von den gassenbezogenen Verfahrsschienen zur gassenverbindenden Verfahrsschiene erfolgt wie bei der Eisenbahn über ein Weichensystem.

Vorteil dieses Systems:

- Keine zusätzlichen Umsetzgeräte erforderlich, die i. d. R. auch personenbedient sind.
- Der Gangwechsel erfolgt kontinuierlich über Weichen ohne Unterbrechung durch das Einfahren in ein Umsetzgerät.
- In der Gangwechselzone kann noch ein Regal bedient werden, das rechtwinklig zur Regalanlage angeordnet ist.
- I. d. R. geringere Anfahrmaße im Gangwechselbereich.

6.2.2.1.3 Möglichkeiten zur Steuerung eines Regalbediengerätes

Zur koordinierten Regalbedienung müssen die Bewegungsabläufe eines Regalbediengerätes in X-Richtung (fahren), Y-Richtung (heben) und ggf. in Z-Richtung (Ein-Auslagern mit Lastaufnahmemittel) gesteuert werden. Es können drei Steuerungsarten unterschieden werden:

- Manuelle Steuerung (Handsteuerung)
- Teilautomatisierte Steuerung
- Vollautomatische Steuerung

6.2.2.1.3.1 Manuelle Steuerung

Die manuelle Steuerung erfolgt durch mitfahrendes Personal. RBG mit Handsteuerung sind daher mit einer Fahrerkabine ausgestattet. Diese ist an der Hubeinheit befestigt und kann damit am Mast vertikal verfahren werden.

Eine rein manuelle Steuerung ist für die Bedienungsperson mit hohen physischen und psychischen Belastungen verbunden. Sie muss für die reine Fahrbewegung

- den Datenfluss RBG / Lagerverwaltungssystem erfassen;
- den zeitoptimalen Fahrweg zum vorgegebenen Lagerfach abschätzen;
- das RBG über Joystick oder Taster zum Lagerfach manövrieren und den Bremsvorgang zeitoptimal einleiten.

RBG's, die nur der reinen Ein- / Auslagerung ganzer Ladeeinheiten dienen sollen, werden heute i. d. R. ohne mitfahrendes Personal konzipiert. Da die Kommissionierung in Hochregallagern aber noch überwiegend manuell erfolgen muss, gehören in derartigen Kommissioniersystemen mitfahrende Personen zum System. Bei rein manueller Steuerung hat die Bedienungsperson neben den oben genannten Belastungen noch die zusätzliche Belastung des manuellen Kommissionierens.

6.2.2.1.3.2 Teilautomatisierte Steuerung

Die teilautomatisierte Steuerung setzt ebenfalls mitfahrendes Personal voraus. Allerdings soll durch die teilautomatisierte Steuerung das Bedienungspersonal entlastet werden. Abgesehen vom Kommissionieren verbleibt beim Bedienungspersonal insbesondere noch die Aufgabe, den Datenfluss RBG / Lagerverwaltungssystem zu erfassen und auf das RBG zu übertragen.

6.2.2.1.3.3 Automatisierte Steuerung

Die automatisierte Steuerung ist heute am häufigsten anzutreffen. Hierbei wird sowohl der Datenfluss als auch der Materialfluss über das EDV-System gesteuert und überwacht. Eine Kommissionierung mit vollautomatischer Steuerung ist jedoch auf wenige Sonderfälle beschränkt.

6.2.2.1.4 Optimierungspotentiale bei den RBG's

Die klassischen Regalbediengeräte werden stetig weiterentwickelt. Wesentliche Ziele sind:

- Verkürzung der Zykluszeiten für die Ein- / Auslagerung durch Erhöhung der Beschleunigungen und Geschwindigkeiten der RBG.
- Verbesserung der Energieeffizienz.

Eine wesentliche Maßnahme, die beiden Zielen gerecht wird, ist die Reduzierung des Eigengewichtes. Dies wird durch konstruktive Optimierungen über FEM sowie durch Auswahl leichter Baumaterialien, wie z. B. Leichtmetall oder auch Faserverbundwerkstoffe angestrebt.

Die Zykluszeiten sind u. a. davon abhängig, wie lange ein RBG benötigt, um aus voller Fahrt ein Fach anzufahren, zu bremsen und das RBG zur Ein-/Auslagerung zu positionieren. Der Fahrtrieb herkömmlicher RBG erfolgt nur über das Fahrwerk auf der Bodenschiene. Infolge der großen Masthöhen und der Massenträgheit treten daher beim Beschleunigen und beim Bremsen des RBG am Mast Schwingungen auf. Die Folge ist, dass der Mast beim Bremsen pendelt. Ohne zusätzliche Maßnahmen muss daher das RBG frühzeitig abgebremst werden. Die letzte Strecke zieht sich das RBG in Schleichfahrt in die Ein-/ Auslagerposition. Um diese Zeitverluste zu minimieren gibt es seit einigen Jahren RBG mit einem zusätzlichen synchronisierten Antriebsmodul am Mastkopf (Kopfantrieb). Dieses Antriebsmodul unterstützt auch die Fahrbewegungen (siehe oben).

Eine weitere Möglichkeit, die Zykluszeiten zu verkürzen und gleichzeitig Energie einzusparen besteht z. B. darin, nicht nur an der Regalfront Ein- / Auslagerplätze vorzusehen, sondern auch zusätzliche Ein- / Auslagerpunkte innerhalb der jeweiligen Regalgassen (Siehe Teil I, Kap. 3.4.3).

Nach einem Konzept eines Herstellers [GEB 1] wird diese Möglichkeit realisiert, indem ergänzend zu den RBG innerhalb der Regalgassen Shuttles innerhalb der Regalblöcke verfahren werden (z. B. unterhalb der untersten Lagerebene). Die Shuttles dienen dem jeweiligen RBG Ladeeinheiten an, bzw. sorgen für den Abtransport. Die leichten Shuttles übernehmen dadurch einen wesentlichen Teil des Horizontaltransportes.

Bei gleicher Lagerkapazität und geforderter Durchsatzleistung

- können dadurch bei Bedarf die Lager länger und flacher gestaltet werden, wodurch die langsamen Hubanteile reduziert werden.
- können weniger RBG-Gassen die gleiche Leistung erbringen.
- Kann bei gleicher Lagerlänge- und Höhe die Breite und damit die Lagerfläche reduziert werden.
- sind die Energiekosten geringer, da die wesentlich leichteren Shuttles einen großen Teil des horizontalen Transports übernehmen.

Zur Verbesserung der Energieeffizienz werden (neben den o. g. Maßnahmen) die elektrischen Versorgungs- und Rückspeisemodule miteinander kombiniert; d. h.:

- Freigesetzte Bremsenergien werden zunächst innerhalb des Systems an andere Achsen übertragen
- Nicht übertragbare Energien werden zurück ins Netz eingespeist.

6.2.2.1.5 Sicherheitseinrichtungen zum Personenschutz

In Lagersystemen, in denen Regalbediengeräte auf Schienen verfahren werden, arbeiten systembedingt keine Fußgänger. Es gelten daher ähnliche Sicherheitsanforderungen, wie bei dem oben genannten Schmalganglager System 1. Bei den klassischen RBG- Systemen ist zu beachten:

- Schienengeführte RBG werden wesentlich häufiger in vollautomatischen Systemen eingesetzt als o. g. Schmalgangstapler. Vollautomatische Systeme sind komplett durch einen Zaun o. ä. (Höhe min. 2 m) gegen unbefugtes Betreten zu sichern. Ein „berechtigter“ Zugang ist nur für Wartungsarbeiten oder für Störungsbeseitigungen zugelassen. Der berechtigte Zugang ist nur mit einem besonderen Schlüssel möglich (siehe oben bei Schmalgang). Beim Öffnen einer Zugangstür müssen alle RBG in dem von dort aus erreichbaren Bereich abgeschaltet werden.
- Die Zuförderung und die Abförderung von Ladeeinheiten erfolgt i. d. R. über Stetigförderer oder über Verteilerwagen (Verschiebewagen). Zur Übergabe an die RBG's müssen diese Förder-techniken die Ladeeinheiten durch die Umzäunung transportieren. Der unbefugte Zutritt durch derartige Öffnungen in der Umhausung muss durch geeignete Maßnahmen verhindert (Zutritts-sicherung) oder erschwert werden. Die Zutritts-sicherung ist der Zutrittserschwerung vorzuziehen [BGS 2].
- Mit einer Zutritts-sicherung kann der unbefugte Zutritt in den Gefahrenbereich verhindert werden
 - durch mechanisch wirkende Schutzeinrichtungen, wie z. B. Tore, Schranken, Klappbügel, die sich nur kurzfristig für das Durchlassen der Ladeeinheit öffnen;
 - durch automatische Schutzeinrichtungen, die bei Annäherung einer Person die gefährdende Bewegung abschalten (z. B. Schmattematten, Lichtschranken, Laserscanner). Diese automatischen Systeme müssen eine Person von einer Last unterscheiden können.
- Zu einer Zutrittserschwerung führen Maßnahmen, die das Laufen über bzw. neben den Stetig-förderern erschweren, wobei das Unterkriechen des Förderers nicht möglich sein darf:
 - Die Förderebene hat eine Höhe von mindestens 1,0 m oberhalb der Standfläche.
 - Die Durchlassöffnung hat eine Höhe vom max. 0,5 m.
 - Durch geeignete Gestaltung des Förderers in Verbindung mit zusätzlichen mechanischen Einrichtungen, wobei die Maßnahmen zur Erschwerung der Begehrbarkeit von der Bauart des Stetigförderers abhängen.
Beispielsweise kann bei Tragkettenförderern das Gehen zwischen den Ketten durch Anbringen straff gespannter Netze oder Baustahlmatten erschwert werden, oder durch das Anbringen schräg gestellter Bleche.

Grundsätzlich muss eine Anlage bei Gefahr für Personen durch Betätigen einer Not-Aus-Einrichtung, wie z. B. von Not-Aus- Pilzdrucktastern stillgesetzt werden können. Innerhalb der Regalgassen können Reißleinen-Notschalter zum Einsatz kommen.

6.2.2.2 Geräte mit höhenvariabler Verfahrebene (Hubbalken-Regalbediengeräte)

Bei Geräten mit höhenvariabler Verfahrebene ist ein Schlitten / Verfahrwagen für die Bewegung in X-Richtung auf einem Hubbalken installiert. Der Hubbalken wiederum kann für die y-Richtung zwischen zwei fest installierten Hubsäulen vertikal angehoben, bzw. abgesenkt werden. Der Verfahrwagen ist mit einem oder mehreren Lastaufnahmemitteln (z. B. Teleskopgabel) bestückt.

Ein Hubbalken-Regalbediengerät wird vor einer Regalfront, bzw. zwischen zwei Regalzeilen fest installiert. Durch die begrenzte Länge eines Hubbalkens (ca. 10 m) ist die Nutzlänge einer Regalgasse auch sehr eingeschränkt. Andererseits können aufgrund der relativ geringen Massen, die in X-Richtung zu bewegen sind, relativ hohe Fahrgeschwindigkeiten erzielt werden.

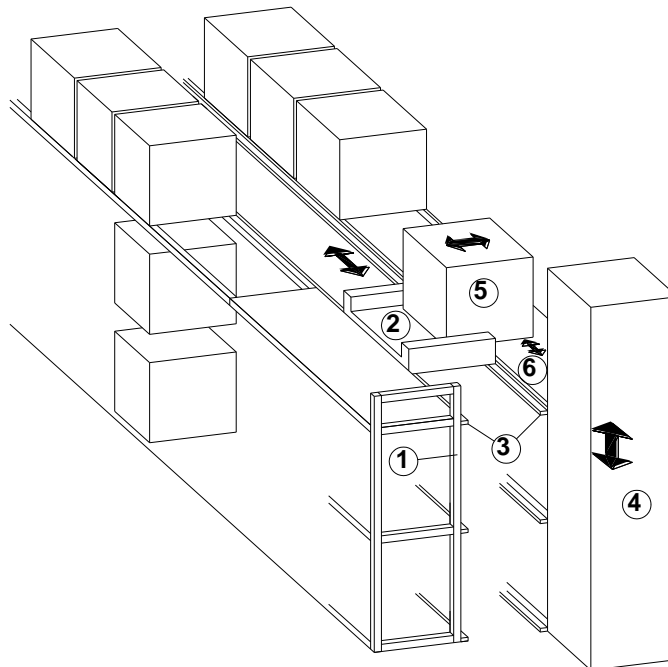
Hubbalken-Regalbediengeräte haben somit einen eingeschränkten Einsatzbereich. Er beschränkt sich auf die Ein- / Auslagerung von Ladeeinheiten mit kleinen bis mittleren Nutlasten. Meist werden sie innerhalb von Kommissioniersystemen zum Andienen von Ladeeinheiten an Kommissionierplätzen eingesetzt.

6.2.2.3 Auf mehreren Ebenen übereinander verfahrbare Regalbediengeräte

Abgesehen von einer Neuentwicklung, die weiter unten kurz erläutert wird, sind bei diesem Zeilenlager-System die Fahrschienen in mehreren Ebenen übereinander in die Regalgassen integriert. Die Schienen sind beidseitig des Bedienungsganges an den Regalen befestigt, bzw. auf Verbindungsstegen zwischen den Regalzeilen aufgelegt.

Auf diesen Schienen können innerhalb einer Regalgasse mehrere „Regalbediengeräte“ gleichzeitig übereinander horizontal verfahren werden (siehe auch Teil II.3, Kap. 2.2.2 und 2.2.3). Diese „Regalbediengeräte“ werden heute üblicherweise als Shuttle bezeichnet, früher auch als Verteilfahrzeuge [JÜN 2] oder als Lagerbedienwagen [SCH 4]. Shuttlesysteme werden meist im Bereich der Automatischen Kleinteilelager / Behälterlager eingesetzt. Es gibt aber auch Shuttlesysteme für Paletten.

Die Energieversorgung der Shuttles kann über Schleifleitungen erfolgen, meist aber über Energiespeicher wie Batterien und / oder Super-Kondensatoren / Powercaps. Die Datenübertragung erfolgt meist über WLAN oder Bluetooth. Die Shuttles sind mit Lastaufnahmemitteln ausgerüstet, mit denen sie Ladeeinheiten seitlich aufnehmen und abgeben können.



1	Regalanlage	3	Schienenpaar	5	Ladeeinheit
2	Shuttle	4	Vertikalförderer	6	Stauförderer (bei Bedarf)

Abb.:6.2.2.3 / 01 Shuttle- bedientes Zeilenlager (Prinzipdarstellung)

Bezogen auf die horizontale und vertikale Bewegung von Ladeeinheit und Shuttle sowie auf die Flexibilität des Shuttlesystems gibt es verschiedene Lösungen:

- In den meisten Systemen sind jeder Lagerebene Schienenpaare zugeordnet. Die Arbeitsbewegung der Shuttles erfolgt ausschließlich durch das horizontale Verfahren auf diesen Schienen. Die vertikale Zu- und Abführung der Ladeeinheiten erfolgt über separate Vertikalförderer, wie z. B. einen Lift.

Zum Entkoppeln der Förderzyklen von Shuttle und Vertikalförderer beim Ein- und Auslagern können Stauförderer zwischengeschaltet sein.

Wenn nicht jeder Lagerebene ein Shuttle zugeordnet ist (z. B. bei hohem Lagerbestand und geringen Anforderungen an die Durchsatzleistung), müssen die Shuttles von Ebene zu Ebene umgesetzt werden. Das Umsetzen sowie das Einsetzen / Entnehmen von Shuttles in bzw. aus dem System, z. B. für Wartung) erfolgt ebenfalls über Vertikalförderer.

- Eine Variante dazu sind Shuttles mit eigener Hubvorrichtung. Diese Geräte werden wie oben beschriebene Verfahrgeräte auf Schienen verfahren. Durch die integrierte Hubvorrichtung kann aber jedes Shuttle mehrere Ebenen über- und ggf. unterhalb der Verfahrebene bedienen. Systembedingt ist es daher nicht erforderlich in jeder Lagerebene Schienen vorzusehen.
- Inzwischen werden auch Shuttles mit integrierter Intelligenz eingesetzt. Diese flexiblen bis autonomen Shuttles (siehe auch Teil II.3, Kap. 2.2.3 ff) können auch außerhalb der Regalgassen verfahren werden. Für das Shuttle ist dadurch der Übernahme- / Übergabeort der LE unabhängig von Lagersystem. Übergabe / Übernahme durch das Shuttle können z. B. an einem vorgelagerten Kommissionierplatz oder an einem Montageplatz in der Fertigung erfolgen.

Die Shuttles werden einschließlich Last über Vertikalförderer dem Lagersystem zugeführt, bzw. ausgelagert.

- Eine Neuentwicklung [IML 2] ist ein kletterndes Shuttle, das sich innerhalb einer Regalgasse ohne Lift sowohl horizontal als auch vertikal, d. h. diagonal, bewegen kann. Anstelle der Schienenpaare wird dieses Gerät auf „Auflagepunkten“ (in der Form von Zahnradern) verfahren, die beidseitig der Regalgasse angeordnet sind.

Das kletternde Shuttle besteht im Prinzip aus einem Lastteil und zwei schwenkbaren Armpaaren, jeweils mit Raupenantrieb. Mit horizontal ausgestreckten Armen fährt das Gerät horizontal von Auflagerpunkt zu Auflagerpunkt. Zum Auf- oder Absteigen werden die Raupenarme so geschwenkt, dass die Zahnriemen in die zahnradförmigen Auflagerpunkte oberhalb oder unterhalb eingreifen.

Shuttles können in Abhängigkeit von der Art des Ladehilfsmittels und dem Lagertyp mit unterschiedlichen Lastaufnahmemitteln (LAM) ausgestattet werden.

- In Palettenregalen ist die Teleskopgabel üblich. Bei einfachtiefer Lagerung kann auf jede Lagereinheit direkt zugegriffen werden.
- Ein Shuttle für Kleinteile, wie z. B. Behälter, Kartonagen usw. ist mit einem oder mit mehreren Lastaufnahmemitteln ausgestattet. Verfahrgeräte mit mehreren LAM können mehrere Fächer pro Rundfahrt anfahren. Typische Lastaufnahmemittel in Kleinteile- Behälter- oder Tablarlagern sind:
 - Ausziehvorrrichtungen für Behälter und Tablare mit geeigneten Vorrichtungen
 - Unterfahrvorrichtungen (Gabeln, Teleskopgurtförderer u. s. w.) für Kartonagen, Behälter, Tablare
 - Greifvorrichtungen von Robotern und variabel an die Ladeinheit anpassbare Greifvorrichtungen.

Der Einsatz von Shuttles stellt besondere Anforderungen an die Regalkonstruktion. Da die Fahr-schienen mit den Regalen verbunden sind, müssen insbesondere die vorderen Steher der Regalzeilen zusätzliche statische und dynamische Kräfte aufnehmen.

Shuttle- bedientes Zeilenlager im Vergleich zum Lager mit „Klassischem“ RBG	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Das System ist skalierbar, d. h. Veränderungen bei den Leistungsanforderungen können durch Veränderung der Anzahl Shuttles angepasst werden. ▪ Shuttles sind energetisch günstig, da sie ein vergleichsweise geringes Eigengewicht haben, das zu bewegen ist. ▪ Bei hoher Anzahl Shuttles im Vergleich zu Anzahl Lagerebenen entfällt ggf. das 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Bauhöhe der Fahrschienen führt zu einem größeren Höhenraster und damit zu einer schlechteren Raumnutzung. ▪ Es sind zusätzliche Umsetzeinrichtungen / Vertikalförderer erforderlich. ▪ Da die Regale zusätzliche statische und dynamische Kräfte aufnehmen müssen, entstehen höhere Investitionskosten für die Regale.

<p>vertikale Umsetzen völlig. Es können dann sehr hohe Lagerleistungen erzielt werden, die mit einem klassischen RBG nicht erzielbar sind.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es gibt keine Anforderungen an das Längen- / Höhenverhältnis der Regalkonstruktion, wie sie beim RBG durch die Fahr- und Hubgeschwindigkeit gegeben ist. ▪ Eine Lager-Erweiterung in der Länge ist machbar. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bei einer sehr geringen Anzahl Shuttles und einer hohen Anzahl Lagerebenen müssen die Shuttles häufig vertikal umgesetzt werden. Dadurch ergeben sich relativ lange durchschnittliche Lagerspielzeiten.
---	---

6.3 Doppel- und mehrfachtiefe Zeilenlager

Gegenüber Zeilenlagern mit einfachtiefer Lagerung ist bei doppel- und mehrfachtiefer Lagerung zu beachten, dass die Lastaufnahmemittel i. d. R.

- mit zusätzlichen Teleskopelementen ausgestattet werden müssen, um die hinteren Palettenplätze zu erreichen (z. B. Teleskopgabeln oder Teleskoptische);
- wegen der größeren Reichweite eine hinreichende Steifigkeit aufweisen müssen.

Die Lastaufnahmemittel für doppel- oder mehrfachtiefe Lagerung bauen somit höher auf. Ohne zusätzliche Maßnahmen in der Regalkonstruktion kann dadurch ggf. bei voll ausgefahrenem Lastaufnahmemittel das obere Teleskopelement nicht mehr in den Freiraum der hinteren Palette eintauchen. Es sollte daher im Zug der Planung die Bauhöhe des Ladehilfsmittels abgeklärt werden.

Sollte sich kein geeignetes „flaches“ Lastaufnahmemittel finden, müsste die Regalkonstruktion angepasst werden. Maßnahmen wären z. B.:

- Alle Lagerplätze werden mit ausreichend hohen Tiefenaufhängen ausgestattet, so dass auch das untere Teleskopelement ausgefahren werden kann, ohne mit dem vorderen Auflageholm zu kollidieren.
- Bei den hinteren Palettenplätzen werden die Auflageholme höher angeordnet als bei den vorderen Palettenplätzen [HÖR 1]. Dadurch kann der Gabeltisch des RBG zum Bedienen der hinteren Plätze höher positioniert werden. Bei den vorderen Palettenplätzen muss der Freiraum über den Paletten entsprechend zu vergrößert werden.
- Die Paletten werden in Einzelplatzlagerung quer eingelagert. Dadurch entfällt der Auflagerholm unter den Paletten. Zum Ein- und Auslagern würden nicht Gabelzinken in den Gabelfreiraum der Paletten eintauchen, sondern die unteren Kufen der Paletten würden mit einem Teleskoptisch unterfahren. Der Freiraum über den darunter befindlichen Paletten muss entsprechend angepasst werden.

6.4 Komplexe Systeme mit Kompaktlagerung

Bei komplexen Kompaktlager-Systemen werden wie bei den konventionellen Kompaktlagern von der Bedienungsseite aus gesehen mehrere Ladeeinheiten hintereinander oder übereinander gelagert. Einige der nachfolgend beschriebenen Technologien können in unterschiedlichen Lagertypen eingesetzt werden, z. B. in Eingang- oder Zweigangsystemen und / oder in Lagersystemen mit statischer oder dynamischer Lagerung. Hauptunterscheidungsmerkmal zur Abgrenzung der verschiedenen Systeme ist daher die Ausrichtung der Lagergüter innerhalb eines Lagerkanals:

- Systeme mit hintereinander angeordneten Lagergütern;
- Systeme mit übereinander angeordneten Lagergütern

Gegenüber konventionellen Kompaktlagern haben komplexe Kompaktlager einen höheren Automatisierungsgrad, wobei meist auch die Umschlagleistung höher ist. Neben den vielfältigen anderen Einsatzbereichen in normaler Umgebung bieten sie sich an für Systeme, in denen besondere Anforderungen an Hygiene / Sauberkeit bestehen sowie für den Einsatz in Tiefkühlslagern.

6.4.1 Systeme mit hintereinander angeordneten Gütern

In komplexen Kompaktlager-Systemen mit hintereinander angeordneten Lagergütern müssen zwangsläufig Lagergestelle eingesetzt werden. Diese komplexen Lagersysteme werden in der Literatur mit den entsprechenden konventionellen Kompaktlagern (siehe Kap. 1.5) unter dem Überbegriff „Kanallager“ zusammengefasst.

Bei hintereinander angeordneten Lagergütern können komplexe Kompaktlager wie die konventionellen Kompaktlager als Eingangssystem (ein gemeinsamer Bedienungsgang für Ein- und Auslagerung; siehe Einschublager) ausgelegt sein, oder als Zweigangssystem (getrennte Bedienungsgänge für Ein- und Auslagerung; siehe Durchlauf Lager). Bereits seit den 60-er Jahren, insbesondere aber seit den 80-er Jahren des vergangenen Jh. wurde eine Vielfalt unterschiedlicher komplexer Kompaktlagersysteme entwickelt. Davon entspricht ein großer Teil nicht mehr dem heutigen Stand der Technik. Bei der Systemvielfalt können aber zwei weitere Unterscheidungsmerkmale hervorgehoben werden:

- Die Art der Geräte an der Regalfront für die Zuführung / Einlagerung / Auslagerung / Abförderung (Regalbediengeräte):
 - Regalbedienung mit frei verfahrbaren Flurförderzeugen / Staplern, die mit speziellen Lastaufnahmemitteln ausgestattet sind.
 - Regalbedienung mit schienengebundenen Regalbediengeräten, die die Lagerkanäle diagonal anfahren können.
 - Regalbedienung durch voneinander getrennte Fördertechnik für vertikale und horizontale Bewegung.
- Die Art der Fortbewegung der Ladeeinheiten innerhalb eines Lagerkanals:
 - Fortbewegung der Ladeeinheit auf einem Rolluntersatz
 - Fortbewegung der Ladeeinheit auf einem „Kanalfahrzeug“.

Besondere Eignungskriterien / Zielsetzungen für den Einsatz dieser Systeme sind:

- Kompakte, d. h. Volumenminimierte Lagerung, insbesondere für klimatisierte Bereiche.
- Schneller, energiearmer Umschlag
- Rationalisierung der Lagerperipherie
 - Schnelle Bereitstellung für Kommissioniersysteme „Ware zur Person“
 - Pufferung vor Schnell- Beladesystemen an der Laderampe.

6.4.1.1 *Kanallager für Rollpaletten (Systeme mit dynamischer Lagerung)*

Rollpalettenlager sind Kompaktlagersysteme mit dynamischer Lagerung. Die Regalanlagen sind ähnlich aufgebaut wie Durchlaufregale oder Einschubregale. Innerhalb der Kanäle gibt es aber keine Fördertechnik, sondern Schienenpaare je Kanal. Auf diesen Schienen werden die Ladeeinheiten auf speziellen Rolluntersätzen / Rollpaletten verfahren und gelagert.

Vorteile der Rollpaletten:

Der Rolluntersatz dient zur Aufnahme unterschiedlicher Güter mit unterschiedlichen Abmessungen (wie z. B. Paletten und Behälter) oder unterschiedlichen Qualitäten der Ladehilfsmittel. Durch diesen einheitlichen, automatisierungsgerechten Rolluntersatz können die verschiedenen Güter durch ein einheitliches Lagersystem geschleust werden.

Nachteile von Rollpaletten:

Da die Rollpaletten nur innerhalb eines Lagersystems zirkulieren, ist für alle Ladeeinheiten, die durch das Rollpalettenlager geschleust werden sollen, zusätzlicher Handling-Aufwand für das Aufsetzen auf die Rollpalette und das anschließende Absetzen erforderlich.

Unter dem Begriff „Rollpalettenlager“ gibt es herstellerabhängig verschiedene Ausführungen. Dabei sind zwei grundsätzlich unterschiedliche Prinzipien zu unterscheiden:

- Bewegung der Rollpaletten durch Schwerkraft,
- Bewegung der Rollpalette durch mechanischen Antrieb von außen.

Die bekanntesten Rollpalettenlager sind das / die „Rollax-Lager“ und das „Dynastore-Lager“.

6.4.1.1.1 Rollpalettenlager mit Antrieb durch Schwerkraft

„Rollpalettenlager“ gehen auf eine bereits 1965 bei Bahlsen in Hannover geborene Idee zurück. Unter der Bezeichnung „Rollax-Lager“ wurde 1973 ein automatisiertes Blocklagersystem patentiert. Bei diesem System sind die Schienen mit leichtem Gefälle verlegt, so dass die Rollpaletten durch Schwerkraft durch den Lagerkanal bewegt werden. Diesen Lagertyp gibt es sowohl als Durchlauflager als auch als Einschublager.

Für die stirnseitige Beschickung / Entnahme der Lagerkanäle können sowohl schienengeführte Regalbediengeräte mit Verfahrrichtung in X- und Y-Richtung eingesetzt werden, als auch horizontal geführte Verschiebewagen in Verbindung mit Vertikalförderern.

6.4.1.1.2 Rollpalettenlager mit Antrieb vom Verschiebewagen aus

Spätere Entwicklungen (insbesondere ab ca. 1990 propagiert) führten zu Lagertypen (überwiegend in Form von Einschublagern), bei denen die Rollpaletten auf horizontale Schienen aufgesetzt werden [LIU 1]. Entlang der Regalfront werden je Lagerebene Verschiebewagen zur Regalbedienung eingesetzt. Die unterschiedlichen Antriebe für die Bewegung der Rollpaletten innerhalb des Kanals erfolgen jeweils von außen über den Verschiebewagen, wie z. B.:

- Vom Verschiebewagen aus wird über Zahnscheibenumlenkung ein im Lagerkanal stationär angeordneter Zahnriemen angetrieben, über den wiederum die Rollpaletten bewegt werden.
- Beim Typ „Rollax-Plus“ ist im Lagerkanal eine Förderstange angeordnet. Diese besteht aus einer Transport- und einer Steuerstange. Die Förderstange wird von der Lineareinheit des Verschiebewagens aus betätigt. Der Transport der Rollpaletten erfolgt über Kraftschluss von unten über Reibwalzen.
- Bei anderen Rollpalettensystemen (z. B. „Dynastore-Lager“ und Typ „Rollax-K“) werden die Rollpaletten innerhalb eines Kanals formschlüssig zu Zügen miteinander verbunden. Der Antrieb zur Ein- / Auslagerung erfolgt über eine Lineareinheit am Verschiebewagen. Vorteil dieser Systeme ist, dass sich innerhalb der Kanäle keinerlei Antriebe oder sonstige technischen Antriebs-einrichtungen befinden.

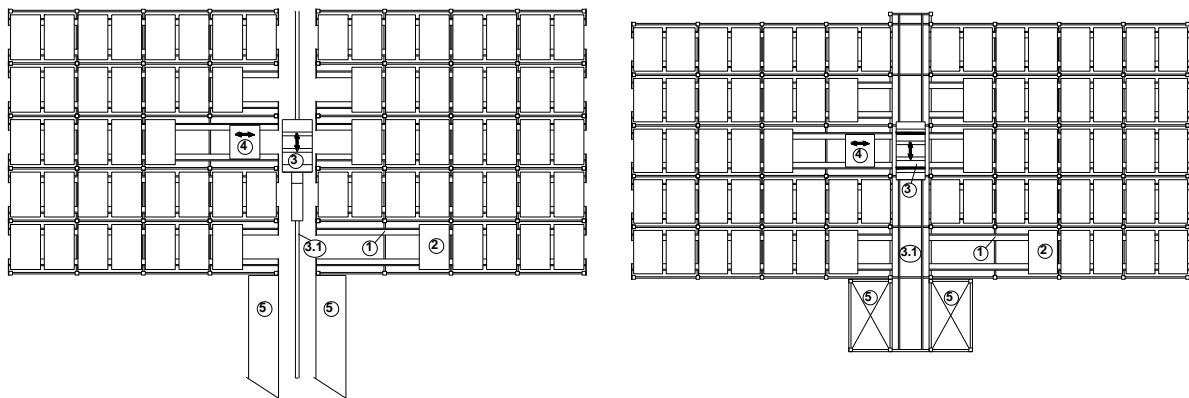
6.4.1.2 Kanallager für Kanalfahrzeuge (Systeme mit statischer Lagerung)

Wesentlicher Unterschied zu o. g. „Rollpalettenlagern“ ist, dass bei den im Folgenden genannten Lagersystemen die Ladeeinheiten nicht auf rollfähigen Ladehilfsmitteln stehen. Die Bewegung muss durch ein externes Transportmittel, dem Kanalfahrzeug, erfolgen. Dadurch ist ein staudruckfreies Lagern gewährleistet.

Die Hauptkomponenten von Kanallagern, die mittels Kanalfahrzeugen bedient werden, sind:

- Eine geeignete Kanal-Regalanlage für Kompaktlagerung, bei der die Kanäle sowohl mit Tiefenstegen zur Lagerung der Ladeeinheiten (Palettenauflage) ausgestattet sind als auch mit darunter angeordneten Fahrschienen. Die Tiefenstege und Fahrschienen bestehen i. d. R. aus einem gemeinsamen Profil. Zwischen Fahrschienen und Palettenauflagen sind Freiräume zum Verfahren der Kanalfahrzeuge.

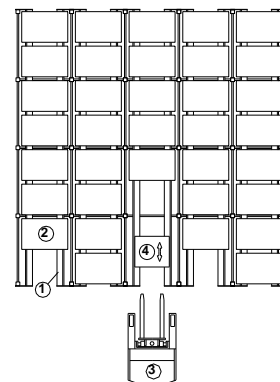
- Kanalfahrzeuge, die innerhalb der Regalkanäle in der Tiefe (Z-Richtung) verfahren werden können und Ladeeinheiten aufnehmen und absetzen können.
Für die Kanalfahrzeuge gibt es herstellerabhängig vielfältige Bezeichnungen. Neben dem Namen „Kanalfahrzeug“ gehören u. a. auch die Bezeichnungen „Krabbelwagen“, „Kuli“, „Orbiter“ und „Carrier“ dazu; heute werden sie aber meist als „Satellit“ oder „Shuttle“ bezeichnet. Zu den letzten beiden Namen für Kanalfahrzeuge ist anzumerken:
 - Der Name „Satellit“ ist eine Bezeichnung, die eigentlich von der Fa. Westfalia - Systemtechnik für deren Systeme geschützt ist.
 - Der Name „Shuttle“ als Kanalfahrzeug widerspricht der allgemeinen Terminologie in der Literatur (siehe oben).
- Fördertechnik, mit der die Kanalfahrzeuge entlang der Regalfront (X- und Y-Richtung) verfahren werden können. Diese Trägerfahrzeuge können RBG für simultane X- Y- Bewegung sein, getrennte Systeme für die Vertikal- und Horizontalförderung oder Flurförderzeuge.



A Kompaktlager mit Regalbediengerät (RBG)

B Kompaktlager mit Verfahrwagen

- 1 Regalanlage mit Tiefenaufhängen und Fahrschienen
- 2 Ladeeinheit
- 3 Bild A: Regalbediengerät
Bild B: Verfahrwagen mit 3.1 Fahrschienen für VW
Bild C: Flurförderzeug
- 4 Kanalbediengerät
- 5 Bild A: Stetigförderer für horizontale Zu- / Abförderung
Bild B: Aufzug für Vertikaltransport



C Kompaktlager mit Flurförderzeug

Abb.:6.4.1.2 / 01 Kompaktlager mit Kanalfahrzeug-Bedienung (Prinzipdarstellung)

Kanallager mit Bedienung durch Kanalfahrzeuge gibt es nicht nur für Ladeeinheiten im Palettenformat; üblich sind auch Kanallager für Behälterlagerung. Selbst für Gebindeformen wie z. B. Papiercoils gibt es Sonderlösungen.

Eine der ersten Technologien geht auf Entwicklungen aus den 60- er Jahren des vergangenen Jh. zurück und wurde von der finnischen Firma AKTIW realisiert. Das System besteht aus einer Regalanlage, Etagenförderern (Lifte), Querförderern (Verschiebewagen) je Etage und Kanalfahrzeugen je Kanal. Das markante an diesem System ist, dass die fördertechnischen Komponenten nicht mit Eigenantrieben ausgestattet sind. Die Bewegungen werden von stationären Elektroantrieben über Stahlseile auf die Komponenten übertragen und gesteuert.

Ab den 80-er / 90- er Jahren kamen dann Kanallagertechniken auf, bei denen die Kanalfahrzeuge mit elektromotorischem Eigenantrieb ausgerüstet sind. Während des Verfahrens im Kanal sind die

Kanalfahrzeuge mit ihrem Trägerfahrzeug verbunden. Als Trägerfahrzeuge kommen sowohl RBG für simultane X- Y- Bewegung zum Einsatz, als auch getrennte Systeme für die Vertikal- und Horizontalförderung (z. B. Lift und Verschiebewagen). Die Verbindung zwischen Kanalfahrzeug und Trägerfahrzeug besteht in Form von Schleppkabeln für die Energieversorgung und die Datenübertragung. Nachteilig an diesem System ist, dass der Einsatz der Trägerfahrzeuge mit langen Wartezeiten verbunden ist, insbesondere bei sehr tiefen Lagerkanälen.

Mit der nächsten Entwicklungsstufe wurden unabhängig verfahrbare Kanalfahrzeuge eingeführt. Ein Systemanbieter, der diese Technologie unter der Bezeichnung „Satellitenlager“ realisiert, bzw. realisiert hatte, ist die Fa. Westfalia-Systemtechnik. Ein besonderes Unterscheidungsmerkmal zu Wettbewerbsprodukten ist die Regalanlage. Für die Auflage der Ladeeinheiten werden nicht nur die äußeren Tiefenstegen je Kanal angeboten, sondern zusätzlich auch eine mittlere Tiefentraverse. Durch diese Dreifachunterstützung können Ladeeinheiten mit unterschiedlichen Formaten innerhalb eines Kanals gelagert werden, z. B. Längs- und Querlagerung von Paletten. Aufwendig ist bei diesem System die kabellose Energiezufuhr. Alle Lagerkanäle müssen mit Schleifleitungen ausgerüstet sein. Die kabellose Datenübertragung erfolgt über Infrarot.

In den letzten Jahren kommen vermehrt mit Kanalfahrzeugen bediente Kompaktlagersysteme auf den Markt. Dabei werden vielfältige Lösungsansätze realisiert; zum einen wegen der unterschiedlichen Einsatzbedingungen, für die sie konzipiert sind, zum anderen gibt es herstellerbedingte Ausführungsunterschiede. Nahezu einheitlich ist bei diesen aktuellen Systemen, dass die Kanalfahrzeuge mit einer eigenen Energieversorgung ausgerüstet sind und auch die Daten kabellos übertragen werden.

- Die Energiespeicherung erfolgt i. d. R. über einen Akku; es gibt aber auch Systeme mit Kondensatortechnologie (Power-Cap-Technologie). Für das Nachladen des Akkus gibt es prinzipiell zwei Möglichkeiten:
 - Die Akku-Kapazität ist mindestens ausreichend für eine Schicht. Nach Schichtende wird das Kanalfahrzeug ausgelagert und zu einer zentralen Batterieladestation befördert.
 - Auf dem Trägerfahrzeug, dessen Energiezufuhr i. d. R. über Schleifleitungen erfolgt, sind Kontakte, an denen Kanalfahrzeuge zum Zwischenaufladen andocken können.
- Die Datenübertragung kann über Infrarot, Funk, i. d. R. aber über WLAN erfolgen.

Nachdem ein Kanalfahrzeug von seinem Trägerfahrzeug an den entsprechenden Lagerkanal transportiert wurde, löst sich das Kanalfahrzeug von seinem Trägerfahrzeug und verfährt eigenständig innerhalb des Lagerkanals. Für die zielgenaue Positionierung ist das Kanalfahrzeug mit Sensoren ausgestattet.

In Abhängigkeit von den Anforderungen an das Lagersystem können sich unterschiedliche Lösungen für Trägerfahrzeuge und periphere Einrichtungen ergeben:

- Zuführung / Abförderung durch Gabelstapler.
- Zuführung / Abförderung durch Regalbediengeräte, die in X- und Y- Richtung simultan verfahrbar sind.
- Zuführung / Abförderung durch getrennte Systeme für die Förderung in X- und Y- Richtung.

Ferner können sich die Trägerfahrzeuge durch ihre Lastaufnahme unterscheiden:

- Lastaufnahmemittel, das ausschließlich zur Aufnahme des Kanalfahrzeugs, bzw. des Kanalfahrzeugs einschließlich Ladeeinheit ausgelegt ist.
- Lastaufnahmemittel, das sowohl für das Umsetzen eines Kanalfahrzeugs geeignet ist, als auch für die Übernahme / Übergabe einer Ladeeinheit vom / zum Kanalfahrzeug.

Wesentlich für die unterschiedlichen Ausführungen sind die unterschiedlichen Einsatzbereiche, für die sie konzipiert sind. Kriterien hierfür sind insbesondere:

- Die Artikelstruktur, die sich wesentlich auf die wirtschaftliche Kanaltiefe auswirkt.
- Die Auftragsstruktur, d. h. Ein-/Auslagerung von z. B. nur einer Ladeeinheit innerhalb eines Kanals, oder einer Serie von Ladeeinheiten.
- Die geforderte Durchsatzleistung bei gegebener Kanaltiefe.
- Der angestrebte Automatisierungsgrad.

Während der Einsatzzeit des Kanalfahrzeuges innerhalb des Lagerkanals kann es zu Wartezeiten für das Trägerfahrzeug kommen. Diese sollten aber vermieden werden. Möglichkeiten hierzu sind:

- Kurze Lagerkanäle
Je geringer die geforderte Lagertiefe aufgrund der vorgegebenen Artikelstruktur ist, desto geringer ist die Arbeitszeit eines Kanalfahrzeuges zur Einlagerung / Auslagerung / ggf. Umlagerung einer Ladeeinheit. Damit werden auch eventuelle Wartezeiten des Trägerfahrzeugs reduziert.
- Ein Trägerfahrzeug für mehrere Kanalfahrzeuge
Sobald ein Kanalfahrzeug sich vom Trägerfahrzeug losgelöst hat, kann das Trägerfahrzeug einen anderen Kanal ansteuern, um dort ein Kanalfahrzeug für einen Umsetzvorgang oder eine Auslagerung aufzunehmen. Dieses System bietet sich insbesondere bei sehr langen Lagerkanälen an.
- Das Trägerfahrzeug übernimmt die Zuführung und Abförderung der Ladeeinheiten, während das Kanalfahrzeug innerhalb des Lagerkanals die Ladeeinheiten bewegt.
Mit entsprechendem Lastaufnahmemittel, ausgelegt für die Aufnahme von Ladeeinheit und / oder Kanalfahrzeug bietet sich dies insbesondere an, wenn an den Kanälen üblicherweise mehrere Ladeeinheiten hintereinander ein- / ausgelagert werden.

Die verschiedenen Trägerfahrzeug (RBG und getrennte Systeme für die Förderung in X- und Y-Richtung) entsprechen in weiten Bereichen den in Kap. 6.2.2 beschriebenen Geräten. Die oben beschriebenen Geräte für den Einsatz in Zeilenlagern dienen nur zur Aufnahme der Ladeeinheiten, während die Geräte für Kompaktlager insbesondere zur Aufnahme der Kanalfahrzeuge ausgelegt sind. Wegen der geringen Unterschiede wird im Folgenden auf diese Trägerfahrzeuge nicht weiter eingegangen.

Eine weitere Variante sind Kompaktlager, bei denen die Kanalfahrzeuge mit frei verfahrbaren Gabelstaplern umgesetzt werden. Die Gabelstapler werden i. d. R. manuell bedient, es können aber auch autonom verfahrbare Gabelstapler eingesetzt werden. Bei den mit Gabelstapler bedienten Systemen für Palettenlagerung gibt es unterschiedliche Bauformen der Kanalfahrzeuge [ORZ 1]:

- Kanalfahrzeuge, welche die jeweilige Ladeeinheit im Kanal unterfahren und zum Transport anheben (übliche Kanalfahrzeug-Technologie). Diese Kanalfahrzeuge werden außerhalb des Regals auf den Gabelzinken des Staplers transportiert.
- Kanalfahrzeuge, die mit Gabelzinken in die Palette einfahren
Dieses System wird insbesondere von der Fa. Jungheinrich unter den Bezeichnungen „DIS“ (Drive-in-System) und „IPC“ (In-Pallet-Carrier) propagiert. Dabei können sich die Gabelzinken des Gabelstaplers für den Transport im Lagerkanal vom Stapler lösen und als unabhängige Kanalfahrzeuge agieren. Für den Transport außerhalb des Regals werden die als Kanalfahrzeug ausgebildeten Gabelzinken wieder an den Gabelstapler angedockt und mitsamt der aufgenommenen Last verfahren.

6.4.2 Systeme mit vertikal angeordneten Gütern

Komplexe Systeme mit vertikal angeordneten Gütern sind i. d. R. Systeme zur automatischen Lagerung von Waren in Kunststoffbehältern. Bei diesen vertikalen Behälterlagern werden die Kunststoffbehälter direkt auf dem Hallenboden gestapelt. Das Zuführen, Absetzen, Aufnehmen und Wegfördern, sowie das eventuelle Umsortieren der Behälter erfolgt durch Fördertechnik, die von oben auf die Lagergüter einwirkt. Die Höhe der vertikalen Behälterlager ist somit durch die Greifhöhe der jeweiligen Bediengeräte begrenzt. Sollen vertikale Behälterlager in sehr hohe Gebäude integriert werden, ist ggf. der Einzug von Etagen / Lagerbühnen wirtschaftlich. Dadurch könnten mehrere Lager übereinander angeordnet werden.

Typische Einsatzbereiche für die vertikalen Behälterlager sind im Lebensmittelbereich die Kühl- und Tiefkühlager.

6.4.2.1 Flächenportalroboter

Flächenportalroboter sind Roboter mit drei linearen Hauptachsen. Ähnlich wie bei einem Hallenkran wird eine Brücke auf zwei feststehenden, aufgeständerten Führungsschienen bewegt. Entlang der Brücke wird ein Schlitten mit Hubvorrichtung verfahren. Mit dieser Hubvorrichtung wird ein Greifarm vertikal bewegt. In diesem kartesischen System bilden die Führungsschienen die X-Achse, die Brücke die Y-Achse und die Hubvorrichtung die Z-Achse. Diese bilden einen quaderförmigen Arbeitsraum.

Flächenportalroboter bieten vielfältige Einsatzmöglichkeiten. Innerhalb eines Lager- und Warenverteilsystems können sie u. a. zum Umsetzen zwischen Fördereinrichtungen eingesetzt werden, zum Palettieren / Depalettieren, zum Kommissionieren (z. B. lagenweise Entnahme aus Ladeeinheiten) sowie zum Lagern / Puffern (z. B. zum Ver- und Entsorgen von Kommissionierarbeitsplätzen in Systemen Ware zum Mann).

Entsprechend der Verfahrkoordinaten des Portalroboters sind die Stapelbehälter darunter rechtwinklig aufgestellt. Oberhalb dieser Stapel kann der Portalroboter gleichzeitig in X- und Y-Richtung, d. h. diagonal verfahren werden. Für die Ein- / Auslagerung gilt das LiFo – Prinzip, wobei die Behälter i. d. R. sortenrein übereinander gestapelt sind (ansonsten muss umgestapelt werden). Am Beispiel der Auslagerung übernimmt der Greifer einen Behälter und verfährt ihn vertikal nach oben in den Transportbereich. Dort wird die ausgelagerte Ware vom Portalroboter diagonal zum Zielort verfahren.

6.4.2.2 3D-Shuttle™

Der „3D-Shuttle™“ der Firma Cimcorp ist ebenfalls ein Flächenportalroboter zum automatischen Ein- / Auslagern von stapelbaren Kunststoffbehältern. Das System ist aber mit zusätzlichen Förder-elementen ausgestattet, die eine deutlich höhere Umschlagleistung ermöglichen.

Spezielle Komponenten des 3D-Shuttle-Systems:

- Der vertikal verfahrbare Greifarm mit Greifer ist so gestaltet, dass damit wahlweise der oberste Behälter, mehrere Behälter von oben gleichzeitig, oder der ganze Behälterstapel aufgenommen werden kann. Der Greifarm ist als Schacht ausgebildet, der die aufgenommenen Ladeeinheiten umhüllt. Bei Bedarf kann von dem aufgenommenen Behälterstapel der unterste Behälter vereinzelt und ausgelagert werden.
- Die Brücke ist mit zwei Y-Achsen ausgestattet. Die eine Y-Achse ist für den Schlitten mit Hubvorrichtung; auf der zweiten Y-Achse auf der anderen Seite der Brücke kommt ein Shuttle zum Einsatz. Die Y-Bewegungen von Schlitten und Shuttle sind unabhängig voneinander.
- Für die Übergabe eines ausgelagerten Behälters vom Greifer an das Shuttle ist der Schlitten mit einem Transfergerät ausgestattet.
- Parallel zur X-Achse verläuft ein Förderband für den Abtransport ausgelagerter Behälter.
- Zur Einlagerung werden am Eingang zum Lagerbereich die Behälter gestapelt bereitgestellt. Der Portalroboter übernimmt den Stapel und platziert ihn innerhalb des Lagerbereiches.

- Zur Auslagerung fährt der Roboter den nächsten Stapel an, der den gewünschten Artikel enthält. Ist der Behälter mit dem Artikel irgendwo innerhalb des Stapels, wird die Lagereinheit einschließlich der darüber befindlichen Behälter aufgenommen. In angehobener Position wird der dann zuunterst befindliche Behälter vereinzelt und von dem Transfergerät übernommen. Die im Greifarm-Schacht verbliebenen Behälter werden wieder abgesetzt. Dadurch ist auch bei nicht sortenreiner Stapelung ein direkter Zugriff ohne Umlagern möglich.
- Der ausgelagerte Behälter wird von dem Transfergerät an das Shuttle übergeben. Dieses transportiert den Behälter zum Förderband. Während der Y-Bewegung des Shuttles kann der Portalroboter bereits wieder eine neue Position für den nächsten Lagerauftrag ansteuern. Die Übergabe von Shuttle an das Förderband kann an jeder Position in X-Richtung erfolgen.

6.4.2.3 Autostore-System

Oberhalb der Anordnung aus Behälterstapeln ist ein Fahrschienensystem aus einer selbsttragenden Aluminiumkonstruktion montiert, die aus rechteckigen Feldern besteht. Jedes Feld ist einem darunter befindlichen Behälterstapel bzw. einer Ein- Auslagerungsstation zugeordnet. Auf diesem gitterförmigen Schienensystem werden batteriebetriebene, autonome Fahrzeuge verfahren, die von oben Behälter aufnehmen und absetzen können. Das System ist für Lasten bis zu 50 kg ausgelegt.

Die autonomen Fahrzeuge (Roboter) sind mit zweimal vier Rädern ausgerüstet. Die beiden Rädersatzes sind rechtwinklig zueinander angeordnet. Damit verfügen die Geräte für das Verfahren in X- und Y- Richtung jeweils über einen separaten Rädersatz, wobei der Rädersatz, der nicht in Fahrtrichtung steht, angehoben wird.

Jedes autonome Fahrzeug ist für das Aufnehmen / Absetzen von Stapelbehältern mit einer Greifeinheit / Spreader ausgestattet. Die vertikale Bewegung erfolgt über Seilzug. Die Stapelbehälter, in denen das Lagergut gelagert wird, gehören zum Gesamtsystem. Sie haben ein Innenmaß von 600 mm x 400 mm. Aufgrund dieses Innenmaßes können externe Normbehälter / Normkartons ohne Umpacken komplett in die Systembehälter eingebracht werden.

6.4.3 Schachtautomat

Vom Prinzip her ähnelt der Schachtautomat einem Zigarettenautomaten. Er besteht aus einer Vielzahl in Reihe, bzw. in zwei parallelen Reihen angeordneten, tendenziell vertikalen Schächten. Unter diesen Schächten verlaufen jeweils Förderbänder.

Die Lagergüter (i. d. R. Kleinteile) werden von oben in Schächte gefüllt. Zur Entnahme wird an dem jeweiligen Schacht eine Sperre geöffnet, so dass ein Artikel aus dem Schacht herausbefördert und über das Förderband abtransportiert wird.

7 QUELLENNACHWEIS ZU TEIL II.2

7.1 Abbildungsverzeichnis

Kapitel / Abb.	Titel der Abbildung	Quelle
1.0 / 01	Lagerarten	Verfasser in Anlehn. an [DOL 1] und [JÜN 2]
1.4 / 01	Erläuterung zu den Begriffen „Einplatzlagerung“ / „Mehrplatzlagerung“	Verfasser
1.4 / 02	Erläuterung zu den Begriffen „Grundfeld“ / „Anbaufeld“	Verfasser
3.1 / 01	Möglichkeiten der Bodenlagerung	Verfasser in Anlehn. an [DOL 1]
3.2 / 01	Einteilung der Regale in Klassen	Verf. in Anlehn. an DIN EN 15620
3.2.1.2 / 01	Auflager von längs eingelagerten Paletten auf Längstraversen	Verfasser
3.2.1.2 / 02	Frei Maße in X- und Y-Richtung	Verfasser
3.2.1.2 / 03	Frei Maße in Z-Richtung	Verfasser
3.2.1.3 / 01	Kragarmregal	Verfasser
4.2.2.1 / 01	Karussellregal (Prinzipdarstellung)	Verfasser
4.2.2.1 / 02	Beispiel für einen Entnahmeplatz mit 3 Karussellregalen	Verfasser
4.2.2.2 / 01	Paternosterregal (Prinzipdarstellung)	Verfasser
4.2.2.2 / 02	Brückenpaternoster (Prinzipdarstellung)	Verfasser
4.2.2.2 / 03	Flexible Speicher (Prinzipdarstellung)	Verfasser
6.1 / 01	Anfahrmaße bei einem klassischen Regalbediengerät	Verfasser
6.2.1.2 / 01	Führungsschienen mit Einfahrttrichter	Verfasser
6.2.1.2 / 02	Führungsschienen ca. 50mm hoch; Aufnahme der Ladeinheit vom Hallenboden mit Messergabeln	Verfasser
6.2.1.2 / 03	Beispiele für Führungsschienen; Höhe 100 mm	Verfasser
6.2.1.3 / 01	Stationäre Warnanlage an einem Gassenzugang	Verfasser
6.2.1.4 / 01	Kragarm- Übergabeplätze am Schmalganglager	Verfasser
6.2.1.4 / 02	Übergabeplatz mit Zentrierung (Prinzipdarstellung)	Verfasser
6.2.2.1 / 01	Regalbediengerät in Einmast-Ausführung (Prinzipskizze)	Verfasser
6.2.2.3 / 01	Shuttle- bedientes Zeilenlager (Prinzipdarstellung)	Verfasser
6.4.1.2 / 01	Kompaktlager mit Kanalfahrzeug-Bedienung	Verfasser

7.2 Literaturverzeichnis

7.2.1 Gesetze, Normen, Richtlinien, Empfehlungen, Berufsgenossenschaftliche Vorschriften, Regeln, Informationen usw.

ASR 2	ASR A1.3	Technische Regeln für Arbeitsstätten „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“
BGI 3	BGI / GUV 5160	Personenschutz beim Einsatz von Flurförderzeugen in Schmalgängen; Information des DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung) Dezember 2011
BGR 1	BGR 234	BG-Regel: Lagereinrichtungen und –geräte; Ausgabe Oktober 1988, Aktualisierte Fassung September 2006
BGS 2	o. Nr.	Fördertechnik in Hochregallagern; Sicherheitsmaßnahmen an Zugfängen und Übergabestellen; BGHW Spezial; Juli 2010
DIN 5	DIN EN 15512	Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Verstellbare Palettenregale – Grundlagen der statischen Bemessung
DIN 6	DIN 15635	Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Anwendung und Wartung von Lagereinrichtungen (Ausgabe August 2009)

DIN 7	DIN EN 15620	Ortsfeste Regalsysteme aus Stahl – Verstellbare Palettenregale – Grenzübereichungen, Verformungen und Freiräume
DIN 8	DIN 15185-2	Flurförderzeuge- Sicherheitsanforderungen Teil 2: Einsatz in Schmalgängen (2013)
DIN 12	DIN EN ISO 13849-1	Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen - Teil 1: Allgemeine Gestaltungsleitsätze (2008)
RAL 1	RAL-RG-614 ff	Lager- und Betriebseinrichtungen; Güte- und Prüfbestimmungen

7.2.2 Literatur, Firmenbroschüren, Internetveröffentlichungen

BIT 1	BITO Lagertechnik; Systemhandbuch für Lager- und Kommissioniersysteme
DOL 1	Dolezalek, C. M.: Planung von Fabrikanlagen; Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1973
GEB 1	Gebhardt, Firmenprospekt: Dynamic Handover System (DHS) – Dynamisierung der Übergabepplätze
GUD 2	Gudehus, Timm: Logistik 2, Netzwerke, Systeme, Lieferketten
HÖR 1	Hörmann; doppelt tief und absturzsicher; Beitrag der Fa. Hörmann, München in: Distribution 3 / 98
JÜN 2	Jünemann, R.: Materialfluss und Logistik; Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen; Springer-Verlag 1989
LIU 1	Logistik im Unternehmen 8 (1994), Nr. 1 / 2; CeMat-Neuheit der Kompaktlagertechnik vorab präsentiert.
ORZ 1	Orzessek, P.: Das Kanal-/Tunnellager; Internetveröffentlichung www.paul-orzessek.de/lp-regalarten/kanal.htm
SCH 4	Scheid, W. M., Automatisierte Lagersysteme, Logistik heute, Bd. 21 (10, 11 und 12 / 1999): Teil 1 Es begann mit dem Hochregal; Teil 2 Die bessere Raumnutzung; Teil 3 Varianten für alle Fälle