

HANDBUCH

INTRALOGISTISCHE SYSTEME FÜR STÜCKGUT

Teil I

Gestaltungsmöglichkeiten zur Optimierung des Aufbaus und der Abläufe innerhalb des Systems

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	Intralogistisches System - Begriff und Abgrenzung	6
1.1	Rückblick	6
1.2	Begriffsabgrenzungen	6
1.2.1	Logistik	6
1.2.2	Supply Chain Management	7
1.2.3	Intralogistik	7
1.3	Grundstruktur intralogistischer Systeme	7
1.3.1	Cross-Docking-Systeme / Logistk-Hub / Umschlagslager	7
1.3.2	Reine Einheitenlager	8
1.3.3	Komplexe Lagersysteme	8
1.4	Schnittstellen intralogistischer Systeme zu ihrer Umwelt	9
1.4.1	Schnittstellen im Informationsfluss	9
1.4.2	Schnittstellen im Materialfluss	9
2	Funktionsbereiche	11
2.1	Wareneingang, Warenausgang	11
2.1.1	Wareneingang (WE)	11
2.1.1.1	Aufgaben im Bereich WE	11
2.1.1.2	Zentralisierung / Dezentralisierung des Wareneingangs	12
2.1.2	Warenausgang (WA)	13
2.1.3	Zuordnung von WE zu WA	14
2.1.3.1	Räumliche Trennung von WE und WA	14
2.1.3.2	Funktionale Trennung von WE und WA, räumlich nebeneinander	15
2.1.3.3	Kombinierte Nutzung der Verladestellen für WE und WA	15
2.1.4	Flächen- und Raumbedarf für WE und WA	16
2.1.5	Anzahl Verladestellen	17
2.1.6	Verladung im WE und WA „Manuell vs. Automatisiert“	18
2.2	Lagerbereiche	20
2.2.1	Einheitenlager	20
2.2.2	Kommissionierlager	21
3	Strategien zur Gestaltung von Lagersystemen	22
3.1	Lageraufbaustrategien	23
3.1.1	Gestaltung von Lager- und Bereitstellungseinheit	23
3.1.1.1	Gestaltung der Einheiten für den Lagerbereich	23
3.1.1.2	Gestaltung der Einheiten für den Kommissionierbereich	23
3.1.2	Bilden von Lagerzonen	25
3.1.2.1	Kriterien für die Strukturierung der Artikel	25
3.1.2.2	Strukturierung der Artikel gemäß ABC - XYZ - Analyse	25
3.1.3	Bilden von Lager- und Kommissionierbereichen	26

3.1.4	Zuordnung von Lager- zu Kommissionierbereich	27
3.1.4.1	Integration von Lager- und Kommissionierbereich	27
3.1.4.2	Trennung von Lager- und Kommissionierbereich	28
3.1.5	Regalanordnung	28
3.1.5.1	Traditionelle Regalanordnung in Einheitenlagern und in Kommissionierlagern	29
3.1.5.2	Regalanordnungen nach "Flying-V-Layout" und "Fishbone-Layout"	29
3.2	Lagerplatzvergabestrategien / Einlagerstrategien	30
3.2.1	Feste und freie Lagerordnung	30
3.2.1.1	Feste Lagerordnung	30
3.2.1.2	Freie Lagerordnung	31
3.2.2	Querverteilung	31
3.2.3	Lagerplatzvergabe nach ABC-Klassifikation	32
3.2.3.1	Lagerplatzvergabe in Lagern mit fester ABC-Struktur	32
3.2.3.2	Lagerplatzvergabe in Lagern ohne feste ABC-Struktur	32
3.3	Auslagerungsstrategien	32
3.3.1	Fifo-Prinzip (First In – First Out)	33
3.3.2	Lifo-Prinzip (Last In- First-Out)	33
3.3.3	Fefo-Prinzip (First Expire – First Out)	33
3.3.4	Mengenanpassung und Restmengenbevorzugung	33
3.3.4.1	Mengenanpassung	33
3.3.4.2	Restmengenbevorzugung	34
3.4	Fahrstrategien im Lager	34
3.4.1	Handhabbarkeit der Ladeeinheiten	34
3.4.1.1	Einheitenlager für leichte Stückgüter	34
3.4.1.2	Einheitenlager für schwere Ladeeinheiten (z. B. Palettenlager)	35
3.4.2	Anordnung der Ein- und Auslagerungspunkte (E / A)	35
3.4.2.1	E / A bei ganggebunden Fördergeräten	35
3.4.2.2	E / A bei Lagern mit gangunabhängigen Fördergeräten	37
3.4.2.3	E / A in Systemen mit mehreren Ein- und Auslagerungspunkten in einer Gasse	38
3.4.2.4	Fahrstrategien bei Fördergeräten mit mehreren Lastaufnahmemitteln	40
4	Kommissioniersysteme	42
4.1	Kommissionierzeiten	42
4.1.1	Basiszeit	43
4.1.2	Wegzeit	43
4.1.3	Greifzeit	43
4.1.4	Totzeit	44
4.2	Klassifizierung der Kommissioniersysteme i. e. S.	44
4.3	Art der Bereitstellung „dynamisch, statisch oder Mischsystem“	44
4.3.1	Lager- und Kommissioniersysteme mit dynamischer Bereitstellung	44
4.3.2	Lager- und Kommissioniersysteme mit statischer Bereitstellung	46
4.3.2.1	Räumliche Trennung von Reserve- und Bereitstellungsbeständen	46
4.3.2.2	Zeitliche Trennung von Reserve- und Bereitstellungsbeständen	47

4.3.3	Misch- / Sonderformen der Zuordnung von Lager- zu Kommissionierbereich	48
4.4	Art der Fortbewegung „ein- oder zweidimensional“	49
4.4.1	Eindimensionale Fortbewegung	49
4.4.2	Zweidimensionale Fortbewegung	50
4.4.3	Auswahlkriterien für ein- bzw. zweidimensionale Fortbewegung	50
4.4.3.1	Basiszeit	50
4.4.3.2	Wegzeit	50
4.4.3.3	Greifzeit	51
4.4.3.4	Totzeit	51
4.4.3.5	Zusammenfassung zum Vergleich der Kommissionierzeiten i. e. S.	51
4.4.3.6	Verfügbarkeit	52
4.5	Art der Entnahme „manuell“ / „mechanisch“	52
4.5.1	Manuelle Entnahme	52
4.5.1.1	Körperliche Belastungen:	52
4.5.1.2	Geistige Belastungen:	52
4.5.2	Mechanische / automatische Entnahme	53
4.6	Art der Abgabe „zentral“ / „dezentral“	53
4.6.1	Zentrale Abgabe	53
4.6.2	Dezentrale Abgabe	53
4.7	Misch- und Sonderformen	54
4.7.1	Negativkommissionieren	54
4.7.2	„Mobiles“ Kommissionieren	54
4.7.3	Inverses Kommissionieren	54
4.8	Beschickung der Kommissioniersysteme	55
5	Zusätzliche Strategien für Kommissioniersysteme	56
5.1	Aufbaustrategien	56
5.1.1	Zonenbildung in Kommissioniersystemen mit statischer Bereitstellung	56
5.1.1.1	Gestaltung von homogenen Zonen nach ABC-Kriterien	56
5.1.1.2	Lagerplatzzuordnung nach ABC-Kriterien in inhomogenen Lagerzonen	57
5.1.2	Bestimmung der optimalen Lagerkapazitäten	59
5.1.3	Zuordnung von Beschickungs- zur Entnahmeseite	60
5.1.3.1	Eingangssystem	60
5.1.3.2	Zweigangssystem	61
5.1.3.3	Gegenüberstellung des Flächenbedarfs der beiden Systeme	62
5.1.4	Regalanordnung / Layout-Gestaltung der Kommissionierzone	63
5.1.4.1	Wegzeiten in einer Kommissionierzone in Abhängigkeit von der Regalanordnung	63
5.1.4.2	Problem der gegenseitigen Behinderung	65
5.1.4.3	Problem einer eventuellen Lagererweiterung	65
5.2	Ablaufstrategien in Kommissioniersystemen	66
5.2.1	Gestaltung von Kommissionieraufträgen / Auftragszusammenstellung	66
5.2.1.1	Einstufige, auftragsorientierte Kommissionierung	66
5.2.1.2	Mehrstufige, artikelweise oder serienorientierte Kommissionierung	67

5.2.1.3	Auftragsserien für Systeme mit dynamischer Bereitstellung	68
5.2.1.4	Die sequentielle und die parallele Auftragszusammenstellung	70
5.2.2	Kombinationsmöglichkeiten	71
5.2.2.1	Einstufige (auftragsorientierte) sequentielle Auftragszusammenstellung	71
5.2.2.2	Mehrstufige sequentielle Auftragszusammenstellung	72
5.2.2.3	Einstufige parallele Auftragszusammenstellung	72
5.2.2.4	Mehrstufige parallele Auftragszusammenstellung	72
5.2.3	Lauf- und Fahrstrategien (Routing) bei eindimensionaler Fortbewegung	72
5.2.3.1	Durchgangsstrategie	72
5.2.3.2	Stichgangsstrategie	75
5.2.3.3	Mischformen der Durchgangs- und Stichgangsstrategien	76
5.2.4	Fahrstrategien bei zweidimensionaler Fortbewegung	77
6	Nachschubstrategien	79
6.1	Nachschubstrategien allgemein für intralogistische Systeme und für Lieferketten	79
6.2	Nachschubstrategien für Kommissioniersysteme	80
7	Quellennachweis zu Teil I	82
7.1	Tabellenverzeichnis	82
7.2	Abbildungsverzeichnis	82
7.3	Literaturverzeichnis	83
7.3.1	Gesetze, Normen, Richtlinien, Empfehlungen, Berufsgenossenschaftliche Vorschriften, Regeln, Informationen usw.	83
7.3.2	Literatur, Firmenbroschüren, Internetveröffentlichungen	83

1 INTRALOGISTISCHES SYSTEM - BEGRIFF UND ABGRENZUNG

1.1 Rückblick

Lange Zeit war die Produktion als der Werte schaffende Bereich eines Unternehmens der vorrangige Ansatzpunkt für Rationalisierungsmaßnahmen. Ab Mitte des 20. Jahrhunderts, insbesondere am Ende der 60-er, Anfang der 70-er Jahre dieses Jahrhunderts wurden aber auch in dem Bereich Unternehmenslogistik deutliche Rationalisierungsreserven entdeckt. Von da an gab es einen regelrechten Boom an wissenschaftlichen Arbeiten rund um dieses Thema. Parallel dazu gab es sehr starke Fortschritte in der Entwicklung lager- und fördertechnischer Einrichtungen. Beispiele hierfür sind u. a. die Hochregallagertechnik und die Entwicklung fahrerloser Transportsysteme.

Mit den gewonnen Erkenntnissen rund um das Thema Unternehmenslogistik wandelte sich auch der Sprachgebrauch. Aus dem „Lager“ in Verbindung mit der Umschlagtechnik / Fördertechnik entstanden Begriffe, wie z. B. „Logistikzentrum“ und „Lager- und Warenverteilsystem“. Zur Abgrenzung des Logistikbereiches innerhalb eines Unternehmens zur Logistik außerhalb, d. h. dem Gütertransport, wurden Begriffe geschaffen, wie z. B. „innerbetriebliche Logistik“ und „Inhouse-Logistik“. Diese Begriffe sind auch heute noch gängig.

Mit den unheimlichen Fortschritten in der EDV, in den Identifikationstechnologien sowie in der Datenübermittlung entwickelten sich in den 80-er Jahren des letzten Jahrhunderts neue Möglichkeiten in der Logistik. Etwa zur gleichen Zeit entwickelten sich die Gedanken zur „Just-in time-Produktion“ (JIT) und zum „Supply-Chain-Management“. Begünstigt wurden diese Entwicklungen durch die Globalisierung in den 90-er Jahren.

Trotz dieser enormen Entwicklungen beziehen sich die Grundlagen zur Planung intralogistischer Systeme in weiten Bereichen auf die immer noch gültigen Erkenntnisse in den 70-er Jahren des 20.-en Jahrhunderts. Neue ergänzende Ansätze sind mit den Begriffen „Logistik 4.0“ und „Künstliche Intelligenz“ (KI) verbunden (siehe Teil III „Lagerverwaltung, Datenerfassung, Datenverarbeitung“ Kap. 6 ff).

Im Folgenden werden die Begriffe Lager- und Verteilsystem / Warenverteilsystem / Intralogistisches System weitgehend synonym verwendet.

1.2 Begriffsabgrenzungen

1.2.1 Logistik

Der Auftrag der „Logistik“ kann mit der „6-R-Regel“ beschrieben werden [JÜN 2]. Diese Regel wurde inzwischen auch zur „7R-Regel“ erweitert. In Anlehnung an [JÜN 2] besteht der logistische Auftrag darin, Güter zur Verfügung zu stellen unter den Bedingungen:

- 1 das richtige Gut
- 2 in der richtigen Menge
- 3 im richtigen Zustand (richtige Qualität)
- 4 am richtigen Ort (und für den richtigen Kunden)
- 5 zur richtigen Zeit
- 6 zu den richtigen Kosten

Gegenstand der „Logistik“ ist die Planung, Gestaltung und Kontrolle des Material- und Informationsflusses eines Unternehmens und zwar in Bezug auf den Material- und Informationsfluss

- innerhalb des Unternehmens, sowie
- zwischen diesem Unternehmen und dessen unmittelbaren Geschäftspartnern, d. h. den Kunden und den Kooperationspartnern (z. B. Lieferanten, Händler) des Unternehmens.

1.2.2 Supply Chain Management

„Supply Chain Management“ bezeichnet nach [GAB 1] den Aufbau und die Verwaltung integrierter Logistikketten (Material- und Informationsflüsse) über den gesamten Wertschöpfungsprozess, ausgehend von der Rohstoffgewinnung über die Veredelungsstufen bis hin zum Endverbraucher. „Supply Chain Management“ beinhaltet ebenfalls die begleitenden Auftragsabwicklungsprozesse und Geldströme.

Supply Chain Management umfasst damit einen wesentlich größeren Rahmen als der Begriff „Logistik“. Bei Supply Chain Management wird immer das gesamte Netzwerk und nie nur ein einzelnes Unternehmen betrachtet. Nach [GAB 1] können durch den papierlosen Austausch von planungsrelevanten Daten die Beschaffungs-, Produktions- und Vertriebsplanungen auf verschiedenen Stufen aufeinander abgestimmt werden und die Unternehmen können auf Störungen unmittelbar mit Planänderungen reagieren.

Ziele des Supply Chain Managements sind:

- Reduzierung der Bestände und damit der Lagerhaltungskosten entlang des Supply Chain.
- Verringerung der Gesamtdurchlaufzeiten
- Erhöhung der Kundenzufriedenheit
- Verringerung der Produktentwicklungszeiten

Supply Chain Management setzt die Vernetzung aller Partner der Supply Chain voraus.

1.2.3 Intralogistik

Der Begriff „Intralogistisches System“ ist noch relativ neu. In Anlehnung zu den EDV-Begriffen „Internet“ und „Intranet“ sollte für den Logistikbereich die gleiche Wortwahl gefunden werden. Die Logistik innerhalb eines Firmen-, Lager-, oder Betriebsgeländes wird als „Intralogistik“ bezeichnet. Nach VDMA ist der Begriff „Intralogistik“ wie folgt definiert:

„Die Intralogistik ist die Organisation, Steuerung, Durchführung und Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses, der Informationsströme sowie des Warenumschs in Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen.“

1.3 Grundstruktur intralogistischer Systeme

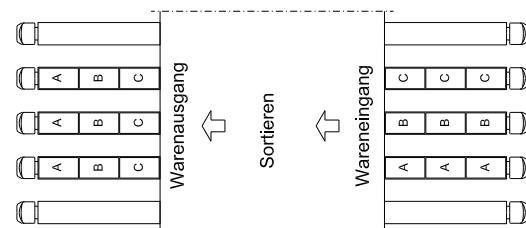
Je nach Unternehmenszielsetzung werden an das jeweilige intralogistische Systeme sehr unterschiedliche Anforderungen gestellt. Dementsprechend gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Systeme.

1.3.1 Cross-Docking-Systeme / Logistk-Hub / Umschlagslager

Es gibt nahezu bestandslose Warenumschsagsysteme, wie z. B. beim reinen Cross-Docking (CD). Der Materialfluss eines reinen CD-Systems lässt sich kurz beschreiben mit:

„anliefern, umsortieren, ausliefern“.

Abb. 1.3 / 01
Prinzip eines Cross-Docking-Systems



Die Bezeichnungen „Cross-Docking-System“, „Hub“ und „Umschlagslager“ sind weitgehend synonym. Hauptzweck ist, kleine Warensendungen verschiedener Lieferanten mit ähnlichem Endziel zu einer Transporteinheit (i. d. R. LKW-Ladung) zusammen zu fassen, bzw. große Einheiten auf mehr Endziele zu verteilen.

Durch die Bündelung in diesen Umschlagslagern kann die Anzahl der Verbindungen zwischen Liefer- und Empfangspunkten reduziert werden [PFO 2]. Bei direkter Verknüpfung zwischen z. B. 10 Lieferstellen mit 10 Empfangspunkten wäre eine Anzahl von 10^2 Verbindungen nötig. Bei indirekter Verbindung über ein Umschlagslager reduziert sich die Anzahl auf 20 Verbindungen (10 zwischen Lieferstellen und Umschlagslager und 10 zwischen Umschlagslager und Empfangspunkten).

Die wesentlichen Anforderungen liegen bei diesem System in der Informationskette und in der Koordination. Die auf verschiedenen Transportmitteln eingehenden Waren müssen zeitlich und mengenmäßig so mit den anstehenden Auslieferungen koordiniert werden, dass sie gleich nach dem Eingang umsortiert werden können, um danach in neuer Zusammensetzung ohne nennenswerte Zwischenlagerung und ohne weitere Kommissionierung auf direktem Weg zum Versand an die Endkunden weitergeleitet werden zu können.

1.3.2 Reine Einheitenlager

Ein Extrem zu den CD-Systemen sind die räumlich vom Herstellungs- / Verwendungsort etwas entfernten Zentrallager / Vorratslager. Mit Shuttle-Verkehr zwischen Lager und Herstellungs- / Verwendungsort werden im Wareneingang möglichst automatisch bzw. vollautomatisch komplette LKW-Ladeeinheiten entladen und ohne Absetzen direkt eingelagert. Umgekehrt werden komplette LKW-Ladeeinheiten ausgelagert und im Warenausgang direkt verladen.

1.3.3 Komplexe Lagersysteme

Diesen beiden extremen Systemen stehen die Systeme mit sehr komplexen Materialflüssen gegenüber.

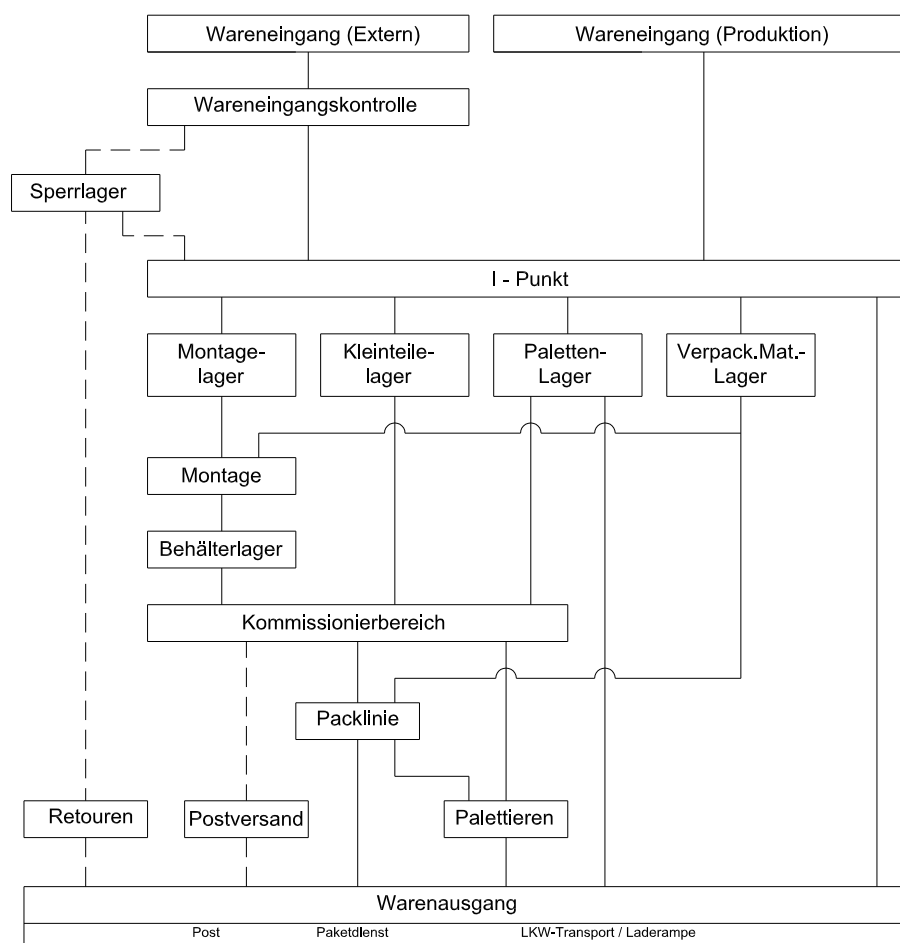


Abb.: 1.3 / 02 Beispiel für ein externes Zentrallager eines Produktionsunternehmens mit integrierter Montagelinie

Neben dem normalen Warenumschlag und der Lagerung können nicht nur erhebliche Kommissioniertätigkeiten anfallen, auch die Retourenbearbeitung, das Ersatzteilgeschäft und sonstige Sonderaktionen, bis hin zur Montage von Baugruppen, können Aufgabe eines intralogistischen Systems sein.

1.4 Schnittstellen intralogistischer Systeme zu ihrer Umwelt

1.4.1 Schnittstellen im Informationsfluss

Zur Realisierung eines Supply Chain Managements ist ein durchgängiger Informationsfluss entlang der gesamten Lieferkette (Supply Chain) zu schaffen. Innerhalb dieses Informationsflusses werden aber i. d. R. mehrere aufgabenspezifische Software-Lösungen eingesetzt. Beispielhaft seien hier nur ein paar der unterschiedlichsten Softwares genannt, die innerhalb eines Unternehmens eingesetzt werden:

- ERP
- Warehouse-Management (Lagerverwaltungs-Software)
- Transportmanagement inkl. Disposition und Auftragsmanagement
- Tourenplanung

Allein für diese kleine Software-Auswahl werden häufig innerhalb eines Unternehmens Softwares unterschiedlicher Anbieter eingesetzt. Entlang der Supply Chain, an der viele voneinander unabhängige Unternehmen beteiligt sind, vervielfacht sich die Anzahl der unterschiedlichen Software-Systeme. Der Informationsaustausch zwischen diesen Einzellösungen ist nur möglich, wenn sichergestellt ist, dass geeignete Schnittstellen und Services vorhanden sind.

1.4.2 Schnittstellen im Materialfluss

Die räumliche Schnittstelle eines intralogistischen Systems zu seiner Umwelt ist der Betriebshof, bzw. der Außenbereich des intralogistischen Systems. Zu diesen Bereichen gehören

- Zu- und Abfahrten für LKWs einschließlich LKW-Warteplätze
- Verladestellplätze
- Gleisanbindung bei Güterumschlag mit Schienentransport
- Sonstige erforderliche Flächen, wie z. B.
 - Abstellflächen für Wechselbrücken, Container usw.
 - Mitarbeiterparkplätze
 - Flächen für Müllcontainer, Kartonagenpressen und sonstige betriebsbedingten Funktionen im Außenbereich.

In den Bereichen der Übernahme bzw. Übergabe der Ware, d. h. in den Bereichen Wareneingang (WE) und Warenausgang (WA) trifft das intralogistische System oft mit eigenständigen Umschlagsystemen zusammen. Das können die Umschlagsysteme der Lieferanten bzw. Kunden sein, oder die Umschlagsysteme beauftragter Transporteure / Dienstleister. Bezogen auf den reinen Materialfluss sind daher die Bereiche WE und WA die eigentlichen Schnittstellen des Systems.

An den Schnittstellen WE und WA können Probleme auftreten, die ein Höchstmaß an Flexibilität und ggf. spezielle Lösungen erfordern.

- In den Bereichen WE / WA erfolgt die Warenübergabe zwischen Empfänger / Versender und Transporteur. Soweit keine anderen Vereinbarungen vorliegen (z. B. Vereinbarung abweichender Incoterms), ist damit der Gefahrenübergang verbunden.
- In der zeitlichen Koordination der Abläufe ist eine hohe Flexibilität gefordert. Insbesondere der Bereich WE ist von starken externen Einflüssen abhängig:
 - Wesentlich sind die unplanbaren Schwankungen durch Einflüsse des Straßenverkehrs, wie z. B. durch Staus.

- Die externen Unternehmen haben oft ihre eigenen zeitlichen Vorgaben in der Warenanlieferung bzw. –Abholung.
 - Die eingesetzten Transportfahrzeuge können sehr stark variieren, vom Kleintransporter bis zum Megaliner. Das bedeutet:
 - Die Transportfahrzeuge haben sehr unterschiedliche Ladekapazitäten.
 - Die Transportfahrzeuge haben sehr unterschiedliche Ladehöhen.
- Je größer diese Bandbreite ist, desto höher sind die Anforderungen an die Anzahl der Verladestellen, die Flexibilität der Verladestellen sowie die Anforderungen an die Puffer- und Bereitstellplätze im WE / WA.
- Darüber hinaus gibt es gesetzliche Restriktionen, die zu beachten sind.

2 FUNKTIONSBEREICHE

2.1 Wareneingang, Warenausgang

2.1.1 Wareneingang (WE)

2.1.1.1 *Aufgaben im Bereich WE*

Im Vorfeld, d. h. vor dem eigentlichen Wareneingang müssen im WE-Büro

- die Transportpapiere geprüft werden
- die Entladestelle zugewiesen werden

Die eingehenden Waren sollten möglichst nur kurz im Bereich des Wareneingangs verweilen. Dennoch sind hier einige Aufgaben zu erfüllen. Die wesentlichen Aufgaben sind:

- Entladen der ankommenden Waren
- Durchführung der Wareneingangsprüfung
- Lagerfähigmachen der freigegebenen Ware
- Übergabe an nachgeschaltete Bereiche.
- Ggf. Tausch der Ladehilfsmittel (z. B. bei Pool-Paletten) bei entsprechender Vereinbarung mit dem Lieferanten.

An der Laderampe müssen die Transportfahrzeuge möglichst schnell entladen werden, um die Standzeiten so kurz wie möglich zu halten. Das Ladegut wird dazu von den Transportfahrzeugen abgezogen und auf Pufferflächen in Rampennähe geparkt. Das Entladen erfolgt i. d. R. manuell, z. B. mittels Gabelhubwagen. Es können aber auch Systeme zum Einsatz kommen, die ein vollautomatisches Entladen ermöglichen (siehe Teil II.4, Kapitel 4.1 „Technische Einrichtungen für den Verladebereich“).

Parallel zum Entladen müssen die Angaben auf den Lieferscheinen (Identität und Quantität) mit der entladenen Ware abgeglichen werden. Daneben ist die Ware auf Unversehrtheit zu überprüfen (visuelle Kontrolle). Neben dieser Wareneingangsprüfung können noch weitere qualitätssichernde Kontrollen erforderlich sein. So können z. B. für die Qualitätssicherung Stichproben entnommen werden, um sie an anderer Stelle zu vermessen oder sonstigen Prüfungen zu unterziehen. Im Falle einer Reklamation ist die Ware für die Einlagerung zu sperren. Die Vorgehensweise im Detail muss gemäß den Vereinbarungen mit dem jeweiligen Lieferanten, bzw. den unternehmensspezifischen Vorgaben des Qualitätsmanagements erfolgen.

Mangelfreie Ware kann unter Beachtung sonstiger Kriterien – z. B. Zollware – für die Übergabe an die nachgeschalteten Bereiche freigegeben werden. Entsprechend der Anforderungen dieser nachgeschalteten Bereiche ist die Ware lagerfähig zu machen. Es sollte aber Ziel sein, mit den Lieferanten bereits im Vorfeld alle Rahmenbedingungen abzuklären, um den Prozess „Lagerfähigmachen“ auf ein Minimum zu begrenzen.

„Lagerfähigmachen“ bedeutet, die eingegangenen Ladeeinheiten so zu gestalten, dass sie für einen optimalen internen Materialfluss geeignet sind.

- Bei nachgeschalteter automatischer Förder- und Lagertechnik, wie z. B. bei einer Einlagerung in ein automatisches Hochregallager, ist eine hohe Qualität des Ladehilfsmittels gefordert. Dadurch kann ein Umladen auf intern geeignete Ladehilfsmittel erforderlich werden.
- Durch die interne Handhabung und Lagerung können bestimmte Anforderungen an die Ladeeinheiten gestellt werden. Anforderungskriterien können z. B. sein:
 - Anforderungen an ein maximales Gesamtgewicht,
 - Anforderungen an maximale Außenabmessungen (Länge, Breite, insbesondere aber maximalen Höhe)
 - Anforderungen an die Stapelbarkeit bei Stapelung ohne zusätzliches Lagergestell.

Die unmittelbare Stapelbarkeit ist z. B. nicht gegeben, wenn bei den angelieferten Ladeeinheiten die obersten Ladeeinheiten unvollständig sind.

Wird eine Anforderung an die interne Handhabung und Lagerung nicht erfüllt, kann ein Umpacken erforderlich werden. Für das Umpacken müssen geeignete Ladehilfsmittel bereitgestellt werden und ggf. entsprechende Technik. Dies erfordert entsprechende Flächen, z. B. einen separaten Umpackplatz.

Frei werdende Ladehilfsmittel und Verpackungsmittel / Ladungssicherungen müssen aus dem Wareneingangsbereich entfernt werden entsprechend ihrer weiteren Verwendung (z. B. Einwegpaletten und Verpackungsmittel zur Entsorgung; Poolpaletten zur Reparatur bzw. in den Warenausgangsbereich zur Wiederverwendung oder zum Rücktransport).

Vor der Übergabe der physisch lagerfähig gemachten Ladeeinheiten an die nachgeschalteten Bereiche muss sichergestellt sein, dass die Ladeeinheiten auch datentechnisch den Anforderungen des Lagersystems entsprechen. Die Ladeeinheiten müssen ggf. noch an mindestens einer Stelle mit einer vorgegebenen Kennzeichnung versehen werden. Dies kann im einfachsten Fall eine nur visuell lesbare Kennzeichnung sein, i. d. R. wird aber eine maschinenlesbare Codierung (z. B. Barcode-Etikett, Transponder usw.) eingesetzt.

Die lagerfähigen und eindeutig gekennzeichneten Ladeeinheiten werden den nachgeschalteten Bereichen übergeben. Der Übergabepunkt zur Einlagerung über eine Stetigförderertechnik in ein automatisches Lagersystem ist der so genannte I-Punkt. Hier können ggf. alle physischen und datentechnischen Prüfungen zusammen gefasst sein.

2.1.1.2 Zentralisierung / Dezentralisierung des Wareneingangs

In einem intralogistischen System kann der Wareneingang zentral an einer Stelle zusammengefasst sein, er kann aber auch entsprechend der unterschiedlichen Anforderungen dezentralisiert werden. Auf die Entscheidung „Zentralisierung / Dezentralisierung des Wareneingangs“ gibt es verschiedene Einflussgrößen. Beispielhaft sind hier genannt:

- Einfluss der Waren auf die Handhabung
Die Homogenität der Ware bezüglich Gewicht, Abmessung, Anforderung an Umgebungstemperatur, Anforderung an die Qualitätsprüfung usw. hat Einfluss auf die Handhabung der Waren im Wareneingang.
 - Starke Abweichungen bei diesen Parametern können eine getrennte Behandlung erforderlich machen, z. B.:
Schwere Lasten oder Langgut erfordern gegenüber leichter Ware in Behältern grundverschiedene Umschlagtechniken
 - Große Mengen homogener Waren sollten möglichst mechanisch / halbautomatisch / automatisch umgeschlagen werden
- Einfluss der Lage der nachfolgenden Verwendungsorte
(i. d. R. Lagerbereiche oder Produktionsbereiche)
Der Wareneingang sollte möglichst nah an den nachfolgenden Verwendungsort gelegt werden, um die innerbetrieblichen Wege zu minimieren.
Bei weit auseinander gelegenen Verwendungsorten kann eine Trennung zweckmäßig sein, insbesondere bei Just-in-time oder Kanban-Anlieferungen.

Vorteile des zentralisierten Wareneingangs:

Die Zentralisierung des WE hat rationellere Abläufe zur Folge:

- Die Lieferanten / Dienstleister / Transporteure haben nur eine Anlaufstelle.
 - Zeiteinsparung, da nur einmal zum Entladen an der Rampe angedockt werden muss (Entlastung der LKW-Kapazität und der Tor-Kapazität).
 - Zeiteinsparung, da nur einmalige Anmeldung in der Lagerverwaltung

- Alle Waren gehen innerhalb eines Bereiches ein und werden zentral koordiniert. Irrtümer und Suchvorgänge werden damit minimiert.
- Bauliche und technische Einrichtungen sowie Ausrüstungen können besser genutzt werden, da sie nur einmal vorgehalten werden müssen.
- Der Personaleinsatz für den WE-Bereich kann optimiert werden.
- Die Zentralisierung der Qualitätsprüfung führt zu einer Bündelung der Prüfungskompetenz- und Verantwortung

Vorteile des dezentralisierten Wareneingangs:

Die Dezentralisierung des WE hat den Vorteil der handhabungsgerechten und verwendungsnahen Entladung. Sie ist notwendig, oder vorteilhaft bei

- stark unterschiedlicher Handhabung der Güter
- weit auseinander liegenden Verwendungsorten
- geringem Prüfaufwand
- Just-in-time oder Kanban-Anlieferung

2.1.2 Warenausgang (WA)

Der Funktionsbereich WA i. e. S. ist im Allgemeinen der Bereich eines intralogistischen Systems, in der die versandfertigen Waren bis zur Abholung bereitgestellt und an den Frachtführer übergeben werden.

Der Funktionsbereich WA wird aber i. d. R. weiter gefasst. In Anlehnung an VDI 3612 (Ausgabe 1978) nimmt der WA folgende Aufgaben wahr:

- Entgegennahme der Auftragsunterlagen und Entgegennahme der auszuliefernden Waren von den Lager- und Kommissionier-Lagerbereichen (Auftragszusammenführung / Konsolidierung).
- Durchführung der Identitäts- und Qualitätskontrolle
- Zusammenstellen und Verpacken der Waren zu versandfertigen Einheiten
- Versandkontrolle
- Erstellen der Versandpapiere und Bereitstellen der Ware zum Versand
- Disposition des Transportes
- Verladen der Ware

Die Zusammenführung der Teilaufträge (Konsolidierung) ist sehr flächenintensiv; es gibt aber auch technische Einrichtungen zu Konsolidierung, die die Raumhöhe nutzen (siehe Teil II.4, Kap. 4.4). Sie ist verbunden mit der auftragsbezogenen Bereitstellung der Waren aus den verschiedenen Lagerbereichen bis zur Verpackung / Palettierung. Unter günstigen Voraussetzungen kann diese Bereitstellungsfläche mit der Versandbereitstellungsfläche (WA i. e. S.) zusammengefasst werden.

Das Verpacken der Ware, einschließlich Identifikation und Kennzeichnung, hat ebenfalls einen erheblichen Flächenbedarf:

- Packplatz / Zusammenfassen zu Gebinden:
Hierzu gehören die Bereitstellung der Kartonagen, Einwegbehälter, Füllstoffe usw. sowie ggf. die Möglichkeiten zur Umreifung, erfassen von Volumen und / oder Gewicht und zur Kennzeichnung / Anbringen von Identträgern.
- Puffern / Sammeln der verpackten Gebindeeinheiten bis zur Palettierung.
- Palettierung / Zusammenfassen zu Transporteinheiten
Hierzu gehört die Bereitstellung von Paletten, Trennlagen usw.
- Ladungssicherung, wie z. B. Stretchen, Schrumpfen

Die fertig verpackte Ladeinheit kann dann zur Verladung an den WA i. e. S. übergeben werden. Dabei sind dann noch ggf. Reihenfolgen in der Beladung der Frachtmittel zu beachten.

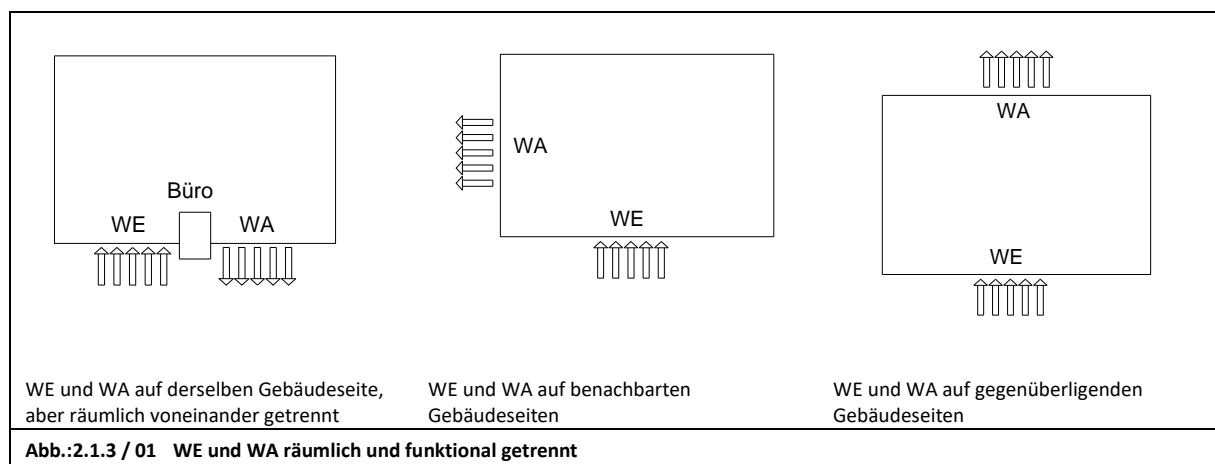
2.1.3 Zuordnung von WE zu WA

Bei der Wahl der innerbetrieblichen Standorte von WE und WA ist die Entscheidung zu treffen, ob die beiden Funktionsbereiche nebeneinander oder völlig getrennt voneinander angeordnet werden sollen.

Für die Anordnung und Nutzung der Verladestellen von WE und WA gibt es mehrere Gestaltungsmöglichkeiten, wie z. B.:

- WE und WA sind räumlich und damit auch funktional voneinander getrennt.
Dies kann auf verschiedene Weise realisiert werden. Rechteckige Gebäude vorausgesetzt, bieten sich folgende Möglichkeiten:
 - WE und WA liegen zwar auf derselben Gebäudeseite, sind aber räumlich voneinander getrennt
 - WE und WA liegen auf benachbarten Gebäudeseiten
 - WE und WA liegen auf gegenüberliegenden Gebäudeseiten
- WE und WA sind funktional voneinander getrennt, liegen aber beide an derselben Gebäudeseite, räumlich nebeneinander.
- Die Verladestellen werden kombiniert, d. h. dieselben Verladestellen werden sowohl für WE als auch WA genutzt; z. B. tageszeitlich abwechselnd oder nach Bedarf.

2.1.3.1 Räumliche Trennung von WE und WA



Vorteile der räumlichen und funktionalen Trennung:

- Ein gerichteter Materialfluss mit übersichtlicher Verkehrsführung.
- Bei unterschiedlichen Anforderungen können die Bereiche WE und WA unabhängig voneinander optimiert werden, z. B.
 - Bei unterschiedliche Anforderungen an die Fördertechnik oder sonstiger technischer Einrichtungen, die sich aufgrund unterschiedlicher Größe, Gewicht, Handhabbarkeit der anzuliefernden bzw. abzuholenden Ladeeinheiten ergeben.
 - Bei unterschiedliche Anforderungen an den Rampenbereich, durch unterschiedliche Aufbauten / Ladehöhen der anliefernden und abholenden Fahrzeuge.
 - Bei sehr unterschiedlichen Anforderungen an die Größen der Puffer- bzw. Bereitstellflächen.
- Die Möglichkeit der Wegminimierung durch gegenüberliegende Ein- und Auslagerungszonen (rechteckige Gebäuden vorausgesetzt). Dies betrifft insbesondere Systeme mit Cross-Docking und auch Systeme deren WE und WA nur über ein konventionelles Einheitenlager verbunden ist.

Anmerkung:

Bei Cross-Docking-Systemen mit sehr vielen Verladestellen (>150) können andere Gebäudeformen zweckmäßiger sein.

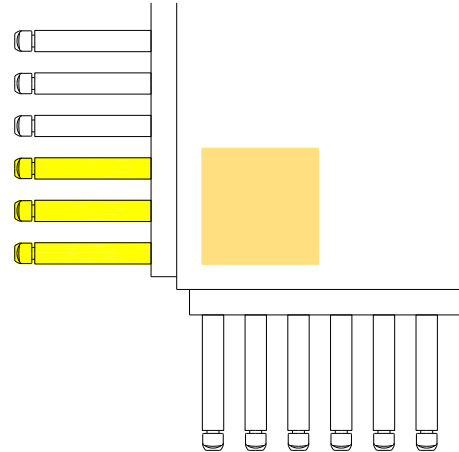
Nachteil bei WE und WA auf benachbarten Seiten:

- Der Eckbereich benachbarter Gebäudeseiten ist für Verladestellen nur eingeschränkt nutzbar, da sich der Flächenbedarf für Puffer- und Bereitstellplätze überschneidet.

Dies ist vor allem nachteilig, wenn so viele Verladestellen benötigt werden, dass beide Gebäudefronten komplett für Verladestellen genutzt werden müssten.

Abb.: 2.1.3 / 02

WE und WA auf benachbarten Gebäudeseiten mit Überschneidung der Puffer- und Bereitstellplätze



2.1.3.2 Funktionale Trennung von WE und WA, räumlich nebeneinander

Vorteile:

- Hohe Flexibilität, da die aneinandergrenzenden Verladestellen wechselweise als WE oder WA, je nach Bedarf, genutzt werden können. Bei schwankender Auslastung der beiden Funktionsbereiche erlaubt eine Nebeneinanderanordnung:
 - eine gute Raumausnutzung durch gemeinsam nutzbare Pufferflächen
 - Bessere Nutzung von Personal und Einrichtungen

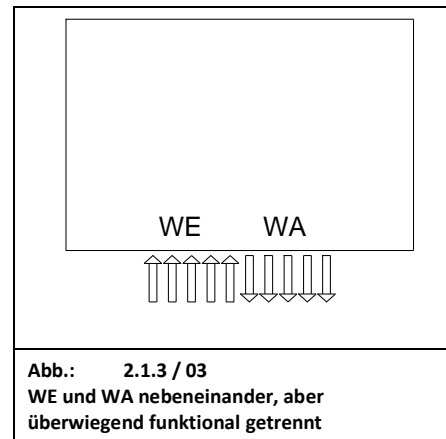


Abb.: 2.1.3 / 03
WE und WA nebeneinander, aber überwiegend funktional getrennt

Nachteile:

- Hohe Anforderungen an die flexibel zu nutzenden Verladerampen / Überladebrücken: Diese Verladerampen müssen sowohl an die Anforderungen der anliefernden als auch der abholenden Lieferfahrzeuge angepasst werden.
- Im Bereich der flexibel zu nutzenden Verladerampen müssen entsprechende Verkehrswege zwischen dem WE- und WA-Bereich vorgehalten werden.

2.1.3.3 Kombinierte Nutzung der Verladestellen für WE und WA

Vorteile der kombinierten Nutzung:

- Bezogen auf ein konventionelles Lager liegt der Vorteil in der geringeren Anzahl der erforderlichen Verladestellen infolge der flexiblen Nutzung.

Voraussetzung:

- Die Anlieferung und die Abholung in WE / WA sind zeitlich so voneinander getrennt, dass eine Doppelnutzung der Verladestellen keine wesentlichen Nachteile bringt.
- Die Anforderungen an den Rampenbereich durch die anliefernden und abholenden Fahrzeuge sind annähernd gleich.

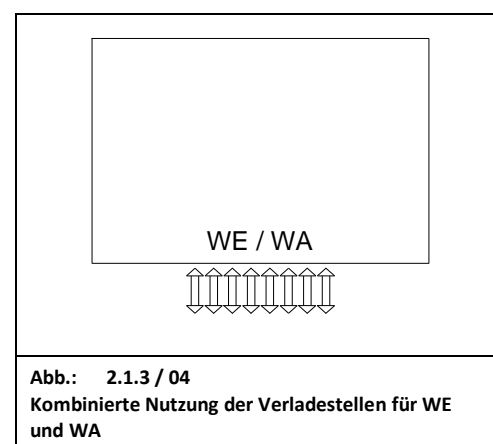


Abb.: 2.1.3 / 04
Kombinierte Nutzung der Verladestellen für WE und WA

- Beim Cross-Docking liegt der wesentliche Vorteil in der Wegminimierung beim Umladen. Den anliefernden und ausliefernden Transportfahrzeugen können Verladestellen zugewiesen werden, die möglichst dicht beieinander liegen.

Nachteil der kombinierten Nutzung

- Bei einer räumlichen Zusammenlegung von WE und WA müssen die Verladestellen sehr flexibel auf die unterschiedlichen Transportmittel (i. d. R. vom Klein-LKW bis zum Trailer) ausgelegt sein.
- Vor jeder Verladestelle im WE / WA müssen Stellflächen angeordnet werden, die sowohl das Bereitstellen als auch das Puffern erlauben.
 - Die Wege beim Be- und Entladen können länger werden
 - Es kann zur gegenseitigen Behinderung führen.
 - Bei stark unterschiedlichen Anforderungen an Bereitstellflächen und Pufferflächen kann der Flächenbedarf größer werden (z. B. Anlieferung mit Kleintransportern, Auslieferung mit Sattelschleppern).

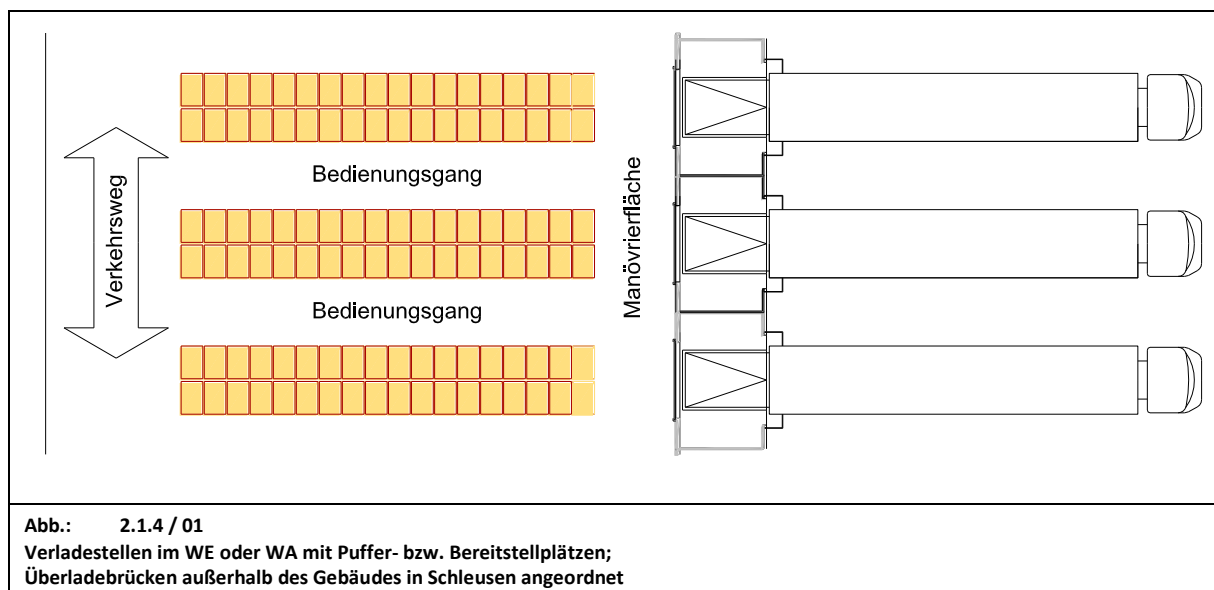
2.1.4 Flächen- und Raumbedarf für WE und WA

Der Flächen- und Raumbedarf für die beiden Funktionsbereiche WE und WA wird bestimmt durch:

- die erforderlichen Pufferflächen im WE und die Bereitstellungsflächen im WA:
 - Im WE werden die angelieferten Güter bis zu weiteren Verwendung (WE-Prüfung, Identifikation, usw.) gepuffert;
 - im WA werden die Güter z. B. nach Kunden oder Versandart, ggf. in der erforderlichen Verlade-Reihenfolge geordnet zwischengelagert;
- die erforderlichen Verkehrsflächen vor, hinter und zwischen den Puffer- und Bereitstellplätzen;
- die Flächen für die jeweiligen Einrichtungen, die zur Aufgabenerfüllung erforderlich sind (Umpackanlagen, Palettieranlagen, Stretchanlagen, usw.).

Das Bemessungskriterium für die Puffer- und Bereitstellungsflächen sind die durchschnittlichen Standzeiten der Güter in den Funktionsbereichen. Nach [GUD 2, Kap. 16.3] sind im WE und WA die Anzahl der Bereitstell- und Pufferplätze je Verladestelle abhängig von:

- den Durchsatzmengen
- den Bearbeitungszeiten
- der benötigten Entkopplung zwischen den innerbetrieblichen und außerbetrieblichen Logistikketten, die an der Schnittstelle „Rampe“ zusammentreffen.



Im Idealfall werden im Wareneingang komplette LKW-Transporteinheiten entladen und ohne Absetzen über Stetigförderer direkt eingelagert; umgekehrt werden Ladeeinheiten zu kompletten LKW-Transporteinheiten ausgelagert und im Warenausgang direkt verladen. Dies kann z. B. beim Shuttleverkehr zwischen Produktion und räumlich getrennt angeordnetem Zentrallager gegeben sein.

In der Regel werden die Arbeitsabläufe mit Pufferung und Bereitstellung bodennah ausgeführt. WE und WA benötigen daher i. d. R. nur relativ geringe Raumhöhen; sie sind aber sehr flächenintensiv. Die Anzahl der Puffer- bzw. Bereitstellplätze je Verladestelle muss mindestens der Ladekapazität des größten andockenden Transportmittels entsprechen; d.h. vor einer Verladestelle für Trailer müssen mindestens 34 Palettenplätze vorgehalten werden.

Das Beschicken dieser Bereitstellplätze und das Abziehen der Ladeeinheiten von den Bereitstellplätzen ist beim Einsatz von Flurförderzeugen mit sehr langen Wegen verbunden.

Der investitionsintensive Flächenbedarf, insbesondere aber die personalintensiven langen Wege fordern zur Optimierung heraus:

- Sind die Ladeeinheiten bereits aus der Packerei / Palettierung fertig gekennzeichnet und in der richtigen Reihenfolge dem Warenausgang angedient worden, kann die Fläche für Bedien- und Kontrollgänge reduziert werden. An deren Stelle können zusätzliche Bereitstellplätze angeordnet werden, was zu einer Verkürzung der Bereitstellfläche und damit der Wege führt. Das gilt analog auch für den WE-Bereich.
- Durch Pufferung, bzw. Bereitstellung auf Stetigförderern können die statischen Puffer-, bzw. Bereitstellplätze entfallen. Hierdurch entfallen auch die Wege innerhalb der Puffer- bzw. Bereitstellflächen. Besonders geeignet hierfür sind Rollenbahnen.

In vergleichsweise wenigen Fällen erfolgt im WE- / WA-Bereich die Pufferung und / oder Bereitstellung in mehrstöckiger Lagerung, da in den Bereichen WE / WA häufig noch Arbeitsabläufe stattfinden, welche die Bodennähe erfordern. Sollte diese Bodennähe nicht erforderlich sein, empfehlen sich:

- Durchlaufregal mit relativ wenigen Ebenen übereinander, da die Hub- und Positionierzeiten schnell den Vorteil der Wegzeitverkürzung aufzehren
- Automatische Lagersysteme, welche auch die Funktion der Auftragszusammenstellung übernehmen.

2.1.5 Anzahl Verladestellen

Die Anzahl der Tore in den Bereichen WE / WA muss im richtigen Verhältnis zu den geforderten Umschlagsleistungen stehen.

In Anlehnung an [GUD 2, Kap. 6] resultiert die erforderliche Anzahl der Tore für WE bzw. WA aus

- der Frequenz der anliefernden und abholenden Fahrzeuge zur Zeit der Spitzenbelastung
- den Be- und Entladezeiten, inkl. den Nebenzeiten
- den Bearbeitungszeiten im Wareneingang und im Warenausgang.

Starke Ausschläge in der Frequenz der anliefernden bzw. abholenden Fahrzeuge sollten durch entsprechende Koordination im Vorfeld vermieden werden. Auch die Bearbeitungszeiten im WE / WA sind planbar.

Die Be- und Entladezeiten beinhalten die nachfolgend beschriebenen Zeitkomponenten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass sich die Zeitanteile im WE und WA wegen unterschiedlicher Techniken grundsätzlich unterscheiden können:

- Zeit für Entladen inkl. Nebentätigkeiten:
 - Rangier- und Andockzeit, ggf. Anschluss von Energiezufuhr und Steuerleitungen
 - Öffnen der Ladeluke / Abplanen und Lösen der Ladungssicherung

- Entladezeit i. e. S. je nach System (z. B. manuell oder automatisch) und zu entladender Anzahl Ladeeinheiten.
- Abdocken (inkl. Lösen von Energiezufuhr und Steuerleitungen) und Freigeben der Verladestelle
- Zeit für Beladen inkl. Nebentätigkeiten:
(prinzipiell umgekehrte Reihenfolge wie „Entladen“, jedoch ggf. anderer Zeitbedarf):
 - Rangier- und Andockzeit, ggf. Anschluss von Energiezufuhr und Steuerleitungen
 - Öffnen der Ladeluke / Abplanen,
 - Beladezeit i. e. S. je nach System und zu verladender Anzahl Ladeeinheiten.
 - Anbringen der Ladungssicherung und Schließen der Ladeluke / Aufplanen
 - Abdocken (inkl. Lösen von Energiezufuhr und Steuerleitungen) und Freigeben der Verladestelle
- Die Bearbeitungszeiten im Wareneingang und Warenausgang (z. B. WE-Kontrolle) tragen auch zur Verlängerung der Torbelegungszeit bei; sie sind somit systemabhängig (s. o.). Bei innerbetrieblichem Shuttleverkehr entfallen diese Zeiten z. B. ganz.

2.1.6 Verladung im WE und WA „Manuell vs. Automatisiert“

Die Torbelegungszeiten können systemabhängig erheblich schwanken. Die immer noch übliche Art der Verladung ist in den meisten intralogistischen Systemen die Be- und Entladung mit Handgabelhubwagen oder Gabelstapler. Automatisierte Systeme belegen Nischenplätze, wie z. B. Einsatz im Shuttleverkehr, oder auch z. B. in der Getränkeindustrie, bei der große Mengen sehr homogener und formstabiler Güter verladen werden.

Bei manueller Verladung mit Handgabelhubwagen bzw. mit Gabelstapler wirken sich insbesondere die Wegzeiten aus. Dies gilt verstärkt, wenn die komplette Transporteinheit nicht bereits im Vorfeld in Tornähe bereitgestellt wird, sondern die Ladeeinheiten von auseinander liegenden Stellplätzen zur Verladung abgeholt werden müssen.

Die teilautomatisierten bzw. automatisierten Systeme unterscheiden sich nach [GÜN 2] anhand der Kriterien:

- Verladeart
 - Heckverladung
 - Seitenverladung
- Anforderungen an die Systemaufbauten auf den LKWs
 - Mit Fördertechnik auf den LKW-Ladeflächen
 - Ohne Fördertechnik auf den LKW-Ladeflächen

	Erforderliche Fördertechnik auf den LKW's		Leistung	
	Mit Fördertechnik auf den LKWs	Ohne Fördertechnik auf den LKWs	Anzahl Paletten je Ladung	Verladezeit (Be- bzw. Entladen i. e. S.)
Heckverladung	Tragkettenförderer oder Rollenbahnen		32 Pal.	2 – 3 Min
	Gurtbandförderer		32 Pal.	2 – 3 Min
		Teleskopgabel ¹⁾	27 Pal.	2 – 5 Min
Seitenverladung		Portalkran ²⁾	32 Pal.	4 – 6 Min
		(Teleskopgabel ³⁾)		
1) Systemlänge 7,5 m, daher Einsatz i. d. R. bei Gliederzügen mit Heckverladung 2) Nur halbautomatisch 3) Üblicher Einsatz bei Heckverladung, nach [GÜN 2] auch Querverladung denkbar				
Tab.: 2.1.6 / 01 Systemüberblick „Automatisierte Verladesysteme“ in Anlehnung an [GÜN 2]				

Bei den meisten automatisierten Verladesystemen müssen die LKW-Ladeflächen mit Fördertechnik ausgestattet sein, die mit der Fördertechnik im Warenausgang des Versenders und mit der Fördertechnik im Wareneingang des Empfängers korrespondiert. Zu den teilautomatisierten bzw. automatisierten Verladesystemen zählen Systeme mit:

- Tragkettenförderer und Rollenbahnen
- Gurtbandförderer
- Portalkran
- Teleskopgabelförderer

Die Nebenzeiten für das für Be- und Entladen können im ersten Ansatz mit ca. 7 – 10 Min. angenommen werden, tendenziell eher 10 Min. Damit liegen die Torbelegungszeiten bei automatisierten Systemen mit Rollenbahn, bzw. Tragkettenförderer bei ca. 12 Min. Bei den Systemen mit Portalkran liegen die Zeiten geringfügig höher.

Beim manuellen Be- bzw. Entladen können im ersten Ansatz als grober Richtwert ca. 30 Min als Torbelegungszeit angenommen werden.

Kriterien, die für oder gegen ein automatisiertes Ladesystem sprechen:

	Einflussgrößen	wenig geeignet	gut geeignet
Stückgut	Zustand Größe Zusammensetzung	Lose Stücke Unterschiedliche Größen Mischgut	palettiert, Behälter Normeinheiten Einheitsgut
Transportabwicklung	Anzahl unterschiedlicher Zielorte bzw. Ladestellen Zwischenumschlag Transporteinheit Verladeart (Heck- Seitenbeladung) Umschlagmenge Ausrüstung der Ladestellen	viele Mit Zwischenumschlag Unterschiedliche Fahrzeugmuster unterschiedlich klein unterschiedlich	wenige Ohne Zwischenumschlag einheitliche Fahrzeugmuster einheitlich groß einheitlich

Tab.: 2.1.6 / 02 Kriterien bei der Entscheidung für oder gegen ein automatisiertes Ladesystem nach [GÜN 3]

Sonstige Vor- und Nachteile der manuellen und automatisierten Verladung
(in Anlehnung an [GÜN 2])

Manuelle Verladung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringe Investitionskosten ▪ Hohe Flexibilität bei wechselnden Anforderungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lange Wartezeiten der LKWs <ul style="list-style-type: none"> ○ Geringe Umschlagsleistung je Verladestelle, damit ○ Höherer Bedarf an Verladestellen und damit hoher Platzbedarf ▪ Keine gleichmäßige Auslastung des Personals ▪ Teilweise ungünstige Arbeitsbedingungen ▪ Hohe Wartungskosten bei Gabelstaplern

Automatisierte Verladung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Personaleinsparung ▪ Verringerung der Verladezeiten / Erhöhung des Umschlags ▪ Geringerer Platzbedarf für die Verladung ▪ Geringerer Bedarf an Verladestellen (Einsparung an Gebäudetechnik) ▪ Erhöhte Verfügbarkeit der Verladesysteme ▪ Verringerung der Gutbeschädigung ▪ Verringerung der Fehllieferungen 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Investitionskosten ▪ Hohe Anforderungen an die Förderhilfsmittel und Ladeeinheiten ▪ Bei Systemen mit notwendiger Fördertechnik auf den LKW's. <ul style="list-style-type: none"> ○ Einschränkungen bei der Auswahl des Transporteurs ○ Einschränkung beim Einsatz der LKW's bei der Routenplanung ○ Gewicht der Fördertechnik

2.2 Lagerbereiche

2.2.1 Einheitenlager

Die Bezeichnung „Einheitenlager“ leitet sich aus dem Umstand ab, dass stets ganze Lagereinheiten zu einem Lagerort gebracht und von dort wieder ausgelagert werden [JÜN 1]. Bei den „ganzen Lagereinheiten“ kann es sich durchaus um Anbruchpaletten aus einem Kommissionierlager handeln. Wesentliches Merkmal ist, dass in einem Einheitenlager an den Lagereinheiten keine mengenmäßigen Veränderungen vorgenommen werden - von Beginn der Einlagerung bis zum Abschluss der Auslagerung - .

Aufgabe des Einheitenlagers ist das reine Lagern als gewollte Unterbrechung des Materialflusses. Dies kann fertigungstechnisch begründet sein. Auch aus logistischer und / oder betriebswirtschaftlicher Sicht kann das Lagern mit dem Ziel der Zeitüberbrückung zweckmäßig sein. Gründe hierfür können sein:

- Veredelung der Produkte durch Lagern, z. B. Zeitüberbrückung für Reifeprozesse
- Pufferung, zum Zeitausgleich unterschiedlicher Ankunfts- und Abflussraten, die sich bei normalem Betrieb ergeben.
- Sicherung des Produktionsflusses und der Lieferbereitschaft durch Sicherheitsbestände. Gefahren aus unvorhergesehenen Absatzschwankungen, verspäteten Lieferungen usw. sollen damit verringert werden.
- Ausnutzung von Preisvorteilen, z.B. durch Einlagerung größerer Mengen vor Preiserhöhungen oder bei Sonderangeboten.

Tendenziell ist aber die Minimierung der Lagerbestände anzustreben.

Die Bewegungsabläufe innerhalb des Einheitenlagers bestehen nur aus der Einlagerung, der Auslagerung und – in Ausnahmefällen – aus einer Umlagerung (Veränderung des Lagerortes innerhalb des Einheitenlagers). Es handelt sich somit immer um gleichartige Abläufe, die gut automatisierbar sind.

Bei einem Einheitenlager ist i. d. R. das wirtschaftliche Lagern vorrangig gegenüber den Bewegungsabläufen. Es werden daher Lager mit hoher Raumausnutzung angestrebt, wie sie z. B. bei Blocklagern gegeben ist.

Das häufigste automatische Lagersystem für Einheitenlager ist heutzutage das Hochregallager. Daneben gibt es aber noch eine Vielzahl weiterer automatischer Lagersysteme, wie z.B. die automatischen Lagersysteme im Bereich der Blocklager. Die Wirtschaftlichkeit automatischer Lagersysteme ist aber abhängig von der Lagerkapazität und der Umschlagsleistung.

Kleinere Lager werden heute noch von der Technik und der Steuerung her konventionell betrieben. Die Bezeichnung „konventionell“ bezieht sich auf Lager, die mit klassischen Arbeitsmitteln wie Gabelhubwagen, Stapler o. ä. betrieben werden und als Hallenbauten mit oder ohne demontierbare Regale konzipiert werden [JÜN 1].

2.2.2 Kommissionierlager

Kommissionierlager dienen hauptsächlich der Sortierfunktion [FÜR 1]. Nach VDI 3590 Bl. 1 ist die Funktion „Kommissionieren“ definiert als „das Zusammenstellen von bestimmten Teilmengen (Artikel) aus einer bereitgestellten Gesamtmenge (Sortiment) auf Grund von Bedarfsinformationen (Aufträge)“.

Mit dem Kommissionieren sind die Begriffe „Bereitstellungseinheit“, „Position“, „Entnahmeeinheit“ und „Entnahmemenge“ verbunden.

- Eine Bereitstellungseinheit setzt sich zusammen aus einer bestimmten Menge eines Artikels. Diese Artikelmenge ist zu einer Einheit zusammengefasst und wird zur Vereinzelung bereitgestellt.
- Eine Position oder Kommissioniereinheit umfasst die Entnahmemenge, die laut Kommissionierauftrag von einem bestimmten bereitgestellten Artikel entnommen werden soll.
- Eine Entnahmeeinheit ist die kleinste Einheit, die aus einer Bereitstellungseinheit entnommen werden kann.
- Die Entnahmemenge einer Position kann mehrere Entnahmeeinheiten umfassen.

Bei den Kommissionierlagern kann es sich um komplexe Systeme handeln, die sich aus mehreren einzelnen, in sich funktionsfähigen Kommissioniersystemen zusammensetzen können.

Das Thema „Kommissioniersystem“ wird in einem eigenen Kapitel behandelt (siehe Kap. 4).

3 STRATEGIEN ZUR GESTALTUNG VON LAGERSYSTEMEN

In allen Funktionsbereichen intralogistischer Systeme werden Lagertechniken und Lagerelemente eingesetzt (siehe hierzu insbesondere Teil II: „Lagertechnische Einrichtungen“ und Teil III: „Lagerverwaltung, Datenerfassung- und Verarbeitung“). Die wesentlichen Lagerelemente / Lagertechniken sind:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| ▪ Lager- bzw. Ladeeinheit | Zu einer Einheit zusammengefasstes Lagergut mit oder ohne Ladehilfsmittel |
| ▪ Lager- / Bereitstellplatz | Stationärer oder mobiler Bereitstellplatz für Ladeeinheiten (Bodenlagerung, Regale, fördertechnische Systeme) |
| ▪ Förder- und Kommissioniertechnik | Technische Einrichtungen zur Zu- und Abförderung sowie zur Sortierung |
| ▪ Techniken im WE / WA | Diverse Techniken, wie z. B. Verpackungssysteme, automatische Be- und Entladesysteme, Überladebrücken, I- und K-Punkt |
| ▪ Lagerverwaltung und Lagersteuerung | EDV und Software zur Lagerverwaltung- und Steuerung, Identifikation und Kontrolle |

Bei der Planung intralogistischer Systeme müssen geeignete Lagerelemente / Lagertechniken ausgewählt werden. Zur Optimierung von Kommissioniersystemen müssen die Einflüsse der Grundfunktionen gegeneinander abgewogen werden. Darüber hinaus gibt es aber noch eine Vielzahl an Gestaltungsmaßnahmen, die es erlauben, den Lager- und Kommissionierbereich optimal an die gestellten Anforderungen anzupassen.

Diese zielgerichteten Maßnahmen werden im Weiteren als Strategien bezeichnet. Die Lagerstrategien umfassen alle Gestaltungsmaßnahmen für alle Lagertypen (vom Flachlager bis zum Hochregallager), die Gestaltungsmaßnahmen im physischen Lageraufbau sowie die organisatorischen Gestaltungsmaßnahmen. Im Folgenden werden die verschiedenen Strategien in die 4 Gruppen aufgeteilt:

- Lageraufbaustrategien
- Einlagerstrategien (organisatorische Gestaltung / Lagerablauf)
- Auslagerstrategien (organisatorische Gestaltung / Lagerablauf)
- Fahr- und Laufstrategien (organisatorische Gestaltung / Lagerablauf)

Zu den Lageraufbaustrategien zählen alle Gestaltungsmaßnahmen im physischen Lageraufbau. Die Auswirkungen der Lageraufbaustrategien sind – gemessen an den organisatorischen Maßnahmen in den Lager- und Kommissionierbereichen – langfristiger Natur. Es handelt sich hierbei i. d. R. um einmalige Entscheidungen, die beim Aufbau des Systems zu treffen sind. Mit dem Lageraufbau wird der Rahmen geschaffen, in dem sich die Lagerprozesse und die Kommissionierung abspielen [KUN 1]. Die Auswahl geeigneter Lageraufbaustrategien setzt aber die Annahme bestimmter Lagerplatzvergabe-strategien sowie Fahr- und Laufstrategien voraus. Der physische Lageraufbau sollte daher entsprechend flexibel gestaltet werden, um spätere Veränderungen in den Anforderungen durch organisatorische Gestaltungsmaßnahmen kompensieren zu können.

Die Lagerplatzvergabe-strategien sowie die Fahr- und Laufstrategien haben das Ziel, die Arbeitsabläufe so zu gestalten, dass die Abläufe sicher und der erforderliche Aufwand minimal gehalten werden. Dabei lassen sich die Strategien im Gegensatz zu den Aufbaustrategien kurzfristig ändern; sie können somit an die jeweiligen Anforderungen angepasst werden.

Die reinen Kommissioniersysteme stellen ein sehr spezielles Thema dar. Ergänzende Aufbau- und Ablaufstrategien für die reinen Kommissioniersysteme werden in Kapitel 4 ff behandelt.

3.1 Lageraufbaustrategien

3.1.1 Gestaltung von Lager- und Bereitstellungseinheit

Das Thema Lade-, Transport-, Lager- und Bereitstellungseinheit wird in Teil II „Lagertechnische Einrichtungen“ näher beschrieben. Danach sollte grundsätzlich innerhalb einer Transportkette gelten:

Ladeeinheit = Transporteinheit = Lagereinheit

Dies setzt die Abstimmung zwischen allen voraus, die an der Transportkette beteiligt sind. Dabei hat aber der Lagerbetreiber nicht immer die Möglichkeit, seine Interessen bei der Auswahl des Ladehilfsmittels und der Bildung von Ladeeinheiten angemessen mit einzubringen.

Die Gestaltung der Ladeeinheit hat Einfluss auf

- die Möglichkeit der Raumnutzung
- das Spektrum der in Frage kommenden Förder- und Lagermittel
- den Aufwand für das Handling jeder Einheit
- den Aufwand für das Kommissionieren

3.1.1.1 Gestaltung der Einheiten für den Lagerbereich

Werden vom Lagerbetreiber hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit seines Lagersystems gestellt (z. B. bei automatischen Hochregallagern), so setzt dies auch qualitativ hochwertige Ladehilfsmittel voraus. Eine Untersuchung hat ergeben, dass intern eingesetzte Paletten die Fehlerraten minimieren. Demgegenüber weisen im Pool umlaufende Paletten höchste Fehlerraten auf.

Eine Reduzierung der Fehler ist einerseits durch Prüf- und Überwachungseinrichtungen möglich, andererseits durch den Einsatz von Sonderpaletten. Die Verwendung von Sonderpaletten erfordert entweder den Palettentausch, oder die so genannte Huckepacklösung. Die Huckepacklösung empfiehlt sich insbesondere, wenn der Versand im Pool erfolgen soll.

Sollten längere Lagerzeiten zu erwarten sein (z. B. C-Artikel), kann es u. U. wirtschaftlich sein,

- statt des gut manipulierbaren Transporthilfsmittels ein raumsparendes Lagerhilfsmittel einzusetzen
- die Güter mehrerer Ladeeinheiten zu einer großvolumigen Lagereinheit zusammenzufassen. Dadurch verringert sich das Freivolumen, das zur Manipulation der Ladeeinheiten über jedem Stellplatz erforderlich ist.

Die oben genannten Gestaltungsmöglichkeiten haben sowohl Vor- als auch Nachteile:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erhöhte Zuverlässigkeit des Systems ▪ Lagerraumersparnis 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zusätzlicher Aufwand für Manipulieren ▪ Zusätzliche Kosten für Beschaffung, Wartung der internen Ladehilfsmittel

3.1.1.2 Gestaltung der Einheiten für den Kommissionierbereich

Besonders im Kommissionierbereich kann die Bereitstellung ganzer Ladeeinheiten verschiedene Probleme aufwerfen:

- Die Ladeeinheiten werden im Kommissionierbereich vereinzelt:
 - Es müssen ggf. die Sicherungsmittel entfernt werden (z. B. bei tragenden Ladehilfsmitteln). Die Sicherungsmittel müssen aus dem Kommissionierbereich entfernt werden.
 - Durch die Vereinzelung wird der ursprüngliche Verband des Stapels aufgelöst; die Teilmengen weisen dann nicht mehr den Zusammenhalt auf wie die Gesamtmenge. Dadurch sind sie u. U. für die Lagerung, insbesondere aber für den Transport (z. B. bei dynamischer Bereitstellung) ungeeignet.

- Die abkommissionierten Ladehilfsmittel müssen aus dem Kommissionierbereich entfernt werden. Bei manueller Entnahme sind somit auch das Gewicht und die Größe des Ladehilfsmittels zu berücksichtigen. Dies gilt insbesondere bei manueller Entnahme aus einem Durchlaufregal. Solange das leere Ladehilfsmittel nicht entfernt werden kann, sind die dahinter stehenden Ladeeinheiten zum Kommissionieren nicht erreichbar.
- Verschiedene Ladehilfsmittel schließen Fließlagerung aus (vergl. VDI 3563 Stetigfördern von Kleinbehältern und Paletten).
- Die Bereitstellungseinheiten sind zu hoch, um bei horizontaler Fortbewegung aus der zweiten Bereitstellungsebene abkommissioniert zu werden.
- Die Artikelmenge ist erheblich größer als die Menge, die durchschnittlich bereitgestellt werden müsste, um ein sicheres Kommissionieren ohne Nachschubprobleme zu gewährleisten.
- Abhängig von der Struktur der Zu- und Abgänge entstehen Bestandsveränderungen. Bei zu großen Ladeeinheiten führen diese zu ungenutzten Volumen.
- Die Bereitstellungseinheiten im Kommissionierbereich sollen möglichst artikelrein sein. Dies gilt insbesondere bei hoher Umschlagshäufigkeit.
- Bei nicht artikelreinen Ladeeinheiten können leistungsmindernde Nachschubschwierigkeiten entstehen, wenn einer der Artikel aus dieser Einheit schneller abkommissioniert wird.

Aus diesen Problemen lassen sich folgende Gestaltungsmöglichkeiten ableiten:

- Umladen der Lagergüter in umschließende Ladehilfsmittel vor der Beschickung des Kommissionierbereiches, bzw. vor der Wiedereinlagerung im System mit dynamischer Bereitstellung.
- Das Untersetzen von Kufen oder sonstigen Hilfsmitteln unter die Ladehilfsmittel
- Der Palettentausch auf leichte und / oder raumsparende Sonderpaletten.
- Die Verringerung der Artikelmenge je Ladeeinheit durch Entnahme der oberen Lagen vor der Beschickung.
- Die völlige Umgestaltung der Ladeeinheiten zur Bereitstellungseinheit, bezüglich Artikelzusammensetzung, Artikelmenge und Ladehilfsmittel.
- Der völlige Verzicht auf das Ladehilfsmittel:
 - Das Lagergut kann z. B. mit Hilfe einer Abschiebevorrichtung am Fördergerät von der Palette in das Regalfach oder den Durchlaufkanal abgeschoben werden.
 - Die Ladeeinheit kann von Hand oder mit Hilfe eines Depalettierers vorvereinzelt werden.

Im Fachregal wird nur die erforderliche Artikelanzahl bereitgestellt. Im Durchlaufregal stehen die Bereitstellungseinheiten hintereinander im Durchlaufkanal.

Vor Verzicht auf das Ladehilfsmittel ist zu prüfen, ob das Lagergut (im Stapel oder einzeln) für die nachfolgenden lager- und / oder fördertechnischen Abläufe geeignet ist (ob es z. B. durchlauflagerfähig ist).

Die oben genannten Gestaltungsmöglichkeiten haben sowohl Vor- als auch Nachteile:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> Durch Anpassung der Bereitstellungseinheiten kann der Kommissionierbereich optimal gestaltet werden: Je geringer die Bereitstellungsmenge je Artikel ist, desto kleiner ist die erforderliche Regalbedienungsfläche. Damit werden die Kommissionierwege kürzer und die Anfahrdichte erhöht sich. Auch die Greiftiefe kann verringert werden 	<ul style="list-style-type: none"> Alle die o. g. Gestaltungsmöglichkeiten machen zusätzliche Manipulationen erforderlich Die Verwendung von Sonderpaletten verursacht darüber hinaus zusätzliche Kosten für die Beschaffung, Wartung und Bevorratung dieser Paletten. Je kleiner die Bereitstellungseinheiten bei gegebener Entnahmemenge sind, desto häufiger muss nachgefüllt werden. Damit wird der Beschickungsaufwand höher.

3.1.2 Bilden von Lagerzonen

Die Aufteilung des gesamten Lagerbestandes auf verschiedene Lagerzonen kann aus verschiedenen Gründen zweckmäßig oder gar notwendig sein. Überwiegend ergibt sie sich aus den jeweiligen Anforderungen der Lagergüter an eine sachgemäße Lagerung, wenn die Güter von ihren Eigenschaften / Beschaffenheiten sehr unterschiedlich sind.

3.1.2.1 *Kriterien für die Strukturierung der Artikel*

- | | |
|---|---|
| ▪ Gefahrgutklassen | z. B. Sonderlager für gefährliche Stoffe |
| ▪ Eigentumsverhältnisse | z. B. Zolllager, Konsignationslager |
| ▪ Warenwert | z. B. Sicherung gegen Diebstahl |
| ▪ Anforderungen der Artikel an die Umgebung | z. B. Anforderung an temperaturgeführte Lagertemperaturen |
| ▪ Anforderungen der Artikel an die Lagerart und / oder die Handhabung | z. B. wegen Form, Gewicht, Volumen; Stabilität (formstabil / biegeschlaff) usw. |
| ▪ Durchschnittliche Lagerbestände je Artikel | z. B. Trennung in Zeilenlagerung und Blocklagerung |
| ▪ Umschlagshäufigkeit und / oder | z. B. Trennung in Schnellläufer- und |
| ▪ Zugriffshäufigkeit | Langsamläuferzonen |

3.1.2.2 *Strukturierung der Artikel gemäß ABC - XYZ - Analyse*

Zur Strukturierung der Artikel eines Sortimentes werden diese nach ihrer Wichtigkeit anhand bestimmter Merkmalausprägungen in Artikelklassen unterteilt. Je nach Zielrichtung der Analyse können hierbei sehr unterschiedliche Merkmale zugrunde gelegt werden. Ein gängiges Verfahren ist die aus der Betriebswirtschaft bekannte ABC – Analyse. Die Artikel innerhalb von z. B. Lagerbeständen oder Einkaufsvolumina werden dabei wert- und mengenmäßig sortiert. Je nach ihren Wertanteil (Menge multipliziert mit dem Preis je Artikel) werden die Artikel den Klassen A, B, oder C zugeordnet (Klasse A steht für hochwertige, Klasse C für minderwertige Artikel).

Bei der Planung und Strukturierung (Zonung) von Lager- und Kommissioniersystemen sind die Umschlagshäufigkeit und die Zugriffshäufigkeit je Artikel wichtige Merkmale als Basis der Analysen. Die ABC- Analyse wird hierfür analog angewendet (Zur Unterscheidung zur wertmäßigen Betrachtung wird diese Analyse in der Betriebswirtschaft als XYZ-Analyse bezeichnet; im reinen Lagergeschäft wird sie aber ebenfalls als ABC-Analyse bezeichnet).

Danach werden z. B. Artikel nach ihrer Umschlaghäufigkeit unterteilt in:

- | | |
|--------------------------------------|-----------|
| ▪ Schnelldreher (auch Schnellläufer) | A-Artikel |
| ▪ Mitteldreher | B-Artikel |
| ▪ Langsamdreher | C-Artikel |

Anmerkung 1:

Für fast alle Branchen gilt die Faustregel:

- Nur ca. 10 - 20 % der Artikel machen ca. 60 – 80 % des gesamten Umschlags aus.
Diese Artikel werden der Klasse A zugeordnet.
- Der größte Teil der Artikel macht den geringsten Anteil am Umschlag aus (z. B. 60 % der Artikel haben einen Anteil an der Umschlagmenge von nur 10%).
Diese Artikel werden der Klasse C zugeordnet.
- Die restlichen Artikel werden der Klasse B zugeordnet.

Anmerkung 2:

Häufig werden die A-Artikel weiter unterteilt, indem Artikel mit besonders hoher Umschlagshäufigkeit als A+ und ggf. als A++ Artikel ausgliedert werden. Das gleiche kann umgekehrt auf die C-Artikel zutreffen.

Artikel mit ähnlicher Umschlags- bzw. Zugriffshäufigkeit werden zu Lagerzonen zusammengefasst. Die Lagerzonen mit hoher Umschlags- bzw. Zugriffshäufigkeit werden in der Nähe der Auftragszusammenstellung / Warenausgang angesiedelt. Dagegen werden die langsamdrehenden C-Artikel im hinteren Lagerbereich untergebracht. Mit dieser Anordnung wird das Ziel verfolgt, die Transportwege gering zu halten.

Voraussetzung für eine sinnvolle umschlagsbezogene Zuordnung von Artikeln zu Lagerzonen ist:

- Genaue Kenntnis der Umschlagshäufigkeit jedes Artikels.
- Die Umschlagshäufigkeit der Artikel muss über einen längeren Zeitraum konstant sein.

Das reine Verfahren der ABC- Analyse ist eine Betrachtung, die sich auf ein Merkmal (z. B. Wertigkeit, Umschlagshäufigkeit usw.) bezieht. Es können aber auch zwei und ggf. drei „ABC“- Analysen miteinander kombiniert werden, wie z. B.:

- | | |
|------------------|-------------------------|
| ▪ ABC | Wertigkeit von Artikeln |
| ▪ XYZ (bzw. ABC) | Umschlagshäufigkeit |
| ▪ LMN | Größe von Artikeln |

Die Kombination der Analyseergebnisse von zwei Parametern ergibt eine matrixförmige, drei Parameter eine kubusförmige Darstellung.

3.1.3 Bilden von Lager- und Kommissionierbereichen

Die Hauptfunktionen eines intralogistischen Systems sind i. d. R. das Lagern und das Kommissionieren (Grenzbereiche wie z. B. Cross Docking ausgenommen). In Lagersystemen werden i. d. R. Artikel in ganzen Lagereinheiten bevorratet (siehe oben „Einheitenlager“). Von den gleichen Artikeln sollen aber auch im Rahmen der Kommissionierung Teilmengen entnommen werden können.

Der Aufbau eines Einheitenlagers und der eines Kommissionierlagers haben grundverschiedene Anforderungen. Die Strukturierung / Untergliederung dieser Funktionsbereiche und die räumliche Zuordnung dieser Teilbereiche zueinander beeinflusst wesentlich die Gestaltungsmöglichkeiten und damit die Leistungsfähigkeit der einzelnen Bereiche.

Ein Extrem der Gestaltungsmöglichkeiten wäre, dass der gesamte Bereich Lager und das Kommissioniersystem eine Einheit bilden. Das Lagergut kann sowohl in ganzen Ladeeinheiten

ausgelagert, als auch in einzelnen Kommissioniereinheiten abgerufen werden (siehe nachfolgend „Integration von Lager- und Kommissionierbereich“).

Das andere Extrem wäre die Aufteilung dieser beiden Bereiche in jeweils mehrere Teilbereiche, die räumlich voneinander getrennt sind.

Neben diesen beiden Extremen führt eine Vielfalt an Realisationsmöglichkeiten zu einem fließenden Übergang der Typen. Eine exakte Abgrenzung ist daher oft nicht möglich. Die Zuordnungsvarianten zwischen den Bereichen Einheitenlager zum Bereich Kommissionierlager, bei denen zwar eine räumliche Trennung besteht, diese beiden Bereiche aber in enger Nachbarschaft angeordnet sind, werden im Folgenden als „Mischformen“ bezeichnet.

3.1.4 Zuordnung von Lager- zu Kommissionierbereich

3.1.4.1 *Integration von Lager- und Kommissionierbereich*

Der Lagerort der Ware ist zugleich Bereitstellungs- und Entnahmeplatz für das Kommissionieren.

Integration von Lager- und Kommissionierbereich	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ einfacher Material- und Datenfluss ▪ Flächen für das Fördersystem zwischen Lager- und Kommissionierbereich entfallen. Das ermöglicht eine gute Raum- und Flächennutzung 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Anzahl an Stellplätzen erforderlich. ▪ Lange Wege insbesondere beim Kommissionieren, aber auch beim Ein- und Auslagern; ▪ Schlechte Lagerbelegung. ▪ Eine greifoptimale Gestaltung der Entnahmeplätze für das Kommissionieren ist kaum möglich.

Ursachen für die Vorteile sind:

- Das Problem der Nachschuborganisation entfällt
- Nach der Einlagerung werden keine weiteren Zwischentransporte und Umlagerungen erforderlich
- Die Bestände lassen sich mit einer Lagerdatei führen

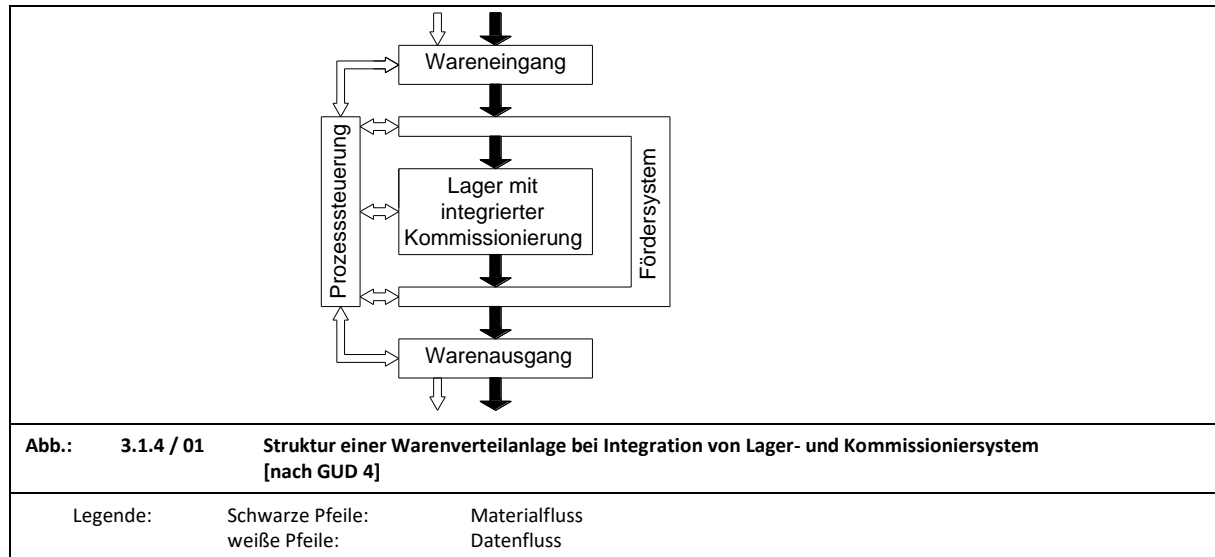
Ursachen für die Nachteile

Die Nachteile sind in den unterschiedlichen Zielsetzungen der Lagertechnik und der Kommissioniertechnik begründet [vergl. WER 1 und GUD 3]:

- In Systemen, in denen kommissioniert wird, ist die feste Lagerplatzzuordnung üblich. Diese Strategie bietet die einfachste Wegoptimierung.
Prinzip der festen Lagerplatzzuordnung ist, dass für jeden Artikel genügend Lagerplätze vorgehalten werden müssen, um den jeweils maximalen Bestand aufzunehmen. Da der durchschnittliche Bestand i. d. R. wesentlich geringer ist, sind Lager mit fester Lagerplatzzuordnung i. d. R. schlecht belegt.
- Eine hohe Zahl an Stellplätzen ist gleichbedeutend mit einer großen Regalbedienungsfläche und mit langen Wegen. Dieser Nachteil wirkt umso stärker,
 - je großvolumiger die Artikel
 - je größer die Maximalbestände
 - je geringer die Fachanfahrten je Rundfahrt sind
 Eine Milderung dieses Nachteils kann erreicht werden durch Hintereinander-Anordnung der Stellplätze für gleiche Lagereinheiten in Durchlaufkanälen.

- Insbesondere in Lagern mit zweidimensionaler Fortbewegung, bei denen der Kommissionierer von der angehobenen Plattform des Kommissionierfahrzeuges aus Artikel entnehmen muss, kann der Greifvorgang von großen Bereitstellungseinheiten schwierig werden. Mit zunehmenden Beständen pro Artikel in einer Bereitstellungseinheit verlängern sich i. d. R. auch die mittleren Greifzeiten.

Da in integrierten Lagern alle Bereitstellungseinheiten zur Entnahme von Teilmengen bereitstehen, muss sichergestellt sein, dass immer nur eine Bereitstellungseinheit im Anbruch ist.



3.1.4.2 Trennung von Lager- und Kommissionierbereich

Die Forderungen, das Kommissionieren greif- und wegegünstig und die Lagerung möglichst raumsparend zu gestalten, führen zur Trennung dieser beiden Funktionsbereiche. Die strikteste Trennung wird mit Kommissioniersystemen mit dynamischer Bereitstellung erreicht.

Bei diesem System ist das Einheitenlager über eine Fördertechnik mit dem Kommissionierbereich verbunden. Innerhalb des Kommissionierbereiches werden keine Waren gelagert. Da es sich hierbei schwerpunktmäßig um eine Gestaltung des Kommissionierbereiches handelt, wird auf das Kapitel 4.3 verwiesen.

3.1.5 Regalanordnung

Regallager bestehen aus den Regalen und aus Gängen zur Ver- und Entsorgung der Regale und des Lagers. Für die Gänge gibt es vielfältige Bezeichnungen

- Für einen Gang entlang einer Regalfront oder zwischen zwei Regalen zur Beschickung und / oder Entsorgung des Lagers gibt es u. a. die Bezeichnungen "Regalbedienungsgang", oder "Regalgang", sowie "Gasse" und "Nebengang".
- Ein Gang, der quer zu Regalgängen angeordnet ist, wird häufig "Quergang" bezeichnet. Dabei kann es sich auch um einen reinen Fluchtweg innerhalb des Lagers handeln.
Führt dieser Quergang an den Stirnseiten der Regale entlang, sind die häufigsten Bezeichnungen hierfür "Stirngang", "Kopfgang", oder aber auch "Hauptgang".

Ziel der Strategie "Regalanordnung" ist, die Gesamtlänge der erforderlichen Regale und die dazugehörigen Gänge so aufzuteilen und anzuordnen, dass unter Berücksichtigung von Flächenrestriktionen die Wege zur Lagerbedienung minimal sind.

Parameter sind:

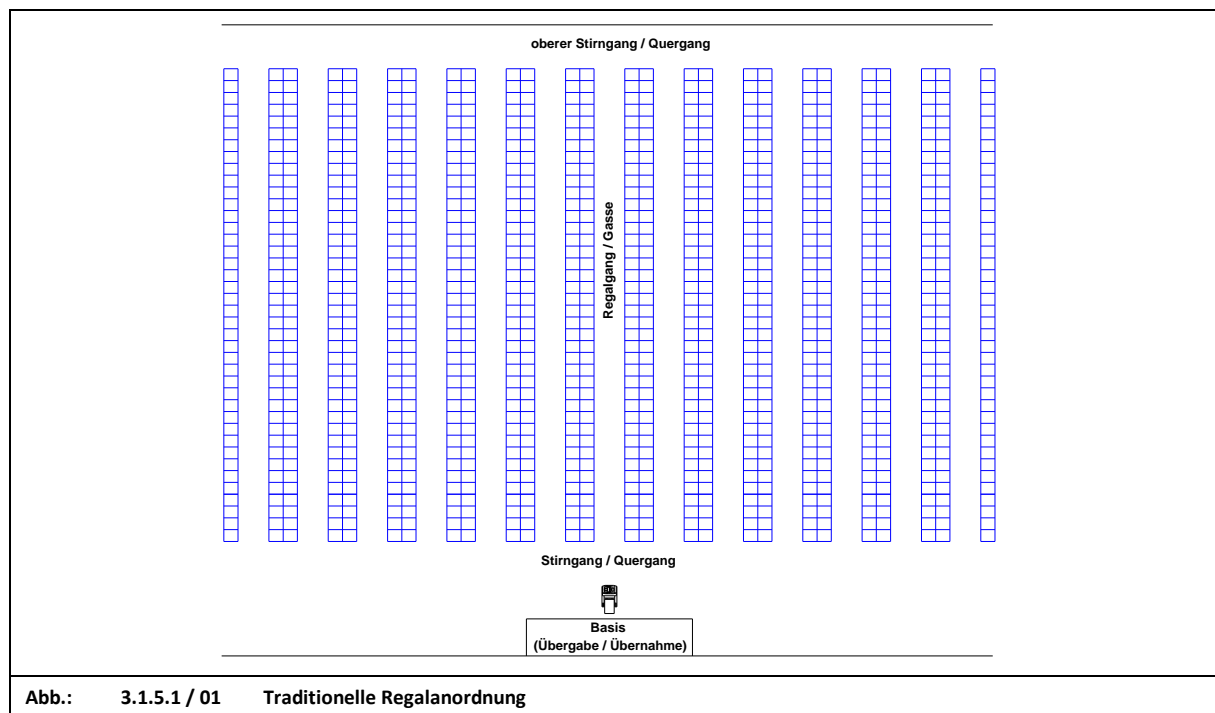
- Fachbreite, Fachhöhe, Fachtiefe
- Anzahl Fächer nebeneinander, übereinander und hintereinander
- Breite der Gänge

Mit diesen Parametern kann das vorläufige Lager-Layout für eine Zone definiert werden (für Kommissioniersysteme siehe auch Kap. 5.1.4).

3.1.5.1 Traditionelle Regalanordnung in Einheitenlagern und in Kommissionierlagern

Regallager sind üblicherweise nach folgenden Merkmalen gestaltet:

- Die Regale werden parallel zueinander angeordnet, so dass auch die Regalgänge gerade und parallel zueinander verlaufen.
- Die Stirngänge haben ebenfalls einen geraden Verlauf.
- Die Stirngänge und die Regalgänge werden rechtwinklig zueinander angeordnet.



Abgesehen von räumlichen Restriktionen und von Begrenzungen durch Vorschriften besteht bei dieser Anordnung die Optimierung insbesondere darin, die Regalgesamtlänge so aufzuteilen, dass die Wege für die Regalbedienung (Beschickung und Auslagerung) in den Gassen und entlang der Quergänge minimal sind.

3.1.5.2 Regalanordnungen nach "Flying-V-Layout" und "Fishbone-Layout"

In Studien zur Regalanordnung für manuell bediente Kommissionierlager wurden zwei Merkmale der traditionellen Regalanordnung aufgegeben.

- Es sind nicht alle Stirngänge rechtwinklig zu den Regalgängen angeordnet
- Die Stirngänge haben nicht zwingend einen geraden Verlauf.

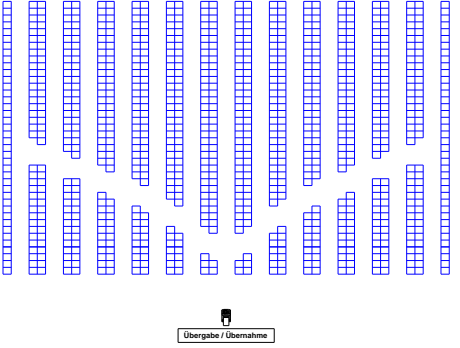
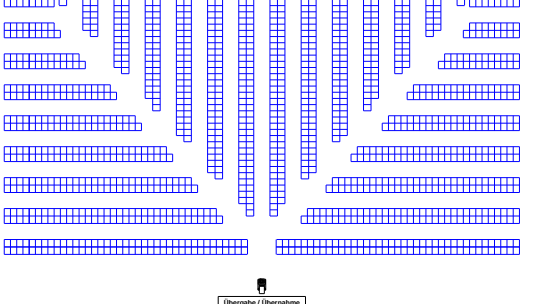
Beim "Flying-V" wird die Regalgesamtlänge unterteilt in eine gewisse Anzahl parallel angeordneter Regale mit dazwischen liegenden Regalgassen. Diese Regale werden aber durch zwei V-förmig zueinander angeordnete Stirngänge in drei Blöcke unterteilt (siehe Abb. unten).

Vorteil:	Nachteil:
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aufgrund dieser Anordnung der Stirngänge und der Unterteilung in drei Blöcke können gegenüber der traditionellen Regalanordnung Wege abgekürzt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Quergänge in V- Form führen zu einem etwas größeren Flächenbedarf.

Das Fishbone-Layout ist eine Weiterentwicklung des Flying-V-Layouts.

- Wie beim Flying-V-Layout sind auch beim Fishbone-Layout zwei Stirngänge in V-Form angeordnet. Dadurch besteht auch hier das System aus drei Blöcken.
- Abweichend vom Flying-V-Layout ist aber der Block oberhalb der V-förmigen Stirngänge nicht parallel zu den restlichen Regalen angeordnet, sondern rechtwinklig.

Durch diese Regalanordnung können sich weitere Wegabkürzungen gegenüber dem Flying-V-Layout ergeben.

	
a) Flying V-Layout	b) Fishbone-Layout
Abb.: 3.1.5 / 02 Regalanordnungen gemäß „Flying V-Layout“ und „Fishbone-Layout“	

3.2 Lagerplatzvergabestrategien / Einlagerstrategien

Zu den reinen Einlagerstrategien zählen:

- Strategie der Lagerordnung
- Querverteilung
- Lagerplatzvergabe nach Umschlagshäufigkeit

Diese Einlagerstrategien können teilweise gleichzeitig eingesetzt werden.

3.2.1 Feste und freie Lagerordnung

Die Strategie der Lagerordnung unterscheidet zwischen

- der festen Lagerordnung und
- der freien oder chaotischen Lagerordnung

3.2.1.1 Feste Lagerordnung

Bei fester Lagerordnung wird jedem Artikel eine bestimmte Anzahl von Plätzen oder Fächern an einem festen Lagerort zugewiesen. Es besteht damit eine feste Beziehung zwischen der Artikelnummer und der Bezeichnung des Lagerortes.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Übersichtlichkeit des Prinzips und damit <ul style="list-style-type: none"> ○ geringer organisatorischer Aufwand bei Ein- und Auslagerung. ○ auch bei Fehlern in der Lagerbestandsdatei ist der Zugriff zu jedem Artikel möglich. Selbst bei Verlust der Datei ist der Zugriff gesichert. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Für jeden Artikel müssen Lagerplätze reserviert werden und zwar in der Höhe des maximalen Bestandes. Dabei ist es gleichgültig, ob der Artikel vorübergehend am Lager ist oder nicht. ▪ Wird der Bestand eines Artikels über den geplanten Maximalbestand erhöht, so muss

<ul style="list-style-type: none"> ▪ Für Artikel mit unterschiedlichen Abmessungen können die Lagerplätze an den jeweiligen Artikel angepasst werden. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ die nicht eingeplante Menge an einem zweiten Lagerort gelagert werden, oder ○ der gesamte Artikelbestand muss in eine andere Lagerzone umgesetzt werden.
--	---

3.2.1.2 Freie Lagerordnung

Die „Freie Lagerordnung“ ist unter verschiedenen Namen bekannt, wie z. B.:

- Dynamische Lagerordnung
- Chaotische Lagerordnung
- Open Warehouse System

Bei der freien Lagerordnung existieren keinerlei Beziehungen zwischen der jeweiligen Artikelnummer und der Lagerortbezeichnung. Die Lagereinheiten können in beliebige freie Lagerplätze eingelagert werden. Kommt eine neue Ladeinheit eines Artikels hinzu, erfolgt die Lagerplatzzuordnung unabhängig von eventuell bereits vorhandenen Ladeinheiten des gleichen Artikels.

Die wechselseitige Nutzung der Fächer ist natürlich nur innerhalb einer homogenen Lagerzone möglich, d. h. alle Ladeinheiten einer Zone sind von gleicher lagertechnischen Beschaffenheit [GUD 5]. Dadurch kann das Prinzip insoweit eingeschränkt werden, dass die Ladeinheiten nur innerhalb vorgegebener Bereiche frei eingelagert werden dürfen. Es wird daher nach [SCH 3] unterschieden zwischen

- Völlig freier Lagerordnung und
- Freier Lagerordnung innerhalb fester Bereiche.

Durch diese Einschränkung soll erreicht werden, dass dem einzulagernden Gut der optimale Lagerort zugewiesen wird, z. B. Einlagerung in die Kühlzone oder aber auch die Zuordnung kleiner Ladeinheiten zu kleinen Fächern.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Es muss nicht Platz für die Summe der Maximalbestände jedes Artikels reserviert werden, sondern nur für den maximalen Bestand über alle Artikel, der zu einem Zeitpunkt gelagert werden muss. Dieser Umstand kann zu erheblichen Lagerplatzeinsparungen führen und damit <ul style="list-style-type: none"> ○ Einsparung an Lagergestellen ○ Einsparung an umbautem Raum ○ Verkürzung der Weglängen ▪ Niemand weiß, wo bestimmte Artikel eingelagert sind. Dadurch kann auch keine gezielte, aber unüberwachte Entnahme erfolgen (Bestandssicherheit). 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Erheblicher organisatorischer Aufwand ▪ Im Rahmen einer Notfallstrategie (z. B. Computerausfall) kann keine gezielte Entnahme erfolgen, da niemand weiß, wo bestimmte Artikel eingelagert sind.

3.2.2 Querverteilung

Die Strategie der Querverteilung bezieht sich auf Hochregallager, die mit regalabhängigen Förderzeugen bedient werden. Sie fordert, dass jeder Artikel über mindestens zwei oder mehr Gänge im Lager verteilt wird. Das wesentliche Ziel dieser Strategie besteht darin, dass trotz Ausfall eines Regalförderzeuges der Zugriff zu allen Artikeln gesichert ist. Darüber hinaus werden die Förderzeuge gleichmäßig ausgelastet und durch den parallelen Zugriff auf gleiche Artikel kann die Leistung gesteigert werden.

3.2.3 Lagerplatzvergabe nach ABC-Klassifikation

Bei der Lagerplatzvergabe für ABC- klassifizierte Artikel (z. B. nach Umschlagshäufigkeit oder Zugriffshäufigkeit) ist zu unterscheiden:

- Lagerplatzzuordnung zu fest vorgegebenen Lagerzonen, die im Lageraufbau anhand einer ABC-Analyse vorgegeben sind (siehe oben).
- Lagerplatzzuordnung innerhalb von Lagerbereichen ohne ABC-Strukturierung.

3.2.3.1 Lagerplatzvergabe in Lagern mit fester ABC-Struktur

In Lagerbereichen, die entsprechend der ABC-Struktur der Artikel in feste Lagerzonen unterteilt sind, werden die Ladeeinheiten zunächst ihrer jeweiligen Lagerzone zugeordnet. Innerhalb dieser einzelnen Zonen können wiederum unterschiedliche Lagerplatzvergabestrategien gelten, wie z. B.:

- Feste oder freie Lagerordnung
- Querverteilung

Nachteil dieser Belegungsstrategie ist:

- Die vorhandene Lagerkapazität ist entsprechend einer vorgegebenen ABC-Struktur aufgeteilt. Bei veränderlichen Artikelmenen innerhalb der ABC-Klassen (z. B. variablen Umschlagshäufigkeiten, oder bei saisonal wechselndem Produktsortiment) kann diese Lagerstruktur auch bei insgesamt konstantem Lagervolumen eine Lagerzone zum Überlaufen bringen, während in einer anderen Zone leere Stellflächen vorhanden sind.

3.2.3.2 Lagerplatzvergabe in Lagern ohne feste ABC-Struktur

In Lagerbereichen mit freier (chaotischer / dynamischer) Lagerordnung (siehe oben), in denen Artikel mit unterschiedlicher ABC-Klassifikation gelagert werden, wird bei jeder Einlagerung eines Artikels unter den freien Lagerplätzen der Lagerplatz ausgewählt, der entsprechend der Klassifikation des jeweiligen Artikels die kürzesten Wegzeiten erwarten lässt. Tendenziell führt diese Lagerplatzbelegung auch zur Bildung von „Lagerzonen“, da z. B. in einer Hochregallagergasse die Schnelldreher möglichst ganz vorne in der Nähe des Ein-Auslagerungspunktes und die Langsamdreher weit hinten / oben in der Gasse eingelagert werden.

Vorteil dieser Belegungsstrategie ist:

- Die gesamte Lagerkapazität steht für das Lagervolumen aller Artikelklassen zur Verfügung. Mengenmäßige Verschiebungen innerhalb der Artikelklassen führen bei konstanter Gesamtmenge nicht zu Lagerengpässen.

Nachteil bei dieser Belegungsstrategie ist:

- Ist das Lager relativ voll, dann sind im vorderen Bereich alle Plätze belegt. Schnelldreher müssen dann entweder sehr weit hinten eingelagert werden, oder Artikel mit geringerer Umschlagshäufigkeit müssen vorher umgelagert werden.
- Ist das Lager relativ leer, müssen für die Auslagerung von Mittel- und Langsamdreher lange Wege zurückgelegt werden, um in die hinteren Bereiche der Regalgasse zu kommen, obwohl im vorderen Bereich noch freie Lagerplätze vorhanden sind.

3.3 Auslagerungsstrategien

Auslagerungsstrategien sind zweckmäßig, oder gar notwendig, wenn häufig aufgrund eines Auslagerungs-, oder eines Kommissionierauftrags auf Artikel im Lager zugegriffen werden sollen, von denen jeweils mehrere Ladeeinheiten bevorratet werden.

Die Auslagerstrategie kann schon mit der Auswahl der Lagerart festgelegt werden, z. B.

- Durchlauflager bedingt fifo
- Einfahrlager bedingt lifo.

Ziele der Auslagerungsstrategien können sein:

- Gleichmäßiger Warenumsatz / Vermeidung von Überalterung
- Minimierung der Wege und / oder des Handling-Aufwandes
- Optimierung der Nutzung der Lagerkapazitäten

3.3.1 Fifo-Prinzip (First In – First Out)

Das Fifo-Prinzip besagt, dass von jedem Artikel die Ladeeinheiten, die zuerst eingelagert wurden, auch zuerst ausgelagert werden. Dies kann sich auf Chargen oder einzelne Ladeeinheiten beziehen. Der Zweck dieser Maßnahme ist insbesondere die Vermeidung der Alterung der Artikel. Das Fifo-Prinzip ist die gängigste Strategie für die Auslagerung.

3.3.2 Lifo-Prinzip (Last In- First-Out)

Das Lifo-Prinzip ist das genaue Gegenteil des Fifo-Prinzips; es werden von jedem Artikel die zuletzt eingelagerten Bestände zuerst entnommen. Das Lifo-Prinzip ist i. d. R. nicht gewollt; bei bestimmter Lagertechniken (z. B. beim Einfahrregal) ist das Lifo-Prinzip aber ohne Umlagerung unumgänglich.

3.3.3 Fefo-Prinzip (First Expire – First Out)

Das Fefo-Prinzip ist eine Auslagerstrategie aus der Lebensmittelbranche. Kriterium für die Auslagerungsreihenfolge innerhalb eines Artikelbestandes ist das Mindesthaltbarkeitsdatum.

3.3.4 Mengenanpassung und Restmengenbevorzugung

Innerhalb des Lagerbestandes eines Artikels kann es Ladeeinheiten geben mit unterschiedlichen Lademengen. Hierfür kommen verschiedene Ursachen in Betracht; z. B.

- Bereits bei der Anlieferung können sich mehrere Ladeeinheiten eines Artikels in den Mengen je Ladeeinheit unterscheiden (z. B. Anlieferung mehrerer voller Paletten und eine Palette mit dem Rest zur Erfüllung der Auftragsmenge).
- Auch in Lagersystemen mit integriertem Lager- und Kommissionierbereich gibt es Ladeeinheiten eines Artikels mit unterschiedlichen Bereitstellungsmengen.
- Bei der dynamischen Bereitstellung von Ladeeinheiten aus dem Einheitenlager für die Kommissionierung ergeben sich durch die Kommissionierung zwangsläufig Anbruchpaletten. Diese müssen nach dem Kommissioniervorgang wieder zurück in das Einheitenlager gefördert und dort gelagert werden.

Zur Minimierung der Anzahl an Rücklagerungen und zur Minimierung der Anzahl an Anbruchpaletten im Einheitenlager gibt es die Auslagerstrategien:

- Mengenanpassung
- Restmengenbevorzugung

3.3.4.1 *Mengenanpassung*

Ziel dieser Strategie ist es, die Zahl der Auslagerungen und Wiedereinlagerungen von ganzen Ladeeinheiten und Anbruchpaletten auf ein Minimum zu reduzieren.

- Dies kann erreicht werden, indem mehrere Einzelaufträge zu einer Auftragsserie (Batch) zusammengefasst werden.
- Wesentliches Kriterium ist aber, dass aus den bereitstehenden ganzen Paletten und den Anbruchpaletten eines Artikels im Einheitenlager diejenige Palette zum Auslagern herausgesucht wird, deren Artikelzahl mengenmäßig am besten mit der Auftragsgröße übereinstimmt [SCH 3].

Vorteil	Nachteil
<ul style="list-style-type: none"> Durch den Abgleich „Bestand je LE“ mit „Mengenanforderung des Kommissionierauftrags“ wird die Anzahl der Rücklagerungen reduziert. 	<ul style="list-style-type: none"> Überschreitet ein Kommissionierauftrag mengenmäßig den jeweiligen Bestand auf vorhandenen Anbruchpaletten, wird auf eine volle LE zugegriffen. Dadurch wird die Anzahl der Anbruchpaletten erhöht.

3.3.4.2 Restmengenbevorzugung

Bei der Strategie der Restmengenbevorzugung wird zur Kommissionierung zunächst überprüft, ob von dem zu kommissionierende Artikel eine Anbruchpalette im Einheitenlager vorhanden ist. Anbruchpaletten werden mit Priorität ausgelagert. Ist der Bestand auf einer vorhandenen Anbruchpalette für den Kommissioniervorgang nicht ausreichend, wird zusätzlich eine volle LE ausgelagert und angebrochen.

Vorteil: Im Lager gibt es neben den vollen LE maximal eine Anbruchpalette je Artikel.

3.4 Fahrstrategien im Lager

Ziel der Fahrstrategien ist die Minimierung des Aufwands, insbesondere der erforderlichen Zeit und damit überwiegend der Wege für die Durchführung der Prozesse

- Einlagerung
- Auslagerung
- Umlagerung (bei Bedarf)

Bei manchen Lagersystemen kann es zweckmäßig sein, die eingelagerten Ladeeinheiten umzulagern. Dies betrifft insbesondere Lagersysteme mit mehrfachtiefer Lagerung. Beispiele hierfür sind:

- Bei nicht sortenreiner Belegung eines Lagerfaches muss zur Entnahme der hinteren Ladeeinheit zunächst die vordere Ladeeinheit umgelagert werden.
- zur optimalen Volumennutzung kann es zweckmäßig sein, die Ladeeinheiten aus Anbruchfächern zusammenzuführen.

Die Zeit- bzw. Wegeoptimierung innerhalb eines Einheitenlagers kann sich nur auf einen bestimmten Planungszustand beziehen. Einflussgrößen sind u. a.:

- Handhabbarkeit der Ladeeinheiten
 - Kleine Gebinde (leichte Stückgüter), die noch von Hand zu manipulieren sind
 - Ladeeinheiten die nur mit Fördergeräten transportiert werden können.
- Gangabhängigkeit der Fördergeräte
 - Gangunabhängige Fördergeräte (z. B. Gabelstapler, kurvengängiges oder umsetzbares Regalförderzeug, kurz RFZ) gegenüber ganggebundenen RFZ
- Anzahl der Lastaufnahmemittel, bzw. maximale Transportkapazität
 - z. B. Regalförderzeuge mit einer, zwei, oder mehreren Teleskopgabeln
- Anzahl und Anordnung der Ein- und Auslagerungspunkte

3.4.1 Handhabbarkeit der Ladeeinheiten

3.4.1.1 *Einheitenlager für leichte Stückgüter*

Bei Lagersystemen für leichte Stückgüter ist zu unterscheiden in

- Konventionelle Lager (z. B. manuell bedientes Kleinteilelager)
- Automatisierte Lager

In konventionellen Lagern für leichte Stückgüter können bei Verwendung geeigneter Transporthilfsmittel mit großer Ladekapazität (z. B. Plattformwagen) mehrere Lagerplätze in einem

Rundgang zum Ein- und Auslagern z. B. durch zu Fuß gehendes Personal bedient werden. Die Fahr- und Laufstrategien sind dann mit denen in einem Kommissionierlager zu vergleichen (siehe unten).

Bei den automatisierten Lagern für leichte Stückgüter gibt es mehrere sehr unterschiedliche Systeme. (siehe Teil II „Technische Einrichtungen“). Die folgenden Aussagen beziehen sich auf die gängigsten Systeme.

Bei diesen automatisierten Systemen lagern die Lagereinheiten in einem statischen Lager. Die Beschickung und Entnahme erfolgt mit Hilfe eines automatischen Regalbediengerätes (RBG) oder synonym Regalförderzeug (RFZ). Insbesondere nach dem maximalen Gewicht der einzelnen Ladeinheit kann unterschieden werden:

- Tablarlager $\leq 300 \text{ kg}$
- Automatische Kleinteilelager (AKL) $\leq 50 \text{ kg}$

Bei den automatisierten Lagern für leichte Stückgüter war in den letzten Jahren die Steigerung der Ein- und Auslagerleistung wesentlicher Gegenstand der technischen Entwicklung. Hierfür wurde meist die Anzahl der Lastaufnahmen auf den Regalbediengeräten erhöht. Damit verringerte sich die durchschnittliche Länge zwischen den einzelnen Anfahrpunkten. Die Durchsatzleistung konnte somit erhöht werden.

Diese Systeme haben gemein, dass sie Ladeeinheiten zum Einlagern pulkweise übernehmen und zum Auslagern pulkweise übergeben. Beim Auslagern ist die Reihenfolge der Ladeeinheiten nicht unbedingt an die Erfordernis der nachfolgenden Verwendung gebunden. Dadurch können sich zusätzliche Sortiervorgänge ergeben.

3.4.1.2 Einheitenlager für schwere Ladeeinheiten (z. B. Palettenlager)

In Einheitenlagern, in denen die Ladeeinheiten bezüglich des Gewichts und Volumens nur mit Hilfe von Fördergeräten transportiert werden können (z. B. Paletten) wirken sich die Kriterien „Ganggebundenheit der Fördergeräte“ und „Anzahl der Lastaufnahmemittel“ sowie „Anzahl der Ein- und Auslagerungspunkte“ auf die Fahrstrategien aus (siehe unten).

3.4.2 Anordnung der Ein- und Auslagerungspunkte (E / A)

Der Ein- und der Auslagerungspunkt ist jeweils der Ort der Übergabe der Ladeinheit vom zuliefernden Fördersystem an das einlagernde Fördergerät bzw. der Übernahme des abfördernden Systems vom Fördergerät.

3.4.2.1 E / A bei ganggebundenen Fördergeräten

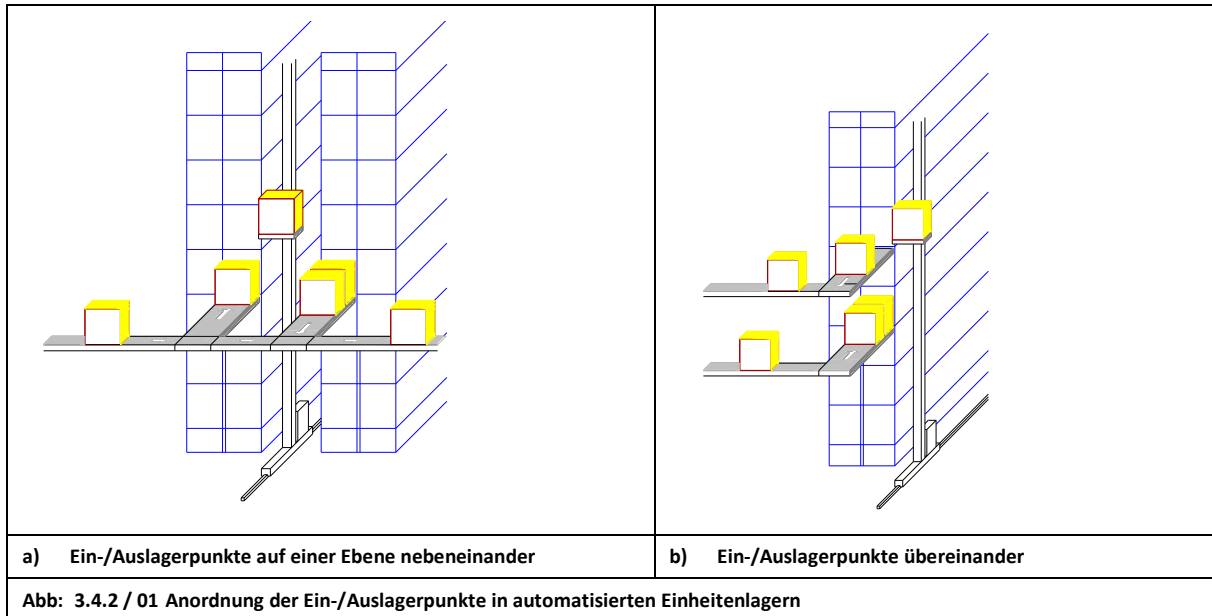
Die einfachsten Formen der Fahrstrategien ergeben sich bei konventionellen Hochregallagern.

- Die Fördergeräte sind ganggebunden.
- Die Fördergeräte haben nur ein Lastaufnahmemittel.
- Es gibt nur einen Einlagerungspunkt und nur einen Auslagerungspunkt.
 - Diese sind häufig an einer Regalstirnseite zu einem gemeinsamen Ein- und Auslagerungspunkt zusammengelegt, bzw. dicht beieinander.
 - Bei Systemen, in denen Wareneingang und Warenausgang auf gegenüberliegenden Gebäudeseiten angeordnet sind, können die Ein- und Auslagerungspunkte an den Regalstirnseiten der gegenüberliegenden Gangenden angeordnet sein.
Diese Anordnung bedingt i. d. R. sehr lange Leerfahrten zwischen Auslagerungspunkt und Einlagerungspunkt.

Üblich sind die Systeme, bei denen Ein- und Auslagerung an einer Regalstirnseite eines Regalbedienungsanges zusammen liegen.

Für die Anordnung der Ein- und Auslagerungsorte bieten sich zwei Möglichkeiten an:

- Ein- und Auslagerung auf einer Ebene nebeneinander
- Ein- und Auslagerung auf zwei Ebenen übereinander angeordnet



3.4.2.1.1 Ein- und Auslagerung auf einer Ebene nebeneinander

An einer Regalseite des Ganges ist die Einlagerung, an der benachbarten Regalseite auf gleicher Ebene die Auslagerung.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Da Übergabe und Übernahme quasi gleichzeitig erfolgen, hat dieses System die geringsten Verweilzeiten bei der Übergabe / Übernahme. ▪ Die heranführenden Güter und die wegführenden Güter werden über dieselbe fördertechnische Einrichtung transportiert; damit ist die Fördertechnik relativ preiswert. Übliche fördertechnische Einrichtungen sind z. B.: <ul style="list-style-type: none"> ○ Stetigförderer ○ Verteilerwagen ○ FTS 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mit der gemeinsamen Nutzung der Fördertechnik für die Zu- und Abförderung ist auch gleichzeitig der Nachteil des Systems verbunden. Die Leistung des Systems bezüglich der Ein- und Auslagerungen ist sehr begrenzt. Der Nachteil wird umso deutlicher, je mehr Gassen über dieselbe Fördertechnik ver- und entsorgt werden sollen.

3.4.2.1.2 Ein- und Auslagerung auf zwei Ebenen übereinander angeordnet

Vorteile	Nachteile
Die Fördertechnik für das Zu- und Abführsystem kann ohne gegenseitige Behinderung gestaltet werden. Die Leistungen der Fördertechnik können daher an die Anforderungen der Regalbedienung angepasst werden.	Zwischen Übergabe und Übernahme muss das Lastaufnahmemittel vertikal verfahren werden. Dadurch entsteht für das RFZ an der Lagerstirnseite eine Verweilzeit.

Ausgehend von der Anordnung der Ein- und Auslagerung auf einer Ebene, oder unter Vernachlässigung des Vertikalhubes bei zwei Ebenen, bleiben für die Auswahl der Fahrstrategien nur die Alternativen

- Einzelspiel (mit und ohne Umlagerung)
- Doppelspiel (mit und ohne Umlagerung)

Für ein System mit ganggebundenem Fördergerät, einem Lastaufnahmemittel und einem gemeinsamen Ein- und Auslagerungspunkt gilt folgender Ablauf:

<ul style="list-style-type: none"> ○ Übernahme: Ladeeinheit LE-E1 bei E/A ○ Fahrt: E/A nach P1; Einlagern LE-E1 ○ Fahrt von P1 nach E/A ○ Fahrt: E/A nach P2; Auslagern LE-A1 ○ Fahrt: P2 nach E/A ○ Übergabe LE-A1 bei E/A 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Übernahme LE-E1 bei E/A ○ Fahrt: E/A nach P1 und Einlagern LE-E1 ○ Fahrt: P1 nach P2 und Auslagern LE-A1 ○ Fahrt: P2 nach E/A ○ Übergabe LE-A1 bei E/A
<p>a) Ablauf von Einzelspielen in Anlehnung an VDI 2516 [VDI 10]</p>	<p>b) Ablauf von Doppelspielen in Anlehnung an FEM 9851</p>
<p>Abb.:3.4.2 / 02 Ablauf von Einzelspielen und Doppelspiel in automatisierten Einheitenlagern</p>	

Soweit sich Doppelspiele aufgrund der Ein- und Auslagerungsaufträge realisieren lassen, bieten Doppelspiele im Mittel die höheren Durchsatzleistungen.

3.4.2.2 E / A bei Lagern mit gangunabhängigen Fördergeräten

Zu den gangunabhängigen Fördergeräten zählen

- Kurvengängige RFZ, bzw. RFZ mit Gangumsetzer
- Schmalgangstapler
- Gabelstapler

Diese Fördergeräte unterscheiden sich erheblich in den Freiheitsgraden der Bewegung. Sie sind daher auch nur bestimmten Lagertypen und Transportaufgaben zugeordnet.

RFZ können aufgrund der Schienengebundenheit nur innerhalb ihres Systems Gangwechsel vornehmen. Da ein Ende des Regalganges für die Gangumsetzung benötigt wird, bietet sich für die Ein- und Auslagerung nur das gegenüberliegende Gangende an. Für die Anordnung der Ein- und Auslagerungspunkte an dieser Seite des Regalganges gelten die Aussagen wie oben.

Schmalgangstapler sind prinzipiell frei verfahrbar. Trotz der größeren Flexibilität ist es nicht sinnvoll, Schmalgangstapler für Aufgaben des innerbetrieblichen Transports einzusetzen. Die Zuführung und Abförderung der Ladeeinheiten erfolgt hier ebenfalls durch eine separate Zu- und Abfördertechnik. In den meisten Fällen werden hierfür Gabelstapler eingesetzt. Die Übergabe / Übernahme erfolgt an den Regalstirnseiten. An den Regalstirnseiten sind hierfür i. d. R. Kragarmplätze angeordnet.

Gabelstapler sind sehr flexibel; sie sind sowohl geeignet für die Regalbedienung, als auch für den innerbetrieblichen Transport. Der Transport einer Ladeeinheit vom Wareneingang zum Lager, bzw.

vom Lager zum Warenausgang oder einem anderen Lagerbereich kann daher prinzipiell mit dem gleichen Stapler erfolgen, mit dem auch die Ein- und Auslagerung an einem Regal erfolgt.

Gabelstaplerbediente Lager haben daher meist keine regalgangbezogenen Ein- und Auslagerungspunkte, wie die o. g. Systeme. Für gabelstaplerbediente Lager gibt es mehrere Spielvarianten:

- Der Gabelstapler übernimmt alle Ein- und Auslagerungsaufgaben sowie alle Zu- und Abföhreraufgaben von Wareneingang bis Warenausgang.
- Der Gabelstapler übernimmt alle Ein- und Auslagerungsaufgaben sowie alle Zu- und Abföhreraufgaben von und zu speziellen Übergabepunkten (i. d. R. zentraler Übergabepunkt am Eingang / Ausgang des Lagerbereiches).
- Die Ladeeinheiten werden von, bzw. zu entfernten Lagerzonen transportiert, so dass z. B. ein Stetigföhrersystem für die Überbrückung der Entfernung sinnvoll ist. In diesem Fall wäre wieder für die Ein- und Auslagerungspunkte zu unterscheiden
 - An- bzw. Abföhrung bis / vom zentralen Übergabepunkt am Lager- Ein- /Ausgang
 - Ist der Lagerbereich so groß, dass der Bereich auf mehrere Gabelstapler unterteilt ist, dann bereichsweise Übergabe / Übernahme
 - In extremen Fällen gangweise Übergabe an den Gabelstapler.

In Systemen, die zwar mit gangunabhängigen Fördergeräten bedient werden, in denen aber ansonsten die gleichen Bedingungen gelten wie oben beschrieben, beschränken sich die Fahrstrategien innerhalb der Gassen ebenfalls auf die Alternativen „Einzel- oder Doppelspiel“.

Insbesondere in Gabelstaplerbedienten Systemen mit vielen Regalgassen und zentraler Übergabestelle am Lager- Ein- und Ausgang können die Fahrwege im Kopfgang einen wesentlichen Teil der gesamten Fahrstrecke ausmachen. Hier ist daher neben der Reihenfolge der Fachanfahrten innerhalb eines Ganges auch noch die Reihenfolge der Ganganfahrten für die Optimierung zu beachten.

In verminderter Form trifft dies auch auf die anderen Systeme mit gangunabhängigen Fördergeräten zu.

3.4.2.3 E / A in Systemen mit mehreren Ein- und Auslagerungspunkten in einer Gasse

In den oben beschriebenen Beispielen wurden jedem Fördergerät ein zentraler Einlagerungspunkt und ein Auslagerungspunkt zugeordnet. Grundsätzlich ist bei diesen Abläufen der Anteil der Fahrzeit von und zum Ein- bzw. Auslagerungspunkt an der Gesamtspielzeit sehr hoch.

Eine Erhöhung der Durchsatzleistung könnte insbesondere erreicht werden, durch Erhöhung der Anzahl der Ein- und Auslagerungspunkte und Anordnung in der Nähe der Lagerorte in den Regalen.

Bei Gabelstapler-bedienten Lagern mit vielen Gassen kann es zweckmäßig sein, mehrere Übergabepunkte zu gestalten, die jeweils in der Nähe der entsprechenden Regalgänge angeordnet sind. Technisch ist dies sehr einfach durch z. B. Stetigföhrer, FTS oder ggf. durch Verteilerwagen umzusetzen. Damit werden aber nur Voraussetzungen geschaffen, die z. B. bei ganggebundenen RFZ als selbstverständlich vorausgesetzt werden.

In RFZ- bedienten Regalgassen müsste eine Erhöhung der Ein- und Auslagerungspunkte innerhalb der Regalgasse erfolgen. Dazu muss geeignete Fördertechnik innerhalb der Regale an die Übergabepunkte herangeföhrt werden. Voraussetzungen hierfür sind,

- dass unter, oder im Regal, ggf. auf dem Regal eine, oder mehrere Regalebenen für die Fördertechnik frei gehalten werden.
- dass die Tiefe der Fächer ausreichend ist, die geföhrten Ladeeinheiten zwischen den Regalstehern mit ausreichendem Sicherheitsabstand passieren zu lassen;
- dass in der Höhe ausreichend Platz ist für die zusätzliche Fördertechnik.

Ein Beispiel, wie dies realisiert werden könnte, zeigt die Abbildung 3.4.2 / 01. In diesem Beispiel wird eine Palettenregalanlage für doppeltiefe Lagerung als Stollenregal ausgebildet. Die Stollen befinden sich in halber Regalhöhe. In die Stollen innerhalb der Regalblöcke auf beiden Seiten der Regalgassen wird die Fördertechnik für die Ein- und Auslagerung integriert. Die Ein- und Auslagerungspunkte sind damit auf einer Ebene angeordnet. Dazugehörig wird auch eine Fahrstrategie für Hochregallager mit doppeltiefer Lagerung und mehreren Ein- und Auslagerungspunkten innerhalb einer Gasse dargestellt (Abb. 3.4.2 / 02).

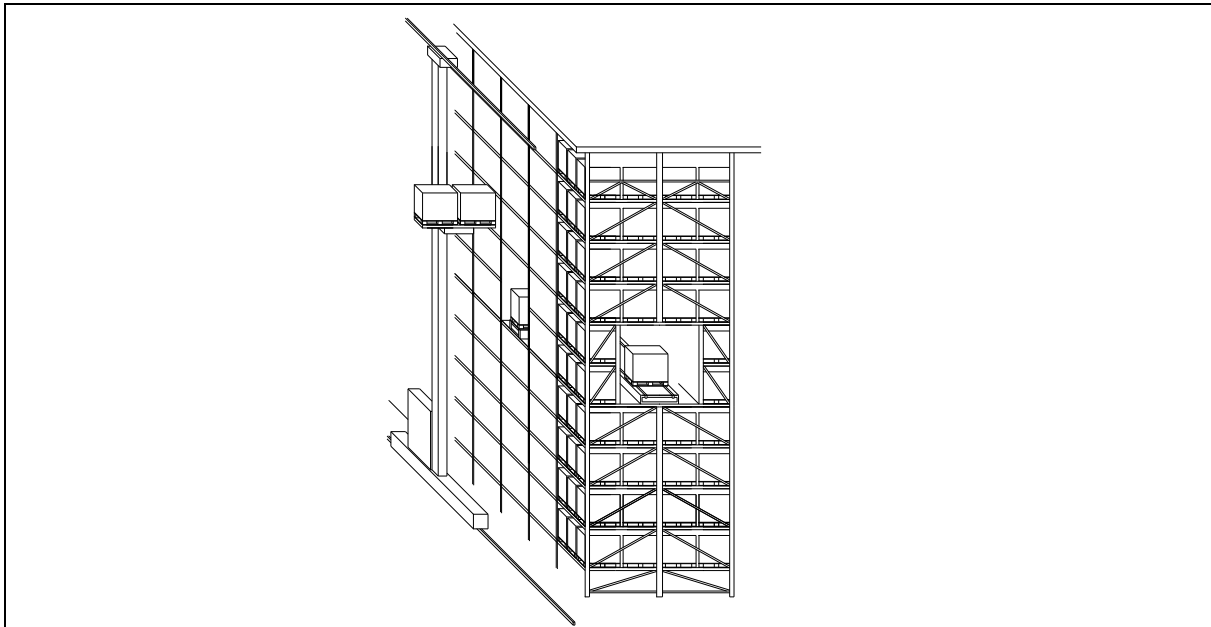


Abb.: 3.4.2 / 03 Stollenlager mit integrierter Fördertechnik zur Bedienung mehrerer Ein- bzw. Auslagerungspunkte

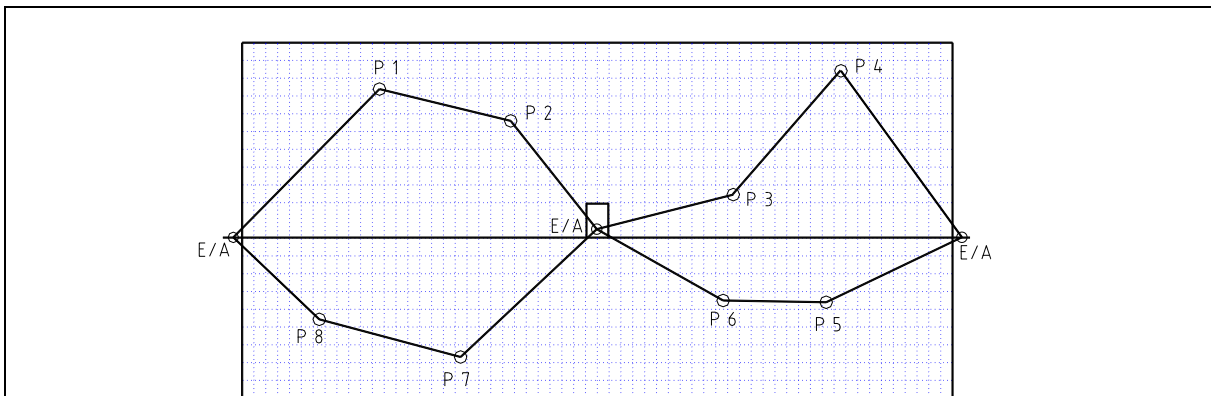


Abb.: 3.4.2 / 04 Fahrstrategie bei doppeltiefen Hochregallagern mit mehreren Ein-Auslagerungspunkten innerhalb einer Gasse

Vorteile der Ein- und Auslagerungspunkte innerhalb der Regalgasse:

- Bezogen auf die Horizontalfahrt kann eine Regalgasse theoretisch beliebig lang gestaltet werden, da die Ein- / Auslagerungspunkte an den Regalstirnseiten nach jedem Einzel-, Doppel- oder Mehrfachspiel nicht zwangsläufig angefahren werden müssen.
- Bei entsprechend vielen Ein- / Auslagerungspunkten ist die Übergabe- / Übernahme immer in der Nähe des jeweiligen Standortes des RFZ.
- Durch die Integration der Fördertechnik in die Regale werden diese in der Höhe unterteilt; d. h. die Regalfronten werden vertikal in Streifen unterteilt. Dadurch werden die Zeiten für den langsamen Vertikalhub verringert.

Nachteile der Ein- und Auslagerungspunkte innerhalb der Regalgasse:

- Die o. g. Voraussetzungen bedingen eine mehrfachtiefe Lagerung. Diese setzen wiederum eine entsprechend geeignete Artikelstruktur voraus.
- Durch die Ebenen mit Fördertechnik verschlechtert sich der Lagernutzungsgrad.
- Durch die Integration der Fördertechnik in das Regal erhöhen sich nicht nur die volumenmäßigen, sondern auch die statischen Anforderungen an die Regalkonstruktion.
- Das Bilden von Schnellläuferzonen steht im Widerspruch mit der optimalen Ein- Auslagerungsstrategie in diesem System

3.4.2.4 Fahrstrategien bei Fördergeräten mit mehreren Lastaufnahmemitteln

Fördergeräte zur Regalbedienung für mehrere schwere Ladeeinheiten sind i. d. R. nur bei ganggebunden Regalförderzeugen anzutreffen.

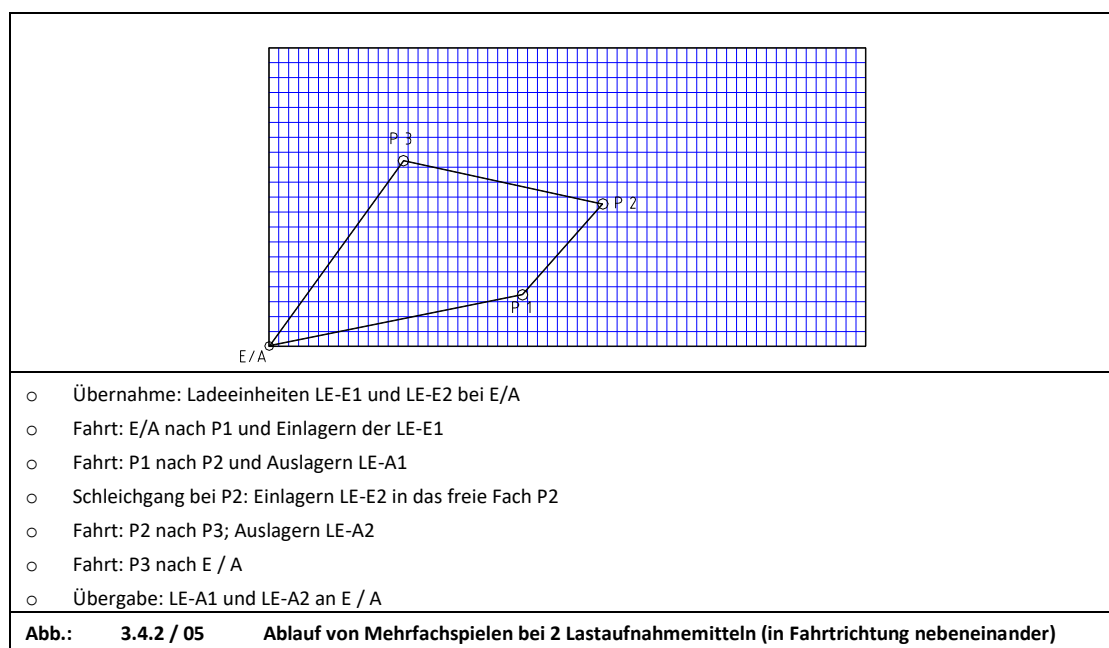
Durch Erhöhung der Anzahl der Lastaufnahmemittel, bzw. durch Erhöhung der Anzahl Ladeeinheiten, die auf einem Gerät gleichzeitig transportiert werden können, kann

- die anteilige Verweilzeit bei der Übergabe / Übernahme reduziert werden
- der relative Anteil der Leerfahrten je Ein-/ und Auslagerung reduziert werden
- die Weglänge zwischen den einzelnen Ein- und Auslagerungsorten bei einer Rundfahrt verkürzt werden.

In Lagersystemen für leichtes Stückgut wurden dadurch ganz erhebliche Steigerungen beim Lagerdurchsatz erzielt.

In Lagersystemen für schweres Stückgut ist die Erhöhung der Anzahl der transportierbaren Ladeeinheiten aus wirtschaftlichen Gründen sehr begrenzt. Nach einer Untersuchung von Gudehus [GUD 6] bringt eine Erhöhung der transportierbaren Ladeeinheiten zunächst eine deutliche Verbesserung der Umschlagleistung, die zusätzliche Verbesserung nimmt aber mit jeder zusätzlichen Ladeeinheit ab. Nach dieser Untersuchung endet der Nutzen bei 4 Ladeeinheiten pro Gerät.

Von den gängigen Systemen haben die Regalförderzeuge i. d. R. zwei Lastaufnahmemittel nebeneinander für je eine Ladeeinheit, oder ein Lastaufnahmemittel für zwei Ladeeinheiten für doppeltiefe Lagerung. Bei einem Regalförderzeug mit zwei Lastaufnahmemitteln kann sich bei einem gemeinsamen Ein- / Auslagerungspunkt der Ablauf gemäß Abbildung ergeben:



Vorteile des Systems:

- Verbesserung der Umschlagsleistung (siehe oben)

Nachteile des Systems:

- Aufwendige Organisation der Lagerbestandsdatei.
- Für doppel- oder mehrfachtiefe Lagerung sind entsprechende Regale und Lastaufnahmemittel an den Regalförderzeugen erforderlich.
- Je mehr Ladeinheiten nebeneinander auf einem Regalförderzeug transportiert werden können, desto länger werden die vorderen und hinteren Anfahrmaße dieses RFZ; bedingt auch die oberen und unteren Anfahrmaße (Verringerung der Volumennutzung).

4 KOMMISSIONIERSYSTEME

Komplexe Kommissioniersysteme können sich aus einzelnen in sich funktionierenden Kommissioniersystemen zusammensetzen. Diese Kommissioniersysteme können im Materialfluss nebeneinander und / oder hintereinander angeordnet sein. Übliche Bezeichnungen für diese Systeme sind:

- Nebeneinander angeordnete Kommissioniersysteme werden „Zonen“ genannt. Die Aufteilung in Zonen richtet sich nach der Artikelstruktur. Jede Zone soll nur von solchen Artikeln durchlaufen werden, die annähernd gleiche Behandlungen beim Kommissionieren erfordern.
- Hintereinander geschaltete Kommissioniersysteme werden „Stufen“ bezeichnet. Hintereinandergeschaltete Kommissioniersysteme sind durch Fördersysteme und / oder Beschickungssysteme miteinander verbunden.

Losgelöst von diesen formalen Unterscheidungen wird im Folgenden die Bezeichnung „Bereich“ synonym für die beiden oben genannten Begriffe verwendet.

Die Funktion „Kommissionieren“ setzt sich grundsätzlich zusammen aus den Elementarfunktionen „Entnahme“, „Fortbewegung“, und „Abgabe“. Zur vollständigen Beschreibung eines Kommissioniersystems ist noch die Grundfunktion „Bereitstellen“ erforderlich. Für die Beschreibung eines Kommissioniersystems ist begrifflich zu unterscheiden zwischen

- Kommissioniersystem i. e. S.:
Gem. Definition nach VDI das reine Zusammenstellen von Kommissionieraufträgen aus bereitgestellten Artikeln.
- Kommissioniersystem i. w. S.
Die Funktionsfähigkeit eines Kommissioniersystems i. e. S. ist nur gewährleistet in Verbindung mit einem entsprechenden Nachschub- / Beschickungssystem für die Bereitstellung. Das Kommissioniersystem i. e. S. in Verbindung mit dem Beschickungssystem wird im Folgenden Kommissioniersystem i. w. S. bezeichnet.

Entnahme aus dem Einheitenlager	Fort- bewegung zur Bereit- stellung	Abgabe an Bereit- stellung	Bereit- stellung	Entnahme aus der Bereitstellung	Fort- bewegung zur Zusammenstellung	Abgabe an Zusammenstellung
Beschickungssystem			Kommissioniersystem i. e. S.			
Kommissioniersystem i. w. S.						

Die Bereitstellung ist die Schnittstelle zwischen dem Kommissioniersystem i. e. S. und einem vorgeschalteten Fördersystem oder einem Beschickungssystem. Die Bereitstellung (i. d. R. ein Regallager) erfüllt die Aufgabe der Zeitüberbrückung.

Ein weiteres Kriterium zur Unterscheidung der Kommissioniersysteme ist die Art der Entnahme:

- Manuelle Entnahme (beim Kommissionieren der Regelfall)
- Automatische Entnahme, Z. B. mittels Roboter

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die manuelle Entnahme. Bezüglich der automatischen Entnahme wird auf Teil II.4 (u. a. Kommissioniertechniken) verwiesen.

4.1 Kommissionierzeiten

Die nachfolgend beschriebenen unterschiedlichen Gestaltungsmöglichkeiten für die Kommissioniersysteme haben maßgeblichen Einfluss auf die jeweils erforderlichen Kommissionierzeiten. Die Anforderungen an die Kommissionierzeiten können somit systembestimmend sein.

- Kundenorientierte Anforderungen sind z. B. kurze Auftragsdurchlaufzeiten bei niedriger Fehlerquote.
- Kostenorientierte Anforderungen des Unternehmens sind die Minimierung der Investitions- und Betriebskosten, und somit auch der Personalkosten.

Unabhängig von der Art der Kommissioniersysteme setzen sich die Kommissionierzeiten zusammen aus den Komponenten:

- Basiszeit
- Wegzeit
- Greifzeit
- Totzeit

Für die Kalkulation der Gesamt-Kommissionierzeit sollte zusätzlich noch eine Verteilzeit berücksichtigt werden. Diese enthält Zuschläge für Unterbrechungen aus privaten oder fachlichen Gründen.

4.1.1 Basiszeit

Die Basiszeit ist die anteilige Zeit für die Übernahme und Abgabe des Kommissionierauftrags je Kommissionierposition. Nach [GUD 3] werden dabei die Zeitanteile für folgende Vorgänge berücksichtigt:

- Annahme eines oder mehrerer Auftragsbelege
- Ordnen der Belege entsprechend der Wegstrategie
- Aufnehmen eines oder mehrerer Kommissionierbehälter
- Abgabe der Ware oder der Kommissionierbehälter
- Zielkodierung an der Basis

Alle diese Vorgänge können heute noch bei konventionellen Kommissioniersystemen vorkommen. Die Basiszeit wird in erster Linie durch die organisatorische Gestaltung und technische Ausführung der Basis bestimmt. Die vielfältigen technischen Möglichkeiten, wie z. B. Übertragung des Auftrags per Funk, „Pick by Light“, Pick by Voice“ usw. in Verbindung mit dezentraler Abgabe eines Sammelbehälters lassen die Basiszeit gegen Null schrumpfen.

4.1.2 Wegzeit

Die Wegzeit hat wesentlichen Einfluss auf die Kommissionierzeit bei Systemen mit statischer Bereitstellung. In diesen Systemen ist die Wegzeit mit ca. 40 bis 60 % an der Gesamt-Kommissionierzeit der entscheidende Zeitfaktor. Die Wegzeit setzt sich aus folgenden Zeitanteilen zusammen:

- Weg von der Basis in die Regalanlage bis zum ersten Regalgang aus dem kommissioniert werden muss.
- Durchlaufen der Regalanlage entsprechend des Kommissionierauftrags und der jeweiligen Bewegungsstrategie (siehe Kap. 5.2.3).
- Rückweg zur Basis

4.1.3 Greifzeit

Die Greifzeit beim manuellen Aufnehmen und Ablegen der Ware ist von vielen Einflussfaktoren abhängig:

- von der Handhabbarkeit des Artikel selbst (Gewicht, Volumen, Form, usw.)
- von der Lage der Artikel (Höhe, Tiefe) beim Aufnehmen, bzw. beim Ablegen;
- von der Anzahl der Artikel, die gleichzeitig aufgenommen werden sollen
- von der Position des Aufnahmeortes zum Ablageort (Entfernung, Drehwinkel)

4.1.4 Totzeit

Die Totzeit ist nach [GUD 3] die Zeit, während der das System praktisch keine äußerlich wahrnehmbaren Veränderungen zeigt. Werden die Nebenzeiten der Totzeit zugerechnet, sind dieser Teilzeit folgende Vorgänge zuzuordnen:

- Informationsaufnahme- und verarbeitung
 - Lesen
 - Suchen und Identifizieren
 - Kontrollieren
 - Reagieren
- Positionieren
 - Positionieren des Kommissionierers durch Körperdrehung vor und nach dem Greifvorgang
 - Justieren des RBG bei automatischer Fachanfahrt
 - Verfügbarkeit

4.2 Klassifizierung der Kommissioniersysteme i. e. S.

Nach [BOR 1] wird die Gesamtfunktion des Kommissionierens zweckmäßigerweise in 4 Grundfunktionen unterteilt, wobei jede der Grundfunktionen wiederum auf 2 verschiedene Arten realisierbar ist.

Grundfunktionen	Realisationsmöglichkeiten	
▪ Bereitstellung	statisch	dynamisch
▪ Fortbewegung	1-dimensional	2-dimensional
▪ Entnahme	manuell	mechanisch
▪ Abgabe	zentral	dezentral

Durch die möglichen Kombinationen der unterschiedlichen Realisationsmöglichkeiten der Grundfunktionen sind theoretisch 16 verschiedene Typen unterschiedlicher Kommissioniersysteme denkbar, wobei nicht alle Kombinationen zu einem sinnvollen Ergebnis führen müssen.

Mit dem o. g. morphologischen Ansatz können prinzipiell die meisten Kommissioniersystem-Typen beschreiben werden. Es gibt aber auch Kommissioniersysteme, die sich nur schwer in das System nach [BOR 1] eingliedern lassen. Es handelt sich dabei i. d. R. um Mischsysteme aus Reserve- und Kommissionierlager, oder um Mischsysteme, die sich aus verschiedenen Kommissioniertypen zusammensetzen. Wegen der Transparenz des morphologischen Ansatzes nach [BOR1] wird dieser im Folgenden beibehalten. Auf die Sonderformen wird ergänzend eingegangen.

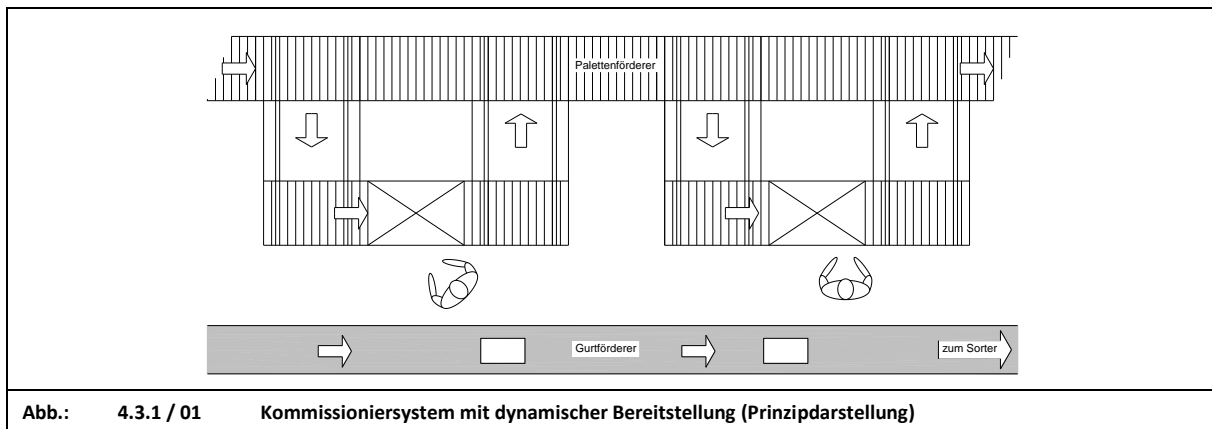
4.3 Art der Bereitstellung „dynamisch, statisch oder Mischsystem“

4.3.1 Lager- und Kommissioniersysteme mit dynamischer Bereitstellung

Die extremste Form der Trennung von Einheitenlager und Kommissionierbereich bieten Kommissioniersysteme mit dynamischer Bereitstellung. Das Gesamtsystem besteht aus einem oder mehreren Kommissionierplätzen, einem Einheitenlager und einem verbindenden Fördersystem. Dieses System ist auch als Prinzip „Ware zum Mann“, oder geschlechtsneutral „Ware zur Person“ bekannt. In bestimmten Anwendungsfällen könnte es auch heißen „Ware zum Roboter“

Im Kommissionierbereich werden keine Artikel gelagert. Zur Entnahme wird die angeforderte Ware aus einem reinen Einheitenlager über ein Fördersystem zu speziellen Entnahmeplätzen gebracht. Dort verweilen die Bereitstellungseinheiten nur für die Zeitspanne der Entnahme. Die Restmengen, die nach der Entnahme auf dem Ladehilfsmittel verbleiben, werden wieder in das Einheitenlager zurückgebracht.

Durch die begrenzte Leistungsfähigkeit des Zu- und Abfördersystems ist der Einsatzbereich der dynamischen Bereitstellung sehr begrenzt. In Systemen, in denen die Ladeeinheiten viele Entnahmeeinheiten beinhalten, die durchschnittliche Anzahl der Entnahmeeinheiten je Kommissionierposition aber gering ist, muss die Ladeeinheit oft aus- und wieder eingelagert werden, bevor sie abkommissioniert ist. Dadurch wird die Fördertechnik stark beansprucht.



Eine Kennzahl zur Bestimmung des Systems ist der Kommissionierfaktor [BOR 1]. Er gibt an, wie oft durchschnittlich eine Bereitstellungseinheit zum Kommissionierplatz gebracht werden muss (bzw. bei Systemen mit statischer Bereitstellung wie oft sie angefahren werden muss), bevor sie abgeräumt ist.

Nur bei relativ kleinem Kommissionierfaktor führt das dynamische System zu besseren Kommissionierleistungen als das statische System.

Kommissionierbereich mit dynamischer Bereitstellung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sowohl Kommissionierbereich als auch Lagerbereich können an die jeweiligen Anforderungen optimal angepasst werden. Im Kommissionierbereich bestehen die Möglichkeiten: <ul style="list-style-type: none"> ○ wegeoptimal zu kommissionieren ○ den Entnahmeplatz greifgünstig zu gestalten ○ Entnahmehilfsmittel, wie z. B. Krane, Depalettierer / Roboter usw. einzusetzen ○ Vor dem Ablegen der Ware diese mit Hilfe stationärer Hilfsmittel / Werkzeuge zu vermessen oder zu bearbeiten (z. B. wiegen, schneiden u. s. w.) ○ Leere Ladehilfsmittel können leicht abtransportiert werden ▪ Der Lagerbereich bietet die Möglichkeiten <ul style="list-style-type: none"> ○ der vollständigen Automatisierung ○ durch Hochregallagerung den Raum und die Grundflächen gut zu nutzen ○ durch freie Lagerplatzordnung Lagerkapazitäten effektiv einzusparen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hoher Investitionsaufwand für Fördertechnik, Steuerung und Organisation ▪ Flächenbedarf für die Fördertechnik ▪ Begrenzte Kommissionierleistung durch das Bereitstellungssystem ▪ Längere mittlere Auftragsdurchlaufzeit. ▪ Mangelnde Flexibilität bei schwankenden Anforderungen ▪ Stillstand bei Ausfall des Nachschubsystems

4.3.2 Lager- und Kommissioniersysteme mit statischer Bereitstellung

Im Gegensatz zum Kommissionieren mit dynamischer Bereitstellung gibt es bei Lager- und Kommissioniersystemen mit statischer Bereitstellung zwei parallele Systeme mit Lagerbeständen.

- Im Kommissionierlager werden von jedem aktuellen Artikel zwei oder mehr Ladeeinheiten zur Kommissionierung bereitgestellt, wobei sich mindestens eine Ladeeinheit im Zugriff befindet.
- Der andere Teil der Artikelbestände - die Reservemengen, auch Übervorrat genannt -, werden in einem getrennten Reserve- bzw. Einheitenlager untergebracht.

Im Kommissionierlager bewegt sich der / die Kommissionierer bzw. ein Roboter von Entnahmefach zu Entnahmefach und entnimmt jeweils die erforderliche Menge an Artikeln (Prinzip „Mann zur Ware“). Die entnommenen Artikel werden am Entnahmeort an ein Fördersystem zum Abtransport übergeben, oder sie werden zunächst gesammelt und dann an einen zentralen bzw. dezentralen Abgabeort übergeben.

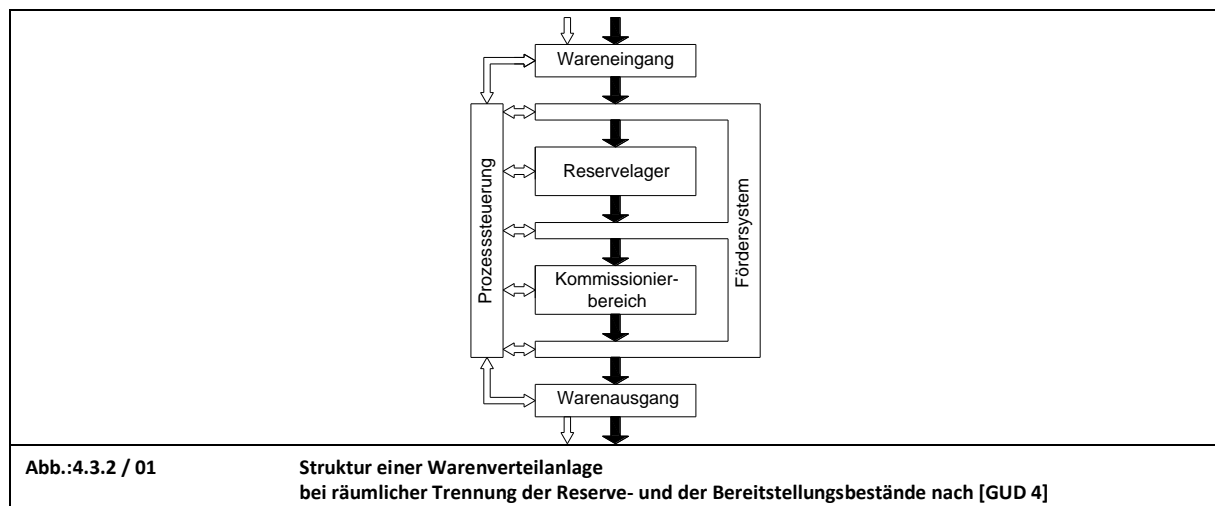
Kommissioniersysteme mit statischer Bereitstellung	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Geringer Investitionsaufwand ▪ Hohe Flexibilität des Systems bei schwankenden Anforderungen. <ul style="list-style-type: none"> ○ Bei Bedarf kann zusätzliches Kommissionierpersonal eingesetzt werden; vorausgesetzt gegenseitige Behinderung ist ausgeschlossen. ○ Wenn erforderlich, können Eilaufträge abgewickelt werden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lange Wege können zu hohem Personalaufwand führen. ▪ Das Kommissionieren mit Entnahmehilfsmitteln von schwer handhabbaren Teilen ist nur begrenzt möglich.

Unter besonderer Berücksichtigung der Warenverteilanlagen mit saisonal wechselndem Sortiment bieten sich nach [GUD 4] zwei Lösungsmöglichkeiten der Trennung von Reserve- und Bereitstellungsbeständen an:

- Die räumliche Trennung
- Die zeitliche Trennung

4.3.2.1 Räumliche Trennung von Reserve- und Bereitstellungsbeständen

Im Kommissionierlager und im Reservelager lagern die gleichen Artikel. Wird im Kommissionierlager eine Mindest-Bereitstellungsmenge unterschritten, wird das Kommissionierlager aus dem Reservelager nachgefüllt.



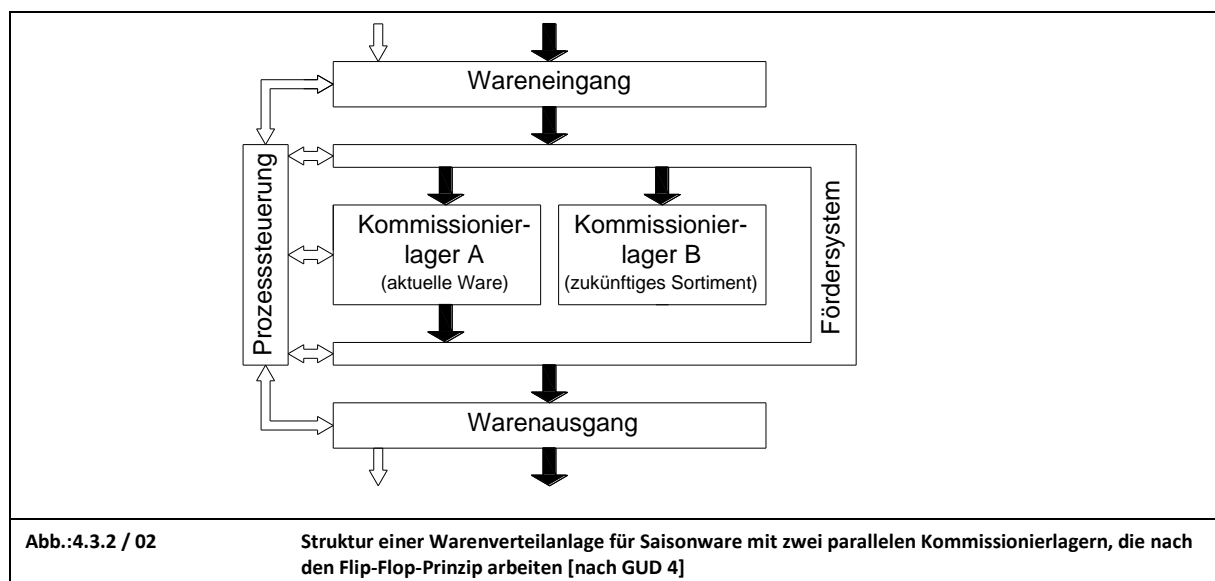
Die räumliche Trennung weist als Kompromiss zwischen Systemen mit extremer Trennung, (siehe dynamischer Bereitstellung) und Systemen mit integriertem Reserve- und Kommissionierlager einen Teil der Vor- und Nachteile beider Alternativen auf:

Kommissioniersysteme mit statischer Bereitstellung und räumlicher Trennung von Reservelager und Kommissionierbereich	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Das Reservelager bietet alle Vorteile, die bereits oben für getrennte Lagerbereiche genannt wurden, wie z. B. „Freie Lagerplatzordnung“, gute Raum-Flächen-nutzung durch Hochregallager, us.w. ▪ Das Kommissionierlager kann allein nach den Erfordernissen des Kommissionierens wege- und greifgünstig gestaltet werden. ▪ Die Kommissionierleistung wird nicht durch die Leistung eines Bereitstellungssystems begrenzt, wie z. B. bei dynamischer Bereitstellung. ▪ Es sind daher extrem hohe Leistungen der Kommissionierer erreichbar. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gegenüber der integrierten Lagerung ist <ul style="list-style-type: none"> ○ ein zusätzlicher fördertechnischer und organisatorischer Aufwand für die Beschickung des Kommissionierlagers erforderlich. ○ eine doppelte Bestandsführung notwendig ▪ Da im Kommissionierlager ein Teil der Bestände Zeit überbrückend untergebracht ist, ist es – wenn auch in stark gemäßigter Form – mit den Nachteilen der integrierten Lagerung behaftet.

4.3.2.2 Zeitliche Trennung von Reserve- und Bereitstellungsbeständen

Die zeitliche Trennung der Bestände ist ein interessanter Sonderfall, der hier nur wegen der Vollständigkeit betrachtet wird. Er bezieht sich nur auf Systeme mit saisonal wechselndem Sortiment.

In zwei parallelen integrierten Lager- und Kommissionierbereichen wird in einem Lager die aktuelle Ware entnommen, während das andere Lager mit der Ware der nächsten Saison befüllt wird. Zum Saisonwechsel ziehen die Kommissionierer vom alten in das jetzt aktuelle Lager. Der leere Lagerteil steht jetzt für die Waren der nächsten Saison bereit.



Kommissioniersysteme mit statischer Bereitstellung und zeitlicher Trennung der integrierten Lager- und Kommissionierbereiche	
Vorteile	Nachteile
<p>Gegenüber der räumlichen Trennung bietet die zeitliche Trennung insbesondere die Vorteile der integrierten Lösung, wie z. B.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Wegfall des Transportes zwischen Lager- und Kommissionierbereich ▪ Einfache Bestandsführung ▪ Im Gegensatz zum reinen integrierten System ergeben sich verkürzte Wege, da nur die Bereitstellflächen einer Lagerhälfte zur Entnahme passiert werden müssen. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die Nachteile des Flip-Flop-Prinzips entsprechen denen des integrierten Lager- und Kommissionierbereiches.

4.3.3 Misch- / Sonderformen der Zuordnung von Lager- zu Kommissionierbereich

Als Misch- bzw. Sonderformen sollen die Zuordnungen verstanden werden, bei denen es fast fließende Übergänge zwischen den oben genannten Systemen gibt, bzw. bei denen Bereitstellungs- und Entnahmesysteme zumindest teilweise umgekehrt werden.

Als Mischformen sollen im Folgenden die Zuordnungen verstanden werden, bei denen gilt:

- Reserve- und Kommissionier-Bereitstellungsmengen sind zwar getrennt,
- die Teilmengen sind aber in so enger Nachbarschaft angeordnet, dass sich der Zwischentransport von Lager zu Kommissionierbereich auf eine Umlagerung reduziert.

Reservemengen werden z. B. ober- oder unterhalb der Bereitstellplätze, oder an einer gegenüberliegenden Regalseite untergebracht. Das gleiche Gerät, das die Einlagerung vornimmt, kann auch die Umlagerung vornehmen.

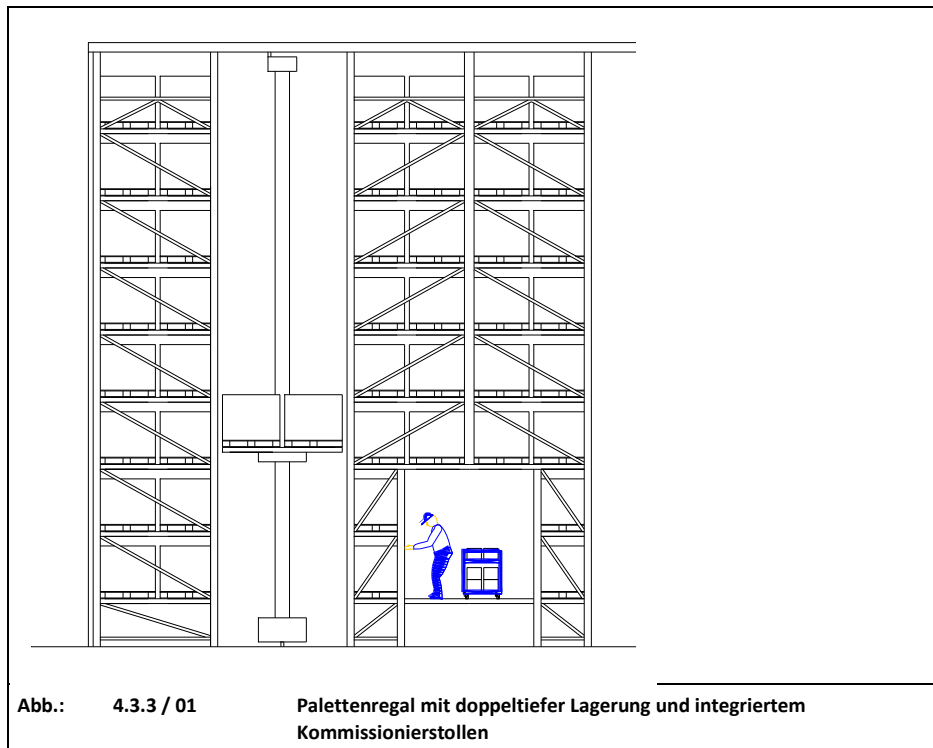
Beispiele hierfür sind:

- Konventionelle Palettenlager, in denen die Artikel in der untersten Ebene zur Kommissionierung bereitgestellt werden (d. h. die Artikel in der Bodenlagerung) und alle Bestände in den darüber liegenden Regalebenen als Reserve dienen (siehe auch Kap. 3.1.4 „Integration von Lager- und Kommissionierbereich“).
- Hochregallager mit Kommissionierstollen:
Die Besonderheit dieses Hochregallagers ist, dass Doppelregale für doppeltiefe Lagerung ausgelegt sind; dies betrifft i. d. R. die oberen Lagerebenen. Eine, oder mehrere Ebenen darunter (in Ausnahmefällen darüber) werden nur für einfachtiefe Lagerung vorgesehen. Im Bereich der einfachtiefen Lagerung bleibt dadurch innerhalb der gesamten Regaltiefe ein Freiraum von zwei Palettenplatz-Tiefen. Dieser Freiraum kann ggf. durch Einziehen begehbare Ebenen zu einem oder mehreren „Stollen“ oder auch „Tunnel“ für die Kommissionierung von Innen genutzt werden (siehe Abb. 4.3.3/01).

Die Beschickung der Kommissionierplätze erfolgt von außen durch die Regalbediengeräte (RBG), die Entnahme erfolgt von Innen manuell durch Kommissionierer in eindimensionaler Fortbewegung.

Nachteilig an diesem System sind die sicherheitstechnischen Aspekte. Diese können schnell dazu führen, dass die Realisierung dieses Systems unwirtschaftlich wird. Es müssen z.B. folgende Gefahren ausgeschlossen werden:

- Absturzgefahr für den Kommissionierer (Absturz in die Regalgasse, oder Absturz in das Regal, nachdem an einem Bereitstellplatz die Palette vom RBG entnommen wurde)
- Gefährdung des Kommissionierers durch die Lastaufnahmemittel der RBG, da diese doppelt tief ausfahren können.



Ein Sicherheitskonzept hierfür hat sich die Fa. Mannesmann AG patentieren lassen [MAN 2]. Nach einem anderen Konzept wurden z.B. folgende Sicherheitsvorkehrungen getroffen [HÖR 1]:

- Im Kommissionierbereich sind Fachböden in die Paletten-Bereitstellplätze eingezogen worden.
- Während die Breite der Regalfelder für eine 4-Platz-Lagerung ausgelegt ist, werden die Regalfächer im Kommissionierbereich nur für 3 Paletten nebeneinander genutzt. Dadurch kann der Kommissionierer auch seitlich an die Ladeeinheiten herantreten.
- Die Regalfächer sind seitlich durch Absperrgitter voneinander getrennt.
- Damit der Kommissionierer nicht in die RBG-Gassen abstürzen kann, wird jedes Regalfach durch ein spezielles „Umlaufgittertor“ gesichert. Diese oberhalb der Paletten umlaufende Jalousie schließt das Regalfach entweder zum Kommissionierer oder zum RBG hin.

4.4 Art der Fortbewegung „ein- oder zweidimensional“

4.4.1 Eindimensionale Fortbewegung

Eindimensionale Fortbewegung liegt vor, wenn sich der Kommissionierer zu einer Zeit nur in einer Richtung fortbewegen kann; d. h. entweder er bewegt sich horizontal (laufen oder fahren), oder er bewegt sich vertikal (er steigt auf ein Podest oder eine Leiter oder macht eine Hubbewegung mit entsprechendem Fördergerät).

Wegen der begrenzten Greifhöhe sind die Kommissionierlager mit eindimensionaler Fortbewegung i. d. R. auf Flachlager und Etagenlager beschränkt.

4.4.2 Zweidimensionale Fortbewegung

Zweidimensionale Fortbewegung liegt vor, wenn sich der Kommissionierer mit einem geeigneten Regalbedienungsgerät gleichzeitig in horizontaler und vertikaler Richtung bewegt, d.h. wenn er mit seinem RBG eine Diagonalfahrt macht.

Diese RBG können für Regalhöhen eingesetzt werden, die den Hochregallagern zuzuordnen sind.

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> Im Bereich reiner Fahr- und Hubbewegung ist das RBG aufgrund hoher Fahrgeschwindigkeit und simultaner Fahr- und Hubbewegung im Vorteil. Kommissionierer befindet sich immer in günstiger Greif- und Ablagehöhe Belastung des Kommissionierers ist niedriger als bei horizontaler Fortbewegung; dadurch bessere Verfügbarkeit. 	<ul style="list-style-type: none"> Aufgrund der großen Massen haben Geräte für zweidimensionale Fortbewegung ein geringes Beschleunigungsvermögen. Hohe Investitionskosten Geringe Flexibilität bei der Erreichen der Leistungsgrenze

4.4.3 Auswahlkriterien für ein- bzw. zweidimensionale Fortbewegung

4.4.3.1 Basiszeit

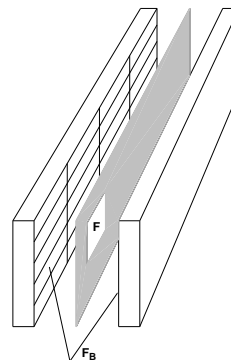
Aufgrund der vielfältigen Gestaltungsmöglichkeiten können der ein- und zweidimensionalen Fortbewegung keine eindeutigen systembedingten Basiszeiten zugeordnet werden. Da selbst bei konventionellen Systemen der Anteil der Basiszeit an der Kommissionierzeit ohnehin gering ist (5 – 10%), ist die Basiszeit als Auswahlkriterium für ein- und zweidimensionale Fortbewegung ohne Bedeutung.

4.4.3.2 Wegzeit

Die Wegzeit hat wesentlichen Einfluss auf die Kommissionierzeit. Beim Vergleich von zweidimensionaler Fortbewegung mit der eindimensionalen Fortbewegung durch zu Fuß gehendes Personal ergeben sich deutliche Unterschiede in der Beschleunigung und in der Fahr- bzw. Laufgeschwindigkeit (Fußgänger haben eine höhere Beschleunigung, zweidimensional verfahrbare Kommissionierfahrzeuge erreichen eine höhere Geschwindigkeit).

Ein Entscheidungskriterium beim Weg-Zeit-Verhalten ist nach der überholten VDI 3590 Bl. 3 von 1977 die Anfahrdichte. Die Anfahrdichte ist die durchschnittliche projizierte Regalfläche zwischen zwei aufeinanderfolgenden Entnahmepunkten (eine Entnahme je Regalfläche).

Abb.: 4.4.3 / 01
Regalbedienungsflächen F_B und projizierte Regalfläche F zur Bestimmung der Anfahrdichte



Nach [Bor 1] ist die kritische Anfahrdichte (Bereich in dem beide Fortbewegungsarten die gleiche Wegzeit erfordern) gegeben im Bereich

$$1/25 \leq \vartheta_{\text{krit}} \leq 1/15$$

Diese kritische Anfahrdichte besagt im Prinzip:

- $\vartheta \leq 1/25$ Bei weit auseinanderliegenden Entnahmepunkten führt i. d. R. die zweidimensionale Fortbewegung zu kürzeren Wegzeiten.
- $\vartheta \leq 1/15$ Bei dicht beieinanderliegenden Entnahmepunkten führt i. d. R. die eindimensionale Fortbewegung zu kürzeren Wegzeiten

Dieses Entscheidungskriterium allein ist aber im Allgemeinen falsch. Im ersten Ansatz kann man dieses Auswahlkriterium bedingt nutzen, wenn man deren Schwächen bewusst ist:

- Vergleich Fußgänger mit zweidimensional verfahrbarem Kommissionierfahrzeug
Es gibt auch eindimensional verfahrbare Kommissionierfahrzeuge, die ebenfalls relativ schlechte Beschleunigungswerte aufweisen.
- Weglänge:
Die Entscheidung über die Anfahrdichte setzt voraus, dass die projizierten Regalflächen bei ein- und zweidimensionaler Fortbewegung gleich groß sind. Ein- und zweidimensionale Systeme unterscheiden sich aber wesentlich in den Möglichkeiten der Regalanordnung und den Lauf- und Fahrstrategien (siehe nachfolgende Kapitel).
Bei geringer Zahl Positionen je Auftrag können bei entsprechender Regalanordnung in Systemen mit eindimensionaler Fortbewegung erhebliche Abkürzungen und damit Wegzeitverbesserungen erzielt werden. Dadurch kann die eindimensionale Fortbewegung auch bei geringer Anfahrdichte zu günstigeren Kommissionierzeiten führen als die zweidimensionale Fortbewegung.

4.4.3.3 Greifzeit

Bezogen auf die Greifzeit ist im Systemvergleich „Ein- oder zweidimensionale Fortbewegung“ die zweidimensionale Fortbewegung i. d. R. vorteilhafter. Bei zweidimensionaler Fortbewegung erfolgt das Kommissionieren stets bei optimaler Greif- und Ablagehöhe. Zwischen dem Entnahme- und dem Ablageort liegt ein Drehwinkel von nur 90°. Dadurch kann durch die zweidimensionale Fortbewegung eine Greifzeitverbesserung von bis 50 % gegenüber dem eindimensionalen System erzielt werden. Es gibt jedoch auch Kommissionierfahrzeuge für eindimensionale Fortbewegung mit anhebbarer Plattform, welche in Bezug auf die Greifzeit die gleichen Vorteile bieten.

4.4.3.4 Totzeit

Bei zweidimensionaler Fortbewegung sind gegenüber der eindimensionalen Fortbewegung deutliche Totzeit- Verbesserungen möglich.

- Der Positionieraufwand beschränkt sich bei der zweidimensionalen Fortbewegung auf eine 90° - Drehung des Kommissionierers, infolge der Zwangszuordnung von Kommissionierer und Regal
- Die zweidimensionale Fortbewegung bietet systembedingt günstige Möglichkeiten zur Informationsaufnahme- und Verarbeitung.

4.4.3.5 Zusammenfassung zum Vergleich der Kommissionierzeiten i. e. S.

Bei der ein- und zweidimensionalen Fortbewegung werden die Unterschiede in den Teilzeiten entsprechend ihren Anteilen an der Kommissionierzeit leistungsverändernd wirksam.

- Bei wegverkürzender Regalanordnung kann die eindimensionale Fortbewegung auch bei geringer Anfahrdichte zu günstigeren Kommissionierzeiten führen.
- Da die beiden Teilzeiten „Greifzeit“ und „Totzeit“ bei zweidimensionaler Fortbewegung i. d. R. günstiger sind als bei eindimensionaler Fortbewegung, kann die zweidimensionale Fortbewegung auch bei größeren Anfahrdichten zu besseren Kommissionierleistungen führen, als die eindimensionale Fortbewegung.

Die Anfahrdichte ist somit nur im ersten Ansatz als Indiz für eine der beiden Fortbewegungsarten zu werten. Sie ist aber letztendlich kein Auswahlkriterium.

4.4.3.6 Verfügbarkeit

Nach [GUD 3] führt das zweidimensionale Kommissionieren zu einer höheren Verfügbarkeit als das eindimensionale Kommissionieren. Begründet wird dies durch die schnellere Ermüdung infolge der Bewegungsabläufe, wie z. B. laufen, bücken.

Die Gründe für eine verbesserte Verfügbarkeit sind jedoch vielfältig und nicht immer eindeutig einem Systemwechsel zurechenbar.

4.5 Art der Entnahme „manuell“ / mechanisch“

4.5.1 Manuelle Entnahme

Die Entnahme wird durch einen Menschen ausgeführt. Dieser kann sich mechanischer Hilfsmittel bedienen (z. B. Saugheber bei großen Gewichten). Die manuelle Entnahme enthält neben dem eigentlichen „Greifen“ Zeitanteile für normale menschliche Abläufe der Informationsaufnahme und zur Koordination. Die manuelle Entnahme ist sowohl mit körperlicher Belastung durch die Handhabung verbunden, als auch mit geistiger Belastung durch die permanente Informationsaufnahme. Diese Belastungen führen zu Ermüdungen und damit zu Leistungsreduzierungen und zu einem Anstieg der Fehlerhäufigkeit beim Kommissionieren. Darüber hinaus ist bei hohen Belastungen mit einem Anstieg der Krankmeldungen zu rechnen.

4.5.1.1 Körperliche Belastungen:

- Auch bei ergonomischer Bereitstellung müssen Lasten aufgenommen und bewegt werden.
- Bei Bereitstellung, wie z. B. in einem Regal, oder auf einer Palette kommen noch weitere Belastungen dazu:
 - Aufnehmen von Lasten in der Tiefe des Greifraumes, oder gar Überkopf.
 - Bewegungsabläufe, wie z. B. Körperverschaltungen und Rumpfbeugungen.

Diese Belastungen können nicht ganz vermieden werden, sollten aber durch möglichst ergonomische Arbeitsplatzgestaltung minimiert werden. In Systemen mit dynamischer Bereitstellung wird dieser Aspekt i. d. R. bereits umgesetzt.

In Kommissioniersystemen mit statischer Bereitstellung (z. B. Bereitstellung in Regalen) sollte die ergonomische Handhabbarkeit bei der Zuordnung von Artikel zu Lagerplatz (insbesondere Einlagerungshöhe) berücksichtigt werden. Kriterien hierfür sind z. B. Artikelgewicht, Handhabbarkeit des Artikels sowie die Zugriffshäufigkeit. Auch mit der Regalgestaltung (z. B. schräg nach vorne geneigte Bereitstellflächen, die den Zugriff erleichtern) können die Körperbelastungen reduziert werden.

4.5.1.2 Geistige Belastungen:

In traditionellen Kommissioniersystemen wird ein Kommissionierauftrag mit vielen Positionen immer noch mit einem ausgedruckten „Pickzettel“ abgearbeitet. Die einzelnen Zeilen des Pickzettels entsprechen jeweils einer Pick-Position. Zum Kommissionieren eines Artikels muss die richtige Zeile gelesen, mit dem dazugehörigen Lagerfach abgeglichen und die richtige Artikelmenge entnommen werden. Nach der Entnahme muss die Position im Pickzettel als erledigt abgehakt werden.

In Systemen mit vielen Auftragspositionen je Rundgang ist die Kommissionierung mit Pickzettel für den Kommissionierer sehr belastend. Damit ist insbesondere ein Anstieg der Fehlerquote verbunden. Deutliche Verbesserungen sind durch moderne Technologien erzielbar, wie z. B. MDE, Pick-by-Light, Pick-by-Voice, Pick-by-Vision, Pick-by-RFID. Der zweckmäßige Einsatz der jeweiligen Technologie ist von den Anforderungen des Kommissioniersystems abhängig (siehe Teil II.4, Kap. 3.1.1 ff).

4.5.2 Mechanische / automatische Entnahme

Die Entnahme erfolgt durch ein automatisches System, d. h. ohne unmittelbares menschliches Zutun, z. B. durch Schachtkommissionierer, Kommissionierroboter usw. (siehe Teil II.4, Kap. 3.3 ff).

Automatische Entnahme setzt bezüglich der Handhabbarkeit eine homogene Artikelstruktur voraus. Einsatzgebiete finden sich insbesondere in der Kommissionierung pharmazeutischer Artikel, der Lebensmittelindustrie (Kommissionierung von normierten Behältern), sowie in der Unterhaltungselektronik (Kommissionierung von Kassetten, CD, CVD u. s. w.).

4.6 Art der Abgabe „zentral“ / „dezentral“

4.6.1 Zentrale Abgabe

Bei der zentralen Abgabe gibt es einen Übergabepunkt (ggf. je Kommissionierbereich), an der leere Sammelbehälter / Paletten o. ä. zur Übernahme bereitgestellt werden und an der die gefüllten Behälter, bzw. abgearbeiteten Kommissionieraufträge abgegeben werden.

Wesentliches Merkmal ist, dass sich dieser Übergabepunkt an der Grenze des Kommissionierbereiches des Kommissionierers befindet. Dieser Übernahme- / Übergabeort kann ein Fördersystem sein, das Leergut heranführt und volle Behälter zur Auftragssammelstelle befördert, es kann aber auch die Auftragssammelstelle direkt sein.

Innerhalb des Kommissionierbereiches werden die auftragsbezogenen Behälter solange mitgeführt und die Ware darin abgelegt, bis diese gefüllt sind, oder der Kommissionierauftrag abgearbeitet ist.

4.6.2 Dezentrale Abgabe

Wesentliches Merkmal der dezentralen Abgabe ist, dass die kommissionierte Ware an ein Fördersystem innerhalb des Kommissionierbereiches übergeben wird. Dabei kann die Ware entweder direkt an das Fördersystem übergeben werden, oder die Ware wird in einem Sammelbehälter an das Fördersystem übergeben.

Damit gibt es innerhalb eines Kommissionierbereiches mindestens ein Fördersystem für das Abfordern der Ware. Erfolgt aber die Kommissionierung auftragsweise in einen Behälter, gibt es i. d. R. ein zweites Fördersystem zur Bereitstellung von Leerbehältern in der Nähe der Entnahmeorte.

	Vorteil	Nachteil
Zentrale Abgabe	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Flexibilität bei Auftragsschwankungen ▪ Geringer Invest 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Lange Wege <ul style="list-style-type: none"> ○ Vom letzten Entnahmeort zur Basis ○ Evtl. zusätzlicher Weg, wenn die Behälterkapazität nicht ausreicht
Dezentrale Abgabe	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kurze Wege (nur innerhalb des Kommissionierbereiches zwischen den Entnahmeorten) ▪ Keine Mengenbegrenzung durch die Kapazität des Sammelbehälters 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Notwendigkeit der Zielsteuerung ▪ Hoher Invest

4.7 Misch- und Sonderformen

4.7.1 Negativkommissionieren

Die Negativkommissionierung ist eine Besonderheit, die prinzipiell sowohl bei Systemen mit statischer als auch mit dynamischer Bereitstellung auftreten kann.

Überschreitet die auf einem Ladehilfsmittel bereitgestellte Artikelmenge nur geringfügig die erforderliche Entnahmemenge, wird die Bereitstellungseinheit zur Versandeinheit umfunktioniert, indem die nicht benötigte Restmenge abkommissioniert wird. Für die Restmenge muss als Ersatz für das mit der Bereitstellungseinheit entnommene Ladehilfsmittel ein anderes Ladehilfsmittel beigelegt werden.

4.7.2 „Mobiles“ Kommissionieren

Bei den oben beschriebenen klassischen Systemen ist entweder die Bereitstellung statisch und der Auftragssammelbehälter wird während des Sammelns bewegt, oder der Kommissionierarbeitsplatz und damit auch die Auftragssammelbehälter sind statisch und die Bereitstellungseinheit wird zum Kommissionierplatz bewegt.

Beim „Mobilen“ Kommissionieren werden nach [ARN 1] sowohl die Bereitstellungseinheiten als auch die Auftragssammelbehälter statisch bereitgestellt. Der Kommissionierer, nach [ARN 1] i. d. R. ein Roboter, bewegt sich während des Kommissionierens zwischen Bereitstellung und Sammelbehälter hin und her.

4.7.3 Inverses Kommissionieren

Das System des inversen Kommissionierens ist mehrstufig. Prinzipiell handelt es sich zunächst in der ersten Stufe um ein System mit dynamischer Bereitstellung. Bereitstellungseinheiten werden aus einem Lager angedient, Restmengen werden wieder zurück befördert. Anstelle eines Kommissionierplatzes werden aber mehrere Auftragssammelbehälter für die Zeitspanne der Befüllung statisch bereitgestellt. Dies können z. B. Paletten in Bodenlagerung sein, es können aber auch Behälter in Regalen bereitgestellt werden.

Nach [ARN 1] wird dieses Kommissionierverfahren als „Invers“ bezeichnet, weil es wie eine Umkehr des konventionellen Kommissionierens funktioniert. Während des eigentlichen Kommissioniervorgangs sind die Rollen der Versandeinheiten und der Bereitstellungseinheiten vertauscht. Das Inverse an dem System ist, dass nicht die Auftragssammelbehälter an den Bereitstellungseinheiten vorbeigeführt werden, sondern die Bereitstellungseinheiten an den statisch bereitgestellten Auftragssammelbehältern. Vor dem jeweiligen Sammelbehälter findet die Entnahme statt.

Einsatzbereich:

Bei Batch- Bearbeitung, wenn mit einstufiger Kommissionierung mehrere Kundenaufträge zu einer Auftragsserie zusammengefasst werden. Die Anzahl gleichzeitig bearbeiteter Aufträge ist relativ gering.

Vorteile des Systems:

- Kurze Wege
- Hohe Leistung der Kommissionierer

Nachteile des Systems:

- Batch- Bearbeitung zur Bildung von Auftragsserien, und damit
 - Lange Auftragsdurchlaufzeiten
 - Begrenzte Flexibilität bei großen Schwankungen

4.8 Beschickung der Kommissioniersysteme

In Kommissioniersystemen mit statischer Bereitstellung steht stets ein bestimmter Bestand von Artikeln zu Entnahme bereit. Damit das Kommissioniersystem über längere Zeit funktionsfähig ist, muss der Bestand laufend nachgefüllt werden (siehe Kapitel 6 „Nachschubstrategien“). Diese Aufgabe übernimmt das Beschickungssystem.

In seinem funktionalen Ablauf entspricht das Beschickungssystem weitgehend einem Kommissioniersystem (siehe Kap. 4). Die Teilfunktionen eines Beschickungssystems sind:

- Übernahmen der Ware von einem Fördersystem oder einem Reservelager
- Fortbewegung zum Bereitstellungsort
- Ablegen der Ware

Im Zusammenhang mit Kommissioniersystemen mit dynamischer Bereitstellung ist die Bezeichnung „Beschicken“ für den Bewegungsvorgang der Ware zum Kommissionierplatz und das anschließende Bereitstellen problematisch. Bei der Vielzahl an Realisationsmöglichkeiten ist häufig keine scharfe Abgrenzung und allgemeingültige Beschreibung eines derartigen Beschickungssystems möglich. Im Extremfall ist der Kommissionierplatz direkt einem eigenständigen Fördersystem nach- bzw. vorgeschaltet. Dieses Fördersystem übernimmt sowohl die Ver- und Entsorgung des Kommissionierplatzes als auch die Bereitstellfunktion. Das Beschickungssystem im oben beschriebenen Sinn entfällt dann.

Im Folgenden beschränkt sich die Bezeichnung „Beschicken“ auf das Nachfüllen der Bereitstellungsmengen in Kommissionierlagern mit statischer Bereitstellung.

5 ZUSÄTZLICHE STRATEGIEN FÜR KOMMISSIONIERSYSTEME

In den Kapiteln oben wurden bereits Strategien zur Gestaltung von Lagersystemen vorgestellt. Aus der Problemstellung der Kommissionierung heraus gibt es für Kommissioniersysteme zusätzliche Gestaltungsmöglichkeiten. Die Themen zu diesen Gestaltungsmöglichkeiten wurden oben gar nicht behandelt, oder nur im Hinblick auf Einheitenlager.

Dies betrifft sowohl Systeme mit statischer Bereitstellung als auch Systeme mit dynamischer Bereitstellung. Insbesondere für Kommissioniersysteme mit statischer Bereitstellung, in denen die Aufträge mit manuell bedienten Kommissioniergeräten nach dem Prinzip "Mann-zur-Ware" abgearbeitet werden sollen, wurden die wesentlichen Strategien entwickelt. Diese sind zu einem Teil den Aufbaustrategien und zum anderen Teil den Ablaufstrategien zuzuordnen. Zu diesen weiteren Strategien gehören:

- Aufbaustrategien
 - Bildung von Zonen, insbesondere von Schnellläuferzonen
 - Bestimmen der optimalen Lagerkapazitäten je Zone
 - Zuordnung von Beschickungs- und Entnahmeseite
 - Regalanordnungen für manuell bediente Kommissioniersysteme
- Ablaufstrategien
 - Ablauf bei der Auftragszusammenstellung und Auftragsserienbildung
 - Mengenanpassung bei Systemen mit dynamischer Bereitstellung
 - Nachschubsteuerung bei Systemen mit statischer Bereitstellung
 - Wegstrategien für Systeme „Mann zur Ware“
 - Lagerplatzzuordnung innerhalb gegebener Regalanordnung

In der Regel werden je System Kombinationen aus diesen Strategien praktiziert.

5.1 Aufbaustrategien

5.1.1 Zonenbildung in Kommissioniersystemen mit statischer Bereitstellung

5.1.1.1 *Gestaltung von homogenen Zonen nach ABC-Kriterien*

Analog zu den Ausführungen beim Einheitenlager bietet es sich auch im Kommissionierbereich an, Kommissionierzonen entsprechend der Umschlagshäufigkeit zu bilden.

Werden die Schnellläufer (A-Artikel ohne die A+ und A++) zu einer Zone zusammengefasst und werden die Bereitstellungsmengen auf ein notwendiges Minimum begrenzt (Reserven im Einheitenlager), so kann auf eng begrenztem Raum ein sehr großer Anteil des Bestellvolumens aufgefunden werden. Ein derartiger Bereich kann speziell für hohe Umschlagsleistungen eingerichtet werden. Solche Schnellläuferzonen werden in der Nähe der Auftragszusammenstellung angesiedelt.

Ein klassischer Lagertyp für Kommissionierlager mit hoher Umschlagsleistung ist z. B. das Durchlaufregal. Hier steht immer nur eine Bereitstellungseinheit je Artikel in Entnahmeposition. Die für die hohen Umschlagsleistungen erforderlichen Nachschubmengen stehen jeweils dahinter. In dem Durchlaufregal können somit große Bereitstellungsmengen bei kleiner Entnahmefläche und somit bei kurzen Wegen bereitgestellt werden. Nachteilig ist, dass zuvor die Lagereinheiten aus dem Reserve-lager (z. B. Paletteneinheiten) vereinzelt werden müssen, um die Durchlaufkanäle mit Bereitstellungseinheiten zu beschicken.

Die Ultraschnellläufer (A+ und A++) werden direkt im Bereich der Auftragszusammenstellung / Warenausgang angesiedelt. Dadurch entfallen die Kommissionierweg fast gänzlich. Die Ultraschnellläufer werden i. d. R. palettenweise angeliefert, da eine Vorvereinzelung, wie z. B. bei dem Durchlaufregal, auf Grund der hohen Umschlagshäufigkeit keinen Sinn machen würde.

Die langsamdrehenden C-Artikel werden im hinteren Teil des Lagers untergebracht. Mit dieser Anordnung (Schnelldreher in der Nähe der Auftragszusammenstellung / Langsamdreher weiter weg) wird das Ziel verfolgt, die Summe der Kommissionier- und Transportwege gering zu halten. Dies gelingt jedoch nur, wenn während der Kommissionier- und Transportfahrten in den A- oder B-Bereichen keine Ausflüge in das „ferne“ C-Lager gemacht werden müssen, wie dies z. B. bei sequentieller Auftragszusammenstellung (siehe Kap. 5.2 ff) der Fall wäre.

5.1.1.2 Lagerplatzzuordnung nach ABC-Kriterien in inhomogenen Lagerzonen

Innerhalb von gegebenen Kommissionierzonen, in denen Artikel mit unterschiedlicher Zugriffshäufigkeit bzw. Umschlagshäufigkeit gelagert werden, besteht prinzipiell die Möglichkeit, die Artikel den Lagerplätzen ohne besondere Präferenzen zuzuordnen, d. h. die Zuordnung von Artikel zu Bereitstellplatz erfolgt zufällig.

Vorteil dieses Systems ist die einfache organisatorische Handhabung. Diese Lagerplatzzuordnung bietet sich grundsätzlich für Systeme an, in denen der Warenumschlag generell gering ist und die Kommissionierleistung von sehr wenigen Kommissionierern erbracht werden kann.

In Kommissioniersystem mit höheren Anforderungen sollten zwei Kriterien für die Lagerplatzzuordnung berücksichtigt werden:

- Einfluss der Lagerposition auf die Ergonomie und auf die Greifzeit,
- insbesondere aber der Einfluss der Lagerposition auf die Wegzeit.

Bei gegebenen Fachhöhen und gegebener Anzahl Fächer übereinander sind die Lagerplätze in der Höhe möglichst nach ABC-Kriterien anzuordnen.

- Schnellläufer (A-Artikel) sollten in den greifoptimalen Lagerhöhen bereitgestellt werden.
- B-Artikel, insbesondere voluminöse und relativ schwere Artikel können darunter bereitgestellt werden
In begrenztem Bereich können leichtere, gut handhabbare B-Artikel auch über den A-Artikeln gelagert werden.
- Die Lagerplätze darüber können den C-Artikeln zugeordnet werden. Die Gesamt-Greifhöhe ist abhängig von der Art der Kommissioniergeräte. Beim Einsatz von Geräten mit Hubplattform für den Kommissionierer, oder Geräten mit Klapptritten – Prinzip „Leiter“ -, können auch relativ hohe Lagerebenen für C-Artikel genutzt werden.

In Systemen mit statischer Bereitstellung, zentraler Abgabe und mit Artikeln unterschiedlicher Zugriffshäufigkeit, bzw. Umschlagshäufigkeit, hat die Wegzeit den wesentlichen Einfluss auf die Kommissionierzeit.

Die Möglichkeiten der wegminimierenden Lagerplatzzuordnung sind abhängig von:

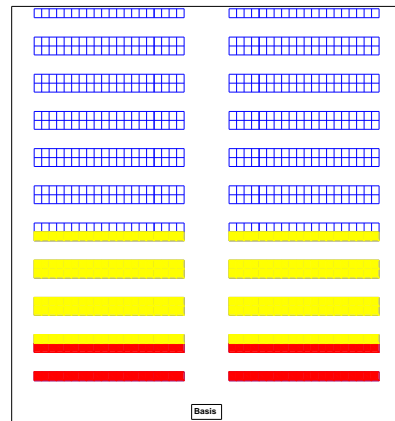
- der Zugriffshäufigkeit / Umschlagshäufigkeit
- der Auftragsstruktur / Anzahl Pick-Positionen
- der Artikelstruktur /
- der Wegestrategie (siehe unten)

Generell sollten die Artikel mit hoher Zugriffshäufigkeit so angeordnet werden, dass der Weg von Lagerplatz, bzw. den Lagerplätzen zur Basis kurz ist. Hierfür gibt es verschiedene Strategien der Lagerplatzzuordnung. Die einzelnen Strategien werden in der Literatur unter verschiedenen Bezeichnung beschrieben:

- die Linien-, Längs-, oder auch gem. [AIF 1] Segmentanordnung
- die Quer- oder gem. [AIF 1] Streifenanordnung
- die Radialanordnung

Abb.: 5.1.1 / 01
Segmentanordnung

	A-Artikel
	B-Artikel
	C-Artikel



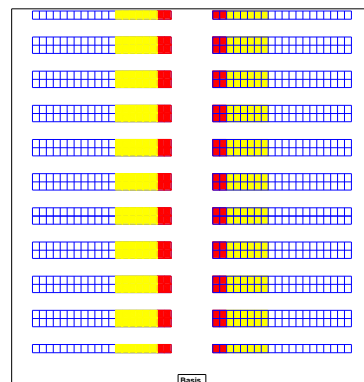
Bei der Segmentanordnung werden alle A-Artikel den Gassen zugeordnet, die am dichtesten zur Basis angeordnet sind.

Dieses Zuordnungskriterium ist geeignet für Pick-Aufträge mit einer hohen Zahl Entnahme-Positionen bei geringen Volumina und Gewichten je Position, d. h. wenn auf einer Tour von möglichst vielen Bereitstellplätzen innerhalb eines Ganges kommissioniert werden muss.

Simulationen mit einer gegebenen Verteilung, bei der 80% der Zugriffe auf 20 % der Artikel entfielen, haben ergeben, dass bei dieser Zonenbildung 40 % der Wegzeit pro Position gegenüber einer zufälligen Lagerplatzzuordnung eingespart werden können.

Abb.: 5.1.1 / 02
Streifenanordnung

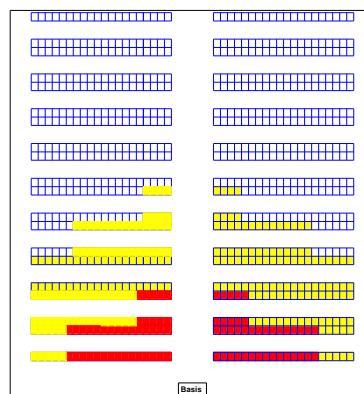
	A-Artikel
	B-Artikel
	C-Artikel



Bei der Streifenanordnung werden die A-Artikel den Lagerplätzen zugeordnet, die am dichtesten am Quergang angesiedelt sind. Diese Anordnung bringt Wegzeiterparnisse von 30% gegenüber der zufälligen Lagerplatzbelegung, ist aber gegenüber der Segmentanordnung bis auf eine Ausnahme immer unterlegen [AIF 1].

Abb.: 5.1.1 / 03
Radialanordnung

	A-Artikel
	B-Artikel
	C-Artikel



Die Bezeichnung „Radialanordnung“ steht für ein Zuordnungskriterium, bei dem die A, B und C-Zonen entsprechend der jeweiligen Gesamtweglänge zwischen Lagerplatz und Basis angeordnet werden. Die Gesamtweglänge zwischen Basis und dem jeweiligen Lagerplatz besteht aus

- dem durchschnittlichen Weg zu den Lagerorten einer Häufigkeitsgruppe in einer Gasse und
- dem dazugehörigen Weg im Quergang.

Für A-Artikel gilt, dass die Summe aus der jeweiligen Querganglänge und dem durchschnittliche Weg zu A-Artikeln im ersten Gang genauso weit ist, wie der Gesamtweg zu A-Artikeln im zweiten, im dritten oder im n-ten Gang. Daraus ergibt sich eigentlich keine Radial-, sondern eine Dreiecksanordnung.

Die Streifenanordnung ist interessant für Kommissioniersysteme mit Stichgangstrategie, bei der je Tour in einer Gasse nur eine Position kommissioniert wird (z. B. wegen der Größe oder des Gewichts der Artikel).

5.1.2 Bestimmung der optimalen Lagerkapazitäten

Während in Systemen mit dynamischer Bereitstellung die Waren nur in dem Einheiten- und Reservelager bevorratet werden, müssen bei Kommissioniersystemen mit statischer Bereitstellung neben dem Bestand in den Einheitenlagern auch Bereitstellungsmengen in den Kommissionierzonen vorgehalten werden. Für diese Bereitstellungsmengen müssen ausreichende Lagerkapazitäten vorgehalten werden.

In der Regel gilt für Kommissioniersysteme mit statischer Bereitstellung:

- innerhalb eines Lagerplatzes dürfen nur gleichartige Artikel lagern. (dies gilt nicht zwingend für Kommissionierzonen für C-Artikel)
- die Anzahl reservierter Fächer je Artikel muss ausreichend sein, um die maximal bereitzustellende Menge des jeweiligen Artikels aufzunehmen.
- die Artikel werden festen Lagerplätzen zugeordnet (Prinzip der festen Lagerordnung). Dies gilt insbesondere in konventionellen Lagern, in denen noch mit Pick-Zettel gearbeitet wird und die Kommissionierer die Lagerplätze kennen.
Bei modernen Lagern, wie z. B. bei Kommissionierlagern mit „Pick by Light“ kann die Lagerplatzbelegung auch variieren.

Ein wesentliches Kriterium für die Optimierung von Kommissioniersystemen mit statischer Bereitstellung sind die Wegzeiten und damit die Weglängen für Beschickung und insbesondere Kommissionierung. Sieht man zunächst von den Bereitstellungsmengen und damit den Lagerkapazitäten ab, sind die Weglängen immer noch von mehreren Einflussfaktoren abhängig.

Einflussfaktoren innerhalb einer Kommissionierzone sind

- die Art und Anordnung der Regale, d. h. das Lager-Layout (siehe Kap. 5.1.4)
- die Lauf- / Fahrstrategien (siehe Kap. 5.2.3).

Die optimale bereitzustellende Maximalmenge je Artikel ist somit zunächst abhängig vom jeweiligen betrachteten Kommissioniersystem. Bei gegebenem Kommissioniersystem ist die maximal bereitzustellende Menge abhängig von:

- der Umschlagshäufigkeit der jeweiligen Artikelkategorie (A- / B- oder C-Artikel)
- der Reaktionszeit des Beschickungssystems zwischen Meldung des Nachschubbedarfs und Auffüllung der Kommissionierfächer (abhängig vom Prinzip der Nachschubsteuerung, siehe Kap. 6).
- der eventuell akzeptierten zusätzlichen Leistung und der Verschlechterung der Auftragsdurchlaufzeit infolge einer Nachkommissionierung, falls beim Kommissionierdurchgang ein Fach mit „nicht ausreichendem“ Bestand vorgefunden wird.

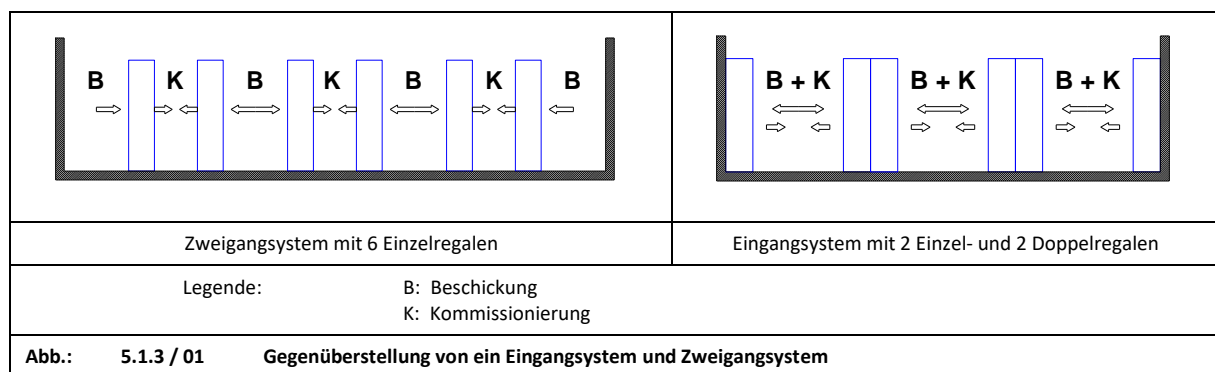
Ziel der Optimierung ist, (unter Berücksichtigung geforderter Auftragsdurchlaufzeiten) die Gesamtkosten aus Lagerhaltung, Kommissionierung und Beschickung zu minimieren. Dabei gibt es gegenläufige Tendenzen:

Bestand im Kommissionierlager	
„Pro“ geringer Bestand	„Contra“ geringer Bestand
<ul style="list-style-type: none"> Die Lagerung ist i. d. R. im Einheitenlager kostengünstiger als im Kommissionierlager. Die Bereitstellungsmengen im Kommissionierlager sollten daher minimal sein. Je geringer die bereitgestellten Mengen sind, desto kürzer sind die Kommissionierwege und damit die Kommissionierkosten (i. d. R. der Hauptkostenfaktor) 	<ul style="list-style-type: none"> Je niedriger die bereitgestellten Mengen sind, desto öfter muss nachgefüllt werden. Damit steigen die Beschickungskosten. Je niedriger die bereitgestellten Mengen sind, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass bei üblicherweise schwankenden Kommissioniermengen je Zeiteinheit die Bereitstellungsmengen nicht ausreichend sind für einen Kommissionierauftrag. Dies kann zu erheblichen Zusatzkosten führen und ggf. die Auftragsdurchlaufzeit negativ beeinflussen.

5.1.3 Zuordnung von Beschickungs- zur Entnahmeseite

Diese Gestaltungsmaßnahme bezieht sich auf Kommissioniersysteme mit statischer Bereitstellung. Die Beschickungsseiten und die Entnahmeseiten der Bereitstellungsplätze (i. d. R. der Regale) können bei diesen Systemen identisch sein, sie können aber auch auf gegenüber liegenden Seiten der Bereitstellungsplätze angeordnet sein. Danach wird unterschieden in

- Eingangssysteme
- Zweigangsysteme



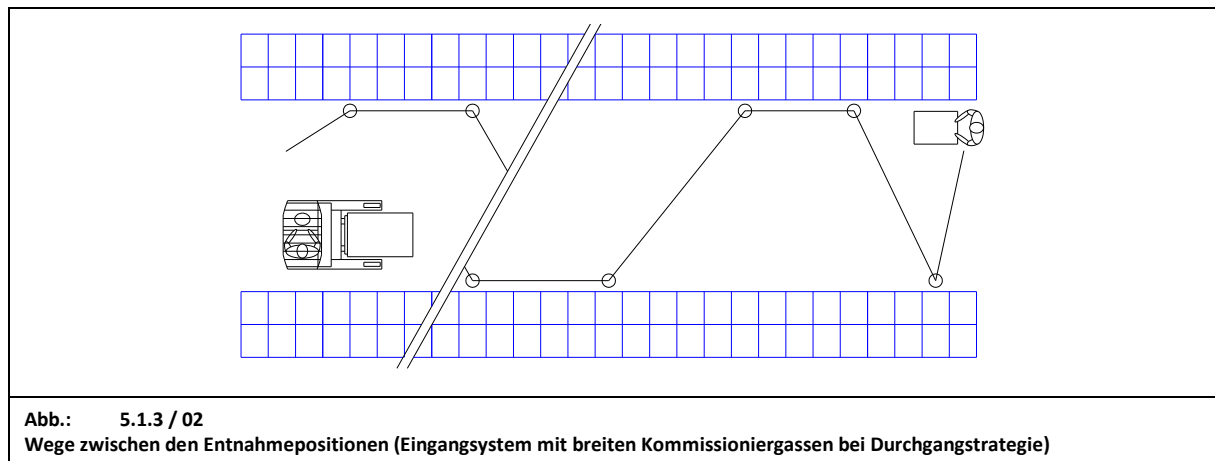
5.1.3.1 Eingangssystem

Erfolgt die Beschickung und die Kommissionierung von demselben Gang aus, spricht man von einem Eingangssystem. Bei diesem System sind zwei Varianten zu unterscheiden:

- Einlagerungsfahrzeug und Kommissionierfahrzeug können gleichzeitig im selben Gang tätig sein.
- Einlagerung und Kommissionierung erfolgt zeitversetzt.

Die gleichzeitige Beschickung und Entnahme von einem Gang aus kann grundsätzlich erfolgen, wenn die Gänge breit genug sind, um Einlagerungsfahrzeuge und Sammelfahrzeuge passieren zu lassen. Dazu sind bei der Gangbreite auch die erforderlichen Begegnungs- und Randzuschläge zu berücksichtigen (siehe Teil IV.1, Kap. 3.1.2).

Eingangssystem mit gleichzeitiger Beschickung und Kommissionierung	
Vorteil	Nachteil
<ul style="list-style-type: none"> Hohe Flexibilität 	<ul style="list-style-type: none"> Große Gangbreiten erforderlich und damit großer Flächenbedarf, Zusätzliche Wege zum Überqueren des Kommissionierganges um beide Regalfronten zu bedienen; insbesondere in Systemen mit Durchgangstrategie. Gegenseitige Behinderungen im Gang können nicht ausgeschlossen werden



Bei zeitversetzter Beschickung und Entnahme ist immer nur ein Gerät im Gang; das Beschickungsfahrzeug, oder das Sammelfahrzeug, bzw. ein kombiniertes Gerät, das sowohl sammeln, als auch beschicken kann (z.B. ein Hochkommissionierer mit Seitenschubschlitten).

Eingangssystem mit zeitversetzter Beschickung und Kommissionierung	
Vorteil	Nachteil
<ul style="list-style-type: none"> Geringer Gangbreitenbedarf bei Einsatz von zwangsgeführten Geräten; damit gute Flächennutzung Gut geeignet für Kommissionierlager, in denen die Kommissionierleistung sich auf Spitzenzeiten konzentriert. Der Beschickungsvorgang kann dann zu betriebsschwachen Zeiten erfolgen. 	<ul style="list-style-type: none"> Geringe Umschlagsleistung, da zu einer Zeit immer nur entweder beschickt, oder gesammelt werden kann. Da nur ein Gerät im Gang sein darf, können auch nicht mehrere Kommissionieraufträge gleichzeitig in einem Gang bearbeitet werden. Höhere organisatorische Anforderungen, um Stau Probleme vor einem Gang zu vermeiden.

5.1.3.2 Zweigangsystem

Im Zweigangsystem sind Beschickung und Entnahme räumlich voneinander getrennt; d. h. Beschickungsfahrzeug (z. B. Stapler) und Kommissionierer arbeiten in getrennten Gängen.

Zweigangsysteme sind in Kommissionierlagern mit Bereitstellung in Durchlaufregalen systemimmanent. Typisch für Zweigangsysteme sind aber auch Einzelregale. Jedoch können auch bei entsprechendem technischem Aufwand am Einlagerungsgerät oder am Regal Doppelregale verwendet werden.

Vorteil	Nachteil
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gangbreiten können auf den jeweiligen Bedarf von Beschickungs- und Entnahmegerät minimiert werden. ▪ Keine gegenseitige Behinderung von Beschickungs- und Kommissionierfahrzeugen. ▪ Hohe Umschlagleistung, da beide Regalseiten in direktem Zugriff sind. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Überholen zweier Kommissionier- bzw. Beschickungsfahrzeuge innerhalb des jeweiligen Ganges ist nicht möglich. Überholmöglichkeiten bestehen nur in den Stirngängen. ▪ Zusätzlicher Beschickungsgang

Da sich insbesondere Kommissionierfahrzeuge innerhalb der Kommissioniergänge nicht überholen können, besteht bei sehr differenzierten Entnahmefrequenzen und bei sehr großem Sortiment die Gefahr von Stauungen. Durch geeignete Artikelplatzierung und Begrenzung der Ganglängen (sie sollen 65 m nicht überschreiten) kann dieses Risiko minimiert werden.

5.1.3.3 Gegenüberstellung des Flächenbedarfs der beiden Systeme

Ein Kommissionierlager als Zweigangsystem wird nach außen durch einen Beschickungs- oder Kommissioniergang begrenzt, während beim Eingangssystem die Begrenzung i. d. R. durch Regalzeilen gegeben ist (siehe Abb. 5.1.3/01).

Zweigangsystem vs. Eingangssystem mit gleichzeitiger Beschickung und Entnahme:

Beim Zweigangsystem kann die Gesamtbreite aus Kommissioniergang und Beschickungsgang geringer sein, als beim Eingangssystem mit gleichzeitigem Beschicken und Entnehmen

Beispiel:

- Eingangssystem mit gleichzeitiger Beschickung und Entnahme:
 - Einlagerung mit Schubmaststapler, Plattenaufnahme quer (A_{st} 2.700 mm).
 - Kommissionierung mit Kommissionierfahrzeug (Breite 800 mm)
 - Begegnungs- und Randzuschläge ($400 + 2 \times 500$ mm)

Erforderliche Gangbreite
Bei dieser Breite sind Überholvorgänge aller Fahrzeuge untereinander möglich.
- Zweigangsystem
 - Einlagerung durch Hochregalstapler
 - Kommissionierung mit induktiv gesteuertem Kommissioniergerät

Erforderliche Gangbreite

Gangbreiten- bedarf
1.200 mm
800 mm
<u>1.400 mm</u>
3.400 mm
1.500 mm
<u>1.000 mm</u>
2.500 mm

Zu berücksichtigen ist, dass beim Zweigangsystem ein zusätzlicher äußerer Bedienungsgang erforderlich ist.

Zweigangsystem vs. Eingangssystem mit zeitversetzter Beschickung und Entnahme:

Bei zeitversetzter Beschickung und Kommissionierung bewegt sich beim Eingangssystem im Bedienungsgang entweder ein Beschickungsgerät oder ein Kommissionierfahrzeug. Die Gangbreite muss auf den Bedarf des breiteren Gerätes ausgelegt werden; i. d. R. auf die Breite eines Beschickungsganges.

Würde bei dem Eingangssystem dieselbe Beschickungstechnologie eingesetzt werden, wie bei dem alternativen Zweigangsystem, wären in beiden Fällen die Beschickungsgänge gleich breit. Damit wäre das Zweigangsystem dem Eingangssystem mit zeitversetzter Beschickung und Kommissionierung in der Flächennutzung unterlegen, weil beim Eingangssystem die gesonderten Bediengänge entfallen.

5.1.4 Regalanordnung / Layout-Gestaltung der Kommissionierzone

Die Frage der geeigneten Regalunterteilung und Regalanordnung betrifft in erster Linie Kommissionierlager, in denen sich der Kommissionierer nur horizontal fortbewegt. Beim Einsatz von Flurförderzeugen, die das Kommissionieren in großen Höhen erlauben, ist das Problem der Regalanordnung nicht in dieser Form gegeben [KUN 1].

Im Folgenden werden nur die Einflüsse der Regalunterteilung und Regalanordnung für Systeme mit statischer Bereitstellung und horizontaler Fortbewegung betrachtet. Ziele und Restriktionen dieser Regalunterteilung und Regalanordnung sind:

- In dem Kommissioniersystem ist die Beschickung und Kommissionierung mit minimalem Aufwand an Personal und Geräten durchzuführen;
- gleichzeitig soll aber auch eine Flexibilität bei verändertem Auftragsvolumen und ggf. geänderter Auftragsstruktur gewährleistet sein.
- Die räumlichen Ressourcen sind optimal zu nutzen;

Die Optimierung der Regalanordnung kann sich immer nur auf einen bestimmten Planungsfall beziehen. Für diesen Planungsfall müssen bereits festgelegt sein:

- die Art der Lagergestelle auf Basis einer gegebenen Artikelstruktur
- die Zuordnung von Beschickungs- und Entnahmeseite
- die Festlegung der Regalzeilen und deren Gesamtlängen;
- die Art der Lagerbedienung einschließlich der Art der Flurförderzeuge und damit die Gangbreiten (Stirngangbreiten, Gassenbreiten).
- die Lauf- / Fahrstrategie der Kommissionierer (siehe Kap. 5.2.3), hierfür ist die bevorzugte, mittel- / langfristig flexibelste Strategie zu Grunde zu legen.

Aus diesen Daten kann näherungsweise die erforderliche Gesamtgrundfläche des Kommissionierlagers ermittelt werden.

5.1.4.1 *Wegzeiten in einer Kommissionierzone in Abhängigkeit von der Regalanordnung*

Die Kommissionierzeit beinhaltet die Zeitanteile „Basiszeit“, „Totzeit“, „Greifzeit“ und Wegzeit“. Dabei haben die Zeitanteile „Basiszeit“, „Totzeit“, „Greifzeit“ nur einen relativ geringen Einfluss auf die Gesamt-Kommissionierzeit und sind bezogen auf die Regalanordnung nur in Grenzen variabel.

Die Wegzeiten im Beschickungs- und Kommissioniersystem haben maßgeblichen Einfluss auf die Gesamtzeiten für Beschickung und Kommissionierung. Dabei haben das Beschickungssystem und das Kommissioniersystem innerhalb einer Kommissionierzone einen unterschiedlichen Einfluss auf die optimale Regalanordnung. Eine Gesamtoptimierung setzt daher eine Gewichtung der beiden Systeme voraus.

Anmerkung zum Beschickungssystem:

Um den Fahrbetrieb beim Beschicken auf ein Mindestmaß zu reduzieren, sollte das Verhältnis von Länge zu Breite des Kommissionierlagers zwischen 1:1 und 1:2 liegen (vergl. [JÜN 1], [GUD 3].

Innerhalb einer Kommissionierzone kann es sinnvoll sein - insbesondere bei Artikeln mit geringer bis mittlerer Umschlagshäufigkeit -, das Regallager in Blöcke zu unterteilen. Bei gegebenen Pick-Parametern für Kommissioniersysteme mit eindimensionaler Fortbewegung nach dem Prinzip Mann zur Ware sind Wegzeiten abhängig von:

- der Anzahl der Blöcke
- der Anordnung der Blöcke
- der Anzahl der Gänge je Block
- der Länge der einzelnen Regalgänge je Block
- der Länge der Stirngänge

Grundsätzlich gilt, dass bei gleicher Entnahmewahrscheinlichkeit der Artikel die Wahrscheinlichkeit steigt, dass mit wachsender Anzahl Regalgänge (und damit kürzerer Regalgänge) vereinzelter Regalgänge nicht angefahren werden müssen.

- Damit kann ein Teil des Weges innerhalb der Regalgänge abgekürzt werden,
- gleichzeitig nimmt aber die Länge der Stirngänge zu.

Der Einfluss dieser beiden gegensätzlichen Tendenzen auf die durchschnittliche Weglänge pro Kommissionierauftrag ist abhängig von

- dem Verhältnis zwischen der mittleren Zeilenzahl der Kommissionieraufträge zur Anzahl der Regalgänge [vergleiche MIE 1].
- der gewählten Lauf- und Fahrstrategie des Kommissionierers (siehe Kapitel 5.2. ff „Ablaufstrategien in Kommissioniersystemen“).

Die Regalunterteilung und Regalanordnung mit der Zielgröße „Kommissionierweg-Minimierung“ ist aber nicht nur in Bezug auf die mittlere Zeilenzahl je Kommissionierauftrag zu optimieren. Bei einer starken Streuung der Zeilenzahl ist die Regalunterteilung und Regalanordnung entsprechend flexibel auszulegen, so dass ggf. bedarfsabhängig unterschiedliche Lauf- und Fahrstrategie wirtschaftlich realisiert werden können. Sonderfälle und Studien zur Regalanordnung, wie z. B. „Flying V“ und „Fishbone-Layout“ siehe Kap. 3.1.5 ff.

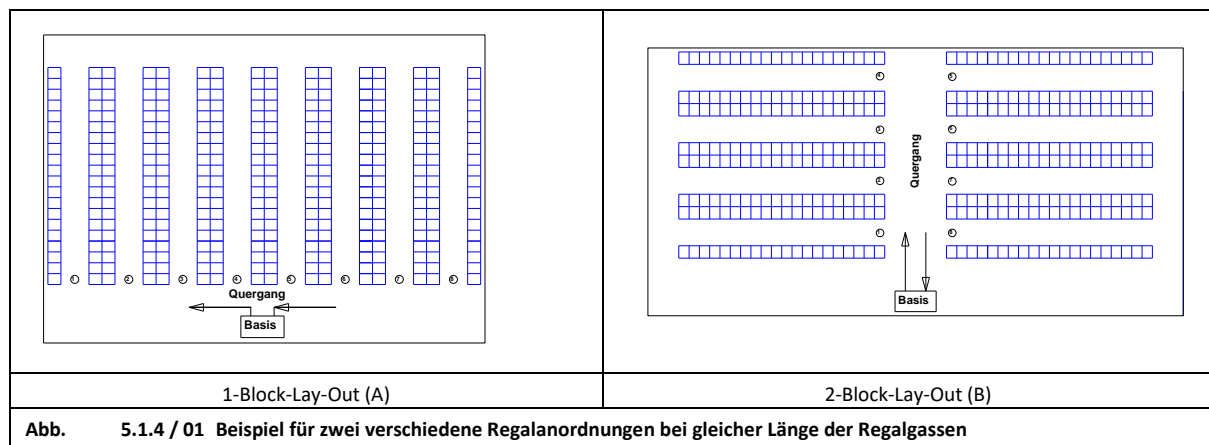
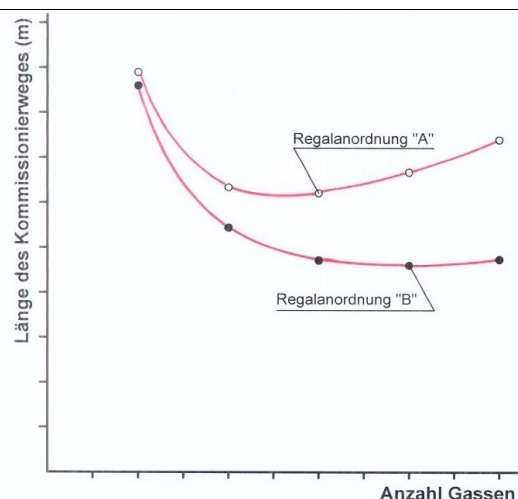


Abb.:5.1.4 / 02

Tendenzielles Verhalten der Kommissionierweglänge in Abhängigkeit von der Anzahl der Regalblöcke bei zwei verschiedenen Regalanordnungen

- bei gegebener Anzahl Pickpositionen (geringe bis mittlere Anzahl Picks je Auftrag)
- Lauf- / Fahrstrategie mit Überspringen von Regalgassen

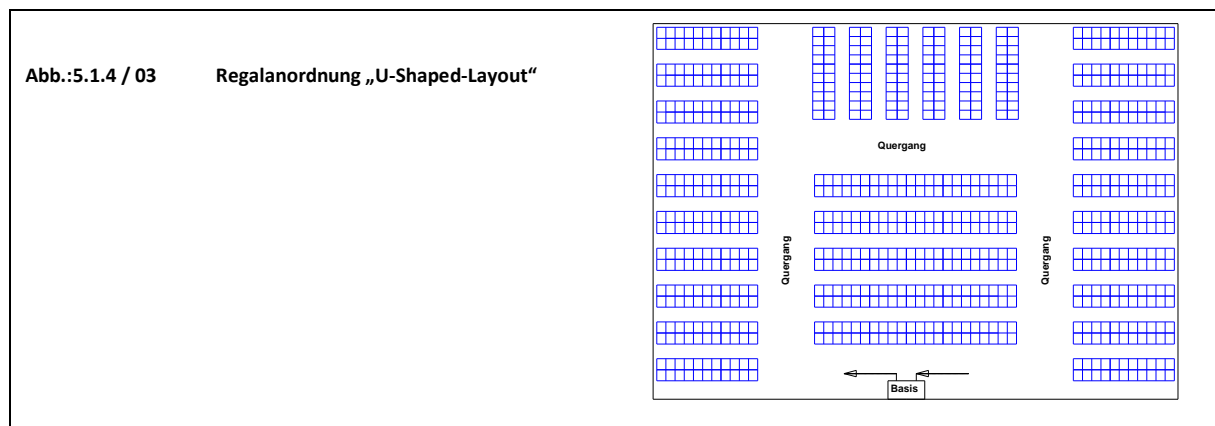


Bereits in den 70-er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden vielfältige Regalanordnungen mit ihren Auswirkungen auf die Kommissionierzeit untersucht (siehe z. B. [KUN 1]). Die Forschungen werden bis heute fortgesetzt (siehe z.B. [HEN 1]). Abgesehen von ganz wenigen Ausnahmen handelte es sich bei den untersuchten Regalanordnungen um Systeme, bei denen die Regale und Gänge parallel oder rechtwinklig zueinander angeordnet wurden. Dabei wurden die Regale zu einem Block zusammengefasst oder in wenige Blöcke unterteilt.

Bei diesen Untersuchungen ergaben die zu einem Block zusammengefassten Regale in Bezug auf die Kommissionierzeit i. d. R. ungünstigere Ergebnisse als Regalanordnungen mit mehreren Blöcken. Erst bei sehr großen Zeilenzahlen je Kommissionierauftrag, wenn Gänge praktisch nicht mehr übersprungen werden konnten, führten 1-Block-Systeme zu interessanten Ergebnissen.

In letzter Zeit wurden auch Kommissioniersysteme untersucht, mit denen die fast gesetzmäßige rechtwinklige Anordnung der Gänge verlassen wurde [MEL 1]. Hierzu gehören auch die bereits oben beschriebenen Regalanordnungen „Flying - V - Layout“ und „Fishbone - Layout“ (siehe Kap. 3.1.5 ff).

Eine neuere Untersuchung bezieht sich auf eine Variante der Regalanordnung für Stichgangstrategie. Sie wurde unter der Bezeichnung „U-Shaped-Layout“ veröffentlicht [HEN 1], bzw. unter der Bezeichnung „Walking the U“ [GER 1]. Die Bezeichnung dieser Regalanordnung resultiert aus der Form des Querganges, der prinzipiell die Form eines umgekehrten U hat. Das System ist in 4 Blöcke unterteilt.



5.1.4.2 Problem der gegenseitigen Behinderung

In Kommissioniersystemen nach dem Prinzip „Mann zur Ware“ kann zunehmendes Auftragsvolumen im ersten Schritt durch zusätzliches Personal abgedeckt werden. Je mehr Kommissionierer unterwegs sind, desto größer ist die Gefahr der gegenseitigen Behinderung. Behinderungen sind mit Wartezeiten verbunden; sie führen damit auch zu Verschlechterungen der Kommissionierzeiten. Behinderungen können auftreten:

- An der Basis, bei der Auftragsübernahme und bei der Auftragsübergabe
- Am Entnahmeort, wenn zwei, oder mehrere Kommissionierer gleichzeitig auf einen Artikel zugreifen wollen.
- Bei der Vorbeifahrt innerhalb der Gänge

Im Ergebnis nimmt mit zunehmender Anzahl Kommissionierer die durchschnittliche Kommissionierleistung pro Position ab.

Mit dem Ziel der optimalen Flächennutzung werden oft die Kommissioniergangbreiten auf ein Mindestmaß reduziert. Damit ist innerhalb der Kommissioniergänge eine Vorbeifahrt nicht mehr möglich. Dies betrifft sowohl entgegenkommende Kommissionierer als auch überholende Kommissionierer.

Insbesondere in Kommissionierlagern, in denen die Gangbreiten keine Vorbeifahrt gestatten, ist darauf zu achten, dass die einzelnen Regalgänge nicht zu lang sind. Dadurch wird die Gefahr von Stauungen zumindest verringert.

5.1.4.3 Problem einer eventuellen Lagererweiterung

Bei der Zuordnung der Regale ist ebenfalls zu bedenken, inwieweit eine spätere Erweiterung des Kommissionierlagers vorgenommen werden kann, ohne dass der Betrieb durch die Ausbaurbeiten gestört wird.

5.2 Ablaufstrategien in Kommissioniersystemen

5.2.1 Gestaltung von Kommissionieraufträgen / Auftragszusammenstellung

Die Auftragszusammenstellung gliedert sich in zwei zeitlich hintereinanderliegende Phasen [MIE 1], die beide eine untrennbare Einheit bilden:

- Die organisatorische Vorbereitung
- Die physische Zusammenführung der Artikel.

In der organisatorischen Vorbereitung werden hereinkommende Kundenaufträge bearbeitet und daraus Kommissionieraufträge erstellt. Diese Kommissionieraufträge müssen bezüglich der Anzahl der Artikel und der Menge je Artikel nicht mehr mit den ursprünglichen Kundenaufträgen übereinstimmen. Bei der Erstellung der Kommissionieraufträge wird unterschieden zwischen einstufiger Kommissionierung (auftragsorientierte Kommissionierung) und mehrstufiger Kommissionierung (artikelweise oder serienorientierte Kommissionierung).

In der zweiten Phase müssen die kommissionierten Artikel in der gleichen Weise zusammengeführt werden, wie vorher die Entnahmebefehle verteilt worden sind. Bei der physischen Zusammenführung der Artikel wird unterschieden in sequentieller und paralleler Auftragszusammenführung

5.2.1.1 Einstufige, auftragsorientierte Kommissionierung

Die einfachste Form einen Kommissionierauftrag zu generieren besteht in der direkten Umwandlung eines Kundenauftrages in einen Kommissionierauftrag. Dazu müssen die Informationen des Kundenauftrages nur noch um die lagerspezifischen Informationen ergänzt werden (z.B. Entnahmestelle und Kommissionierreihenfolge). Die einzelnen Kundenaufträge werden nacheinander wie sie herein kommen als Kommissionieraufträge abgearbeitet. Eine Variante dazu besteht darin, die Kundenaufträge auch in Teilaufträge zu zerlegen. Diese Teilaufträge können unterschiedlichen Lagerzonen zugeordnet werden.

Während ihrer Bearbeitung bilden die Aufträge bzw. Teilaufträge isolierte Organisations- und Transporteinheiten. Die einem Kundenauftrag zuzuordnenden Aufträge bzw. Teilaufträge werden nie mit anderen Aufträgen oder Auftragsteilen vermischt. Die kommissionierten Waren sind dadurch immer den jeweiligen Kundenaufträgen zuordenbar. Eine weitere Vereinzelung ist nicht erforderlich. Diese Organisationsform wird daher auch „auftragsorientiertes“ oder „einstufiges“ Kommissionieren genannt.

Einstufige Kommissionierung	
Vorteil	Nachteil
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die einstufige Kommissionierung erfordert nur einen geringen organisatorischen Aufwand. Im einfachsten Fall wird ein eingehender Auftrag als Kommissionierauftrag verwendet, der nur noch um die lagertechnischen Informationen ergänzt wird. ▪ Ein entscheidender Vorteil der einstufigen Kommissionierung kann die kürzere Auftragsdurchlaufzeit sein. Die Auftragsdurchlaufzeit ist die Zeitspanne beginnend mit dem Eingang der Kundenbestellung bis zur kompletten Auslieferung an den Kunden. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Die einstufige Kommissionierung hat eine geringe Umschlagsleistung. Wegen weniger Auftragspositionen müssen oft relativ lange Wege zurückgelegt werden. ▪ Bei zeitlich unterschiedlichem Eingang der Kundenaufträge können starke Schwankungen in der Auslastung des Systems entstehen.

5.2.1.2 Mehrstufige, artikelweise oder serienorientierte Kommissionierung

Mehrstufige Kommissionierung, (auch als artikelweises, oder serienorientiertes Kommissionieren bezeichnet) liegt vor, wenn jeweils über eine bestimmte Periode die Kundenaufträge gesammelt, aufbereitet und nach bestimmten Kriterien artikelweise zu internen Kommissionieraufträgen zusammengefasst werden. Die Kommissionierung nach Auftragsserien ist auch unter der Bezeichnung „Batch- Kommissionierung“ bekannt.

- Für das Bilden von Auftragsserien werden zunächst Kundenaufträge gesammelt.
- Das Aufbereiten der Kundenaufträge kann mit einer Aufteilung der Kundenaufträge in Teilaufträge verbunden sein. Dies kann sich ergeben, wenn die angeforderten Artikel auf verschiedene Lagerzonen verteilt sind; z. B.
 - Die Artikel erfordern unterschiedliche Lagerbedingungen.
 - Die Artikel haben unterschiedliche Zugriffshäufigkeiten und sind deshalb nach einer ABC-Struktur auf verschiedene Lagerzonen verteilt.
 - Die Lager mit gleicher Artikelstruktur sind in Zonen unterteilt (z. B. eine, oder wenige Gassen bilden eine eigene Kommissionierzone, für die ein Kommissionierer zuständig ist). Große Kundenaufträge können dadurch als Teilaufträge parallel bearbeitet werden.
- Für das Zusammenfassen der Kundenaufträge / Teilaufträge zu Auftragsserien sind mehrere Kriterien zu beachten (siehe unten).

Eine generelle Restriktion für das Bilden von Auftragsserien ist die Zeit, die für das Sammeln von Kundenaufträgen zur Verfügung steht. Diese ist durch eine vorgegebene maximale Auftragsdurchlaufzeit begrenzt.

Ausgenommen beim Multi-Order-Picking (siehe unten) kann jede gesammelte Serie Artikel verschiedener Kundenaufträge enthalten. Diese Serien müssen in mindestens einer zweiten Kommissionierstufe nach Einzelaufträgen sortiert werden. Diese artikelweise Kommissionierung wird daher auch mit dem Begriff „mehrstufige Kommissionierung“ bezeichnet.

Die artikelweise Kommissionierung ist besonders effizient, wenn eine hohe Wahrscheinlichkeit besteht, dass in einer Serie von Kundenaufträgen mehrere Zugriffe auf den gleichen Artikel entfallen. Dadurch wird

- die Zahl der erforderlichen Fachanfahrten reduziert
- die Entnahmemenge pro Position wird erhöht
- bei dynamischer Bereitstellung werden die erforderlichen Ein- und Auslagerungen vermindert.

5.2.1.2.1 Serienorientierung für Systeme mit statische Bereitstellung

In Simulationen wurde aufgezeigt, dass in Systemen mit statischer Bereitstellung, d. h. Systeme nach dem Prinzip „Mann zur Ware“ die Wegzeiten je Position mit zunehmender Auftragsserienbildung abnehmen. Hierfür wurden unterschiedliche heuristische Algorithmen zu Grunde gelegt:

- Prioritätsregelverfahren (Jedem Kundenauftrag wird ein Prioritätswert zugeordnet, z B. Zeitpunkt des Auftragseinganges.)
- Seed- Verfahren
- Saving- Verfahren

Das Bilden von Auftragsserien kann aber in Systemen mit statischer Bereitstellung mit Restriktionen verbunden sein. Diese Restriktionen sind von der Art der Abgabe der kommissionierten Ware an das nachfolgende System abhängig.

Kommissioniersysteme mit zentraler Abgabe

Eine Sonderform der serienorientierten Kommissionierung ist das Multi-Order-Picking, oder auch Cluster-Picking bezeichnet. Es handelt sich hierbei nicht eindeutig um eine mehrstufige Kommissionierung. Im Prinzip werden mehrere Kundenaufträge parallel abgearbeitet.

Beim Multi-Order-Picking in Kommissioniersystemen mit zentraler Abgabe führt der Kommissionierer bei seiner Rundfahrt auf seinem Kommissionierfahrzeug mehrere kundenorientierte Sammelbehälter mit. An jedem Entnahmeplatz entnimmt er die Gesamtmenge des Artikels gemäß Kommissionierauftrag und verteilt diese auf die jeweiligen Sammelbehälter.

Mit der Auftragsserienbildung kann die Dichte der Entnahmeplätze je Kommissionierrundgang deutlich erhöht und damit die Wegzeit je Position deutlich verkürzt werden. Sehr effizient ist dieses Verfahren, wenn

- die einzelnen Kundenaufträge aus wenigen Auftragspositionen bestehen und damit zu langen Wegen je Position führen würden;
- die Artikel klein und leicht sind.

Restriktionen sind u. a.:

- Während des Kommissionierrundgangs muss sichergestellt werden, dass die Entnahme und Ablage der kommissionierten Artikel jeweils vollständig und richtig erfolgt. Hierzu kann der Kommissionierer mit Techniken der beleglosen Kommissionierung unterstützt werden (siehe Teil II.4), sowie mit integrierten Kontrollsystemen (z. B. Sammelbehälter werden während der Rundfahrt ständig gewogen; die Richtigkeit der Anzahl abgelegter Artikel wird über die Gewichtsveränderung geprüft).
- Die Kapazität der Kommissioniergeräte und der Sammelbehälter ist volumenmäßig und gewichtsmäßig begrenzt.
- Volumen- und / oder gewichtsmäßig heterogene Artikel, die u. U. auch noch sehr zerbrechlich sein können, stellen bestimmte Anforderungen an die Reihenfolge der Kommissionierung.

Eine Variante des Multi-Order-Pickings ist das Kommissionierverfahren „Pick-to-Pack“. Merkmal dieses Verfahrens ist, dass die kommissionierten Artikel nicht erst in einen Sammelbehälter abgelegt werden, sondern gleich in den endgültigen Versandbehälter. Dadurch entfällt das nachträgliche Umpacken.

Kommissioniersysteme mit dezentraler Abgabe

In Kommissioniersystemen mit dezentraler Abgabe entnimmt der Kommissionierer aus der Bereitstellungseinheit die Gesamtmenge des Artikels gemäß Kommissionierauftrag und übergibt diese an ein Fördersystem innerhalb des Kommissionierbereiches (Pick-to-belt). Über das Fördersystem wird die kommissionierte Ware aus dem Kommissionierbereich heraus befördert und außerhalb z. B. an einen Sorter übergeben. Hier wird die Ware in einem zweiten Schritt kundenorientiert aufgeteilt und Sammelplätzen zugeordnet.

Ausgenommen der zeitlichen Begrenzung führt diese Art des Kommissioniersystems zu keinen weiteren Restriktionen im Hinblick auf die Größe der Auftragsserie und auf die Reihenfolge der Entnahme.

5.2.1.3 Auftragsserien für Systeme mit dynamischer Bereitstellung

In Kommissioniersystemen mit dynamischer Bereitstellung führt die Auftragsserienbildung naturgemäß zu keinen Wegzeit-Einsparungen. Hier ist das Ziel der Auftragsserienbildung, die Anzahl der Auslagerungen von Lagereinheiten und die Anzahl der Rücklagerungen von Anbruchpaletten zu minimieren.

In Systemen mit dynamischer Bereitstellung werden dem Kommissionierer an einem Kommissionierarbeitsplatz Bereitstellungseinheiten über Fördertechnik angedient. Bezogen auf das Ablegen der kommissionierten Artikel kann unterschieden werden in:

- Ablage auf Stetigförderer mit nachfolgender Sortierung (artikelorientierte Kommissionierung mit dezentraler Abgabe)
- Ablage in auftragsbezogene Sammelbehälter (Zielbehälter).

Das Verfahren mit auftragsbezogenen Sammelbehältern ist eine Mischform zwischen auftragsorientierter und artikelorientierter Kommissionierung. Hintergrund ist, dass die dynamische Bereitstellung von auftragsbezogenen Sammelbehältern nur in Verbindung mit Batch-Kommissionierung sinnvoll ist.

Für das Kommissionieren in auftragsbezogene Sammelbehälter (Zielbehälter) bei dynamischer Andienung der Bereitstellungsbehälter (Quellbehälter) muss sichergestellt sein, dass Quell- und Zielbehälter sequentiell bereitgestellt werden. Dieses Kommissionierprinzip lässt mehrere Verfahrensvarianten zu:

- Zum einen kann ein derartiges Kommissioniersystem aus einem oder aus mehreren hintereinandergeschalteten Kommissionierarbeitsplätzen bestehen, die förder technisch miteinander verbunden sind.
- Zum anderen können am jeweiligen Kommissionierarbeitsplatz unterschiedliche Mengen von Quell- und Zielbehältern zur Kommissionierung gleichzeitig bereitgestellt werden.

Gelten für das Mengenspektrum der Behälter jeweils die Bezeichnungen

- Quellbehälter 1 bis m
- Zielbehälter 1 bis n

können die Beziehungen 1:1, 1:n, m:1 und m:n realisiert werden.

- **1:1 Kommissionierung** Dem Kommissionierer stehen genau ein Quell- und ein Zielbehälter während der Abarbeitung eines Teilauftrags zur Verfügung. Nach Erledigung eines Teilauftrags wird systemabhängig entweder der Quellbehälter oder der Zielbehälter der nächsten Kommissionierstation zugeführt.
- **1:n Kommissionierung;**
auch Multi-Order-Picking bezeichnet. Dem Kommissionierer wird ein Quellbehälter zur Entnahme angedient aus dem er die entnommenen Artikel auf mehrere zur Verfügung stehende Zielbehälter, d. h. auf mehrere Kundenaufträge verteilt.
- **m:1 Kommissionierung** Dem Kommissionierer werden mehrere Quellbehälter angedient, aus denen er die unterschiedlichen Artikel entnimmt und in einem Zielbehälter ablegt.
Mit diesem Prinzip kann ggf. ein ganzer Kundenauftrag abgearbeitet werden. Werden allerdings zu viele Quellbehälter gleichzeitig nebeneinander angedient, können daraus entsprechende Wegzeiten resultieren.
- **m:n Kommissionierung** Dem Kommissionierer werden mehrere Quellbehälter angedient, aus denen er die unterschiedlichen Artikel auf die verschiedenen Zielbehälter verteilt.

Systeme mit dynamischer Bereitstellung führen außer der Begrenzung durch das Zeitfenster für das Sammeln von Kundenaufträgen zu keinen weiteren Restriktionen hinsichtlich der Auftragsserienbildung.

Zusammenfassung „Artikelweise Kommissionierung“

Artikelweise Kommissionierung	
Vorteil	Nachteil
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Durch das Zusammenlegen mehrerer Einzelaufträge zu einem Kommissionierauftrag wird in der ersten Stufe die Entnahmedichte gesteigert, d. h.: 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Der organisatorische Aufwand ist relativ hoch ▪ Die mehrstufige Kommissionierung erfordert eine relativ lange Auftragsdurchlaufzeit:

<ul style="list-style-type: none"> ○ Die Zahl der Zugriffe je Rundgang nimmt im Verhältnis zum Gesamtassortiment zu. ○ Der zurückgelegte Weg je Kommissioniereinheit nimmt ab ○ Die Zahl der Anfahrwege von der Basis zur ersten Position und die Zahl der Rückwege zur Basis wird reduziert. ▪ Da die Einzelaufträge zunächst gesammelt werden, können zeitliche Schwankungen im Auftragseingang ausgeglichen werden. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Zur Serienbildung müssen Kundenaufträge erst über einen gewissen Zeitraum hinweg gesammelt werden. ○ Die Kommissionier-Rundgänge dauern länger, da mehr Artikel in jeweils größeren Mengen gesammelt werden. ○ Im Anschluss an die erste Kommissionierstufe ist mindestens eine zweite Kommissionierstufe erforderlich ○ Die Auslieferung kann erst erfolgen, wenn alle Teilaufträge, die Artikel eines Kundenauftrages enthalten, alle Stufen durchlaufen haben. ▪ Zusätzlicher Personaleinsatz für die zweite Kommissionierung, bzw. Investition in eine Sortieranlage ▪ Der Puffer vor der zweiten Kommissionierstufe kann sehr viel Fläche / Raum erfordern. ▪ Eilaufträge können im normalen Serienlauf nicht berücksichtigt werden.
--	---

5.2.1.4 Die sequentielle und die parallele Auftragszusammenstellung

Die physische Auftragszusammenstellung beinhaltet den Transport der kommissionierten Artikel von dem Entnahmeort zu einem für alle Auftragsteile gleichen Ort sowie den eventuell erforderlichen Sortiervorgang. Die Art der Bearbeitung der Aufträge und damit die Art der Auftragszusammenführung wird durch die organisatorische Vorbereitung bestimmt (s. o.).

5.2.1.4.1 Die sequentielle Auftragszusammenstellung

Bei sequentieller Auftragszusammenstellung durchläuft ein Einzelauftrag oder eine Auftragsserie geschlossen alle relevanten Lagerzonen (Systeme mit zentraler Abgabe). Die einzelnen Positionen des Auftrages werden nacheinander kommissioniert. Dazu wird entweder der Kommissionierauftrag von Lagerzone zu Lagerzone weitergegeben, oder eine für die Kommission verantwortliche Person sammelt sukzessive den Auftrag in allen Zonen ein. Ein so kommissionierter Einzelauftrag kann hinter der letzten Zone komplett in die Packerei gegeben werden.

Das sequentielle Sammeln bietet sich insbesondere bei geringer Sortimentsbreite an. Hierbei liegt der Wegzeitanteil in einer günstigen Relation zur Gesamtkommissionierzeit [VDI 4].

5.2.1.4.2 Die parallele Auftragszusammenstellung

Bei paralleler Auftragszusammenstellung wird ein Einzelauftrag oder eine Auftragsserie in Lagerzonenbezogene Teilaufträge zerlegt. Diese Teilaufträge können dann gleichzeitig in den verschiedenen Zonen bearbeitet werden.

Systeme, in denen für die einzelnen Kommissionierbereiche jeweils andere Kommissionierer zuständig sind, haben die Vorteile, dass

- das Greifpersonal jeweils nur in relativ kleinen Zonen tätig ist und sich damit dort besonders gut auskennt.
- Die Lagerplätze und die Handhabungsmittel entsprechend der unterschiedlichen Manipulierbarkeit der Güter optimal ausgelegt werden können.

Die Zusammenführung der Teilaufträge und der Sortiervorgang bei Serienbearbeitung ist auf unterschiedliche Weise möglich.

- Die Teilaufträge werden innerhalb einer Lagerzone gesammelt und dann geschlossen zu einer gemeinsamen Staustrecke bzw. in den nachgeschalteten zweiten Kommissionierbereich befördert (System mit zentraler Abgabe).
- Die kommissionierte Ware wird entsprechend codiert auf einen Förderer gelegt und von diesem zu den Sammelstellen transportiert. Im Fall der Serienbearbeitung ist damit der Sortiervorgang verbunden (System mit dezentraler Abgabe).

Vorteile der parallelen Kommissionierung gegenüber der sequentiellen Kommissionierung:

- Vorteil der parallelen Kommissionierung ist zunächst die günstigere Auftragsdurchlaufzeit infolge der gleichzeitigen Bearbeitung von Teilaufträgen.
Da allerdings die Teilaufträge in den einzelnen Lagerzonen unterschiedliche Durchlaufzeiten haben, kommen die Auftragsteile mit zeitlicher Verschiebung in den Wartestrecken an. Dadurch wird ein Grossteil des Zeitgewinns wieder aufgezehrt. Die parallele Bearbeitung bringt somit keine wesentlichen Verkürzungen in der Auftragsdurchlaufzeit.
- Dennoch muss ein Auftrag in mehreren Zonen parallel bearbeitet werden, wenn
 - Die Anzahl der zu sammelnden Positionen hoch ist und
 - Die zur Verfügung stehende Kommissionierzeit kurz ist.
- Auch bei großem Auftragsvolumen empfiehlt sich die Zerlegung in Teilaufträge, die dann parallel bearbeitet werden können.
- Nach [MIE 1] sind bei richtiger Dimensionierung der Kommissionierzonen und genügend großem Auftragsdruck die Kommissionierer immer beschäftigt. Es tritt damit nicht das Problem der zeitweisen Nicht-Beschäftigung auf, wie es bei der sequentiellen Bearbeitung mit Weiterreichen des Auftrages der Fall sein kann. Die Umschlagsleistung ist damit höher.

Nachteil der parallelen Auftragszusammenführung ist

- der Aufwand für die Vorbereitung der Kommissionieraufträge
- die Zusammenführung der Teilaufträge

5.2.2 Kombinationsmöglichkeiten

Die einstufige und die mehrstufige Kommissionierung erlauben zusammen mit der sequentiellen und der parallelen Auftragszusammenführung vier Kombinationsmöglichkeiten. Innerhalb dieser vier Kombinationen gibt es weitere Varianten.

Die Vor- und Nachteile der einzelnen Strategien sind im Wesentlichen bereits oben erläutert. Im Folgenden soll daher nur noch auf Vor- und Nachteile eingegangen werden, die sich aus den jeweiligen Kombinationen ergeben.

Dabei haben alle Systeme, in denen Warteschlangen auftreten können, den Nachteil, dass bei Auftreten von Warteschlangen:

- die Umschlagsleistung verringert wird
- die Auftragsdurchlaufzeit erhöht wird
- entsprechende Pufferplätze bereitstehen müssen.

5.2.2.1 *Einstufige (auftragsorientierte) sequentielle Auftragszusammenstellung*

Ein Kommissionierauftrag, der dem Kundenauftrag entspricht, durchläuft geschlossen (in einer Stufe) alle Lagerzonen. Dabei gibt es zwei Varianten

- Eine Person bearbeitet in einem Zug den kompletten Kundenauftrag durch alle Lagerzonen.
Dies ist das einzige System, in dem keine systemabhängigen Wartezeiten auftreten können.
- Ein Kundenauftrag wird sequentiell von Lagerzone zu Lagerzone weiter gereicht.
Bei diesem System können Warteschlangen entstehen, wenn in einer Zone ein überdurchschnittlich großer Anteil des Auftrages abgearbeitet werden muss. Die Folge ist, dass

sich die nachfolgenden Aufträge vor dieser Zone stauen. Auf diese Aufträge wartet aber inzwischen beschäftigungsloses Personal in den nächsten Zonen.

Der Vorteil und der Einsatzbereich dieses Prinzips ist:

- Geringer Koordinationsbedarf
- Geeignet für kleine Lager

5.2.2.2 Mehrstufige sequentielle Auftragszusammenstellung

Nach [MIE 1] spielt die mehrstufige sequentielle Auftragszusammenstellung in der Praxis keine Rolle.

- Dem Aufwand für die Serienbildung und die zweite Kommissionierung steht nicht der Vorteil einer kurzen Auftragsdurchlaufzeit gegenüber.
- Bei Kommissioniersystemen mit zentraler Abgabe muss das gesamte Volumen geschlossen durch das ganze Lager transportiert werden.

5.2.2.3 Einstufige parallele Auftragszusammenstellung

Die Kundenaufträge werden in Teilaufträge zerlegt. Die Teilaufträge werden parallel in den verschiedenen Kommissionierzonen abgearbeitet. Dieses System ist sinnvoll oder gar notwendig

- bei großer Artikelvielfalt, insbesondere bei unterschiedlicher Handhabbarkeit der Artikel
- bei hoher Anzahl zu sammelnder Positionen je Kundenauftrag.
- Bei zeitkritischen Kundenaufträgen, zur Verkürzung der Auftragsdurchlaufzeit.

5.2.2.4 Mehrstufige parallele Auftragszusammenstellung

Infolge der Serienbildung bei der mehrstufigen Auftragszusammenstellung entstehen relativ lange Listen, mit denen unterschiedliche Artikel angesprochen werden. Damit führt die mehrstufige Auftragszusammenstellung fast zwangsläufig auch zur parallelen Bearbeitung.

5.2.3 Lauf- und Fahrstrategien (Routing) bei eindimensionaler Fortbewegung

Ziel der Lauf- und Fahrstrategien (in der Literatur häufig als „Routing“ bezeichnet) ist, innerhalb einer gegebenen Regalanordnung die Wegzeiten zum Einsammeln eines Kommissionierauftrages zu minimieren. In einem mit Fach- oder Palettenregalen ausgerüsteten Kommissionierlager, in dem sich der Kommissionierer eindimensional fortbewegt, kann ein vorliegender Auftrag nach zwei grundsätzlich verschiedenen Strategien ausgeführt werden ([KUN 1], [KUN 2]):

- Durchgangsstrategie
- Stichgangstrategie

Beide Strategien können wiederum nach Ausführungsvarianten unterteilt werden (s. u.)

5.2.3.1 Durchgangsstrategie

Bei dieser Strategie durchfährt oder durchläuft der Kommissionierer nacheinander in Form einer Schlangenlinie alle Gänge, aus denen Artikel zu entnehmen sind. An den in seinem Auftrag angegebenen Lagerplätzen hält der Kommissionierer an, um die gewünschte Warenmenge zu entnehmen. Danach fährt er in gleicher Richtung bis zum nächsten angegebenen Lagerplatz oder zum Ende des Ganges.

Bewegt sich der Kommissionierer mittels eines Fahrzeuges fort (entsprechende Gangbreiten vorausgesetzt), so ist der Laufanteil bei dieser Strategie gering, da er mit dem Fahrzeug bis an die Entnahmestellen heranfährt. Im Hinblick auf die erforderlichen Kommissioniergangbreiten und damit auch auf die erforderlichen Stirlingangbreiten sowie auf den Flächenbedarf des Lagerbereiches sind die Alternativen zu berücksichtigen:

- Bei der Durchgangstrategie wird ausgeschlossen, dass andere Kommissionierer innerhalb des Kommissionierganges überholen oder entgegenkommen. (Die Verhinderung eines Staus ist immer gewährleistet, wenn nur ein Kommissionierer in dem Bereich tätig ist).
- Die Kommissioniergangbreite ist ausreichend, um überholenden, bzw. entgegenkommenden Verkehr aufzunehmen.

Bei der Durchgangstrategie kann ferner unterschieden werden in:

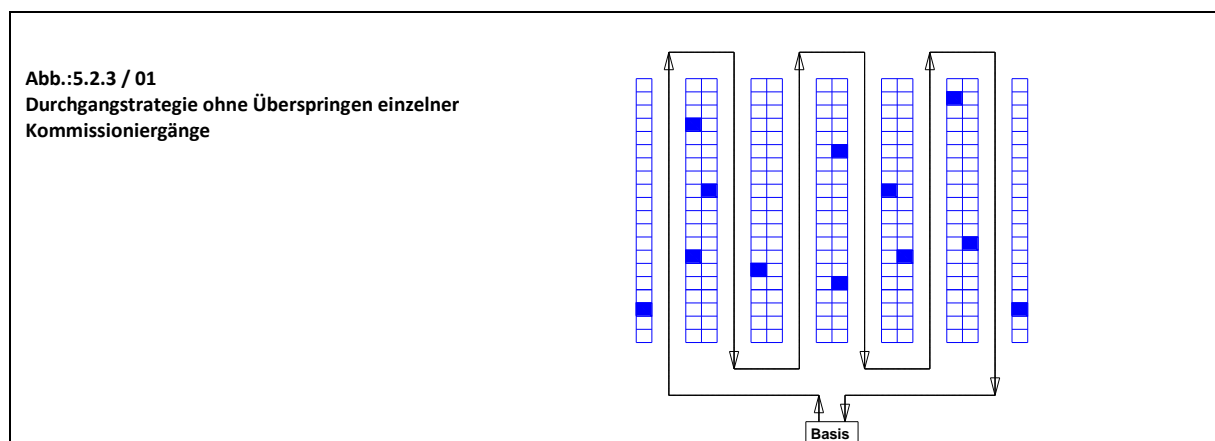
- Durchgangsstrategie ohne Überspringen einzelner Gänge
- Durchgangsstrategie mit Überspringen einzelner Gänge
d. h. auf dem Weg entlang der Regalstirnseite werden die Regalgänge übersprungen, aus denen keine Ware zu entnehmen ist.

Durchgangsstrategie ohne Überspringen einzelner Gänge

Bei dieser Strategie werden von jedem Kommissionierer alle Gänge durchlaufen, bzw. durchfahren und zwar unabhängig davon, ob in einem Gang Ware zu entnehmen ist, oder nicht. Dadurch bewegen sich alle Kommissionierer in allen Gängen immer in dieselbe Richtung.

Die Anzahl der Kommissioniergänge (Regalgassen) sollte geradzahlig sein, damit nach der letzten Entnahme keine Leerfahrt innerhalb der Gassen erforderlich wird (siehe Abb. unten).

Bezüglich der Gangbreite ist bei diesem System nur die Behinderung / Stau infolge eines möglichen Überholens zu bewerten.

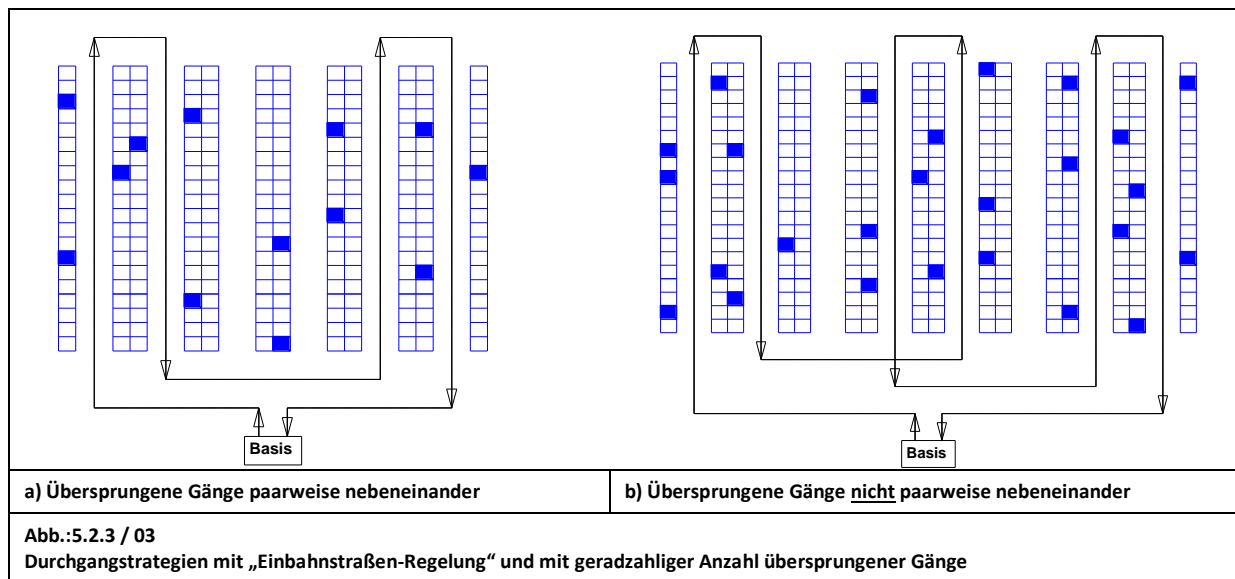
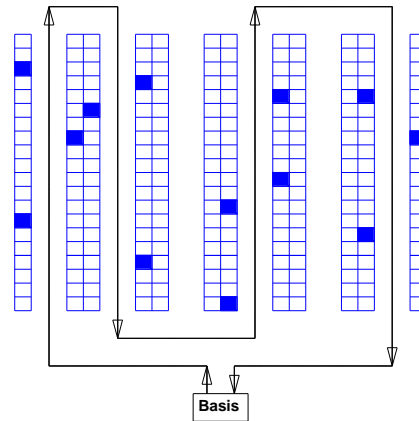


Durchgangsstrategie mit Überspringen einzelner Gänge

Auf dem Weg entlang der Regalstirnseite werden die Regalgänge übersprungen, aus denen keine Ware zu entnehmen ist. Beim Überspringen einzelner Gänge muss bei dieser Strategie unterschieden werden:

- Die Kommissionierer dürfen uneingeschränkt den jeweils nächsten Gang ansteuern, aus dem Ware zu entnehmen ist.
Bei diesem System kann es vorkommen, dass sich Kommissionierer auf ihrer Rundfahrt innerhalb eines Kommissionierganges begegnen. Um eine Blockade auszuschließen, müssen die Kommissioniergänge breit genug ausgelegt sein.
- Die Kommissionier müssen „Einbahnstraßen-Regelungen“ beachten.
Die Einbahnstraßen-Regelung besagt, dass alle geradzahligten Kommissioniergänge in die eine Richtung und die ungeradzahligten Gänge in die entgegengesetzte Richtung durchlaufen oder durchfahren werden müssen.

Abb.:5.2.3 / 02
Durchgangstrategie mit Überspringen einzelner
Kommissioniergänge, ohne Richtungseinschränkungen



Damit das Überspringen von Gängen ohne Entnahmeorte zu einer Abkürzung des Weges führt, müssen genau so viele geradzahlige Gänge wie ungeradzahlige Gänge übersprungen werden.

- Die übersprungenen geradzahligen und ungeradzahligen Gänge sollten möglichst paarweise nebeneinander liegen. Dies gilt auch für die nicht übersprungenen Gänge.
- Liegen diese Gänge nicht paarweise nebeneinander, müssen wegen der Einbahnstraßen-Regelung auch Gänge mit Entnahmeorten übersprungen werden. Dadurch fallen zusätzliche Rückfahrten in den Stirngängen an.
- Wird durch das Überspringen von o. g. Forderung (Anzahl geradzahliger Gänge = Anzahl ungeradzahliger Gänge) abgewichen, entstehen so viele Leerfahrten, wie Abweichungen. In diesen Fällen führt das Überspringen von Gängen nicht zu Abkürzungen innerhalb der Kommissionierroute.

Zusammenfassung „Durchgangstrategie“:

Unter der Prämisse, dass die Gesamtheit der Kommissionierartikel, die auf einem Rundgang eingesammelt werden, volumen- und gewichtsmäßig wirtschaftlich transportiert werden können (z. B. auch mit dezentraler Abgabe), ist die Durchgangsstrategie zweckmäßig

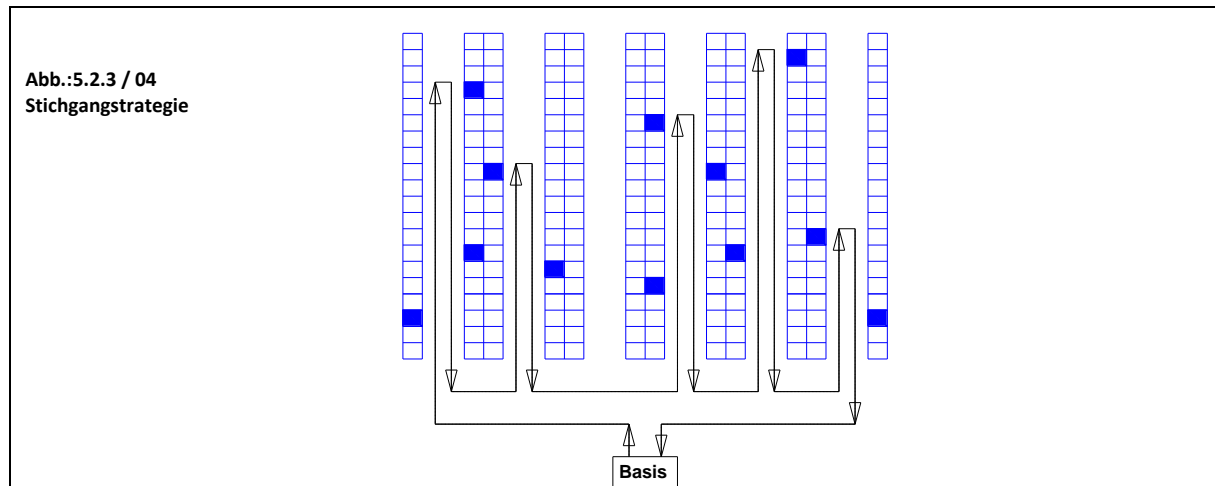
- bei vielen Positionen je Kommissionierauftrag
- mit hoher Entnahmedichte

Das Überspringen von Gängen ist bei der Durchgangsstrategie für die Lagerplanung von untergeordneter Bedeutung, insbesondere bei gleichzeitiger „Einbahnstraßen-Regelung“.

5.2.3.2 Stichgangstrategie

Der Kommissionierer läuft oder fährt an den Regalstirnseiten entlang bis zu den Gängen, aus denen jeweils Ware zu entnehmen ist.

Ist aus dem jeweiligen Regalgang nur ein Artikel zu kommissionieren, dann lässt er ggf. zur Entnahme das Fahrzeug im Stirngang stehen und läuft in den jeweiligen Regalgang hinein. Nach der Entnahme kehrt er wieder zum gleichen Gangende zu seinem Fahrzeug zurück. Dadurch kann der Laufanteil bei dieser Strategie erheblich sein.



Bei schmalen Kommissioniergängen kann ggf. innerhalb eines Kommissionierganges nur ein Kommissionierer tätig sein. Damit wird ein Kommissioniergang von einem Kommissionierer für andere Kommissionierer gesperrt. Im Stirngang kann es dadurch zu einem Warteschlangen-Problem kommen.

Sind aus einem Gang mehrere Artikel zu kommissionieren, dann sind zwei Varianten der Stichgangstrategie möglich:

- Stichgangstrategie ohne Gangwiederholung
- Stichgangstrategie mit Gangwiederholung

Stichgangstrategie ohne Gangwiederholung

Bei dieser Strategie betritt der Kommissionierer den Regalgang und entnimmt während dieses einen Rundganges alle aus diesem Gang angeforderten Waren und kehrt zum Stirngang zurück.

Diese Strategie setzt voraus, dass die Gewichte und Volumina der zu entnehmenden Waren gering sind.

Stichgangstrategie mit Gangwiederholung

Sind aus einem Regalgang mehrere Positionen zu sammeln, die von Größe und / oder Volumen nicht alle gemeinsam gesammelt werden können, dann muss der Kommissionierer ggf. mehrfach zu seinem Sammelfahrzeug an der Regalstirnseite zurückkehren, um dort seine gesammelten Waren abzulegen. Danach muss er jeweils zur Abarbeitung seiner Kommissionierpositionen in den Gang zurückkehren.

Die Stichgangstrategien sind wirtschaftlich, wenn

- die Artikelanzahl hoch ist,
- dagegen das Artikelgewicht klein ist.

Wie oben erwähnt, haben diese Lauf- und Fahrstrategien wesentlichen Einfluss auf die Regalanordnung.

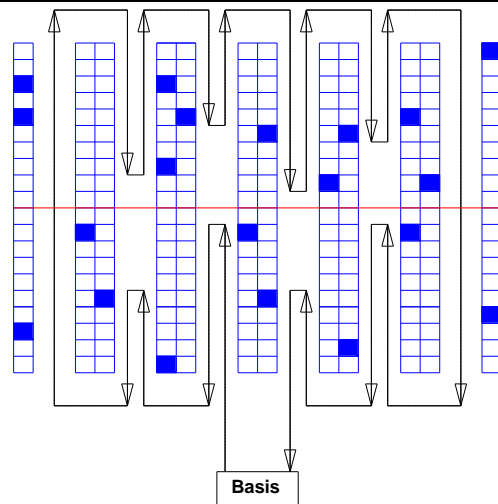
5.2.3.3 Mischformen der Durchgangs- und Stichgangsstrategien

Midpoint-Strategie

Eine Variante der Stichgangstrategie ist die „Midpoint-Strategie“ [PFO 1]. Bei dieser Variante wird das Lager in zwei Hälften unterteilt.

Abb.:5.2.3 / 05

Stichgangstrategie, Variante „Midpoint-Strategie“



Bei mittig angeordneter Basis passiert der Kommissionierer die Kommissioniergänge in Richtung Gang 1. Waren werden nur aus den Regalganghälften entnommen, die der Stirnseite zugewandt sind. In Gang 1 durchläuft- bzw. fährt und kommissioniert er die gesamte Regalgänge bis zum gegenüberliegenden Stirngang. Von diesem Stirngang aus kommissioniert er die zweite Lagerhälfte ab bis zum letzten Gang. Von hier aus kehrt er zum Hauptgang zurück um die restlichen Regalganghälften zu bearbeiten.

Largest-Gap-Strategie

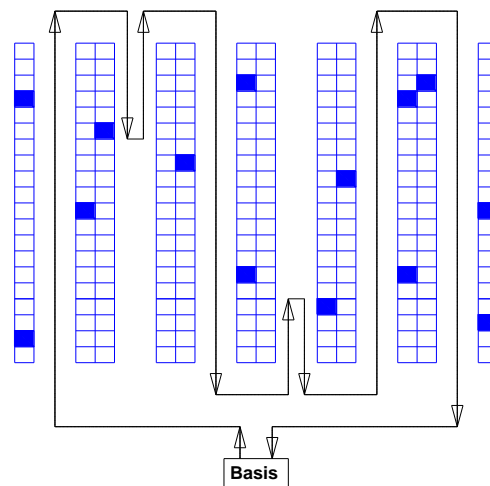
Die Largest-Gap-Strategie entspricht im Wesentlichen der Midpoint-Strategie. Es gibt aber keine Mittellinie als Wendekriterium innerhalb einer Gasse, sondern die größte Lücke zwischen zwei Entnahmepositionen.

Kombinierte Durchgangs- und Stichgangstrategie

Diese Kombination nutzt die besten Eigenschaften der o. g. Strategien unter Berücksichtigung der jeweiligen Einschränkungen. Sind die Wege durch die Pickliste nicht fest vorgegeben, wird sie in der Praxis von erfahrenen Kommissionierern ohnehin angewandt.

Abb.:5.2.3 / 06

Kombinierte Durchgangs- und Stichgangstrategie



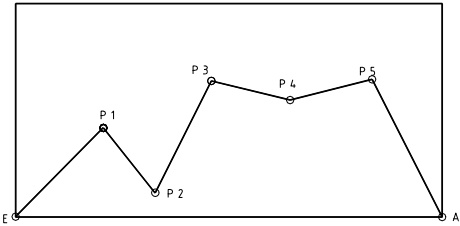
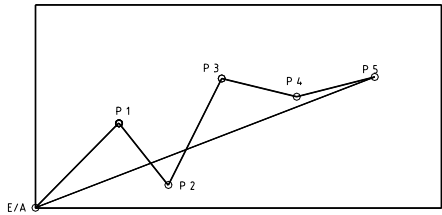
5.2.4 Fahrstrategien bei zweidimensionaler Fortbewegung

In hohen Kommissionierlagern, die mit zweidimensional verfahrbaren Kommissioniergeräten bedient werden, können innerhalb eines Regalganges erheblich mehr Artikel bereitgestellt werden, als dies bei horizontal bedienten Lagern möglich ist. Daher kann häufig ein Kommissionierauftrag innerhalb eines Ganges bearbeitet werden. Auch bei Einsatz von Hochkommissionierern, die im Stirngang frei verfahren sind, besteht somit i. d. R. nicht die Notwendigkeit auf einer Kommissionier-Rundfahrt mehrere Regalgänge anfahren zu müssen.

Die Probleme zur Wegzeitminimierung, die sich auf die Bestimmung der Anzahl Regalgänge beziehen, die auf einer Rundfahrt angefahren werden müssen, treten in den meisten Fällen gar nicht auf. Wesentlichen Einfluss auf die Wegzeit hat in solchen Lagern die Reihenfolge, in der innerhalb eines Regalganges die einzelnen Entnahmeorte angefahren werden.

Einfachstrategie

Bei der Einfachstrategie werden die Entnahmeorte lediglich nach aufsteigenden x-Koordinaten geordnet [GUD 3].

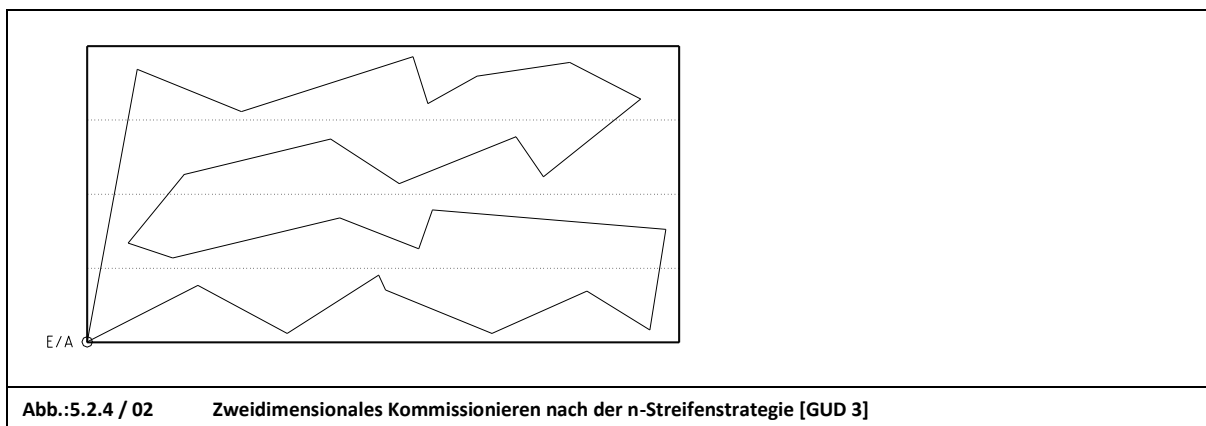
	
E / A getrennt	E / A zusammen, daher mit Leer-Rückfahrt
Abb.: 5.2.4 / 01 Zweidimensionales Kommissionieren nach der Einfachstrategie [GUD 3]	

Vorteil	Nachteil
<ul style="list-style-type: none"> Die organisatorisch unkomplizierteste Strategie, nach der die Reihenfolge der anzufahrenden Fächer festgelegt wird [GUD 3]. 	<ul style="list-style-type: none"> Die zeitintensiven Vertikalbewegungen führen insbesondere bei großer Zeilenzahl zu langen Fahrzeiten Ist der Eingang des Regalganges identisch mit dem Ausgang, ist darüber hinaus noch eine Leerfahrt vom letzten Entnahmeort zum Ausgangspunkt erforderlich.

n - Streifenstrategie

Bei dieser Strategie wird die Regalfläche in eine bestimmte Anzahl (n) horizontale Streifen eingeteilt. Im obersten Streifen beginnend, werden diese Streifen nacheinander
 - abwechselnd von links nach rechts und von rechts nach links -
 abgefahren. Die Rückfahrt erfolgt im untersten Streifen. Die Zahl der Streifen wird bestimmt von

- der Zahl der Positionen, die auf einer Rundfahrt anzufahren sind.
Je größer die Zeilenzahl, desto mehr Streifen
- Der Lage von Ein- und Ausgangspunkt zueinander.
Um Leerfahrten auf dem Weg zum Ausgang zu vermeiden, soll die Streifenzahl
 - geradzahlig sein, wenn Ein- und Ausgangspunkt zusammen liegen.
 - ungeradzahlig sein, bei getrennten Ein- und Ausgangspunkten.



6 NACHSCHUBSTRATEGIEN

6.1 Nachschubstrategien allgemein für intralogistische Systeme und für Lieferketten

Sowohl in intralogistischen Systemen als auch innerhalb der gesamten Lieferkette (Supply Chain) gibt es Stellen, an denen Materialien / Produkte mehr oder weniger regelmäßig verbraucht bzw. nachgefragt werden. Verbrauchs- / Nachfragestellen sind z. B. Kommissionierbereiche, Fertigungsbereiche, Filialen oder Kunden.

Nachschubstrategien sind Verfahren, mit denen die Versorgung dieser Verbraucher / Nachfrager mit Artikeln sichergestellt werden soll. Fehler in den Nachschubstrategien können zu Kosten führen.

Beispiele hierfür sind:

- Fehlmengenkosten, wie z. B.:
Entgangene Gewinne, Konventionalstrafen, überhöhte Beschaffungskosten, u.s.w.
- Lagerhaltungskosten, wie z. B.:
Erhöhter Lagerbestand und damit erhöhte Kapitalbindung einschließlich Zinsen, Risiko von Verderb, usw..

Soweit bekannt ist, dass der Abfluss der Güter mittel- bis langfristig relativ konstant bleibt, ist die Steuerung des Nachschubs einfach. Meist unterliegt aber der Bedarf der Verbraucher / Nachfrager zeitlichen und / oder mengenmäßigen Schwankungen, die nur schwer prognostizierbar sind. Zur Lösung der unterschiedlichen Aufgaben wurden verschiedene Verfahren entwickelt. Diese Verfahren der Nachschubsteuerung können zunächst in zwei Kategorien eingeteilt werden:

- Nachschubsteuerung nach dem Push-Prinzip (auch Bring-Prinzip bezeichnet)
- Nachschubsteuerung nach dem Pull-Prinzip (auch Hol-Prinzip bezeichnet)

Beim Push-Prinzip wird der Bedarf an Endprodukten i. d. R. von einer zentralen Disposition prognostiziert. Der zur Realisierung der Endprodukte erforderliche Bedarf an Materialien und Halbfabrikaten wird geplant und am Anfang der logistischen Kette eingetaktet. Auf Basis dieser Prognosen (Menge / Zeitpunkt) wird im Materialfluss der Nachschub von einer vorgelagerten Stelle an eine nachgelagerte Stelle geliefert (z. B. vom externen Materiallieferanten an das Eingangslager, oder Lieferung vom Lager an die Fertigung). Dieser Vorgang wird dann vom Anfang bis zum Ende der Logistikkette durchgetaktet.

Beim Pull-Prinzip wird der Nachschub vom Ende der logistischen Kette initiiert. Hat der Endabnehmer Bedarf, meldet er diesen an die vorgelagerte Stelle; er holt den Nachschub quasi von dort ab. Dieser Vorgang wird dann vom Ende bis zum Anfang der Logistikkette durchgetaktet. Das bekannteste Nachschubverfahren nach dem Pull-Prinzip ist das KANBAN- Verfahren.

Für die Verfahren zur Nachschubsteuerung gibt es noch weitere Einteilungskriterien.

a) Nach [HOM 3] können die Nachschubstrategien unterteilt werden in:

- Vorsorglichen Nachschub
Er wird ausgelöst, wenn ein vorher eingestellter Mindestbestand nicht mehr vorhanden ist.
- Bedarfsnachschub
Er wird aktiviert, wenn der aktuelle Artikelbestand für den nächsten Auftrag unzureichend ist.

b) Nach [GUD 1] können die Nachschubstrategien unterteilt werden in:

- Verbrauchsbezogene Strategie: Bereitstellverfahren
- Bestandsbezogene Strategie: Meldebestandsverfahren:
(auch Bestellpunktverfahren bezeichnet)
- Terminbezogene Strategie: Zykluszeitverfahren:
(auch Bestellrhythmusverfahren bezeichnet)

Beim Bereitstellverfahren ist der an der Verbrauchsstelle bereitgestellte Bestand an Entnahmeeinheiten in einer, meistens aber in zwei oder mehreren Bereitstellereinheiten (Behälter, Kartons, o. ä.) zusammengefasst. Dabei entspricht eine Bereitstellereinheit einer Nachschubeinheit. Sobald eine festgelegte Anzahl an Bereitstellereinheiten verbraucht ist, wird von der vorgelagerten Lieferstelle die dem Verbrauch entsprechende Menge an Nachschubeinheiten nachgeliefert.

Der Meldebestand wird auf Basis des prognostizierten Verbrauchs pro Zeiteinheit und der Wiederbeschaffungszeit ermittelt. In den Meldebestand wird noch eine Sicherheitsmenge für nicht vorhersehbaren Mehrverbrauch eingerechnet. Sinkt bei Eingang einer Artikelanforderung oder spätestens bei einer Entnahme der Bestand auf oder unter diesen Meldebestand ab, wird eine Nachschubanforderung ausgelöst.

Beim Zykluszeitverfahren werden auf Basis prognostizierter Beschaffungs- und Liefersituationen fixe Bestell- bzw. Nachschubintervalle ermittelt (z. B. tägliche, wöchentliche, oder monatliche Lieferung). Soweit keine festen Liefermengen vereinbart sind, muss rechtzeitig vor einem anstehenden Liefertermin der Lagerbestand überprüft und die erforderliche Bestellmenge festgelegt werden.

6.2 Nachschubstrategien für Kommissioniersysteme

Die oben genannten Nachschubstrategien können prinzipiell auf alle Bereiche der Logistikkette übertragen werden, so auch auf Kommissioniersysteme mit statischer Bereitstellung.

Anmerkung:

- In Kommissioniersysteme mit statischer Bereitstellung muss der Nachschub aus einem Einheiten- / Reservelager an ein nachgelagertes Kommissionierlager gesteuert werden.
- In Kommissioniersystemen mit dynamischer Bereitstellung ist die Nachschubsteuerung nicht relevant, da die Vorratsmengen im Einheiten- / Reservelager auch gleichzeitig die Bereitstellungsmengen für die Kommissionierung sind.

In Kommissionierzonen mit statischer Bereitstellung gilt i. d. R. die Festplatzlagerung. Dabei wird jedem Artikel im Kommissionierlager eine spezifische Anzahl an Bereitstellplätzen zugeordnet. Diese Bereitstellplätze können nebeneinander (z. B. im Fachbodenregal) oder hintereinander (z. B. im Durchlaufregal) angeordnet sein. Auf diesen Stellplätzen werden die Artikel in Bereitstellereinheiten gelagert. Diese Bereitstellereinheiten können ganze Paletten sein, üblicherweise sind es aber kleinere Gebinde, wie z. B. Behälter / Kartons; auch Regalfächer bzw. Greifmulden für lose angelieferte Artikel sind üblich. Diese Bereitstellereinheiten entsprechen i. d. R. auch den Nachschubeinheiten.

Bei der Auswahl der Verfahren zur Nachschubsteuerung für Kommissioniersysteme mit statischer Bereitstellung sind gegenläufige Ziele zu optimieren. Aus Sicht der Nachschubversorgung sind die wesentlichen Ziele:

- Im Kommissionierbereich soll eine hohe Verfügbarkeit der Bestände gegeben sein um eine unterbrechungsfreie Kommissionierung zu gewährleisten. Nachkommissionieren wegen fehlender Artikel ist teuer.
- Der Aufwand für den Nachschub, der mit Bearbeitungs- und Transportkosten verbunden ist, sollte gering gehalten werden.

Diese beiden Ziele wären prinzipiell einfach erreichbar.

- Im Kommissionierlager müssten möglichst hohe Lagerkapazitäten vorgehalten werden.
- Der Nachschub muss nur gelegentlich mit großen Nachschubmengen erfolgen.

Dem stehen aber Ziele anderer Systeme sowie verschiedene Einflussfaktoren gegenüber. Das Ziel „Minimierung des Kommissionieraufwandes“ hat i. d. R. Vorrang gegenüber dem Ziel „Minimierung des Nachschubaufwandes“. Einflussfaktoren ergeben sich durch den Lageraufbau- und Ablauf. Dazu gehören einerseits die Anforderungen, die sich aus den Bereitstellereinheiten je Kommissionierzone ergeben und andererseits die Leistungsfähigkeit der Systeme zur Informationsübertragung und / oder Datenauswertung.

Beispiele hierfür sind:

- In Kommissioniersystemen mit Festplatzlagerung muss ein Überlauf der Stellplätze infolge eines überhöhten Nachschubs vermieden werden.
- In Kommissioniersystemen mit statischer Bereitstellung sollten die Kommissionierwege möglichst gering sein, d. h. die Bestände im Zugriffsbereich sollten eine möglichst geringe Bedienungsfront einnehmen. Ein wesentlicher Einflussfaktor hierfür ist die Lagerart:
 - Durchlaufregale und Lagersysteme, in denen die Bereitstellungsmenge je Artikel hintereinander innerhalb eines Kanals (bei Artikeln mit großen Bereitstellungsmengen ggf. innerhalb einiger Kanäle) eingelagert ist, haben systembedingt eine geringe Bedienungsfront.
 - In Lagerarten, in denen alle Bereitstellungseinheiten eines Artikels nebeneinander angeordnet sind (wie z. B. in Fachbodenregalen üblich), sollte der Warenbestand und damit die Anzahl der reservierten Stellplätze tendenziell gering sein.
- In Kommissioniersystemen, die nach dem Prinzip „Eingangssystem mit schmalen gemeinsamen Kommissionier- und Beschickungsgängen“ aufgebaut sind, muss die Beschickung und Kommissionierung zeitversetzt erfolgen (siehe Kapitel 5.1.3 ff).

Der Zeitversatz kann dadurch gegeben sein, dass die Kommissionierung und die Umlagerung vom Einheitenlager in das Kommissionierlager in unterschiedlichen Schichten erfolgt.
- Die Nachschubstrategie ist auch von den Volumina der Artikel und deren Umschlagshäufigkeit abhängig. In einer Kommissionierzone, in der z. B. Ultraschnellläufer palettenweise bereitgestellt werden, können sich andere Nachschubverfahren ergeben als z. B. in einem Kommissionierlager für Kleinmengenentnahmen kleinvolumiger Artikel. Unter der Prämisse, dass genügend Zeit zwischen Nachschubanforderung und Ausführung des Nachschubs gegeben ist, kann unterschieden werden in:
 - Nachschub je artikelbezogener Nachschubanforderung.

Der Nachschub in einzelnen Nachschubeinheiten je Artikel ist z. B. bei palettenweiser Bereitstellung üblich.
 - Nachschub von Sammelanforderungen.

Das Sammeln von Nachschubanforderungen über mehrere Artikel und das gemeinsame Abarbeiten kann bei kleinen Nachschubeinheiten je Artikel zweckmäßig sein.
- Die geeignete Nachschubstrategie ist auch abhängig von der Art der Informationsübertragung vom Kommissionierer zur Nachschubsteuerung, bzw. von der Art und Qualität der Auswertung der Bestands- und Auftragsdaten.
 - In klassischen Kommissioniersystemen erfolgt die Kommissionierung über Pick-Zettel. Die Rückmeldung über die Abarbeitung und eine eventuelle Nachschubanforderung erfolgt auf dem gleichen Weg. Dies erfordert eine gewisse Zeit.
 - In moderneren Kommissioniersystemen ist der Kommissionierer über Funk o. ä. direkt mit der Zentrale verbunden. Der Nachschub wird daher auf Basis aktueller Daten angestoßen.
 - In überwiegend rechnergesteuerten Systemen wird der Nachschub auf Basis der zulässigen Bestandsdaten (Minimalbestand und Maximalbestand) sowie der Ein- und Auslagerungsdaten ermittelt. Fehlbestände werden durch den Kommissionierer gemeldet und nachträglich eingepflegt.

Kommissionierung und Nachschub erfolgen i. d. R. mit Rechnerunterstützung. Die Software hierzu sollte generell in der Lage sein, die unterschiedlichen Nachschubstrategien zu unterstützen. In der Praxis ist nämlich ein Mix der verschiedenen Systeme empfehlenswert, um insbesondere in Spitzenzeiten eine gleichmäßige Systemauslastung bei maximaler Lieferbereitschaft zu gewährleisten. Dazu gehören:

- Berücksichtigung von Mindestbeständen
- Bedarfsgerechter Nachschub
- Nachschub bei geringer Auslastung der Nachschublogistik

7 QUELENNACHWEIS ZU TEIL I

7.1 Tabellenverzeichnis

Kapitel / Tab.	Titel der Tabelle	Quelle
2.1.6 / 01	Systemüberblick „Automatisierte Verladestellen“	In Anlehnung an [GÜN 2]
2.1.6 / 02	Kriterien bei der Entscheidung für oder gegen ein automatisiertes Ladesystem	Nach [GÜN 3]

7.2 Abbildungsverzeichnis

Kapitel / Abb.	Titel der Abbildung	Quelle
1.3 / 01	Prinzip eines Cross-Docking-Systems	Verfasser
1.3 / 02	Beispiel für ein externes Zentrallager eines Produktionsbetriebes mit integrierter Montagelinie	Verfasser
2.1.3 / 01	WE und WA räumlich und funktional voneinander getrennt	Verfasser
2.1.3 / 02	WE und WA auf benachbarten Gebäudeseiten mit Überschneidung der Puffer- und Bereitstellplätze	Verfasser
2.1.3 / 03	WE und WA nebeneinander, aber überwiegend funktional getrennt	Verfasser
2.1.3 / 04	Kombinierte Nutzung der Verladestellen für WE und WA	Verfasser
2.1.4 / 01	Verladestellen im WE oder WA mit Puffer- bzw. Bereitstellplätzen; Überladebrücken außerhalb in Schleusen angeordnet	Verfasser
3.1.4 / 01	Struktur einer Warenverteilanlage bei Integration von Lager- und Kommissioniersystem	Verfasser nach [GUD 4]
3.1.5 / 01	Traditionelle Regalanordnung	Verfasser
3.1.5 / 02	Regalanordnung gemäß „Flying-V-Layout“ und „Fishbone-Layout“	Verfasser
3.4.2 / 01	Anordnung der Ein- und Auslagerungspunkte in automatischen Einheitenlagern	Verfasser
3.4.2 / 02	Ablauf von Einzelspielen und Doppelspiel in automatischen Einheitenlagern	Verfasser in Anlehnung an VDI 2516 bzw. FEM 9851
3.4.2 / 03	Stollenlager mit integrierter Fördertechnik zur Bedienung mehrerer Ein- bzw. Auslagerungspunkte	Verfasser
3.4.2 / 04	Fahrstrategie bei doppeltiefen Hochregallagern mit mehreren Ein- Auslagerungspunkten innerhalb einer Gasse	Verfasser
3.4.2 / 05	Ablauf von Mehrfachspielen bei 2 Lastaufnahmemitteln (in Fahrtrichtung nebeneinander)	Verfasser
4.3.1 / 01	Kommissioniersystem mit dynamischer Bereitstellung (Prinzipdarstellung)	Verfasser
4.3.2 / 01	Struktur einer Warenverteilanlage bei räumlicher Trennung der Reserve- und der Bereitstellungsbestände	Verfasser nach [GUD 4]
4.3.2 / 02	Struktur einer Warenverteilanlage für Saisonware mit zwei parallelen Kommissioniersystemen, die nach dem Flip-Flop-Prinzip arbeiten	Verfasser nach [GUD 4]
4.3.3 / 01	Palettenregal mit doppeltiefer Lagerung und integriertem Kommissionierstollen	Verfasser
4.4.3 / 01	Regalbedienungsfläche F_b und projizierte Fläche F zur Bestimmung der Anfahrlichte	Verfasser
5.1.1 / 01	Segmentanordnung	Verfasser
5.1.1 / 02	Streifenanordnung	Verfasser
5.1.1 / 03	Radialanordnung	Verfasser
5.1.3 / 01	Gegenüberstellung von Ein- und Zweigangsystem	Verfasser
5.1.3 / 02	Wege zwischen den Entnahmepositionen (Eingangssystem mit breiten Kommissioniergassen bei Durchgangstrategie)	Verfasser

5.1.4	/ 01	Beispiel für zwei verschiedene Regalanordnungen bei gleicher Länge der Regalgassen	Verfasser
5.1.4	/ 02	Tendenzielles Verhalten der Kommissionierweg-Längen in Abhängigkeit von der Anzahl der Regalblöcke bei zwei verschiedenen Regalanordnungen	Verfasser
5.1.4	/ 03	Regalanordnung „U-Shaped-Layout“	Verfasser
5.2.3	/ 01	Durchgangsstrategie ohne Überspringen einzelner Kommissioniergänge	Verfasser
5.2.3	/ 02	Durchgangsstrategie mit Überspringen einzelner Kommissioniergänge, ohne Richtungsänderung	Verfasser
5.2.3	/ 03	Durchgangsstrategie mit „Einbahnstraßenregelung“ und geradzahlgiger Anzahl übersprungener Gänge	Verfasser
5.2.3	/ 04	Stichgangsstrategie	Verfasser
5.2.3	/ 05	Stichgangsstrategie, Variante „Midpoint-Strategie“	Verfasser
5.2.3	/ 06	Kombinierte Durchgangs- und Stichgangsstrategie	Verfasser
5.2.4	/ 01	Zweidimensionales Kommissionieren nach der Einfachstrategie	Verfasser nach [GUD 3]
5.2.4	/ 02	Zweidimensionales Kommissionieren nach der n-Streifen-Strategie	Verfasser nach [GUD 3]

7.3 Literaturverzeichnis

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

VDI 3	VDI 3612	Wareneingang / Warenausgang (Ausgabe August 1978)
VDI 4	VDI 3590 Bl. 1- 3	Kommissioniersysteme
	Blatt 1	- Grundlagen (1993)
	Blatt 2	- Systemfindung (2002)
	Blatt 3	- Praxisbeispiele (2002)
VDI 10	VDI 2516	Flurförderzeuge für die Regalbedienung; Spielzeitermittlung in Schmalgängen
VDI 11	VDI 3563	Stetigfördern von Kleinbehältern und Paletten (1971)

7.3.2 Literatur, Firmenbroschüren, Internetveröffentlichungen

AiF 1	Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V.: Strategien für die flexible, auftragsweise Kommissionierung mit integrierter Prüfung. Abschlussbericht AiF- Vorhaben Nr. 15811 N, TU Dortmund
ARN 1	D. Arnold, Handbuch Logistik
BOR 1	v. Borries, R.; Fürwentsches, W.: Kommissioniersysteme im Leistungsvergleich. Verlag moderne Industrie, München 1975
FÜR 1	Fürwentsches, W.: Verfahren zur Planung und Bewertung von Kommissioniersystemen in Stückgut- und Warenverteilanlagen des Handels und der Industrie (Diss. TU Berlin 1974)
GAB 1	Gabler Wirtschaftslexikon, Springer-Verlag
GAL 1	Galler-Lagertechnik (Internetveröffentlichung)
GER 1	Gerking; Reorganisation kleiner Läger; Internetveröffentlichung, Management Consulting Dr. Gerking
GUD 1	Gudehus, Timm: Logistik 1, Grundlagen, Verfahren, Strategien
GUD 2	Gudehus, Timm: Logistik 2, Netzwerke, Systeme, Lieferketten
GUD 3	Gudehus, Timm: Grundlagen der Kommissioniertechnik; Dynamik der Warenverteilssysteme. Giradet-Verlag, Essen, 1973
GUD 4	Gudehus, Timm: Lagern und Kommissionieren; Trennung oder Kombination von Reservelager und Kommissionierbereich; In fördern und heben 24 (1974) Nr. 15 S. 1446 ff
GUD 5	Gudehus, T.; Kunder, R.: Kapazität und Füllungsgrad von Stückgutlagern, Teil 1: Theoretische Grundlagen; In Industrie-Anzeiger 96, Jg. Nr. 93 vom 8.11.1974, S. 2093 ff
GUD 6	Gudehus, T.: Regalförderzeuge für mehrere Ladeeinheiten; In fördern und heben 22 (1972), Nr. 11, S. 607 ff

GÜN 2	Prof. Dr. Willibald Günthner, Dipl.-Ing. G. Freudl, Grenzwertbetrachtung; alternativen zur Staplervladung – wann ist eine Automatisierung sinnvoll? BAUINDUSTRIE 5/99
GÜN 3	Prof. Dr. Willibald Günthner, Automatisierung des Stückgut-Umschlags, in Hebezeuge und Fördermittel, Berlin 37 (1997)
HEN 1	Sebastian Henn / Sören Koch / Harald Gerking / Gerhard Wäscher; A U-Shaped Layout for a Manual Order Picking System; Internetveröffentlichung der Otto von Guericke Universität Magdeburg
HOM 3	Prof. ten Hompel; Sadowsky, V., Beck, M., Kommissionierung: Materialflusssysteme 2; Planung und Berechnung
HÖR 1	Hörmann; doppelt tief und absturzsicher; Beitrag der Fa. Hörmann, München in: Distribution 3 / 98
JÜN 1	Jünemann, R.: Zur Dimensionierung reiner Einheitenlager. In: fördern und heben, Jg. 28, (1978)
JÜN 2	Jünemann, R.: Materialfluss und Logistik; Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen; Springer-Verlag 1989
KET 1	Kettner, Schmidt / Grein; Leitfaden der systematischen Fabrikplanung, Hanser-Verlag
KUN 1	Kunder, R.: Kommissionierstrategien in Flach- und Hochregallager; In: fördern und heben 26 (1976) Nr. 4, S. 321 ff
KUN 2	Kunder, R.; Gudehus, T.: Mittlere Wegzeiten beim eindimensionalen Kommissionieren, In Zeitschrift für Operations Research Band 19 (1975) S B53 – B72
MAN 2	Mannesmann AG, Sicherheitsvorrichtung für Regallager, insbesondere Stollenlager; Patentschrift DE4335644A1 24.05.1995
MEL 1	Meller, R. D. / Gue, K. R., Aisle Configurations for Unit-Load Warehouses; IIE Transactions, 41, 171 – 182 (2009)
MIE 1	Miebach, J. R.: Die Grundlagen einer systembezogenen Planung von Stückgutlagern, dargestellt am Beispiel eines Kommissionierlagers: Firmenschrift der Gesellschaft für Industriebau und Materialflusstechnik m.b.H. Miebach, 6000 Frankfurt, Schöne Aussicht 16
PFO 1	Pforzheimer Forschungsbericht Nr. 11; Optimierung der Leistungsfähigkeit manueller Kommissioniersysteme; K. Möller, S. Bunkert; Jan. 2012
PFO 2	Pfohl, H.-Ch.: Logistikmanagement; Funktionen und Instrumente; Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH; 1994
SCH 3	Schippkühler, J.: Zur Optimierung der Fördervorgänge vor in einem Hochregallager, dargestellt mit Hilfe eines Simulationsmodells. Dissertation TU Berlin 1972
WER 1	Werner, W. F.: Kommissionieren kritisch betrachtet. In: fördern und heben 24 (1974) Nr. 15, S. 1442 ff