

HANDBUCH

INTRALOGISTISCHE SYSTEME FÜR STÜCKGUT

Teil II

Lagertechnische Einrichtungen

Untertitel II.4:

Technische Einrichtungen für Sortier- und Verteilsysteme sowie für Handhabungs- und Kommissioniersysteme, Wareneingang / Warenausgang, Versand

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	Sortier- und Verteilanlagen	5
1.1	Funktionseinheiten von Sortern im hohen Leistungsbereich	6
1.1.1	Aufgabeförderer	7
1.1.2	Einschleusstation	7
1.1.3	Identifiziersystem	8
1.1.4	Verteiltörderer	9
1.1.4.1	Linien- Ring- und Kreisstruktur	9
1.1.4.2	Beschickung und Belegungsart der Förderstrecke	11
1.1.4.3	Ausschleusungsarten	11
1.1.5	Zielstationen	11
1.2	Sortertypen	12
1.2.1	Dreharmsorter	12
1.2.2	Schwenkrollensorter	12
1.2.3	Schuhsorter	13
1.2.4	Quergurtsorter (Cross-Belt-Sorter)	13
1.2.5	Kippschalensorter	14
1.2.6	Fallklappensorter	15
1.2.7	Kammsorter	15
1.2.8	Ringsorter ®	16
1.2.9	GridSorter	17
2	Handhabungsgeräte und Robotertechnik	18
2.1	Lastaufnahmemittel / Greifer	19
2.1.1	Wirkprinzipien von Greifern	19
2.1.2	Greiferarten	20
2.1.2.1	Backengreifer	20
2.1.2.2	Untergreifer	21
2.1.2.3	Innengreifer	21
2.1.2.4	Außengreifer	21
2.1.2.5	Vakuumgreifer / Sauggreifer	21
2.1.2.6	Kombinierte Greifersysteme	22
2.1.2.7	Aufwälggreifer	22
2.1.2.8	Nadelgreifer	22
2.1.2.9	Bernoulli-Greifer	23
2.1.2.10	Magnetgreifer	23
2.1.2.11	Adhäsionsgreifer	24
2.1.3	Reihen- und Lagengreifer	24
2.1.4	Mehrfachgreifer	24
2.1.5	Greifer-Wechselsysteme	24

2.2	Manipulatoren	26
2.2.1	Handgeführte Manipulatoren	26
2.2.2	Balancer	26
2.3	Robotertechnik	27
2.3.1	Industrieroboter	28
2.3.2	Kollaborierende Robotersysteme	29
3	TECHNISCHE EINRICHTUNGEN FÜR KOMMISSIONIERSYSTEME	31
3.1	Statische Bereitstellungssysteme mit manueller Entnahme	31
3.1.1	Informationsübermittlung	31
3.1.1.1	Mobile Verfahren zur Informationsübermittlung	32
3.1.1.1.1	Belegbehaftete Kommissionierung mit Pick-Liste (Pick-by-Paper)	32
3.1.1.2	Beleglose Kommissionierung mit mobilen Geräten zur Informationsübermittlung	34
3.1.1.2.1	MDE-Kommissionierung	34
3.1.1.2.2	Pick by Scan und Pick by RFID	34
3.1.1.2.3	Pick by Voice	35
3.1.1.2.4	Pick by Vision (Visual Guided Picking)	36
3.1.1.3	Überwiegend stationär eingesetzte Informationssysteme	36
3.1.1.3.1	Pick by Light und Put to Light	36
3.1.1.3.2	Pick by Point	38
3.1.2	Statische Bereitstellungssysteme	38
3.1.3	Fördertechnik für Systeme mit eindimensionaler Fortbewegung	39
3.1.3.1	Kommissionierwagen	40
3.1.3.2	Schlepper und Routenzugsysteme	40
3.1.4	Technischen Hilfsmitteln zur Fehlervermeidung in Systemen Mann zur Ware	42
3.1.4.1	Schritte zur Fehlervermeidung bzw. Fehlererkennung	42
3.1.4.2	Hilfsmittel zur besseren Informationsaufnahme	43
3.1.4.3	Quittieren	44
3.1.4.4	Überwachen der Kommissioniertätigkeit durch zusätzliche Hilfsmittel	44
3.1.4.4.1	Wiegen (Pick by weight)	44
3.1.4.4.2	Hilfsmittel zum Überwachen des Zugriffs- / Ablagefeldes	45
3.2	Dynamische Bereitstellungssysteme mit manueller Entnahme	46
3.2.1	Konventionelle Systeme mit dem „Ware zum Mann“-Prinzip	46
3.2.1.1	Umlaufregale	46
3.2.1.2	Bereitstellungssysteme mit klassischer Fördertechnik	46
3.2.2	Auftragsorientierte Hochleistungskommissioniersysteme	48
3.3	Kommissioniersysteme mit automatischer Entnahme	50
3.3.1	Kommissionierroboter	51
3.3.2	Kommissionierautomat	52
3.3.2.1	Schachtkommissionierer / A-Frame	52
3.3.2.2	Automatische Kommissionierung mit Regalbediengerät	54
4	SONSTIGE TECHNISCHE EINRICHTUNGEN	55
4.1	Einrichtungen für den Verladebereich	55
4.1.1	Be- und Entladung mittels Portalkran	55

4.1.2	Be- und Entladung mit Stetigförderern	55
4.1.3	Be- und Entladung mittels Skatesystem	56
4.2	Einrichtungen zum Erfassen und Prüfen von Ladeeinheiten	56
4.2.1	I-Punkt	56
4.2.2	Wägetechnik / Wägesysteme	56
4.2.3	Prüfeinrichtungen vor Automatischen Lagersystemen	57
4.2.3.1	Profilkontrolle	57
4.2.3.2	Kufenkontrolle	57
4.3	Einrichtungen zum Umstrukturieren von Ladeeinheiten	58
4.3.1	Palettieren / Depalettieren	58
4.3.2	Palettenwechsler	58
4.3.3	Palettenspeicher und Leerpallettenhandhabung	59
4.4	Einrichtungen für Auftragszusammenstellung / Verpackung / Versand	59
4.4.1	Konsolidierung	59
4.4.2	Verpackung und Versand	59
4.4.2.1	Packarbeitsplatz	60
4.4.2.2	Technische Hilfsmittel / Geräte Maschinen im Bereich Verpackung und Versand	61
5	QUELLENNACHWEIS zu Teil II.4	62
5.1	Abbildungsverzeichnis	62
5.2	Literaturverzeichnis	62
5.2.1	Berufsgenossenschaftliche Vorschriften, Regeln, Informationen sowie Broschüren, Handbücher usw.	62
5.2.2	Gesetze, Normen, Richtlinien, Empfehlungen, usw.	62
5.2.3	Literatur, Firmenbroschüren, Internetveröffentlichungen	62

1 SORTIER- UND VERTEILANLAGEN

In vielen intralogistischen Systemen der unterschiedlichsten Branchen stellt sich die Aufgabe, eine große Anzahl unterschiedlicher Güter an viele Übergabeorte zu fördern und dort zielgerichtet zu übergeben. Ein technisches Hilfsmittel hierfür sind die Sortier- und Verteilanlagen. Unter diesem Begriff (kurz „Sorter“) gibt es eine Vielzahl an grundverschiedenen Techniken und Ausführungsvarianten.

Wesentlicher Teil all dieser Anlagen ist die Förderstrecke, mit denen die Güter vom Aufgabeort zum Zielort gefördert werden. Daraus ergeben sich grundsätzliche Voraussetzungen für den Einsatz einer Sortier- und Verteilanlage:

- Das Stückgut muss fördertechnisch geeignet sein.
- Das Stückgut muss identifizierbar sein (visuell oder über eine Codierung), so dass es dem Zielort zugeordnet werden kann.

Neben dem fördertechnischen Prozess erfordert das Sortieren und Verteilen weitere Prozessschritte, wobei jeder dieser Schritte sehr komplexe Funktionen beinhalten kann:

- Aufgeben des Stückgutes auf einen freien Platz des Förderers.
- Identifizieren des Stückgutes, wobei ggf. das Gut vorher so angeordnet werden muss, dass es identifizierbar ist.
- Ausschleusen / Übergabe des Fördergutes am Zielort.

Diese Prozessschritte können manuell oder automatisiert erfolgen.

Sorter mit manuellen Prozessschritten

Ein Beispiel für einen einfachen Sorter mit rein manuell durchgeführten peripheren Prozessschritten ist das Gepäckausgabeband am Flughafen:

Nach der Landung legen Flughafen-Mitarbeiter die Gepäckstücke auf ein umlaufendes Förderband. Danach werden die Gepäckstücke in die Ankunftshalle gefördert. Die Fluggäste identifizieren visuell ihr jeweiliges Gepäckstück und entnehmen es vom Förderband.

Sorter mit automatisierten Prozessschritten

Automatisierte Sortier- und Verteilanlagen sind Systeme, mit denen Stückgüter, die manuell oder über ein anderes Stetigfördersystem in beliebiger Reihenfolge zugeführt werden, identifiziert und auftragsbezogen auf Zielstationen verteilt werden. Bei der Vielzahl an grundverschiedenen Techniken und Ausführungsvarianten kann zunächst nach der zeitlichen Entwicklung in der Sortiertechnik unterschieden werden in:

- Klassische Sortieranlagen:
Sie sind aus fördertechnischen Standartelementen zusammengesetzt, die jeweils auf die Größe und das Gewicht des Sortiergutes abgestimmt sind:
 - Für große, schwere Güter können Elemente aus der Paletten-Fördertechnik zum Einsatz kommen, die z.B. zu einem Sortierspeicher angeordnet sind. Dabei bilden mehrere Stetigförderstrecken die Speicherbahnen zur artikelreinen Speicherung. Das Beschicken der Speicherbahnen und das Abziehen der Artikel kann z.B. über Eckumsetzer oder über Verteilerwagen erfolgen. Die Durchsatzleistung dieser Systeme ist relativ gering.
 - Üblich ist aber das Sortieren kleinerer Gebinde (Kartons, Behälter usw.) mit Fördertechnik für Stückgut bis ca. 50 kg. Zum Einsatz kommen z.B. Gurtförderer oder Rollenbahnen sowie Zusammenführungs- und Verzweigungselemente oder Pusher und Bandabweiser (siehe Teil II.3, Kap. 3.3.5 ff). Bei Anlagen für leichtes Stückgut sind Sortierleistungen von 1.000 bis zu 4000 Artikeln pro Stunde erreichbar.
- Moderne Sortieranlagen im mittleren und Hochleistungsbereich:
Der Leistungsbereich dieser Anlagen erreicht Durchsätze von über 10.000 Artikeln pro Stunde.

Das Kernstück einer derartigen Sortieranlage ist der Verteilförderer. Er ist für den Transport und die Ausschleusung der Sortiergüter zuständig. Hierbei handelt es sich um speziell entwickelte Systeme, die sehr hohe Sortierleistungen ermöglichen. Die für das Funktionieren der Sortieranlage erforderlichen Subsysteme an der Peripherie des Sorters sind wiederum i. d. R. fördertechnische Standartelemente.

- **Neuartige intelligente Sortiersysteme:**
Diese Sorter bestehen aus einer größeren Anzahl an kleinen Fördertechnik-Modulen mit jeweils dezentraler Steuerung. Die Module kommunizieren untereinander und entscheiden eigenständig, über welche Route eine Ladeeinheit von der Einschleusung zum jeweiligen Ziel gefördert wird. Die Informationen bezüglich des Zieles sind entweder mit dem Ladungsträger verbunden (z.B. Chip oder Barcode), oder kommen von einem externen System.

Sorter gewinnen in Distributionszentren mit zweistufiger Kommissionierung an Bedeutung. Bei dieser Kommissionierungsart wird in der ersten Stufe artikelbezogen kommissioniert; in der zweiten Stufe werden die Artikel den Kundenaufträgen, bzw. LKW-Touren zugeordnet. Die Wahl der geeigneten Sortiertechnik wird wesentlich von der erforderlichen Systemleistung bestimmt. Hochleistungssortieranlagen werden in Logistikbereichen mit hohen Sortierleistungen eingesetzt, wie z.B.

- Logistikzentren
- Versandhandel
- Post- / Paketdienst

Die Sortierleistung ist aber nicht nur von einer Sortiertechnik abhängig. Bei entsprechender Vernetzung ggf. mehrerer Sorterarten hintereinander lassen sich die Sortierleistungen deutlich erhöhen und ggf. der Flächenbedarf für die Zielstationen deutlich verringern.

Neben der Sortierleistung gibt es aber noch weitere Auswahlkriterien für die jeweilige Sortiertechnik:

- Die Anforderungen des zu sortierenden Gutes, da nicht alle Sortiertechniken für alle Güter in gleicher Weise geeignet sind. Idealerweise sollte es sich bei dem Sortiergut um formstabile, quaderförmige Güter handeln mit glattem Boden und tief liegendem Schwerpunkt. Da diese Anforderungen nicht immer erreichbar sind, sollte das Sortiergut für die Eignung der jeweiligen Sortiertechnik nach folgenden Kriterien klassifiziert werden:
 - Empfindlichkeit des Gutes bei Stoß oder Fall;
 - Güter mit geschlossenen Konturen oder Güter mit lose überhängenden Teilen;
 - Biegeschlafe Güter, wie z.B. Textilien, Beutel;
 - Art des Bodens des Sortiergutes (glatt, uneben / gerippt, haftend)
- Flächen- bzw. Raumbedarf der jeweiligen Sortiertechnik (siehe unten „Zielstationen“)
- Kosten für Investition, Wartung und Instandhaltung.

1.1 Funktionseinheiten von Sortern im hohen Leistungsbereich

Je nach Automatisierungsgrad der Peripherie gehören zu einem Sorter im hohen Leistungsbereich (d, h. mittlerer Leistungsbereich und darüber) folgende Funktionseinheiten (zum Teil abweichend zur VDI 3619):

- Aufgabeförderer
- Einschleusystem
- Identifiziersystem
- Verteilförderer (Sorter i. e. S)
- Zielstationen (Endstationen)
- ggf. Abfördersystem

Aufgrund der komplexen Technik ist i. d. R. eine aufwendige Steuerung erforderlich.

1.1.1 Aufgabeförderer

Am Aufgabeförderer wird das Sortiergut entweder manuell aufgelegt, oder es wird von einem vorgelagerten Fördersystem zugeführt. Die vom vorgelagerten Fördersystem zugeführten Stückgüter können sehr ungeordnet in dem Bereich der Sortier- und Verteilanlage kommen, d. h. sie kommen in unterschiedlichen Abständen und mit unterschiedlicher Längenausrichtung an, mitunter liegen sie auch übereinander. Mit Hilfe des Aufgabeförderers werden die Stückgüter so aufbereitet, dass sie in geeigneter Weise und in der erforderlichen Menge an das Einschleussystem zum Verteilförderer übergeben werden können und für das Identifikationssystem lesbar sind.

Wegen der i. d. R. wesentlich höheren Fördergeschwindigkeit des Verteilförderers können mehrere Aufgabeförderer zur Auslastung des Verteilförderers erforderlich sein.

Die Aufbereitung beinhaltet i. d. R. die Funktionen, die bei manueller geordneter Aufgabe teilweise entfallen können:

- Puffern des Stückgutes
- Ausrichten des Stückgutes
- Vereinzeln / Trennen der Stückgüter

Die typischen Elemente eines Aufgabeförderers sind somit:

- Stauförderer:
Eine Pufferung ist erforderlich, damit
 - trotz unregelmäßiger Zufördermengen immer eine geeignete Menge an Sortiergut zum Einschleusen bereitstehen kann, so dass der Verteilförderer kontinuierlich beschickt werden kann.
 - bei bestimmten Sortertypen dem Sortiergut ein freier Platz auf dem Verteilförderer zugeordnet werden kann.
- Ausrichtstation:
 - Das Sortiergut wird in eine für den Verteilförderer geeignete Lage gebracht, z.B. durch eine Förderstrecke mit schräg gestellten Rollen, durch die das Stückgut gegen eine Bezugskante gelenkt wird.
 - Ist das Sortiergut mit einem Barcode gekennzeichnet und das Gut liegt so, dass der Code nicht lesbar ist, muss es ggf. gewendet werden.
- Vereinzelungsstation:
Bei der Zuführung zum Verteilförderer und zum Identifiziersystem muss zwischen den einzelnen Sortiergütern ein notwendiger Abstand gewährleistet sein. Außerdem sind i. d. R. die Fördergeschwindigkeiten des Verteilförderers wesentlich höher als die Fördergeschwindigkeiten der zuführenden Fördertechnik. Für das Einschleusen muss somit die Fördergutgeschwindigkeit mit der Geschwindigkeit des Verteilförderers synchronisiert werden. Hierzu wird i. d. R. das Fördersystem in ein zuführendes und ein abziehendes System getrennt. Das abziehende Fördersystem läuft mit einer höheren Geschwindigkeit als das zuführende System.

1.1.2 Einschleusstation

Die Einschleusstation könnte dem Aufgabeförderer als letztes Element zugeordnet werden. Sie ist aber so stark von der Art des Sorters abhängig, dass sie meist dem Verteilförderer zugeordnet wird.

Sorterabhängig sind folgende Anordnungen der Einschleusstationen möglich [JOD 1]:

- Stirnseitige Einschleusung
Diese horizontale Einschleusung ist nur bei Sortern mit Linearstruktur möglich, wie z.B. beim Schuhsorter oder bei vertikal umlaufenden Sortern. Aber auch bei diesen Systemen wird das Fördergut häufig in einem sehr flachen Winkel von oben an den Sorter übergeben, wobei der Abstand Unterkante Einschleusförderer zur Förderebene des Verteilförderers minimal ist. Das Sortiergut wird quasi von oben auf den Verteilförderer abgelegt.

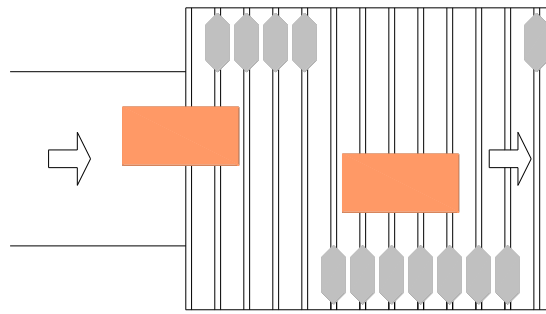


Abb.:1.1.2 / 01 Einschleusysteme: Stirnseitige Einschleusung, (z.B. auf Schuhsorter)

- **Seitliche Einschleusung**
Diese horizontale Einschleusung ist bei Sortern mit Ringstruktur üblich (z.B. bei Kippschalensortern oder bei horizontal umlaufenden Quergurtsortern). Die Einschleusstation ist im spitzen Winkel (20 bis 45°) zur Förderrichtung des Verteilförderers angeordnet. Zur Synchronisation der Geschwindigkeiten in Förderrichtung des Verteilförderers wird das Fördergut durch die Einschleusstation auf den Verteilförderer „aufgeschossen“. Die Zuführgeschwindigkeit kann bis zu 7 m/s betragen.

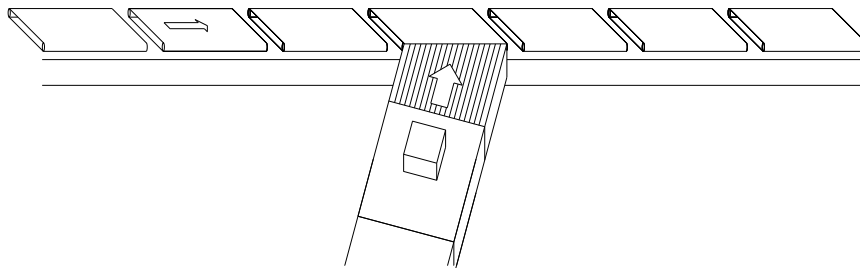


Abb.:1.1.2 / 02 Einschleusysteme: Seitliche Einschleusung (z.B. auf Quergurtförderer)

- **Einschleusung von oben**
Die Einschleusung von oben ist bei speziellen Sortern mit Ringstruktur üblich (z.B. beim Kammsorter). Der Einschleusförderer ist oberhalb des Verteilförderers angebracht. Beide haben dieselbe Förderrichtung. Der Abstand zwischen Unterkante Einschleusförderer und Förderebene des Verteilförderers muss so groß sein, dass Sortiergut mit maximaler Höhe unter dem Einschleusförderer durchbewegt werden kann. Die Übergabe von Einschleusstation an Verteilförderer ist somit mit einem Abwurf, d. h. mit einem freien Fall verbunden.

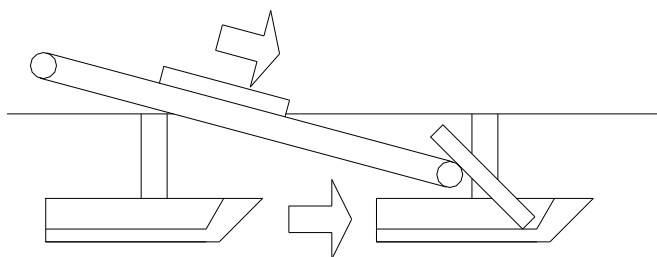


Abb.:1.1.2 / 03 Einschleusysteme: Einschleusung von oben (z.B. auf Kammsorter)

1.1.3 Identifiziersystem

Das Stückgut muss vor der Aufgabe oder kurz nach der Aufgabe auf den Verteilförderer identifiziert und einer Zielstation (i. d. R. einem Kundenauftrag) zugeordnet werden.

- **Stückgut erkennen**
An der Identifikationsstation werden die Sortiergüter anhand einer einheitlichen Codierung identifiziert. Die Codierung kann aus einem optisch lesbaren Code (z.B. Barcode) oder einem elektromagnetischen Code (Transponder / RFID) bestehen (siehe Teil III, Kap. 4 ff).

Übliche Stückgüter in Paketform mit optisch lesbarer Codierung haben sechs Seiten, an denen die Codierung angebracht sein kann. Für die Identifikation dieser optisch lesbaren Codierung werden omnidirektionale Scanner, Scannerbrücken oder CCD- Kamerasysteme eingesetzt.

Für eventuell nicht identifizierbare Sortiergüter wird i. d. R. eine zusätzliche Zielstation „No Reed“ vorgesehen.

- Zielstation zuordnen

Die Zielstationen (auch als Endstellen bezeichnet) sind für bestimmte Zeitintervalle mit definierten Kundenaufträgen gekoppelt. Identifizierte Stückgüter werden den jeweiligen Zielstationen zugeordnet, wobei ggf. Prioritäten zu berücksichtigen sind. Prioritätsunterschiede können sich ergeben, wenn ein bestimmter Artikel von mehreren Aufträgen angefordert wird und die geforderten Fertigstellungstermine der Aufträge unterschiedlich sind.

Ist für einen Artikel keine Endstelle frei, kann er bei Sortern mit Ringstruktur so lange im Kreis fahren, bis ihm eine Endstelle zugeordnet werden kann. Bei Sortern mit Linienstruktur muss dieser Artikel an der No-Reed-Stelle abgegeben werden.

1.1.4 Verteilmförderer

Zu den Funktionen eines Verteilmförderers i. e. S. gehören:

- Stückgut befördern
- Stückgut ggf. kurzfristig speichern (bei Ringstruktur).
- Stückgut an den Zielstationen ausschleusen

Die unterschiedlichen Arten an Verteilmförderern können nach mehreren Kriterien klassifiziert werden. Ein Hauptkriterium sind sicher die Kosten. Darüber hinaus unterscheiden sich die Sorterarten (Förderstrecke und Ausschleusung) zunächst in:

- Einsatzmöglichkeit abhängig vom Sortiergut
(z.B. Größe und Gewicht sowie Art und Empfindlichkeit der Produkte).
- Sortierleistung
(wobei die Leistung durch Vernetzung mehrerer Systeme deutlich erhöht werden kann).

Nach der Konstruktionsart der Förderstrecke kann unterschieden werden:

Kriterium	Realisationsmöglichkeiten
▪ Struktur der Förderstrecke	<ul style="list-style-type: none"> ○ Linienstruktur ○ Ringstruktur ○ Kreisstruktur
▪ Belegungsart / Einschleusung	<ul style="list-style-type: none"> ○ freie (flexible) Platzbelegung ○ Feste / Einzelplatzbelegung
▪ Nutzung der räumlichen Gegebenheiten	<ul style="list-style-type: none"> ○ Horizontal umlaufend ○ Vertikal umlaufend ○ dreidimensional
▪ Antriebsart	<ul style="list-style-type: none"> ○ Mechanische Kraftübertragung <ul style="list-style-type: none"> - Formschlüssig (z.B. Kettenantrieb) - Kraftschlüssig (z.B. Reibradantrieb) ○ Elektromagnetische Kraftübertragung durch Linearmotor

1.1.4.1 *Linien- Ring- und Kreisstruktur*

Linienstruktur

Sortier- und Verteilanlagen mit Linienstruktur (auch Kammstruktur) haben einen relativ einfachen Aufbau. Sie bestehen aus der Aufgabestation (ggf. mehrere), dem Verteilmförderer und den

Zielstationen. Das Tragelement der Sorter mit Linienstruktur ist meistens ein vertikal umlaufender Förderer, wie z.B. bei einem Gurtförderer.

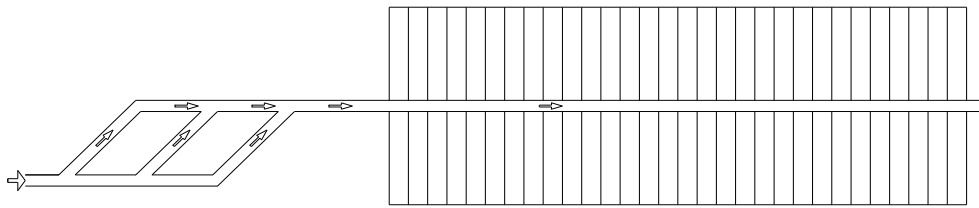


Abb.:1.1.4 / 01 Sorter mit Linearstruktur

Ringstruktur

Bei Sortier- und Verteilanlagen mit Ringstruktur bildet die Förderstrecke einen geschlossenen horizontal umlaufenden Ring. Die Sortiergüter laufen auf der Förderstrecke solange um, bis sie an die zugehörige Zielstation ausgeschleust werden können. Dadurch können die Sortiergüter auf der Förderstrecke kurzfristig gestaut werden, um sie z.B. im Pulk abziehen zu können.

Sorter mit Ringstruktur erlauben eine höhere Sortierleistung als Linearsorter, da die Einschleusstationen an mehreren Stellen des Rings angeordnet werden können. Dadurch können einzelne Plätze während eines Sorterumlaufes mehrfach belegt werden.

Sorter mit Ringstruktur erfordern aber einen höheren Aufwand bei der Steuerung.

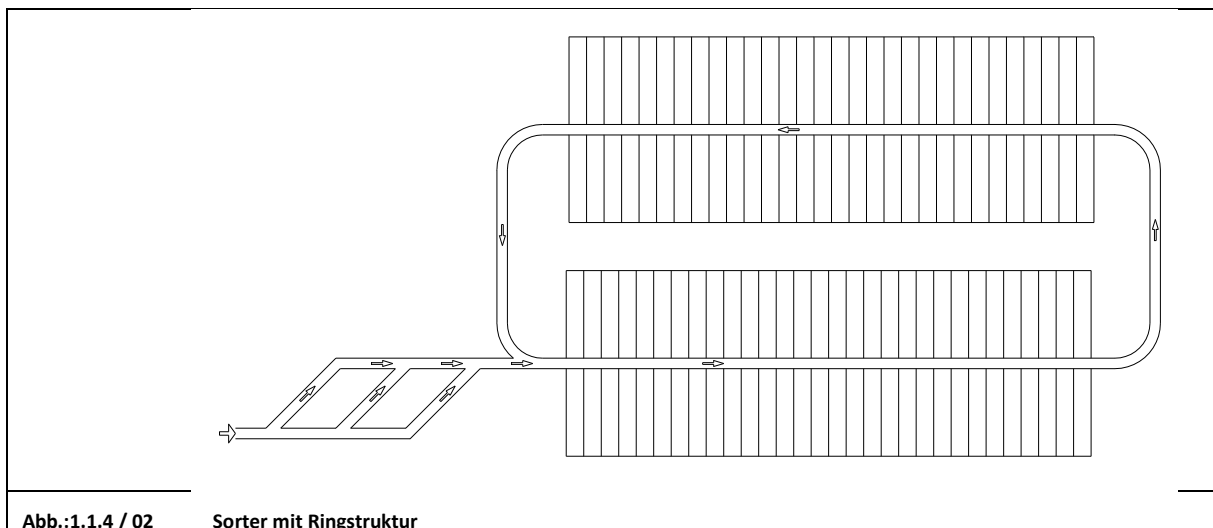


Abb.:1.1.4 / 02 Sorter mit Ringstruktur

Kreisstruktur

Sortier- und Verteilanlagen mit Kreisstruktur gibt es in verschiedenen Ausführungen. Ein Beispiel ist in Kap. 1.2.8 „Ringsorter“ beschrieben. Wesentliche Merkmale der Sorter mit Kreisstruktur sind:

- Der Verteilförderer ist i. d. R. eine rotierende Scheibe mit einem Speicher- und Ausschleusband, das annähernd vom Zentrum nach außen führt.
- Die Einschleusung des Sortiergutes erfolgt über einen Förderer, der das Gut von oben auf das Ausschleusband übergibt. Der Übergabepunkt ist möglichst dicht an der Mitte des rotierenden Verteilförderers, weil da die Umfangsgeschwindigkeit am geringsten ist.
- Die Endstellen sind ringförmig um den Verteilförderer angeordnet. Aufgrund der kompakten Bauweise ist die Anzahl der Endstellen relativ gering.
- Die Sortierleistung liegt im mittleren Bereich.

1.1.4.2 Beschickung und Belegungsart der Förderstrecke

Die Beschickung des Verteilförderers ist abhängig vom Prinzip des Förderers.

- Bei Bandförderern kann das Sortiergut prinzipiell an jeder Stelle des Förderers aufgegeben werden, vorausgesetzt es ist genügend freier Raum auf dem Förderer. Der Förderer kann also frei belegt werden.
- Bei Verteilförderern, wie z.B. Kippschalensorter oder Quergurtsorter sind die Transporteinheiten flächenmäßig begrenzt. Die Sortiergüter müssen also den Transporteinheiten fest zugeordnet werden (Einzelplatzbelegung).

1.1.4.3 Ausschleusungsarten

Die verschiedenen Ausschleusssysteme können nach folgenden Kriterien unterteilt werden:

▪ Anordnung der Ausschleuseinheiten	○ Ortsfeste Ausschleuseinheiten	○ z.B. Dreharmsorter
	○ Mitfahrende Ausschleuseinheiten	○ z.B. Kippschalensorter Quergurtsorter
▪ Ausschleusprinzip	○ Abschieben	○ z.B. Dreharmsorter
	○ Schwerkraft	○ z.B. Fallklappensorter
	○ Abfördern	○ z.B. Schwenkrollensorter
▪ Wirkungsweise der Ausschleuseinheiten	○ Einseitig wirkend	○ z.B. Dreharmsorter
	○ Beidseitig wirkend	○ z.B. Kippschalensorter

1.1.5 Zielstationen

In den Zielstationen werden die ausgeschleusten Artikel gesammelt und für die nächste Bearbeitung bereitgestellt. Die Anzahl der Zielstationen ist abhängig von der Anzahl der Aufträge, die innerhalb eines definierten Zeitintervalls abgearbeitet werden müssen. Die Zielstationen sind entweder die Endstellen in der Fördertechnik (die weitere Bearbeitung benötigt einen manuellen Eingriff), oder sie sind mit einem automatischen Abfördersystem verbunden.

Ist an die Zielstationen ein automatisches Abfördersystem angeschlossen, werden für die Zielstationen i. d. R. Stauförderer eingesetzt. Das automatische Abziehen erfolgt wieder mit Standardfördererelementen, wie z.B. Rollenförderern oder Bandförderern.

Häufig sind die Zielstationen gleichzeitig die Endstellen der fördertechnischen Anlage. Zum Sammeln der ausgeschleusten Artikel gibt es mehrere Gestaltungsformen:

- Die Endstellen sind mit der Sortier- und Verteilanlage fest verbunden. Aus den Endstellen werden die Artikel manuell entnommen. Bei vielen Sorterarten bestehen die Endstellen aus fördertechnischen Speichereinrichtungen ohne eigenen Antrieb. Typische Einrichtungen sind Rutschen, Wendelrutschen, Rollen- sowie Röllchenbahnen.
- Die ausgeschleuste Ware wird in separate, von der Sortier- und Verteilanlage unabhängige Sammelbehälter (z.B. Transportbehälter, Rollcontainer usw.) abgeworfen. Für die Weiterbearbeitung können die kompletten Ladeeinheiten manuell entnommen werden.

Die Zielstationen in Form von Rutschen, Röllchenbahnen o. ä. erfordern einen hohen Flächenbedarf. Die Mindestbreite einer Zielstation im Ausschleusbereich ist abhängig von der Größe des Sortierguts, insbesondere aber vom Bewegungsverlauf des Sortiergutes beim Ausschleusen. Einflussgrößen hierfür sind die Fördergeschwindigkeit des Verteilförderers und das Ausschleusprinzip. Ist in der Speicherstrecke der Zielstation keine Weiche oder Klappe vorhanden, durch die das Sortiergut auf mehrere Bahnen verteilt wird, wird i. d. R. nur ein geringer Teil der Breite mit Sortiergut belegt. Um dennoch für die Aufnahme der erforderlichen Sortiergutmenge geeignet zu sein, können die Zielstationen erhebliche Längen erreichen.

1.2 Sortertypen

1.2.1 Dreharmsorter

Der Dreharmsorter (Rota-Sorter[®]) besteht im Wesentlichen aus einer Förderstrecke (i. d. R. Gurtförderer) und ortsfesten Ausschleuseinheiten. Jede Ausschleuseinheit besteht aus einem Dreharm mit zwei Abschiebeelementen.

Der Dreharmsorter ist im Prinzip eine Weiterentwicklung des Pushers (siehe auch Teil II.3, Kap. 3.3.5.1.3). Er hat gegenüber dem Pusher aber erhebliche Vorteile:

- Durch den linearen Hub des Pushers erfährt das Sortiergut beim Abschieben eine starke Richtungsänderung. Das Abschieben ist mit starken Reibkräften verbunden, die auf das Sortiergut wirken.

Die rotierenden Abschiebeelemente des Dreharmsorters ergeben einen sinusförmigen Geschwindigkeitsverlauf. Der Ausschleusvorgang ist daher für das Sortiergut schonender.

- Beim Pusher ist nach dem Abschieben immer ein Rückhub erforderlich, bevor der nächste Ausschleusvorgang beginnen kann.

Durch die Rotation von zwei Abschiebeelementen steht nach jeder 180°-Bewegung eines Abschiebevorgangs das zweite Abschiebeelement für die nächste Ausschleusung bereit. Dadurch ist eine höhere Durchsatzleistung erreichbar.

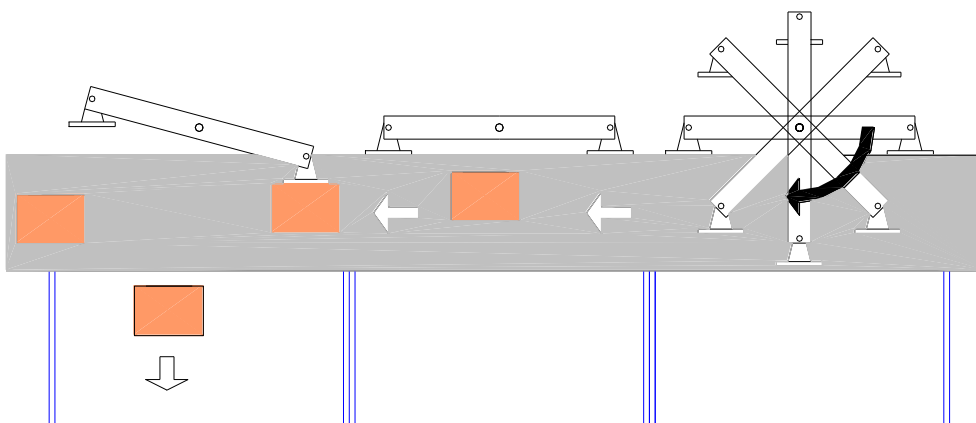


Abb. 1.2.1 / 01 Dreharmsorter (Abschiebeprinzip)

Wie bei dem Pusher kann mit dem Dreharmsorter das Sortiergut nur nach einer Seite abgeschoben werden.

Sortierleistung und Anforderungen an das Sortiergut:

- Sortiergut:
 - Weitgehend uneingeschränkt bei Artikelgewichten bis ca. 30 kg
- Sortierleistung:
 - Systemabhängig, ca. 5.000 Teile pro Std. je Linie

1.2.2 Schwenkrollensorter

Der Schwenkrollensorter ist auch unter der Bezeichnung „Pop-up-Sorter“ bekannt. Er besteht im Wesentlichen aus einer Förderstrecke (Gurtförderer oder Rollenförderer) und ortsfesten Ausschleuseinheiten. In den Ausschleusbereichen ist die Förderstrecke unterteilt. Zwischen jeweils zwei Abschnitten der Förderstrecke ist eine Ausschleuseinheit eingefügt (siehe hierzu Teil II.3, Kap. 3.3.5, Abb. 3.3.5.1 / 04 Ein- und Ausschleusmodule).

Die Ausschleuseinheiten bestehen aus mehreren nebeneinander angeordneten angetriebenen Rollen / Röllchen. Mitunter haben die Ausschleuseinheiten auch zwei Rollenleisten hintereinander. Dieses Rollenleistensystem ist über ein Hubgerüst absenkbar bzw. anhebbar. Außerdem sind die Rollen um ihre Vertikalachse schwenkbar.

Im Durchlaufbetrieb bleiben die Ausschleuseinheiten abgesenkt. Zur Ausschleusung wird die Ausschleuseinheit angehoben, so dass die Rollen geringfügig über das Höhenniveau der Förderstrecke herausragen. Gleichzeitig werden die Ausschleusrollen in Richtung der Zielstation geschwenkt. Dadurch kann das Fördergut in die Zielstation abgefördert werden.

Sortierleistung und Anforderungen an das Sortiergut:

- Sortiergut:
 - Ebener Boden, keine losen Teile, die sich verhaken können
 - Stückgutgewicht max. ca. 50 kg
- Sortierleistung:
 - Systemabhängig, ca. 7.500 Teile pro Std.

1.2.3 Schuhsorter

Der Schuhsorter ist herstellerabhängig auch unter anderen Bezeichnungen bekannt, wie z.B. „Gleitschuhsorter“, „ZIP-Sorter“, „Posi-Sorter“.

Der Schuhsorter besteht aus einem linearen (vertikal umlaufenden) Gliederbandförderer mit mitfahrenden Ausschleuseinheiten, den Schiebeschuh. Die kulissengeführten Schiebeschuhe befinden sich zwischen den Gliederelementen des Förderers und können durch Weichen unterhalb des Förderers quer zur Förderrichtung nach rechts und links verfahren werden. Schuhsorter gibt es sowohl einseitig als auch beidseitig wirkend, d. h. das Sortiergut kann nach einer, oder nach beiden Seiten der Förderstrecke ausgeschleust werden.

Die Einschleusung erfolgt stirnseitig mit freier Platzbelegung (siehe Abb. 1.1.2 / 01). Vor der Übernahme eines Sortiergutes werden die für die Belegungsfläche zuständigen Schiebeschuhe so ausgerichtet, dass sie bezogen auf die spätere Ausschleusstelle auf der entgegengesetzten Seite der Förderstrecke angeordnet sind. Diese Ausrichtung erfolgt bereits bei der Rückführung der Schiebeschuhe im Untertrum. Die Anzahl der für die Belegungsfläche zuständigen Schiebeschuhe variiert mit der Größe des Sortiergutes.

Zur Ausschleusung werden die Weichen unterhalb des Förderers aktiviert. Dadurch wird eine Gruppe von Schiebeschuh seitlich verfahren und somit das Sortiergut durch die Schiebeschuh seitlich abgeschoben.

Die Bauweise der Schuhsorter ist für sehr variables Stückgut bezüglich der Abmessungen und Gewicht geeignet. Es können damit kleine, leichte Stückgüter sortiert werden, sowie auch großformatiges, relativ schweres Stückgut.

Sortierleistung und Anforderungen an das Sortiergut:

- Sortiergut:
 - keine losen Teile, die sich verhaken können
 - Stückgutgewicht von ca. 50 g bis ca. 50 kg
 - Stückgutabmessungen von ca. 150 mm bis ca. 1 m
- Sortierleistung:
 - Systemabhängig, ca. 9.000 bis 24.000 Teile pro Std.

1.2.4 Quergurtsorter (Cross-Belt-Sorter)

Namensgebender und zugleich Hauptbestandteil des Quergurtsorters ist eine Aneinanderreihung von schienengeführten Trägerfahrzeugen, auf denen jeweils ein kleiner, quer zur Hauptförderrichtung angeordneter Gurtförderer angebracht ist. Die Quergurtförderer sind mitfahrende Ausschleuseinheiten, wobei sie auch beim Einschleusen mitwirken. Die Fahrschienen der Trägerfahrzeuge sind zu einem Ring angeordnet. Auf diesen Fahrschienen sind Quergurtförderer i. d. R. horizontal umlaufend, es gibt aber auch vertikal umlaufende Quergurtförderer.

Der Antrieb der miteinander verbundenen Trägerfahrzeuge kann reib- oder formschlüssig erfolgen. Jeder Gurtförderer hat einen eigenen elektrischen Antrieb. Die Stromversorgung der Gurtförderer erfolgt über Schleifleitungen oder durch Generatorbetrieb über Reibrad aus der Hauptförderrichtung.

Die horizontale Einschleusung (siehe Abb. 1.1.2 / 02) erfolgt mit Einzelplatzbelegung, i. d. R. durch getaktete Gurtförderer, die seitlich an der Hauptförderstrecke angeordnet sind.

Die Ausschleusung kann in Zielstationen erfolgen, die mit dem Verteilförderer fest verbunden sind, oder in separate Sammelbehälter. Die Zielstationen können an beiden Seiten der Förderstrecke angeordnet sein.

Quergurtsorter erlauben die Sortierung schwierigster Sortiergüter, selbst biegeschlaffe Teile können damit sortiert werden. Begrenzt wird der Einsatz von Quergurtförderern durch das maximale Stückgutgewicht sowie durch die relativ hohen Investitionskosten. Eine weitere Einschränkung ergibt sich bezüglich der Abmessungen des Fördergutes. Diese sind bei normalen Quergurtförderern auf die Größe eines Quergurtes begrenzt.

Um die größtmögliche Einschränkung zu umgehen, gibt es aber auch Systeme, bei denen zwei Quergurtförderer hintereinander gekoppelt werden können, so dass übergroße Sortiergüter dann zwei Quergurtsortern zugeordnet werden. Eine weitere Erhöhung der Flexibilität bieten Systeme, bei denen zwei Stränge parallel zueinander verlaufen. Damit können bis zu vier Quergurtförderer mit einem Sortiergut belegt werden. Durch derartige Konstruktionen wird der Einsatzbereich deutlich erhöht; allerdings auch der Investitionsbedarf.

Sortierleistung und Anforderungen an das Sortiergut:

- Sortiergut:
 - keine losen Teile, die sich verhaken können sowie keine rollenden Artikel, ansonsten auch für schwierige Güter, wie z.B. biegeschlaffe Teile geeignet.
 - Stückgutgewicht bis ca. 50 kg
 - Stückgutabmessungen systemabhängig: begrenzt durch die Fläche eines Quergurtförderers bzw. der Fläche mehrerer gekoppelter Quergurtförderer.
- Sortierleistung:
 - Systemabhängig, ca. 15.000 bis ca. 20.000 Teile pro Std.

1.2.5 Kippschalensorter

Namensgebender und zugleich Hauptbestandteil des Kippschalensorters ist eine Aneinanderreihung von schienengeführten Trägerfahrzeugen, auf denen jeweils eine Schale zur Aufnahme des Sortiergutes angebracht ist. Diese Kippschalen sind auch mitfahrende Ausschleuseinheiten. Wird eine Kippschale an der Zielstation aktiviert, wird das Sortiergut auf eine seitlich befindliche Zielstation abgekippt.

Zur Einschleusung wird das Sortiergut durch seitlich angebrachte Einschleusstationen auf die Kippschalen „aufgeschossen“. Üblich ist die Einzelplatzbelegung. Es gibt aber auch Systeme, bei denen mehrere Trägerfahrzeuge miteinander gekoppelt werden können. Die Koppelung der richtigen Anzahl an Trägerfahrzeugen erfolgt automatisch abhängig von der Länge des zugeführten Sortiergutes.

Die Fahrschienen der Trägerfahrzeuge sind zu einem Ring angeordnet. Der Antrieb der miteinander verbundenen Trägerfahrzeuge kann reib- oder formschlüssig erfolgen, oder über Linearmotor. Je nach Antriebsart können die Einheiten auch über Steigungen dreidimensional (raumgänglich) verfahren werden.

Zur Ausschleusung wird eine Kippschale zur Seite, oder schräg nach vorne geschwenkt. Durch diese Kippbewegung gleitet das Sortiergut von der Kippschale. Voraussetzung ist, dass das Abgleiten nicht durch eine zu hohe Reibung zwischen Sortiergut und Transportschale behindert wird (z.B. bei Schrumpffolienverpackung möglich).

Sortierleistung und Anforderungen an das Sortiergut:

- Sortiergut:
 - keine haftenden Böden sowie keine rollenden Artikel, ansonsten auch für schwierige Güter, wie z.B. biegeschlafe Teile geeignet.
 - Stückgutgewicht i. d. R. max. 50 kg, es gibt aber auch Systeme bis ca. 75 kg
 - Stückgutabmessungen systemabhängig: begrenzt durch die Fläche einer Kippschale bzw. der Fläche mehrerer gekoppelter Kippschalen.
- Sortierleistung:
 - Systemabhängig, ca. 15.000 bis ca. 20.000 Teile pro Std.

1.2.6 Fallklappensorter

Zur Aufnahme des Fördergutes hat der Fallklappensorter Schalen, deren Böden nach unten aufklappbar sind. Diese Schalen sind entweder

- mit einem zentral angetriebenen Drehteller fest verbunden, an dem sie kreisförmig umlaufen,
- oder sie sind an Fahrwagen befestigt, die in einer Schiene mit Ringstruktur verfahren werden.

Bei Schienensystemen sind die einzelnen Fahrwagen über Kette oder Zahnriemen miteinander verbunden. Der Antrieb ist dementsprechend form- oder kraftschlüssig. Bei entsprechender Auslegung der Antriebselemente können die Fahrwagen nicht nur horizontal, sondern auch über Steigungen (raumgängig) verfahren werden.

Die Einschleusung erfolgt von oben, wobei der Einschleusförderer die gleiche Förderrichtung hat, wie die angesteuerte Transportschale. Dementsprechend wird bei dem System mit Drehteller der Einschleusförderer tangential zum Drehteller angeordnet.

Wird die Ausschleusung für eine Transportgutschale über einer Zielstation aktiviert, wird die Klappenverriegelung geöffnet und das Sortiergut fällt in den darunter befindlichen Behälter. Danach werden die Klappen wieder verschlossen, z.B. beim Durchlauf über eine schiefe Ebene.

Der Füllungsgrad der Sammelbehälter in den Zielstationen wird überwacht. Die Sammelbehälter sind idealerweise auch gleichzeitig die Behälter, die für den nächsten Bearbeitungsvorgang benötigt werden. Dadurch könnte das Umpacken entfallen.

Zur Leistungssteigerung können mehrere Schalen nebeneinander angeordnet werden.

Sortierleistung und Anforderungen an das Sortiergut:

- Sortiergut:
 - Flaches, unempfindliches Gut, ansonsten auch für schwierige Güter, wie z.B. biegeschlafe Teile geeignet.
 - Stückgutgewicht:
leichte Stückgüter, wie z.B. Bücher, Textilien
 - Stückgutabmessungen systemabhängig: begrenzt durch die Fläche der Schale.
- Sortierleistung:
 - Systemabhängig, insbesondere von der Anzahl Schalen nebeneinander: ca. 10.000 Teile pro Std. bei der Grundversion

1.2.7 Kammsorter

Beim Kammsorter werden Fahrwagen in Fahrschienen verfahren. Der Schienenverlauf kann dreidimensional sein. Der Antrieb für die Fahrwagen kann mechanisch über Kette oder über Linearmotor erfolgen. Die Fahrschienen sind zu einem Ring angeordnet. An den Fahrwagen sind jeweils einseitig oder beidseitig gabelartige / kammartige Transportschalen befestigt, in denen das Sortiergut befördert wird.

Die Einschleusung, d. h. die Beschickung der Transportschalen erfolgt von oben über Gurtförderer (siehe Abb. 1.1.2 / 03). Jedes Sortiergut wird einer Transportschale fest zugeordnet.

Unterhalb der Förderstrecke befinden sich die ortsfesten Ausschleusvorrichtungen. Die Ausschleusvorrichtungen haben ebenfalls eine Kammform. Jede Ausschleusvorrichtung ist einer Zielstation zugeordnet. Der um eine horizontale Welle schwenkbare Ausschleuskamm wird bei Aktivierung aufgerichtet. Die Zähne des Ausschleuskammes tauchen dadurch zwischen den Zinken der darüber hinwegfahrenden Transportgabel durch und schieben das Fördergut ab.

Durch das Abschieben wird das Fördergut in die darunter befindliche Zielstation abgeworfen. In den Zielstationen stehen Behälter bereit, so dass das ausgeschleuste Fördergut direkt in Transportbehälter abgelegt werden kann. Der Füllungsgrad der Behälter wird durch Sensoren überwacht. Muss ein voller Behälter ausgetauscht werden, wird die Abschleusstation automatisch gesperrt bis der Behälterwechsel beendet ist.

Sortierleistung und Anforderungen an das Sortiergut:

- Sortiergut:
 - Flaches, unempfindliches Gut, ansonsten auch für schwierige Güter, wie z.B. biegeschlaffe Teile geeignet.
 - Stückgutgewicht:
leichte Stückgüter, wie z.B. CDs, Bücher, Textilien
 - Stückgutabmessungen systemabhängig:
begrenzt durch die Fläche der Schale.
- Sortierleistung:
 - Systemabhängig, insbesondere von einseitiger oder beidseitiger Anordnung der Transportschalen:
ca. 14.000 Teile pro Std. bei einseitiger Anordnung.

1.2.8 Ringsorter[®]

Der Ringsorter setzt sich insbesondere aus zwei um eine zentrale Achse rotierenden Elementen zusammen:

- Auf dem inneren Ring, der mit konstanter Geschwindigkeit rotiert, sind mehrere Verteilförderer (Gurtförderer mit eigenem Antrieb) strahlenförmig angeordnet.
- Der äußere Ring, der ebenfalls über einen separaten Antrieb um die Achse rotieren kann, nimmt die Zielstationen auf.

Der Einschleusförderer ist annähernd tangential in der Nähe der Drehachse angeordnet. Die Einschleusung erfolgt von oben auf einen der darunter durchlaufenden Verteilförderer.

Das Sortiergut wird auf dem Verteilförderer nach außen transportiert, ggf. gestoppt und an der entsprechenden Zielstation ausgeschleust. Separate Ausschleusstationen sind bei diesem Verfahren nicht erforderlich. Die Übergabe an die Zielstation erfolgt i. d. R. durch Abwurf in den bereitstehenden Auftragsbehälter.

Die Anzahl der Zielstationen auf dem äußeren Ring ist durch den Durchmesser begrenzt. Damit ist zunächst auch die Anzahl an Aufträgen begrenzt, die gleichzeitig bearbeitet werden können. Mit geeigneter Vorsortierung können die Belegungszeiten je Zielstation minimiert werden.

Ist der Sorter mit einer automatischen Behälter-Wechselstation ausgestattet, können durch das System gleichzeitig mehr Aufträge bearbeitet werden, als der Sorter Zielstationen hat. Die Bearbeitungszeiten der Aufträge können in mehrere kürzere Zeitfenster unterteilt werden. Ist bei einem noch nicht abgeschlossenen Auftrag für bestimmte Zeit kein weiterer Artikel in der Zuführstrecke, wird der jeweilige Behälter automatisch ausgeschleust und anderweitig geparkt, bis die Auftragsbearbeitung fortgesetzt wird. Die freie Zielstation kann dann mit einem anderen Auftragsbehälter belegt werden.

Sortierleistung und Anforderungen an das Sortiergut:

- Sortiergut:
 - Flaches, unempfindliches Gut, ansonsten auch für schwierige Güter, wie z.B. biegeschlaffe Teile geeignet.
 - Stückgutgewicht:
leichte Stückgüter, wie z.B. CDs, Bücher, Textilien
 - Stückgutabmessungen systemabhängig:
insbesondere kleine Stückgüter
- Sortierleistung:
 - Mittlerer Leistungsbereich unterhalb konventioneller Hochleistungssorter

1.2.9 GridSorter

Der GridSorter [SEI 1] ist einer der neuartigen, intelligenten Sortertypen. Dezentral gesteuerte Förder technik-Module mit quadratischem Grundriss sind schachbrettartig zu einer geschlossenen Förderfläche miteinander verbunden. Die Verbindung erfolgt über Plug&Play.

Die einzelnen Module, die eigenständig über die Förder route einer Ladeeinheit entscheiden können, sind Umsetzer für Längs- und Quertransport. Um eigenständig entscheiden zu können verfügt jedes Fördermodul über alle hierzu erforderlichen Komponenten, wie z.B.:

- Sensoren, um die Position der Ladeeinheit zu erkennen;
- Aktoren, um die Ladeeinheit zu bewegen;
- Die Steuerung des Moduls („FlexBox“),
 - An die Steuerung sind die Sensoren und Aktoren angeschlossen.
 - Die Steuerung trifft Entscheidungen auf Basis der gelieferten Daten
 - Die Steuerung eines Moduls kommuniziert mit Steuerungen benachbarter Module.

Aufgrund des modularen Aufbaus, der dezentralen Steuerung und des Plug&Play - Konzeptes ist der GridSorter flexibel skalierbar und kann somit an wechselnde Anforderungen angepasst werden. Die Anpassungen können sich z.B. auf die Anordnung von Ein- und Ausschleusungen beziehen, sonstige Layout-Anpassungen, oder auf die Anpassung auf die Durchsatzleistung.

In Abhängigkeit vom Layout können die einzelnen Module unterschiedlich ausgelastet sein. Derartige Auslastungsunterschiede werden von der Software erkannt, so dass wenig ausgelastete Module zum Puffern von Ladeeinheiten verwendet werden. Gemäß [FLE 1] bringt der GridSorter eine Leistung von 3.000 bis 12.000 Einheiten pro Stunde.

Neben den üblichen Sortieraufgaben werden durch das System gemäß [SEI 1] weitere Einsatzbereiche ermöglicht. Eine dieser Möglichkeiten ist die Sequenzierung und Sortierung als Bindeglied zwischen Automatischem Kleinteilelager (AKL) und Kommissionierarbeitsplätzen.

2 HANDHABUNGSGERÄTE UND ROBOTERTECHNIK

Der Begriff „Handhaben“ ist in der Richtlinie VDI 2860 [VDI 21] definiert. Diese Richtlinie ist allerdings weniger auf die Handhabung von Stückgütern in der Intralogistik ausgerichtet, als vielmehr auf die Abläufe in der Fertigungs- / Montagetechnik. Nach dieser Richtlinie ist Handhaben „das Schaffen, definierte Verändern oder vorübergehende Aufrechterhalten einer vorgegebenen räumlichen Anordnung von geometrisch bestimmten Körpern in einem Bezugskordinatensystem. Es können weitere Bedingungen - wie z.B. Zeit, Menge und Bewegungsbahn – vorgegeben sein“.

Das Handhaben (Handling) dieser geometrisch bestimmten Körper (der Handhabungsgegenstände) erfolgt mit Handhabungseinrichtungen. Auf Basis der Definition nach VDI 2860 beinhaltet „Handhaben“ folgende Teilfunktionen:

- Speichern (Halten von Mengen)
- Mengen verändern
- Bewegen (Schaffen und Verändern einer definierten räumlichen Anordnung)
- Sichern (Aufrechterhalten einer definierten räumlichen Anordnung)
- Kontrollieren

„Speichern“ beinhaltet:

- das Bereitstellen von Vorräten vor der ersten Handhabungsstation;
- das Zwischenspeichern zwischen einzelnen hintereinander angeordneten Handhabungsstationen;
- das Sammeln am Ablageort.

„Bewegen“ beinhaltet die beiden Grundfunktionen

- Drehen (Rotationsbewegung)
- Verschieben (geradlinige, translatorische Bewegung)

„Mengen verändern“ beinhaltet:

- Teilen einer Gesamtmenge in Teilmengen
- Vereinigen (Zusammenführen) von Teilmengen

„Sichern“ beinhaltet:

- In Position halten (Fixieren des Handhabungsgegenstandes) durch eine Spannvorrichtung bzw. umgekehrt Entspannen (Lösen)
- Halten mittels Greifvorrichtung z.B. zum kontrollierten Bewegen des Handhabungsgegenstandes.

„Kontrollieren“ beinhaltet das Prüfen eines Handhabungsgegenstandes bezüglich

- Anwesenheit
- Identität, z.B. anhand von Farbe, Gewicht, Form, Größe usw.
- Position
- Orientierung

Der Handhabungsprozess kann mehr oder weniger stark automatisiert sein. Der Anteil der automatisierten Funktionen an der Gesamtfunktion wird Automatisierungsgrad bezeichnet. Den niedrigsten Automatisierungsgrad hat die rein manuelle Handhabung; den höchsten Automatisierungsgrad hat ein vollautomatisch arbeitendes Handhabungssystem.

Wird zum räumlichen Bewegen eines Handhabungsgegenstandes, d. h. einer Last, ein technisches Hilfsmittel als Handhabungseinrichtung eingesetzt, ist für das Halten der Last ein Lastaufnahmemittel / Greifeinrichtung erforderlich.

2.1 Lastaufnahmemittel / Greifer

Lastaufnahmemittel sind Einrichtungen zur Aufnahme von Lasten, z.B. Hebeklemmen, Zangen, Greifer, Lasthebemagnete, C-Haken, Vakuumheber, Traversen. Die Lastaufnahmemittel werden entweder unmittelbar oder mit Hilfe von Anschlagmitteln mit dem Tragmittel des Hebezeuges verbunden (siehe auch [BGI 6]).

Im Folgenden werden nur Lastaufnahmemittel betrachtet, die unmittelbar an der Last angreifen. Derartige Lastaufnahmemittel sind die Schnittstelle zwischen der Handhabungseinrichtung und dem Handhabungsgegenstand.

- Lastaufnahmemittel gehören nicht zum Hebezeug; sie können durch Kupplungen mit dem Hebezeug verbunden sein (siehe auch [VBG 2] und [DIN 32]).
- Fest eingebaute Greifer, Traversen und Zangen gehören zu den Tragmitteln. Tragmittel sind mit dem Hebezeug dauernd verbundene Einrichtungen zum Aufnehmen von Lastaufnahmemitteln, Anschlagmitteln oder Lasten.

Unabhängig von oben genannten Unterscheidungsmerkmalen werden die im Folgenden aufgeführten Einrichtungen zur Aufnahme von Lasten alle als „Greifer“ bezeichnet, auch wenn sie im eigentlichen Sinn eine Last nicht greifen, sondern auf andere Weise halten.

- Wesentliches Merkmal für diese Greifer ist, dass sie eine Last ohne unmittelbares Zutun eines Bedieners aufnehmen und halten können.
- Keine Greifer in diesem Sinne sind z.B. Lasthaken, bei denen die Last durch einen Bediener eingehängt werden muss.

Dies entspricht auch dem allgemeinen Sprachgebrauch in der Literatur.

2.1.1 Wirkprinzipien von Greifern

Beim Handhaben von Gegenständen müssen durch den Greifer Kräfte auf die Last ausgeübt werden, die der Schwerkraft entgegenwirken. Diese Übertragung der Kräfte kann anhand unterschiedlicher Wirkprinzipien erfolgen. Das Wirkprinzip der Kraftübertragung kann sein:

- mechanisch
- fluidisch
- magnetisch
- adhäsiv

Greifsysteme können Kombinationen mehrerer Wirkprinzipien beinhalten.

Bei mechanischer Kraftübertragung wird der Handhabungsgegenstand über bewegliche Greiferfinger (Spannelemente) durch Kraftschluss oder Formschluss gehalten, bzw. durch eine Kombination von beiden. Der Antrieb für die beweglichen Greifelemente kann mechanisch, elektrisch, pneumatisch oder hydraulisch erfolgen.

- Kraftschluss basiert auf Reibung. Greifer und Last stehen über parallele Berührungsflächen miteinander in Kontakt. Ein Verschieben der Last relativ zum Greifer kann durch die Haftreibung zwischen den Berührungsflächen verhindert werden. Die Haftreibung ist abhängig vom Haftreibungskoeffizienten zwischen den Berührungsflächen und der Normalkraft, die senkrecht auf die Berührungsflächen ausgeübt wird.

Je höher die Presskraft des Greifers ist, die auf die Last einwirkt, desto größer ist die Haftreibung. Das bedeutet aber auch, dass kraftschlüssige Greifer für das Handling zerbrechlicher und bleibend verformbarer Teile nur bedingt geeignet sind.

- Formschluss entsteht, wenn Greifer und Last aufgrund ihrer Form so ineinander greifen, dass eine Verschiebung zwischen beiden Teilen auch ohne äußere Presskraft verhindert wird.

Das fluidische Wirkprinzip basiert auf Saugluft oder Druckluft, wodurch ein Unterdruck zwischen Greifer und Handhabungsgegenstand erzeugt wird.

- Die Saugluft wird mit Hilfe einer Vakuumpumpe erzeugt.
- Die Erzeugung des Unterdrucks mit Hilfe von Druckluft erfolgt auf der Basis des Venturi- bzw. Bernoulli-Effektes.

Infolge des Unterdruckes haftet der Handhabungsgegenstand am Greifer, bzw. er schwebt infolge des Bernoulli-Effektes darunter.

Magnetisch wirkende Greifer können zur Handhabung von Lasten aus Eisen oder Stahl eingesetzt werden.

Adhäsiv wirkende Greifer stellen eine stoffschlüssige Verbindung mit dem Handhabungsgegenstand her.

2.1.2 Greiferarten

Für die Bezeichnung von Greifern gibt es mehrere Kriterien. Das Wirkprinzip ist nur eines davon. Häufig werden die Greifer nach deren Bauform, deren Verwendungszweck oder anhand anderer Kriterien bezeichnet. Mit den vielen kundenspezifischen Lösungen ergibt sich eine Vielzahl an Bezeichnungen für Greifersysteme, die sich kaum systematisieren lassen. Bei den mechanischen Greifern sind z.B. folgende Bezeichnungen häufig zu finden:

- Bezeichnungen nach der Bauform
 - z.B. Backen-, Finger-, Zangen-, oder Klemmgreifer.
Diese können weiter unterteilt werden z.B.
 - nach der Anzahl der Backen / Finger
z.B. in 2-Finger-Greifer, 3-Finger-Greifer oder Mehrfingergreifer;
 - nach dem Bewegungsverlauf der Backen
z.B. in Parallelgreifer, Winkelgreifer,
 - nach den Angriffspunkten der Greifer am Handhabungsgegenstand
z.B. in Innengreifer und Außengreifer
- Bezeichnung nach dem Verwendungszweck
 - Palettengreifer
 - Behältergreifer oder KLT-Greifer
 - Reihen- und Lagengreifer
 - usw.

Anmerkung:

Die Bezeichnungen „Backengreifer“ und „Fingergreifer“ werden in der Literatur häufig synonym verwendet. Dies wird auch im Folgenden so gehandhabt. Dabei handelt es sich aber stets um Fingergreifer mit festen, d. h. eingliedrigen Fingern.

Zur Abgrenzung wird bei Fingergreifern mit Gliederfingern, bzw. nachgiebigen Elastomerfingern ausdrücklich auf die Besonderheit hingewiesen.

2.1.2.1 Backengreifer

Das Funktionsprinzip des Backengreifers entspricht dem der menschlichen Hand. Er hat zwei oder mehrere Backen / Fingern als Greiforgan. Üblich sind für diesen mechanischen Greifer auch die Bezeichnungen „Klemmgreifer“ und „Zangengreifer“. Zum Aufnehmen einer Last werden die Greiforgane zusammengezogen oder auseinander gespreizt, je nachdem, ob der Greifer innen oder außen an der Last angreift. Die Finger können für ein formschlüssiges Greifen entsprechend der Kontur der Griffstellen am Handhabungsgegenstand geometrisch angepasst werden.

Bei dieser Art Greifer wird unterschieden zwischen Parallelgreifer und Winkelgreifer.

- Bei einem Parallelgreifer werden die Greiforgane beim Öffnen und Schließen parallel zueinander verschoben. Der Antrieb für diese Bewegung erfolgt i. d. R. über einen linearen Kolbenhub.

- Bei einem Winkelgreifer werden die Backen jeweils um Drehachsen geschwenkt. Dadurch ergibt sich beim Öffnen und Schließen ein veränderlicher Winkel zwischen den Greiforganen. Der Antrieb für diese Drehbewegung kann z.B. über Kniehebel erfolgen.

2.1.2.2 Untergreifer

Untergreifer sind ebenso mechanische Greifer wie die oben beschriebenen Backengreifer. Bei der Aufnahme der Last werden die gebogenen oder abgekröpften Greiferfinger unter den Handhabungsgegenstand geschoben, so dass die angehobene Last in erster Linie getragen wird.

2.1.2.3 Innengreifer

Innengreifer nehmen einen Hohlkörper an dessen Innenseite auf. Die Bezeichnung kann sich sowohl auf einen mechanischen Greifer (z.B. auf Fingergreifer) beziehen, als auch z.B. auf einen pneumatischen Greifer.

- Innengreifer in Form von Fingergreifern o. ä. werden z.B. für die Handhabung von (nach oben offenen) Behältern (z.B. KLT) eingesetzt. Voraussetzung ist, dass
 - die Behälter von oben angefahren werden können;
 - über dem Ladegut in den Behältern ausreichend Platz ist, so dass der Greifer in den Behälter eintauchen kann;
 - an den Behältern am oberen Rand möglichst entsprechende Aussparungen bzw. Konturen vorhanden sind, die eine sichere formschlüssige Lastaufnahme ermöglichen; ansonsten ist nur eine Kraftübertragung durch Flächenpressung möglich.

Vorteil der Innengreifer ist, dass die Behälter dicht beieinander stehen können, wie es bei Behältern üblich ist, die auf Paletten angedient werden.

- Bei pneumatischen Greifern ist das Greiforgan ein elastischer, aufblasbarer Expansionskörper, z.B. in Form eines Fingers oder mehrerer Finger (z.B. Spreizfingergreifer). Zum Greifen taucht das Greiforgan in den Handhabungsgegenstand ein; durch Beaufschlagung mit Druckluft vergrößert sich der Außendurchmesser des Greiforgans (bei mehreren Fingern spreizen diese auseinander). Der Handhabungsgegenstand wird hauptsächlich durch Reibung an dessen Innenwand gehalten. Der pneumatische Greifer ist daher insbesondere für die Handhabung leichter Gegenstände eingesetzt.

2.1.2.4 Außengreifer

Die Angriffspunkte des Außengreifers befinden sich an der Außenkontur des Handhabungsgegenstandes. Die Bezeichnung „Außengreifer“ bezieht sich i. d. R. auf mechanische Greifer (Fingergreifer / Klemmgreifer). Analog zum Innengreifer gibt es aber auch pneumatische Außengreifer.

Damit ein Handhabungsgegenstand mit einem Außengreifer aufgenommen werden kann, muss im Bereich der gegenüberliegenden Greifflächen jeweils ein entsprechender Freiraum vorhanden sein. Für das Vereinzeln von im Verbund liegender Güter ist der Außengreifer nicht geeignet.

2.1.2.5 Vakuumgreifer / Sauggreifer

Viele Lasten sind nicht für die Manipulation mit rein mechanischen Greifern geeignet, weil sie z.B. zu weich oder zu flexibel sind für ein form- oder kraftschlüssiges Greifen. Hier können Vakuumgreifer zum Einsatz kommen.

Der Vakuumgreifer dient zur Handhabung von Lasten, deren Oberfläche weitgehend dicht mit den Saugorganen des Greifers abschließt und nur wenig oder nicht luftdurchlässig ist. Das Saugorgan an der Unterseite des Greifers besteht i. d. R. aus vielen Einzelsaugern, es kann aber auch aus nur einer Vakuumkammer bestehen. Für den Kontakt zum Handhabungsgegenstand haben die Einzelsauger Dichtlippen / Saugnäpfe; die Vakuumkammer kann mit einem Dichtschaum versehen sein.

Eine externe Vakuumpumpe, oder ein in den Greifer integrierter Ejektor erzeugt ein Vakuum. Damit saugt der Vakuumgreifer die Luft zwischen Greifer und Handhabungsgegenstand ab. Durch das Absaugen entsteht in diesem Bereich ein Unterdruck gegenüber der Umgebungsluft. Der höhere Umgebungsdruck drückt den Handhabungsgegenstand gegen den Greifer. Ist der Druckunterschied groß genug, kann die Last durch das Vakuum angehoben werden. Somit können Vakuumgreifer prinzipiell auch bei Lasten mit poröser oder strukturierter Oberfläche eingesetzt werden; dann entstehen aber beim Absaugen hohe Leckverluste, die energieaufwendig durch zusätzliche Saugleistung kompensiert werden müssen.

Der relativ hohe Energiebedarf ist - neben der Schallemission und der Staubentwicklung durch Luftverwirbelung - der wesentliche Nachteil der Vakuumsauger. Zur Reduzierung des Energiebedarfs werden daher Vakuumsauger auch mit Sensoren und Ventilen ausgestattet, mit denen die Saugorgane ggf. einzeln angesteuert werden können. Nicht im Einsatz befindliche Saugorgane können dadurch abgeschaltet werden.

In der Intralogistik werden Vakuumgreifer insbesondere zum Palettieren und Depalettieren eingesetzt. Vorausgesetzt, dass der Zugriff von oben möglich ist, kann dabei auf einzelne Entnahmeeinheiten zugegriffen werden (Kommissionierung), oder auf ganze Lagen. Ist der Greifer mit einzeln ansteuerbaren Saugereinheiten ausgelegt, kann der Einzelzugriff und der lagenweise Zugriff mit ein und demselben Greifer erfolgen. Auch bei Verbundstapelung ist der Zugriff möglich.

2.1.2.6 Kombinierte Greifersysteme

Um die jeweiligen Vorteile der mechanischen Greifer und der Vakuumgreifer optimal zu nutzen, werden häufig diese beiden Wirkungsweisen in einem Greifsystem vereint, z.B. Vakuumgreifer in Kombination mit einem Untergreifer. Mit dem Vakuumgreifer wird die Last zunächst etwas angehoben, so dass die Finger des Untergreifers unter die Last geschoben werden können. Beim Anheben und beim Bewegen der Last wird diese primär vom Untergreifer getragen; der Vakuumgreifer verhindert ein Verrutschen der Last beim Beschleunigen.

2.1.2.7 Aufwälzgreifer

Aufwälzgreifer werden in der Intralogistik zum Palettieren und Depalettieren durch Handhabung einzelner Ladegüter eingesetzt. Dabei kann auch bei Verbundstapelung auf einzelne Güter zugegriffen werden.

Der Aufwälzgreifer besteht im Wesentlichen aus einem Schlitten mit Förderband-Modulen. Die Förderbänder sind aufgrund ihrer Beschichtung zur Übertragung von Reibkräften geeignet. Zum Depalettieren / Kommissionieren werden die vorderen Umlenkrollen mit diesen Friktionsriemen gegen die Stirnseite der Entnahmeeinheit gedrückt. Ein Gegenhalter verhindert dabei ein Verschieben der Entnahmeeinheit. Bei entsprechender Drehrichtung der angetriebenen Friktionsriemen steigt die Entnahmeeinheit an der Umlenkrolle hoch, so dass sie mit der Schlitteneinheit unterfahren werden kann. Durch die Vorwärtsbewegung des Schlittens und die Laufrichtung der Friktionsriemen wird die Entnahmeeinheit auf den Schlitten gezogen.

2.1.2.8 Nadelgreifer

Nadelgreifer werden zum Handhaben biegeschlaffer sowie poröser und weicher Materialien eingesetzt, die mit Sauggreifern nicht aufgenommen werden können. Typische Einsatzbereiche sind die Handhabung von Textilien und Schaumstoffen.

Ein Nadelgreifer ist üblicherweise mit einem doppelwirkenden Zylinder ausgestattet und mehreren paarweise zueinander angeordneten Nadeln. Die Nadeln können über den Zylinder schräg nach unten ausgefahren werden, wobei jeweils die beiden Nadeln eines Paares in gegenläufige Richtung bewegt werden.

Zum Aufnehmen eines Handhabungsgegenstandes wird mit den Nadeln in das Material gestochen. Durch die x-förmige Bewegung der Nadeln wird das Material am Greifer fixiert. Die Eintauchtiefe der Nadeln ist vom Anwendungsfall abhängig.

2.1.2.9 Bernoulli-Greifer

Der Bernoulli-Greifer ist ein Sauggreifer. Der für das Saugen erforderliche Unterdruck an der Unterseite des Greifers entsteht nach dem Bernoulli-Prinzip durch Druckluft, die durch einen winzigen Spalt auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigt wird.

Einsatz findet dieser Greifer für den Transport von dünnen, äußerst empfindlichen und spröden Teilen (z.B. Elektronikplatinen, Wafern usw.).

2.1.2.10 Magnetgreifer

Magnetgreifer werden zum Handhaben ferromagnetischer Objekte eingesetzt, insbesondere zum Handhaben von Blechen. Ähnlich wie die Vakuumgreifer können auch Magnetgreifer bedarfsgerecht zu Systemen modular aus vielen kleinen Einzelmagneten zusammengesetzt werden.

Magnetgreifer müssen bezüglich ihrer Haltekraft auf den Anwendungsfall abgestimmt sein;

- Sie müssen stark genug sein, um die Last sicher zu heben und beim Beschleunigen auch zu halten;
- Sie dürfen nicht so stark sein, dass sie noch andere Objekte mitnehmen.

Magnetgreifer werden unterteilt in Elektromagnet-Greifer und Permanentmagnet-Greifer.

- Elektromagnet-Greifer

Der Elektromagnet des Greifers besteht aus einem Eisenkern um den eine Spule gewickelt ist. Wird durch die Spule elektrischer Strom geleitet, entsteht bei Gleichstrom am einen Ende der Spule ein magnetischer Nordpol und am anderen Ende ein magnetischer Südpol. Das Aufnehmen und das Absetzen einer Last mit Hilfe der Elektromagnet-Greifers erfolgt durch Ein- und Ausschalten des Stromes.

- Permanentmagnet-Greifer

Permanentmagnete benötigen keine Stromzufuhr um ein Magnetfeld aufzubauen. Der Magnetismus ist dauernd vorhanden. Dieser allgemeine Vorteil wird allerdings beim Ablegen eines ferromagnetischen Handhabungsobjektes zu einem Nachteil, der durch eine Zusatzeinrichtung kompensiert werden muss.

Permanentmagnete sollen eine hohe Haftkraft haben bei einer kurzen Reichweite des Magnetismus. Starke Permanentmagnete basieren auf „Neodym“, einem chemischen Element der Selten-Erde-Gruppe. Die Reichweite wird durch die Polteilung beeinflusst.

Die Haltekraft der Greifersysteme kann gesteuert werden bis hin zum Wegschalten der Haltekraft beim Ablegen. Zu unterscheiden sind hierbei die pneumatisch und die elektrisch gesteuerten Magnetgreifer:

- Bei einem pneumatisch gesteuerten Magnetgreifer ist der Permanentmagnet in einem Gehäuse. Die Gehäusewand für den Kontakt zum Handhabungsobjekt besteht aus einem amagnetischen Material, z.B. aus Edelstahl. Das Magnetfeld wirkt durch dieses Material durch. Im Inneren des Gehäuses kann der Permanentmagnet durch einen Pneumatikzylinder in Richtung Handhabungsobjekt oder davon weg bewegt werden. Dementsprechend erhöht oder verringert sich die Haltekraft.
- Elektrisch gesteuerte Magnetgreifer bestehen im Prinzip aus einem Permanentmagneten und einer Spule. Die Haltekraft beim Handhaben eines Objektes wird durch den Permanentmagneten aufgebracht. Zum Ablegen wird der Permanentmagnet abgeschaltet, indem über die Spule ein kurzer Stromimpuls fließt. Dieser wirkt entgegengesetzt zum Kraftfeld des Permanentmagneten.

Vor dem eigentlichen Ab stapeln einzelner Bleche aus einem Blechstapel mit Hilfe eines Magnetgreifers werden diese Bleche zweckmäßigerweise an einer Seite oder an zwei Seiten vereinzelt. Hierfür können zusätzliche Spreizmagnete eingesetzt werden. Diese Spreizmagnete werden seitlich am Blechstapel angebracht.

Die Spreizmagnete bringen einen starken magnetischen Fluss in das Blech, wodurch die Bleche gleichpolig magnetisiert werden. Durch die Gleichpoligkeit stoßen sich die Bleche voneinander ab; zwei aufeinander liegende Bleche werden dadurch voneinander getrennt.

2.1.2.11 Adhäsionsgreifer

Die stoffschlüssig wirkenden Adhäsionsgreifer werden insbesondere zum Handhaben kleiner Teile verwendet, z.B. in der Mikrotechnik. In diesem Bereich kommen Greifverfahren zum Einsatz wie z.B.

- Greifen mit Wassertropfen
- Greifen mit Klebstreifen

Es gibt aber auch Adhäsionsgreifer für die Intralogistik. Diese sind i. d. R. zum Handhaben biegeschlaffer Teile, bei denen Nadelgreifer nicht eingesetzt werden können. Das betrifft z.B. Textilien der Bekleidungsindustrie, die durch das Greifen nicht beeinträchtigt werden dürfen (z.B. feine Textilien aus Seide).

Die verschiedenen Adhäsionsgreifer für biegeschlaffe Teile, basieren auf unterschiedlichen physikalischen Prinzipien:

- Greifen durch elektrostatisches Anhaften, wobei dies auf Textilien begrenzt ist, die elektrostatisch aufladbar sind.
- Greifen durch Anfrieren

Der Gefriergreifer [LIE 1] vernebelt zunächst eine geringe Menge destillierten Wassers über der Textilie. Mit einem Peltier-Element, d. h. einem elektrothermischen Wandler, erzeugt der Greifer so viel Kälte, dass die Textilie am Greifer anfriert. Mittels Druckluft bei Raumtemperatur wird die Eisverbindung wieder gelöst.

2.1.3 Reihen- und Lagengreifer

Reihen- bzw. Lagengreifer sind Greifsysteme, mit denen einzelne Artikel (Waren / Werkstücke), eine Reihe mehrerer Artikel hintereinander oder ganze Lagen mit mehreren Artikeln hintereinander und nebeneinander mit einem Zugriff gemeinsam aufgenommen werden können. Eingesetzt werden sie insbesondere beim Palettieren / Depalettieren sowie beim Be- und Entladen von Förderbändern.

Die Art des Greifers (Vakuumgreifer, Backengreifer, Untergreifer usw.) ist abhängig von den Anforderungen der zu manipulierenden Artikel. Häufig sind es Kombinationen mehrerer Greiferarten.

2.1.4 Mehrfachgreifer

Ein Mehrfachgreifer ist ein Greifsystem, das mehrere Greifeinheiten bzw. Greifmodule beinhaltet. Die Module innerhalb des Systems sind einzeln ansteuerbar. Damit kann ein Greifsystem z.B. Bauteile mit unterschiedlichen Geometrien aufnehmen, die mit einem Greifwerkzeug nicht aufgenommen werden könnten. Der Greiferwechsel kann dadurch entfallen, was die Maschinenstillstandzeiten reduziert.

2.1.5 Greifer-Wechselsysteme

Für wechselnde Anforderungen während des Handhabungsprozesses können mehrere unterschiedliche Greifer an einem Handlingsystem erforderlich sein. Der Greiferwechsel kann mit manuell bedienten oder durch automatische Wechselsysteme erfolgen. Die Wechselsysteme sind die Schnitt

stelle zwischen Roboter und Greifwerkzeug und bestehen aus einer roboterseitigen Kupplung und einem Gegenstück auf der Greiferseite. Neben dem mechanischen Austausch der Greifer müssen beim Greiferwechsel auch die Versorgungsleitungen für Elektrik / Pneumatik und Datenleitungen über spezielle Kupplungen gelöst und wieder angeschlossen werden.

Bei manuellen Wechselsystemen werden zunächst die Versorgungsleitungen von Hand gelöst und die Arretierung für den Greifer geöffnet. Danach kann der Greifer entnommen werden. Der Einsatz des neuen Greifers erfolgt in umgekehrter Reihenfolge.

Bei automatischen Wechselsystemen erfolgt dieser Wechselprozess automatisch, wobei sich der Roboter das jeweilige Greifwerkzeug selbst aus einem Magazin abholt. Mit einem automatischen Wechselsystem werden die Stillstandzeiten deutlich minimiert.

2.2 Manipulatoren

Die Bezeichnung „Manipulator“ kommt von dem lateinischen Wort „Manus“ – die Hand-. Ein Manipulator ist eine mechanische Einrichtung oder Maschine, mit der Bewegungen in mehreren Raumachsen ausgeführt werden können, ähnlich den Hand-Arm-Bewegungen des Menschen. Die Vielzahl unterschiedlicher Manipulatoren kann unterteilt werden in

- Manipulatoren mit geführter Lastbewegung
Die Greifeinheit ist an einem starren oder segmentierten Arm befestigt.
- Manipulatoren mit pendelnder Lastbewegung
Die Greifeinheit ist an einem Seil, einer Kette, an Bändern oder einer Schlaucheinheit befestigt.

Je nach Unterbau kann ein Manipulator stationär oder mobil sein.

- Ein stationärer Manipulator kann über eine Tragkonstruktion auf dem Hallenboden aufgestellt sein (z.B. über eine Säule), oder an der Decke bzw. einem Portal abgehängt sein.
- Ein mobiler Manipulator ist über eine Tragkonstruktion an einem Fahrwerk befestigt. Dieses wiederum kann flurgebunden, aufgeständert oder flurfrei verfahrbar sein.

Die wesentlichen mechanischen Elemente eines Manipulators sind

- der Arm bzw. Ausleger (bei Manipulatoren mit geführter Lastbewegung), der i.d.R. schwenkbar über ein Drehlager mit der Tragkonstruktion verbunden ist. Der Arm kann über Gelenke segmentiert sein (z.B. Knickarm).
- eine Hubeinheit zum Heben und Senken von Lasten.
 - Bei Manipulatoren mit geführter Lastbewegung kann dies ein hydraulischer oder pneumatischer Zylinder sein, mit dem der Arm vertikal bewegt bzw. um eine horizontale Achse geschwenkt werden kann.
 - Manipulatoren mit pendelnder Lastbewegung haben eine Hubeinheit, wie z.B. Seil- oder Kettenzug, Seilbalancer usw. Diese Hubeinheit kann auch am freien Ende eines Armes befestigt sein.
- Ein Lastaufnahmemittel / Greifer, bzw. eine Kupplung für die wechselweise Aufnahme unterschiedlicher Greifer.

Je nach Automatisierungsgrad sind zusätzliche Antriebe erforderlich sowie eine mehr oder weniger komplexe Steuerung. Die Bezeichnung Manipulator wird meist im Zusammenhang mit handgeführten Manipulatoren verwendet, aber auch ein segmentierter und automatisch gesteuerter Roboterarm wird als Manipulator bezeichnet [HES 1].

2.2.1 Handgeführte Manipulatoren

Beim manuellen Handhaben können aufgabenspezifisch ausgelegte Manipulatoren zum Einsatz kommen. Sie können den Menschen beim Heben schwerer Lasten unterstützen, sie können die Ergonomie des Arbeitsplatzes verbessern, sie können aber auch die menschliche Tätigkeit beschleunigen.

Die Sicherheitsanforderungen und / oder Maßnahmen beim Einsatz von handgeführten Manipulatoren sind in der DIN EN 14238 [DIN 31] geregelt.

2.2.2 Balancer

Ein Balancer ist eine Baugruppe eines Manipulators, bzw. eine Zusatzeinrichtung, die es ermöglicht, Lasten ohne nennenswerten Kraftaufwand im Raum zu bewegen. Die Bezeichnung „Balancer“ steht auch oft für die gesamte Einheit aus Manipulator mit integriertem Balancer. Durch den Balancer wird die Schwerkraft nach manueller Voreinstellung oder automatisch mit einer gleich großen Hubkraft ausgeglichen. Die Last wird dadurch in einen Schwebezustand versetzt.

Seilzüge mit Schwerkraftausgleich werden als Seilbalancer bezeichnet.

2.3 Robotertechnik

Roboter hatten bislang innerhalb intralogistischer Systeme nur begrenzte Einsatzbereiche, wie z.B. zum Palettieren / Depalettieren. Demgegenüber werden in der industriellen Fertigung, insbesondere in der Automobilindustrie, sogenannte Industrieroboter schon seit Langem für vielfältige Aufgaben eingesetzt.

Der Begriff „Industrieroboter“ ist in verschiedenen Regelwerken definiert, u. a. auch in der VDI 2860. Danach sind Industrieroboter „universell einsetzbare Bewegungsautomaten mit mehreren Achsen, deren Bewegungen hinsichtlich Bewegungsfolge und Wegen bzw. Winkel frei (d.h. ohne mechanischen Eingriff) programmierbar und zuweilen sensorgeführt sind. Industrieroboter sind mit Greifern, Werkzeugen oder anderen Fertigungsmitteln ausrüstbar und können Handhabungs- und/oder Fertigungsaufgaben ausführen“.

Der Begriff „Roboter“ wird aber häufig viel weiter gefasst; so werden teilweise auch die Fahrerlosen Transportfahrzeuge (FTF) und die autonomen mobilen Roboter (AMR) zu den Robotern gezählt (siehe Teil II.3 Kapitel 2.1.4 und 2.1.5).

Roboter und deren Einsatzmöglichkeiten können nach verschiedenen Kriterien unterteilt werden. Zunächst können unterschieden werden:

- Stationäre Roboter:
Der Roboter ist an einen festen Ort gebunden und kann nicht durch eigenen Antrieb seinen Standort wechseln.
- Mobile Roboter:
Der Roboter ist mit Aktoren (z.B. Antrieb, Fahrwerk) ausgestattet, die es ihm ermöglichen seine Position in der Umwelt zu verändern.

Ein weiteres Kriterium ist der Grad der Autonomie des Roboters. Nach [KAL 1] kann die Autonomie in 6 Stufen unterteilt werden:

1. Keine Autonomie
Der Mensch hat die volle Kontrolle.
Der Mensch steuert den Roboter z.B. über Fernsteuerung, oder gibt ein festes Programm ein mit vordefinierten Bewegungsabläufen und Geschwindigkeiten.
2. Assistenz bei ausgewählten Funktionen
Der Mensch ist stets verantwortlich und trifft alle Entscheidungen.
Der Mensch gibt wie bei „1“ ein festes Programm ein; der Roboter ist aber zusätzlich mit einem programmierten Assistenzsystem ausgestattet, das z.B. energetische oder zeitliche Prozessoptimierungen vorschlagen kann.
3. Zeitweise Autonomie in klar definierten Bereichen
Der Mensch ist stets verantwortlich und gibt (Teil-) Ziele vor.
Ergänzend zur Stufe 2 kann der Roboter sich innerhalb vorgegebener Systemgrenzen und Ziele selbst verbessern.
4. Abgegrenzte Autonomie in größeren Teilbereichen
Das System warnt bei Problemen; der Mensch bestätigt Lösungsvorschläge des Systems, bzw. kann im Notfall eingreifen.
Der Roboter ist nur zum Teil ausprogrammiert. Bereiche der Umwelt kann er über Sensoren erfassen und seine Bewegungen anpassen.
5. Roboter arbeitet in definierten Systemgrenzen autonom und anpassungsfähig.
Der Mensch kann überwachen oder in Notfallsituationen agieren.
Der Roboter verfügt über alle erforderlichen Sensoren, um seine Umwelt zu erfassen und arbeitet innerhalb der Systemgrenzen autonom.
6. Roboter arbeitet autonom in allen Bereichen auch in Kooperation und in sich ändernden Systemgrenzen. Der Mensch kann abwesend sein.

Roboter benötigen Sensoren. Die vielfältigen Bewegungsabläufe sowie die hohe Anzahl an mechanischen Schnittstellen stellen hohe Anforderungen an die Sensorik, die Steuerung sowie an die Anbindung an die übergeordnete EDV. Die Sensoren können in zwei Gruppen unterteilt werden:

- Interne Sensoren
- Externe Sensoren

Interne Sensoren (z.B. inkrementale Drehgeber) liefern Informationen über den Bewegungsablauf des Robotersystems. Die Stellungen der Glieder eines Roboterarms, des Greifers und sonstiger robotereigener Komponenten, Geschwindigkeit, Kräfte usw. werden gemessen und an die Steuerung für einen Soll- Ist- Abgleich weitergeleitet.

Externe Sensoren dienen dem Erkennen des Umfeldes. Der klassische Industrieroboter muss nicht unbedingt damit ausgestattet sein, mit zunehmenden Grad der Autonomie werden sie aber immer notwendiger. Bezogen auf einen Kommissionierroboter (siehe Kap. 3.3 ff) sind z.B. die Aufgaben der externen Sensorik:

- Die Identifikation der zu kommissionierenden Artikel sowie das Erkennen deren Position und Lage vor dem Entnehmen.
- Das Erkennen des Ablageortes nach der Entnahme; eventuell das Erkennen des Palettierschemas / Schichtmusters sowie das Erkennen eines freien Platzes innerhalb des Musters.

Zu den Arten der verschiedenen Sensoren, deren Funktionsweisen und deren Einsatzgebiete siehe Teil III, Lagerverwaltung, Datenerfassung, Datenverarbeitung.

2.3.1 Industrieroboter

Die wesentlichen Bestandteile eines Industrieroboters sind:

- Der Manipulator, (Roboterarm)
- Der Effektor (Greifer)
- Die Steuerung und das Programmiergerät
- Sensoren

Roboter unterscheiden sich hauptsächlich durch die Art der Kinematik der Hauptachsen [DGU 1]. Durch die Anzahl und Anordnung dieser Bewegungsachsen wird der Arbeitsraum des Roboters bestimmt.

Anmerkung 1: Anstelle des Begriffs „Achse“ wird im Folgenden auch der Begriff „Gelenk“ verwendet

Anmerkung 2: Nebenachsen sind die Achsen der „Roboterhand“; sie werden im Folgenden nicht weiter betrachtet.

Bei Robotern werden zwei Arten der Kinematik unterschieden:

- Die serielle Kinematik, d. h. die Achsen sind seriell angeordnet.
- Die parallele Kinematik; d. h. Die Achsen sind parallel angeordnet.

Im Folgenden wird nur die serielle Kinematik betrachtet.

Bei serieller Kinematik wird nach der Bewegungsform der Achsen unterschieden:

- Translatorische Achsen, Linearachsen oder Schubachsen.
Die translatorischen Achsen verfahren linear. Der Arbeitsraum ist beliebig erweiterbar. Sie eignen sich für Transportaufgaben über weitere Strecken.
- Rotatorische Achsen, oder Drehachsen.
Drehachsen ermöglichen schnelle Bewegungen. Sie können sehr genau gefertigt werden und bieten dadurch eine hohe Wiederholgenauigkeit der Bewegung.

Zu den Robotern mit serieller Kinematik gehören:

- Der Knickarm- oder auch Gelenkarmroboter; dieser Universalroboter ist nur mit Drehachsen ausgestattet.
- Der Schwenkarm- oder auch Scara-Roboter (Selective Compliance Assembly Arm) mit 3 Drehachsen und 1 Linearachse. Er ermöglicht schnelle wiederholgenaue Bewegungen und ist für Pick-and-Place-Anwendungen geeignet.
- Der Portalroboter hat nur rechtwinklig zueinander angeordnete lineare Achsen. Es wird unterschieden in Linienportal, Auslegerportal oder Flächenportal.

Bei der Auswahl des Roboters sind folgende Kriterien von Bedeutung:

- Arbeitsraum,
- Traglast,
- Genauigkeit,
- Geschwindigkeit / Beschleunigung

Der klassische Industrieroboter ist nach dem Programmieren in der Lage, einen Arbeitsablauf selbstständig und wiederholend durchzuführen. Soweit er mit äußeren Sensoren ausgestattet ist, kann er diesen Ablauf in Grenzen variieren. Auf sich verändernde äußere Einflüsse kann er aber nicht reagieren. Der Arbeitsraum des Industrieroboters stellt damit einen Gefahrenraum dar. Industrieroboter müssen daher mit Schutzeinrichtungen versehen sein, die den Zutritt von Personen zum Gefahrenraum verhindern [DGU 1]. Die Sicherheitsanforderungen an Robotersysteme sind in der Norm DIN EN ISO 102018 [DIN 33] festgelegt. Die Schutzeinrichtungen werden unterschieden in:

- Trennende Schutzeinrichtungen:
 - o.... Kabinen
 - o.... Umzäunungen
- Bewegliche trennende Schutzeinrichtungen:
 - o.... Schutztüren
 - o.... Rolll Tore
 - o.... Klappen
- Nicht trennende Schutzeinrichtungen:
 - o.... Lichtvorhänge
 - o.... Laserscanner
 - o.... Schalmatten
- Zweihandschaltungen

Trennende Schutzeinrichtungen müssen zusätzlich mit Zuhaltungen ausgerüstet werden, wenn mit gefahrbringenden Nachlaufbewegungen zu rechnen ist.

Bewegliche Schutzeinrichtungen müssen mit den gefahrbringenden Bewegungen verriegelt sein (Stillsetzen der gefahrbringenden Bewegungen bei Annäherung oder Zugriff) [DGU 1].

2.3.2 Kollaborierende Robotersysteme

Der Kollaborierende Roboter (Cobot) ist ein besonderer Typ des Industrieroboters, der für die direkte Kollaboration (Zusammenarbeit) mit dem Menschen konzipiert ist. Je nach Art der Kollaboration können Mensch und Roboter weitestgehend ohne trennende Schutzeinrichtung in einem Raum zusammenarbeiten und können z.B. gleichzeitig am selben Bauteil o. ä. arbeiten. Die Anforderungen an den Robotereinsatz im Kollaborationsbetrieb sind (ergänzend zur Norm DIN EN ISO 102018) in der Norm ISO TS 15066 [DIN 34] geregelt.

Nach dieser Norm werden 4 Kollaborationsarten unterschieden:

- | | |
|---|--|
| 1. Sicherheitsbewerteter
überwachter Halt | Roboter hält beim Betreten des Arbeitsraums an und setzt die Bewegung nach dem Verlassen automatisch fort. |
| 2. Handführung | Die Roboterbewegung wird vom Mitarbeiter aktiv mit geeigneter Sensorik gesteuert, meist unterstützt durch eine Zustimmungseinrichtung wie einen Dreipunktschalter. |
| 3. Geschwindigkeits- und
Abstandsüberwachung | Bei größerem Abstand zu einer Person arbeitet der Roboter im normalen Modus. Nähert sich die Person bis zu einem vorgegebenen Schwellenwert, verringert der Roboter die Geschwindigkeit. Der Roboter hält an, wenn der Abstand zum Menschen zu gering wird.
Abstandsüberwachung mittels Laserscannern oder Kamerasystemen |
| 4. Leistungs- und
Kraftbegrenzung | Beschränkung der Kräfte und Leistung des Roboters einschließlich Roboterhand bei Kontakt mit Personen, so dass es nicht zu Verletzungen kommt.
Kontakt zwischen Mensch und Roboter ist erlaubt. |

Eine Weiterentwicklung der Kollaborierenden Roboter sind die Autonomen mobilen Roboter (AMR). Diese werden in Teil II.3 Fördertechnik, Kapitel 2.1.5 beschrieben.

3 TECHNISCHE EINRICHTUNGEN FÜR KOMMISSIONIERSYSTEME

„Kommissionieren“ ist das auftragsbezogene Zusammenstellen von verschiedenen Artikeln aus einem bereitgestellten Sortiment. Diese Aufgabe kann auf sehr unterschiedliche Weise ausgeübt werden. Dementsprechend gibt es eine Vielzahl unterschiedlicher Kommissioniersysteme. Bezogen auf den Materialfluss sind diese in Teil I, Kapitel 4 ff. beschrieben. Zusammengefaßt muß der Materialfluss eines Kommissioniersystems mit vier Grundfunktionen erfüllt werden, für die es jeweils zwei Ausführungsalternativen gibt:

- | | |
|-------------------------------------|---------------------------------------|
| ▪ Bereitstellung der Ware | Statisch oder dynamisch |
| ▪ Fortbewegung des Kommissionierers | Ein- oder zweidimensional |
| ▪ Entnahme der Artikel | Manuell oder maschinell / automatisch |
| ▪ Abgabe | Zentral oder dezentral |

Zum Kommissionieren i. w. S. zählen auch:

- Das Überprüfen der entnommenen Artikel bezüglich Richtigkeit, Stückzahl und Beschaffenheit gemäß Kommissionierauftrag. Dies kann parallel zum eigentlichen Kommissioniervorgang erfolgen oder an einer nachgelagerten Stelle (z.B. im Versand).
- Das Entfernen der geleerten Ladehilfsmittel (Paletten / Behälter) aus dem Bereitstellungsbereich.
- Das Beschicken des bereitgestellten Sortiments mit Nachschub.

War früher der Materialfluss systembestimmend für die Kommissioniersysteme, so ist heute der Informationsfluss mindestens gleichwertig beteiligt bei der Auslegung der technischen Einrichtungen und Hilfsmittel. Ergänzend zu den nachfolgenden Kapiteln siehe auch:

- Die technischen Einrichtungen für den Materialfluss sind überwiegend beschrieben unter:
 - Titel II.1 (Ladeeinheiten, Ladehilfsmittel),
 - Titel II.2 (Lagerarten, Lagertechniken)
 - Titel II.3 (Fördertechnik).
- Auf die technischen Einrichtungen für den Informationsfluss wird unter Titel III (Lagerverwaltung, Datenerfassung, Datenverarbeitung) eingegangen.

3.1 Statische Bereitstellungssysteme mit manueller Entnahme

3.1.1 Informationsübermittlung

Das Kommissionieren erfolgt immer auf Basis eines Kommissionierauftrages. Dieser Kommissionierauftrag kann identisch sein mit einem Kundenauftrag, er kann einen Teil eines Kundenauftrages umfassen, er kann aber auch mehrere Kundenaufträge oder Teile davon beinhalten (siehe Teil I, Kapitel 5.2 ff).

Der Kommissionierauftrag (auch Kommissionierliste oder Pickliste bezeichnet) ist eine Anweisung an den Kommissionierer mit der Information, welche Artikel jeweils in welchen Mengen und von welchen Bereitstellungsorten zu entnehmen sind. Diese Informationen können in ausgedruckter Form auf Papier oder mittels elektronischer Einrichtungen papierlos an den Kommissionierer übermittelt werden. Der Kommissionierauftrag kann manuell auf Basis einer Lagerkartei erstellt werden, i. d. R. erfolgt dies aber automatisch über das ERP- bzw. Warenwirtschaftssystem. Der Kommissionierauftrag sollte auf jeden Fall enthalten:

- Die genaue Artikelbezeichnung mit Artikelnummer
- Die Entnahmemenge je Artikel
- Die eindeutige Bezeichnung des Entnahmeortes
- Die eindeutige Bezeichnung des Ablageortes, wenn es verschiedene Möglichkeiten gibt (z.B. beim Multi-Order-Picking werden in einem Durchgang mehrere Behälter befüllt).

Zusätzlich sollten für den Kommissionierer die Möglichkeiten gegeben sein:

- Nach erfolgter Entnahme die Position zu quittieren (auf der Papier-Kommissionierliste z.B. durch Abhaken)
- Fehlmengen einzutragen, wenn der bereitgestellte Bestand nicht ausreichend ist für die Entnahmemenge gemäß Kommissionierauftrag.

Der Kommissionierauftrag wird i. d. R. aus einem oder mehreren Kundenaufträgen generiert, d. h. er ist nicht identisch mit dem eigentlichen Kundenauftrag. Beim Erstellen des Kommissionierauftrags kann somit die Reihenfolge der aufgelisteten Entnahmepositionen nach wegeoptimierenden Kriterien erfolgen.

Die unterschiedlichen Techniken der Informationsübermittlung beim Kommissionieren werden „Kommissionierverfahren“ bezeichnet. Diese Kommissionierverfahren können anhand unterschiedlicher Kriterien gegliedert werden:

- Je nachdem ob der Kommissionierauftrag auf Papier ausgedruckt wird oder über eine elektronische Anzeige übermittelt wird, wird unterschieden in:
 - Papierbehaftete oder auch belegbehaftete Kommissionierung
 - Papierlose oder auch beleglose KommissionierungBei elektronischen Systemen muss die Möglichkeit der Datenübertragung zwischen Endgerät zum ERP- bzw. Warenwirtschaftssystem gegeben sein.
- Die Informationsträger- bzw. Anzeigen können nach ihrer Mobilität gegliedert werden in:
 - Mobile Informationstechnik, die vom Kommissionierer auf dem Kommissionierrundgang mitgeführt wird (getragen oder am Kommissionierfahrzeug befestigt).
 - Statische Informationstechnik, die an den Bereitstellungsplätzen fest installiert sind.
- Elektronische Informationstechniken können nach der Aktualität der Daten gegliedert werden in:
 - Offline-Technik, bei der die relevanten Daten über Zeitabschnitte gesammelt und an einer Ladestation oder Infrarotschnittstelle auf das Endgerät übertragen werden, bzw. die Rückmeldung vom Endgerät auf den übergeordneten Rechner.
 - Online-Technik, bei der ein permanenter Datenaustausch zwischen dem übergeordneten Rechner und dem Endgerät möglich ist (je nach System drahtlos oder drahtgebunden).

Nicht nur auf dem Kommissionierauftrag müssen die Informationen eindeutig sein; auch die Bereitstellorte und die bereitgestellten Waren müssen eindeutig identifizierbar sein. Hierfür gibt es unterschiedliche Kennzeichnungsmöglichkeiten, wie z.B.

- in Klarschrift (alphanumerische Zeichen)
- mit Barcode
- mit Transponder
- mit Lichtsignal

3.1.1.1 Mobile Verfahren zur Informationsübermittlung

3.1.1.1.1 Belegbehaftete Kommissionierung mit Pick-Liste (Pick-by-Paper)

Die klassische Methode einen Kommissionierauftrag zu erstellen ist die Kommissionierliste (Pickliste) in Papierform. Es ist auch gleichzeitig das Verfahren, das mit den geringsten Investitionskosten verbunden ist:

- Im einfachsten Fall wird eine Kopie des Kundenauftrags oder des Lieferscheins als Pickliste verwendet. Der Nachteil dabei ist aber, dass diese Pickliste nicht an die Bedürfnisse der Kommissionierung angepasst ist.
 - Die einzelnen Entnahmepositionen sind nicht in der wegoptimalen Reihenfolge aufgeführt.
 - Wichtige Informationen können fehlen (siehe oben), dafür können für die Kommissionierung nicht erforderliche Informationen enthalten sein, welche die Pickliste unübersichtlich machen.

- Die Pickliste muss i. d. R. von einem Ort abgeholt und dort nach Abarbeitung wieder übergeben werden, der sich nicht auf dem normalen Weg des Kommissionierers befindet. Dies kann zu deutlichen zusätzlichen Wegzeiten führen.

Dieses Verfahren führt i. d. R. zu relativ langen Kommissionierzeiten und ist daher im Prinzip nur praktikabel in räumlich kleinen Lagern mit begrenztem Artikelspektrum und nur gelegentlichem Zugriff.

- Wird die Kommissionierliste über das Warenwirtschaftssystem erstellt, kann diese Liste voll an den Bedarf der Kommissionierung angepasst werden.
 - In die Kommissionierliste werden nur für die Kommissionierung wirklich relevante Informationen aufgenommen.
 - Die einzelnen Pick-Positionen können in wegeoptimierter Reihenfolge ausgedruckt werden.
 - Der erforderliche Drucker kann an einem wege günstigen Ort aufgestellt werden.

Der Kommissionierer befestigt die Pickliste i. d. R. auf einem Klemmbrett (Schreibplatte). Ist dieses Klemmbrett an einem Kommissionierfahrzeug oder Kommissionierwagen angebracht, hat der Kommissionierer zum Kommissionieren die Hände frei. Dies ist insbesondere beim Kommissionieren sperriger oder schwerer Artikel von Vorteil.

In konventionellen Kommissioniersystemen (Kommissionierprinzip Mann zur Ware mit eindimensionaler Fortbewegung, manueller Entnahme und zentraler Abgabe) muss die belegbehaftete Kommissionierung bei guter Organisation einen Vergleich mit den beleglosen Verfahren nicht scheuen.

- Der wesentliche Zeitfaktor bei diesem Kommissionierprinzip ist i. d. R. die Wegzeit. Diese ist aber beim belegbehafteten Verfahren nicht länger als beim beleglosen Verfahren.
- Die Greifzeiten können sogar günstiger sein als z.B. bei Verfahren, bei denen Informationstechnologie an der Hand bzw. am Handgelenk des Kommissionierers befestigt ist.
- Kritisch können die Basis- und die Totzeit werden. Die von der Auftragsstruktur abhängigen Einflussgrößen müssen bei einem Systemvergleich genau analysiert werden. Auch bei diesen Teilzeiten ist die belegbehaftete Kommissionierung nicht zwangsläufig schlechter als die beleglose Kommissionierung.
- Wird auf Grund großer Wegzeit-Anteile der Anteil von Basis- und Totzeit gering, können die niedrigen Investitionskosten bei der belegbehafteten Kommissionierung zum Tragen kommen.
- Nachteilig ist für die belegbehaftete Kommissionierung:
 - Während des Kommissionierens gibt es keine Kontrolle (außer durch den Kommissionierer selbst), dass z.B. wirklich der richtige Artikel entnommen wurde. Das Verfahren kann daher zu einer höheren Pick-Fehlerrate führen.
 - Die Informationen des Kommissionierers auf dem Pick-Zettel (z.B. Fehlmengen, Nachschubanforderungen / Nulldurchgang, usw.) müssen anschließend nochmals in das Warenwirtschaftssystem eingegeben werden.
 - Der zeitliche Versatz zwischen Erkennen einer Korrektursituation und Eingabe in das Warenwirtschaftssystem (und somit keine Inventarinformation in Echtzeit) ist so nachteilig wie bei der beleglosen Kommissionierung mit Offline-Technik.
 - Hoher Papierverbrauch

In Kommissioniersystemen wie oben, allerdings mit dezentraler Abgabe, sind die Einsatzbedingungen für den Pickzettel etwas anders. Der Kommissionierer muss seinen Bereich nicht verlassen, um die gesammelte Ware mit abgearbeitetem Pickzettel zu übergeben. Der Zugang zu einem zentral angeordneten Drucker für einen neuen Kommissionierauftrag entfällt daher. Damit ist eine separate Arbeitsvorbereitung erforderlich. Bevor der oder die Sammelbehälter auf Flurförderzeugen oder auf Stetigförderern an die erste Kommissionierzone übergeben werden, müssen diese codiert und mit dem Kommissionierauftrag bestückt werden.

3.1.1.2 Beleglose Kommissionierung mit mobilen Geräten zur Informationsübermittlung

Es gibt mehrere Verfahren zur beleglosen Kommissionierung und es werden ständig neue Verfahren entwickelt. Teilweise werden die unterschiedlichen Verfahren auch miteinander kombiniert. Insbesondere gibt es zu den einzelnen Verfahren herstellerspezifische Varianten, die dann auch mit herstellerspezifischen Bezeichnungen auf dem Markt sind. Zur Funktionsweise der für diese Kommissionierverfahren erforderlichen Technologien wird auf Teil III „Datenerfassung, Datenverwaltung“ verwiesen.

Systeme mit belegloser Kommissionierung sind mit erheblichen Investitionskosten verbunden. Kostengrößen sind:

- Jeder Kommissionierer muss bei seinem Rundgang mit einem entsprechenden Endgerät zur Informationsübertragung (Hardware) ausgestattet sein.
- Für die Kommunikation zwischen Warenwirtschaftssystem und Endgerät ist entsprechende Software erforderlich.
- Die Offline-Technik erfordert für die asynchrone Datenübertragung entsprechende Datenschnittstellen.
- Die Online-Technik mit synchroner Datenübertragung zu den mobilen Endgeräten erfordert eine kostenintensive Infrastruktur für die drahtlose Datenübertragung.

3.1.1.2.1 MDE-Kommissionierung

MDE steht für mobile Datenerfassung. Mit MDE-Geräten können relevante Daten angezeigt werden und auch Informationen zurück an den übergeordneten Rechner übergeben werden. Dazu beinhaltet es neben dem Display auch Eingabetasten. MDE-Geräte gibt es in unterschiedlichen Formen und Größen.

Diese mobilen Datenterminals werden in der Intralogistik nicht nur in der Kommissionierung eingesetzt. MDE-Geräte gibt es für die Installation auf Flurförderzeugen sowie auch als Handgeräte. Sie dienen nicht nur der Warenentnahme (Auslagerung ganzer Ladeeinheiten bzw. der Kommissionierung) sondern auch der Einlagerung von Lager- und Bereitstellungseinheiten.

Ein MDE-Gerät ist häufig die mobile Computereinheit in Verbindung mit anderen Kommissionierverfahren (siehe unten).

3.1.1.2.2 Pick by Scan und Pick by RFID

Die Kommissionierverfahren „Pick by Scan“ und „Pick by RFID“ sind im Prinzip sehr ähnlich. Bei beiden Verfahren bestehen die Geräte aus einer MDE-Einheit kombiniert mit einer Leseinheit.

- Über die MDE-Einheit wird der Kommissionierauftrag an den Kommissionierer übermittelt.
- Mit der Leseinheit können codierte Informationen aus Identträgern ausgelesen und decodiert werden.

Mit Identträgern können z.B. der Lagerort / Bereitstellungsbehälter, die bereitgestellten Artikel und der Ablageort / Sammelbehälter gekennzeichnet sein.

Bei der Kommissionierung wird mindestens die Artikelnummer ausgelesen und über das MDE mit dem Kommissionierauftrag abgeglichen. Werden bei der Kommissionierung auch die Daten von Lagerort und Ablageort erfasst und abgeglichen, wird sichergestellt, dass der richtige Artikel vom richtigen Lagerort entnommen wurde und an dem richtigen Ablageort abgelegt wurde. Mit dem automatischen Datenabgleich werden die Kommissionierfehler stark reduziert.

- Beim „Pick by Scan“ besteht der Identträger aus einem Barcode-Etikett. Der Barcode wird mit dem Lesegerät optisch erfasst. Dies setzt direkten Sichtkontakt zum jeweiligen Identträger voraus, der nicht verschmutzt, überklebt oder beschädigt sein darf.

Für die optische Erfassung gibt es verschiedene Techniken, wie z.B.

- Handscanner auf Laserbasis
- 2D-Leser, der auf der Bildverarbeitungstechnologie basiert.
- Beim „Pick by RFID“ besteht der Identträger aus einem RFID-Tag (Transponder). Transponder sind besonders zuverlässig, auch bei extremen Umwelteinflüssen. Direkter Sichtkontakt vom Lesegerät zum Identträger ist nicht erforderlich. Es besteht auch die Möglichkeit, in einem Lesevorgang mehrere Datenträger gleichzeitig zu erfassen (Pulk-Erfassung).
Nachteilig sind die relativ teuren Tags. Daher sollten innerhalb einer Lieferkette möglichst alle Beteiligten mit der RFID-Technik arbeiten. Elektromagnetische Felder in der Umgebung können die Datenübermittlung stören; auch Metalle, leitfähige Materialien und Flüssigkeiten können absorbierend und reflektierend wirken.
- Es werden auch RFID-Tags mit Barcode kombiniert.

Bei den Geräten für Pick by Scan und Pick by RFID handelt es sich i. d. R. um Handheld-Geräte, d. h. zum Auslesen der Daten muss der Kommissionierer das Gerät in der Hand halten. Nachteilig ist damit, dass der Kommissionierer nicht beide Hände für die Artikelentnahme frei hat.

Da die Entwicklung weitergeht, gibt es inzwischen auch Geräte, die diesen Mangel zumindest mindern. Hierzu gehört z.B. der Ring-Scanner. Dabei wird das MDE-Gerät am Handgelenk getragen und die separate Leseinheit an einem Ring am Finger. Dadurch kann der Arm und die Hand, an welcher der Ring-Scanner ist, auch für die Entnahme genutzt werden.

3.1.1.2.3 Pick by Voice

Pick by Voice ist ein Kommissionierverfahren, bei dem die Informationsübertragung mittels Sprache erfolgt. Der Kommissionierer trägt dazu zwei Geräteeinheiten mit sich; und zwar ein MDE-Gerät, das der Kommissionierer i. d. R. am Gürtel trägt und ein Headset (Kopfhörer mit Mikrofon). MDE und Headset sind über Kabel, oder kabellos miteinander verbunden.

Aus dem vom Warenwirtschaftssystem übertragenen Kommissionierauftrag werden immer nur kurze Teilinformationen an den Kommissionierer übermittelt, deren Erledigung er jeweils bestätigen muss.

Für den Ablauf gibt es verschiedene Systeme, zumal das eigentliche Pick by Voice auch mit anderen Techniken kombiniert wird. Ein möglicher Ablauf kann z.B. sein:

- Dem Kommissionierer wird der nächste Lagerort angesagt. Bei Ankunft am Lagerort meldet der Kommissionierer eine dort angebrachte Prüfziffer über Mikrofon.
- Bei richtiger Prüfziffer erhält der Kommissionierer die Anweisung, wie viele Artikeleinheiten zu entnehmen sind. Die erfolgte Artikelentnahme wird vom Kommissionierer wiederum bestätigt. Die Bestätigung kann erfolgen
 - über Mikrofon
 - oder z.B. über einen mitgeführten Barcode-Scanner
- Wurde die Entnahme in der richtigen Form quittiert, erhält der Kommissionierer die Anweisung für den nächsten Lagerort.

Die Kommunikation zwischen Warenwirtschaftssystem und Kommissionierer setzt voraus, dass das System die individuelle menschliche Aussprache des Kommissionierers versteht. Dialekte, Akzente und sonstige sprachliche Eigenarten müssen zunächst in einem Sprachprofil hinterlegt werden.

Vorteile dieses Kommissionierverfahrens sind:

- Der Kommissionierer hat beide Hände für die Entnahme frei.
- Eine erfolgte Entnahme kann gleichzeitig über Sprache quittiert werden. Dies führt zu einer Zeitersparnis im Vergleich zur belegbehafteten Kommissionierung, wo der Pickzettel bearbeitet werden muss. Eine Zeitersparnis ergibt sich aber auch gegenüber anderen beleglosen Verfahren, bei denen Quittieren oder Korrekturmeldungen manuell eingegeben werden müssen.
- Das Verfahren führt zu einer geringen Fehlerrate

Nachteile dieses Verfahrens sind insbesondere:

- Vor dem Start zum ersten Kommissionerrundgang muss der Kommissionierer die technische Ausrüstung anlegen und sich an das System anmelden. Dies verschlechtert die Basiszeit.
- Die Sprachkommunikation verlangt dem Kommissionierer einen hohen Grad an Konzentration ab; die Konzentration lässt im Laufe des Tages nach.
- Störende Nebengeräusche, insbesondere in lauter Umgebung, können zu Fehlern führen.

3.1.1.2.4 Pick by Vision (Visual Guided Picking)

Kernstück dieses Kommissionierverfahrens ist die Datenbrille. Sie gehört zu den Technologien, mit denen unsere sichtbare Realität gleichzeitig um Informationen ergänzt wird (Augmented Reality).

Mit der Datenbrille hat der Kommissionierer vor einem Auge ein durchsichtiges Display. Über dieses Display werden dem Kommissionierer die Kommissionieranweisungen angezeigt.

Gleichzeitig kann der Kommissionierer durch das Display seine Lagerumgebung erkennen.

Der Ablauf bei Pick by Vision ist ähnlich bei beim Pick by Voice. Der Kommissionierer erhält immer nur kurze Anweisungen für den nächsten Schritt im Kommissionierablauf. Erst nach Erledigung und Quittierung erhält er die nächste Anweisung (siehe oben).

Neben der eigentlichen Datenbrille ist dieses Kommissionierverfahren i. d. R. mit weiteren Technologien kombiniert:

- Das Quittieren kann z.B. erfolgen:
 - Akustisch über ein in das Brillengestell integriertes Mikrofon.
 - Manuell, durch Bedienen eines Signalgebers am MDE oder am Brillengestell.
- Üblich ist, dass in das Brillengestell ein Barcodescanner integriert ist. Bei quittierter Ankunft am Entnahmeort und Blickrichtung zum Entnahmefach wird der Barcode dieses Faches gescannt.

Vorteil dieses Verfahrens gegenüber Pick by Voice:

- Die visuelle Wahrnehmung von Informationen ist einfacher und eindeutiger als die über Sprache.

3.1.1.3 Überwiegend stationär eingesetzte Informationssysteme

3.1.1.3.1 Pick by Light und Put to Light

Pick by Light und Put to Light sind zwei Verfahren mit unterschiedlichen Anwendungen, bei denen aber grundsätzlich die gleiche Technik zur Informationsübermittlung eingesetzt wird. Diese basiert auf stationär angebrachten Anzeigemodulen:

- Pick by Light ist die über Anzeigemodule geführte Entnahme einer Kommissioniereinheit an einem Entnahmeort.
- Put to Light (auch als Pick to Light bezeichnet) ist die über Anzeigemodule geführte Abgabe einer Kommissioniereinheit an einem Ablageort.

Anmerkung:

Die Bezeichnung „Put to Light“ wird auch gelegentlich anderweitig verwendet. Und zwar für das über Lichtsignal gesteuerte Wiederauffüllen von Regalen.

An jedem Entnahme- oder Ablageort ist ein Anzeigemodul angebracht. Ein Modul kann sich aus mehreren Informationseinheiten zusammensetzen, z.B.:

- eine Lampe, die aufleuchtet, wenn ein Entnahme- oder Ablageort zu bedienen ist;
- eine Digitalanzeige, welche die zu entnehmende bzw. abzulegende Stückzahl anzeigt;
- eine Quittiertaste, über die der Kommissionierer den erfolgten Vorgang bestätigt.
- Zusätzlich können noch Eingabetasten vorhanden sein, über die der Kommissionierer Korrekturen eingeben kann (z.B. bei Fehlmengen)

Pick by Light-Systeme sind üblicherweise an Fachboden- insbesondere aber an Durchlaufregalen zu finden. Da im Bereich der Entnahme jeder Bereitstellungsort mit einem Anzeigemodul bestückt werden muss, kann dieses Verfahren zu hohen Investitionskosten führen.

- Dies trifft insbesondere zu, wenn jedes Anzeigemodul in klassischer Weise einzeln fest verdrahtet ist.
- Eine günstigere Variante ist der Einsatz von Bus-Technologie. Werden z.B. ober- bzw. unterhalb der Lagerorte Trägerschienen in Verbindung mit Bus-Technologie befestigt, ist die Montage der Anzeigemodule ohne weitere Verdrahtung möglich. Die Anzeigemodule werden auf die Trägerschienen aufgeclipst und sind sofort funktionsfähig.
- Eine weitere Alternative ist der Einsatz von Elektronischen Etiketten mit Zusatzfunktionen, die als Anzeige- und Bedienmodule am Lagerort angebracht werden können (siehe Teil III, Kap. 4.2.4.5 „Elektronische Etiketten“). Diese elektronischen Displays sind kabelungebunden über Funk mit WWS / ERP verbunden.

Der wirtschaftliche Einsatz des Verfahrens „Pick to Light“ setzt i. d. R. einen Kommissionierbereich voraus

- mit hoher Entnahmedichte (kurze Wege zwischen den Entnahmeorten)
- hoher Pickfrequenz je Bereitstellungsort.

Auf Basis dieser Anforderungen gibt es dennoch vielfältige Konstellationen, bei denen dieses Verfahren wirtschaftlich eingesetzt werden kann. Ist die Auftragsstruktur der Kundenaufträge allein noch nicht geeignet, um ein Pick-by-Light zu rechtfertigen, so kann eine hohe Entnahmedichte erreicht werden, indem mehrere Kundenaufträge gesammelt und gleichzeitig kommissioniert werden. Typische Kommissionierstrategien sind:

- Die zwei- oder mehrstufige Kommissionierung (artikelorientiert)
Die Artikel für mehrere Kundenaufträge werden zunächst in einen gemeinsamen Sammelbehälter oder einen Stetigförderer abgelegt. In einer zweiten Stufe werden die Artikel aus dem Sammelbehälter den Kundenaufträgen zugeordnet.
- Multi-Order-Picking / Cluster-Picking
Bei dieser Art der Kommissionierung führt der Kommissionierer z.B. einen Kommissionierwagen mit. Auf diesem befinden sich entweder mehrere codierte auftragsbezogene Behälter, oder ein Gestell mit auftragsbezogenen Ablagefächern.
Nach der artikelorientierten Entnahme werden die Artikel auf die auftragsorientierten Ablageorte verteilt.

Vorteile von Pick-by-Light sind:

- Relativ kurze Suchzeiten beim Auffinden des nächsten Entnahmeortes
- Verminderung der Fehlerrate beim Kommissionieren
- Automatische Aktualisierung der Lagerbestände im Warenwirtschaftssystem in Echtzeit.

Nachteile von Pick-by-Light:

- Hohe Investitionskosten (siehe oben)
- In einem Kommissioniergang bzw. in einer Kommissionierzone kann i. d. R. zu einem Zeitpunkt nur ein Kommissionierauftrag abgearbeitet werden. Das gleichzeitige Abarbeiten mehrerer Aufträge kann aber z.B. über die Zuordnung unterschiedlicher Lichtfarben gesteuert werden.

Bei Put-to-Light werden mit den Anzeigemodulen die Zielorte signalisiert sowie ggf. weitere Informationen für die Ablage. Hierfür gibt es verschiedene Einsatzbereiche, wie z.B.:

- In der mehrstufigen Kommissionierung können nach der artikelorientierten Kommissionierung stationäre Fachboden- oder Durchlaufregale für die auftragsbezogene Verteilung eingesetzt werden. Die Fächer werden wie bei den Kommissionierregalen mit Anzeigemodulen bestückt. Je nach Gestaltung der Anzeigemodule mit unterschiedlichen Informationseinheiten und der

unterschiedlichen Möglichkeiten zur Identifikation der zu verteilenden Artikel gibt es vielfältige Ausführungsmöglichkeiten. Beispiele sind:

- Eine Artikelnummer aus dem Sammelbehälter wird eingescannt. Daraufhin leuchten an den Fächern, in denen Einheiten dieses Artikels abgelegt werden müssen, die Signallampen und auf den Displays wird die erforderliche Menge angezeigt.
 - Nachdem in einem Fach die geforderte Menge abgelegt wurde, wird die Quittiertaste betätigt und die Anzeige erlischt.
 - Der Verteilungsprozess wird dann in gleicher Weise Fach für Fach und Artikel für Artikel fortgesetzt, bis der gesamte Kommissionierauftrag verteilt ist.
- Put-to-Light kann auch in der einstufigen Kommissionierung eingesetzt werden, z.B. beim Multi-Order-Picking. Für die Anwendung von Put-to-Light sind die erforderlichen Kommissionierfahrzeuge ausgestattet mit
- einer ausreichend starken mobilen Energieversorgung (Batterie);
 - einer drahtlosen Anbindung an das Warenwirtschaftssystem (z.B. WLAN);
 - einem MDE-Terminal oder dgl. zur Übermittlung des Kommissionierauftrags (Entnahmeort, Entnahmemenge);
 - Anzeigemodulen über den Ablagefächern, die je Artikel die richtigen Ablageorte mit den entsprechenden Mengen signalisieren, sowie einer Quittiertaste.

Führt die Artikel- und Auftragsstruktur nicht zu einer Entnahmedichte, die Pick-by-Light wirtschaftlich rechtfertigen, ist Multi-Order-Picking mit Put-to-Light eine gute Alternative. Die Investitionskosten sind wesentlich günstiger als bei Pick-by-Light.

3.1.1.3.2 Pick by Point

Pick by Point ist ein Kommissionierverfahren, bei welchem dem Kommissionierer das Entnahmefach visuell angezeigt wird. Hierzu sind im Kommissioniergang Lichtprojektoren (bewegliche Lichtquellen) installiert. Nach Auslösen des Kommissionierauftrages wird das nächste Entnahmefach durch einen farbigen Lichtpunkt markiert.

Für die Übermittlung von Entnahmemengen oder zum Quittieren sind weitere Technologien erforderlich (z.B. Pick by Voice).

3.1.2 Statische Bereitstellungssysteme

Kommissioniersysteme mit manueller Entnahme, die nach dem Kommissionierprinzip Mann zur Ware arbeiten, haben üblicherweise eine statische Bereitstellung. Ausnahmen sind die Misch- und Sonderformen der Kommissioniersysteme, wie z.B. die Inverskommissionierung oder die Negativkommissionierung (siehe Teil I, Kapitel 4.7).

In konventionellen Systemen werden die Artikel i. d. R. in Regalen zur Kommissionierung bereitgestellt. Die Bereitstellung innerhalb der Regale kann mit und ohne Ladehilfsmittel erfolgen. Die Höhe der Regale, bzw. der Kommissionierebene bestimmt die erforderliche Art der Fortbewegung des Kommissioniers (ein- bzw. zweidimensional oder eine Mischform). Typische Regale für Kommissioniersysteme sind:

- Regale mit statischer Lagerung, wie z.B.
 - Fachbodenregale für ein- oder zweidimensionale Fortbewegung
 - Palettenregale
 - für eindimensionale Fortbewegung des Kommissionierers; dabei ist die Kommissionierebene in der unteren Lagerebene, darüber ist das Reservelager.
 - für zweidimensionale Fortbewegung des Kommissionierers
- Regale mit dynamischer Lagerung, wie z.B. Durchlaufregale für einzelne Artikel, für Behälter oder Paletten.

Die Bereitstellung kann aber auch ohne Regale erfolgen, z.B.:

- Auf Paletten oder in Gitterboxen die auf dem Hallenboden stehen (z.B. bei palettenweiser Bereitstellung von Ultraschnell-Drehern).
- In gestapelten Gitterboxen mit Vorderwandklappen zur Entnahme.

3.1.3 Fördertechnik für Systeme mit eindimensionaler Fortbewegung

In Systemen mit statischer Bereitstellung ergeben sich mehrere Förder- und Handhabungsprozesse, welche für die Zu- und Abförderung von Waren und Ladehilfsmitteln erforderlich sind sowie für die Fortbewegung der Lagerbediener. Die Förder- und Handhabungstechnik bietet ein breites Spektrum an Lösungsmöglichkeiten. Hierzu gehören Stetig- und Unstetigförderer, ein- und zweidimensionale Fortbewegung sowie unterschiedliche Mechanisierungs- und Automatisierungsgrade (siehe Teil II.3).

Aufgrund der Vielfalt unterschiedlicher Anforderungen und derer Lösungsmöglichkeiten werden nachfolgend nur einige typische Anforderungen angedeutet:

- Bei der Beschickung und beim Umgang mit abgeräumten Ladehilfsmitteln können sich z.B. folgende Situationen ergeben:
 - Zum Beschicken des Kommissionierlagers muss die Ware von einem Lagerort (z.B. vom Reservelager) zum Bereitstellungsort gefördert werden. Die Ware befindet sich i. d. R. auf einem Ladehilfsmittel (z.B. Palette).
 - Wird die Ware z.B. in ein Durchlaufregal in Kommissioniereinheiten eingelagert, muss danach das abgeräumte Ladehilfsmittel samt anfallender Umverpackung wieder zurück transportiert werden; ggf. zu einer Sammelstellstelle für Ladehilfsmittel und zu einer Entsorgungsstelle für die Umverpackung.
 - Wird die Ware z.B. in ein Durchlaufregal in Bereitstellungseinheiten eingelagert (d. h. in Behältern, Kartons usw.), muss das beim Beschicken abgeräumte Ladehilfsmittel wie oben auch im Zuge der Beschickung wieder zurück transportiert werden.

Die beim Kommissionieren abgeräumten Bereitstellungsbehälter werden i. d. R. vom Kommissionierer aus dem Fach entnommen. Das Befördern aus dem Kommissionierbereich heraus kann auf verschiedene Weise erfolgen. Beispiele hierfür sind:

- Abfordern durch den Kommissionierer, indem er die geleerten Behälter auf seiner Kommissionierroute mitführt.
 - Abfordern innerhalb eines Durchlaufregals in einem tief angeordneten Durchlaufkanal mit umgekehrter Flussrichtung zurück in den Beschickungsbereich.
 - Abfordern über einen in das Regal integrierten Stetigförderer.
 - Wird die Ware samt Ladehilfsmittel (z.B. Palette) zum Kommissionieren bereitgestellt, kann die Entsorgung des abgeräumten Ladehilfsmittels im Zuge der nachfolgenden Beschickung oder im Zuge der Kommissionierung erfolgen.
- Bezogen auf die Mitnahme leerer Ladehilfsmittel durch das Kommissionierpersonal gibt es mehrere Entscheidungskriterien:
- Vorrangig sind Gewicht und Volumen für das manuelle Handling
 - Einfluss auf die Gestaltung und Dimensionierung der Kommissioniergeräte, so dass sie geeignet sind, abgeräumte Ladehilfsmittel aufzunehmen und zu transportieren.
 - Einfluss auf die Kommissionierroute; kommissionierte Artikel und Ladehilfsmittel müssen i. d. R. an verschiedenen Orten übergeben werden.
 - Einfluss auf die Auftragsdurchlaufzeit; wie viele Nebentätigkeiten sind vertretbar?
- In Systemen mit statischer Bereitstellung werden die kommissionierten Artikel üblicherweise in Kommissionier-Sammelbehältern, in Kommissionierwagen oder auf mitgeführten Paletten abgelegt. Das bedeutet:

- Dem Kommissionierer müssen die Kommissionier-Ladehilfsmittel und / oder Transporthilfsmittel zentral oder dezentral zur Verfügung gestellt werden.
- Die abgearbeiteten Kommissionieraufträge müssen zentral oder dezentral der nächsten Kommissionierstufe, der nächsten Kommissionierzone, bzw. der Auftragsammelstelle oder dem Versand übergeben werden.

Zentrale Übernahme bzw. Übergabe bedeutet, dass es auf der Route des Kommissionierers mindestens einen zentralen Übergabepunkt gibt, an denen er Lade- und / oder Transporthilfsmittel übernehmen kann, bzw. übergeben kann (Übergabe und Übernahme können auch getrennt sein).

- Häufig erfolgt die Übergabe / Übernahme an einer Kommissionier-Basis. Hier übernimmt der Kommissionierer seinen Auftrag einschließlich der erforderlichen Lade- / Transporthilfsmittel; und hier übergibt er seine komplette gesammelte Kommission an die Auftragsammelstelle bzw. den Versand.
- Muss aber ein Kommissionierauftrag mehrere weit auseinanderliegende Kommissionierzonen durchlaufen, werden die einzelnen Übergabepunkte häufig mit einer separaten Fördertechnik (z.B. durch Schlepper oder durch Stetigförderer) verbunden.

Dezentrale Übernahme / Übergabe bedeutet, dass der Kommissionierer innerhalb seines Kommissionierbereiches leere Kommissionier-Hilfsmittel übernehmen bzw. abgearbeitet Aufträge übergeben kann. Das Andienen leerer und das Abfordern voller Ladehilfsmittel erfolgt i. d. R. über Stetigförderer.

3.1.3.1 Kommissionierwagen

Kommissionierwagen in Form von Tablarwagen, Etagenwagen usw. sind manuell verfahrbar und werden i. d. R. mit Muskelkraft gezogen oder geschoben. Diese Wagen finden in vielen Kommissioniersystemen einen sinnvollen Einsatz. Zu beachten ist dabei das Gesamtgewicht (Kommissionierwagen einschließlich Beladung). Ein hohes Gesamtgewicht kann einen Effekt ergeben, der vom Planungsansatz her nicht gewollt ist:

Der Kommissionierer führt das Gerät bei seinem Rundgang nicht mit sich, sondern er stellt es jeweils an einem zentralen Ort ab und pendelt dann zwischen dem Kommissionierwagen und den Entnahmeorten. Dies kann die geplanten Wegzeiten deutlich überschreiten.

Bei großen Gewichten und bei großen Volumina können mehrere Kommissionierwagen an einen Schlepper angehängt werden (siehe unten).

Für Kommissionierwagen gibt es viele zusätzliche Ausstattungskomponenten, wie z.B.:

- Mit einer ausklappbaren Leiter können hohe Kommissionierebenen erreicht werden.
- An einem Klemmbrett kann bei belegbehafterer Kommissionierung der Kommissionierauftrag befestigt werden. Der Kommissionierer hat dann zur Entnahme die Hände frei. In Verbindung mit einem verschiebbaren Leselineal wird auch das Suchen von Pickzeilen auf dem Auftrag sowie das Abhaken vereinfacht.
- Wird der Kommissionierwagen mit einer mobilen Stromversorgung bestückt (Batterie / Akku), können beleglose Informations- und Kontrollsysteme installiert werden:
 - MDE / Terminal
 - Pick-to- Light
 - Scanner
 - Waagen

3.1.3.2 Schlepper und Routenzugsysteme

Schlepper sind Flurförderzeuge, die selbst keine Nutzlast tragen können (siehe Titel II.3). Sie dienen zum Ziehen von verfahrbaren Lastträgern. Diese mobilen Lastträger sind i. d. R. Wagen in Form von Anhängern, es gibt aber auch herstellerspezifische Sonderkonstruktionen. Schlepper können i. d. R.

auch mehrere Anhänger gleichzeitig ziehen. Dadurch können sich relativ lange Züge ergeben. Liegt dem Einsatz derartiger Züge ein Transportkonzept zugrunde, in dem sich Ver- und / oder Entsorgungspunkte entlang einer (oder mehrerer) definierter Routen befinden, spricht man nach VDI 5586 von Routenzugsystemen. Das Kurvenfahren und Wenden mit derartigen Zügen stellt besondere Anforderungen an das Hallen-Layout und den Fahrkurs.

Eingesetzt werden Schlepper insbesondere, wenn große Gewichte und / oder große Volumina über lange Strecken gefördert werden müssen. Typische Einsatzbereiche im Zusammenhang mit Kommissioniersystemen sind z.B.:

- Das Zu- und Abfordern von Kommissionierwagen zu und von den zentralen Übernahme- bzw. Übergabestellen der Kommissionierbereiche sowie das Weiterleiten von Kommissionierwagen mit abgearbeiteten Teilaufträgen an nachgeschaltete Kommissionierbereiche.
- Das Sammeln von Kommissionieraufträgen innerhalb der Kommissionierbereiche, deren Gesamtgewicht oder Gesamtvolumen relativ groß ist.

Schlepper gibt es in verschiedenen Automatisierungsgraden und für unterschiedliche Einsatzarten. Schlepper gibt es als

- rein personengeführte Flurförderzeuge
- fahrerlose Transportfahrzeuge, kurz FTF bezeichnet (siehe Teil II.3)

Rein personengeführte Schlepper werden meist durch mitfahrende Bediener geführt (Fahrerstand- oder Fahrersitz-Schlepper) oder bei deichselgeführten Schleppern durch nebenhergehendes Personal.

- Bei großen Abständen zwischen den Haltepunkten kommen die Mitfahr-Schlepper zum Einsatz. Neben den ergonomischen Vorteilen kommt hier die Geschwindigkeit zum Tragen.
- Deichselgeführte Schlepper kommen z.B. beim Kommissionieren zum Einsatz, wenn die Haltepunkte relativ dicht beieinander liegen und wenige Wagen mitgeführt werden.
- Beim Einsatz von personengeführten Fahrzeugen innerhalb von Kommissionierbereichen muss der Kommissionierer an einem Entnahmeort den Schlepper verlassen, zum Entnahmeort gehen, danach zu dem Anhänger mit dem entsprechenden Ablagefach und wieder zurück zum Schlepper gehen. Insbesondere bei Gespannen mit mehreren Anhängern können sich dadurch die Zeiten für die Laufwege sowie auch die Auf- und Absteigevorgänge summieren.

Fahrerlos arbeitende Schlepper sind eine noch relativ junge Entwicklung für den Einsatz beim Kommissionieren. Sie basieren i. d. R. auf den konventionellen personengeführten Schleppern und können auch manuell betrieben werden. Für den fahrerlosen Betrieb sind die FTF mit einer Personenschutzeinrichtung ausgestattet; sie kennen ihre Fahrtroute, können Hindernisse erkennen, ausweichen und zurück auf die ursprüngliche Fahrtroute finden.

Beim Andienen / Abholen von Kommissionierwagen an den einzelnen Übernahme-/ Übergabestellen der Kommissionierbereiche sowie beim Einsatz innerhalb der verschiedenartigen Kommissionierbereiche ergeben sich sehr unterschiedliche Anforderungen an das fahrerlose Transportsystem (FTS). Dies betrifft insbesondere die Übermittlung der Start- / Stop- Befehle an die FTF, wobei jeweils eine feste Fahrtroute vorgegeben ist. Hierfür gibt es verschiedene Einsatzarten:

- Die Start- / Stop-Befehle kommen von einer Bedienungsperson / Kommissionierer per Funk über eine Fernbedienung.
Der Kommissionierer kann mit einer Fernbedienung den Schlepper per Funk stoppen, weiterfahren lassen und so positionieren, dass Entnahmeort und Ablageort ohne Laufwege beisammen sind.
- Das Fahrverhalten der FTF auf der Fahrtroute ist vorprogrammiert. Dies setzt allerdings immer gleiche Kommissionierabläufe voraus, wie z.B.:

- Die Fahrtroute ist in Blöcke unterteilt; das FTF hält an vorgegebenen Haltepunkten. Der Start für die Weiterfahrt kann z.B. ausgelöst werden
 - manuell durch den Kommissionierer,
 - automatisch über eine Zeitschaltfunktion,
 - indem der Kommissionierer das Ablegen der Ware mit dem Scanner oder per Sprachbefehl in Verbindung mit Pick-by-Voice quittiert.
- Das FTF fährt mit konstanter Geschwindigkeit, oder mit blockweiser vorprogrammierter variabler Geschwindigkeit, während der Kommissionierer die Artikel aus der Bereitstellung entnimmt und am entsprechenden Ablageort abgibt.

3.1.4 Technischen Hilfsmitteln zur Fehlervermeidung in Systemen Mann zur Ware

3.1.4.1 Schritte zur Fehlervermeidung bzw. Fehlererkennung

Beim Kommissionieren können leicht Fehler auftreten. Die Wahrscheinlichkeit, dass Fehler beim Kommissionieren auftreten, wird beeinflusst vom technischen und organisatorischen Umfeld beim Kommissionieren, sowie von der Motivation und Konzentration des Kommissionierers. Typische Fehlerarten sind [in Anlehnung an RAM 1]:

- | | |
|---------------------|--|
| ▪ Mengenfehler | Der richtige Artikel wurde kommissioniert, jedoch in der falschen Stückzahl. |
| ▪ Auslassungsfehler | Sonderform des Mengenfehlers, bei der eine ganze Position übersprungen wurde. |
| ▪ Zuordnungsfehler | Sonderform des Mengenfehlers bei Multi-Order-Picking, bei der eine ganze Position in den falschen Ablageort abgelegt wurde. Dies bewirkt, dass bei einem Auftrag Ware fehlt und bei einem anderen zu viel ist. |
| ▪ Typenfehler | Der falsche Artikel wurde kommissioniert, z.B. wegen ähnlichem Aussehen. |
| ▪ Zustandsfehler | beschädigte oder falsch etikettierte Artikel, z.B. fehlende Preisauszeichnung |

Fehler beim Kommissionieren sind immer mit zusätzlichen Kosten verbunden. Fehler sollten daher nach Möglichkeit durch geeignete Maßnahmen von vornherein vermieden werden. Eine Fehlerursache kann z.B. schon beim Beschicken eines Kommissionierfaches oder auch davor erfolgen. Beschickungsfehler sind durch vergleichbare Maßnahmen wie beim Kommissionieren vermeidbar.

Soweit Fehler nicht durch wirtschaftlich gerechtfertigte Maßnahmen von vornherein vermeidbar sind, sollten Fehler durch zusätzliche Prüfschritte bzw. Kontrollvorgänge so früh wie möglich aufgedeckt werden. Je später sie entdeckt werden, desto höher sind die Kosten. Ist z.B. die Fehlererkennung

- während des Kommissionierens,
 - wird der Fehler gleich behoben; zusätzlicher Aufwand entsteht z.B. durch das Zurücklegen und nochmalige Entnehmen.
- während der Warenausgangskontrolle,
 - muss ggf. die falsch entnommene Position zurückgelagert werden mit Anpassung der Lagerbestandsdatei;
 - muss ein neuer Kommissionierauftrag für das Nachkommissionieren generiert und abgearbeitet werden.
- während der Wareneingangskontrolle beim Kunden, führt dies
 - zu Reklamationsbearbeitungen, ggf. mit zusätzlichem Schriftverkehr;
 - Rücktransport der fehlerhaften Teillieferung oder ggf. der gesamten Lieferung mit der Verpflichtung zur 100%-Kontrolle anstelle einer Stichproben-Kontrolle;
 - zur nochmaligen Abarbeitung und Lieferung des reklamierten Auftrags;
 - ggf. zu Konventionalstrafen, wenn z.B. bei Just-In-Time-Lieferungen die fehlerhafte Lieferung zum Produktionsausfall o. ä. beim Kunden führt;

- erst, nachdem fehlerhafte Artikel beim Kunden verbaut sind und dadurch Schäden entstehen, können die Folgen äußerst schwerwiegend sein (insbesondere wenn Menschen dadurch gefährdet sind).

Maßnahmen zur Fehlervermeidung, bzw. zur möglichst frühzeitigen Fehlerentdeckung sind z.B.:

- Motivation der Kommissionierer mit Schulung des Problembewusstseins und ggf. mit Leistungsanreizen in Form von Prämien.
- Gestaltung eines übersichtlichen, eindeutig gekennzeichneten Umfeldes, bei dem ähnlich aussehende Artikel nicht nebeneinander liegen.
- Einführen von Prüfschritten, durch die sich der Kommissionierer unter anderem auch durch die Aufforderung zum Quittieren nochmals mit dem Kommissioniervorgang beschäftigen muss.
- Einführung von zusätzlichen Kontrolltechniken, welche die richtige Entnahme oder die Ablage von Artikeln überwachen.
- Einführung zusätzlicher Kontrollschritte, wie z.B. Warenausgangskontrolle. Insbesondere bei Massenprodukten kann dabei wieder in Stichprobenkontrollen und 100%-Kontrollen unterschieden werden.

Die geeignete Maßnahme, i. d. R. aber der geeignete Maßnahmenkatalog ist unternehmensspezifisch sehr unterschiedlich. Jede Maßnahme zur Vermeidung bzw. Erkennung von Fehlern ist selbst auch mit Kosten verbunden. Der optimale Maßnahmenkatalog ist daher auf den Einzelfall abzustimmen.

3.1.4.2 Hilfsmittel zur besseren Informationsaufnahme

Bei der Abarbeitung eines Beschickungs- oder Kommissionierauftrags muss unabhängig vom Technisierungsgrad des jeweiligen Systems zunächst die aktuelle Auftragsposition visuell oder akustisch übermittelt werden. Dies ist die erste Fehlerquelle. Zur Fehlervermeidung sollte sichergestellt sein, dass nicht nur der Auftrag insgesamt, sondern jede Auftragszeile frei von unnötigen Zusatzinformationen ist. Die relevanten Informationen müssen klar und eindeutig erkennbar sein.

Abgesehen von technischen Ausführungsmängeln sollte dies bei den beleglosen Verfahren (siehe oben) prinzipiell gegeben sein. Es werden immer nur Informationen zur aktuellen Auftragsposition übermittelt. Dabei kommt die visuelle Informationsübermittlung der Wahrnehmung des Menschen eher entgegen als die akustische. Außerdem stehen visuelle Informationen über längere Zeit zur Verfügung, während akustische Informationen nur sehr kurz sind.

Problematischer sind Pick-Listen, insbesondere Listen mit vielen Auftragspositionen. Neben dem aufwändigen Suchen der aktuellen Auftragszeile, kann beim Lesen eine Verwechslung von Zeile zu Zeile erfolgen (z.B. kann einer Auftragsposition versehentlich die Menge der nächsten Position zugeordnet werden). Zur Eingrenzung dieses Problems können einfache Hilfsmittel eingesetzt werden. Mit einer Schablone kann z.B. die Auftragsliste so weit abgedeckt werden, dass durch ein Fenster in der Schablone immer nur eine Auftragszeile lesbar ist.

Nach der Übermittlung der Auftragsposition kommt das Suchen des zugehörigen Lagerortes. Um den Suchvorgang zu minimieren und um Verwechslungen vorzubeugen, sollte das gesamte Lager systematisch über ein Nummerierungssystem gekennzeichnet sein. Dies kann z.B. beinhalten

- Kennzeichnung der Lagerbereiche, Kommissionierzonen oder sonstiger innerbetrieblicher Bereiche.
- Kennzeichnung der Regalzeilen oder der Regalgänge
- Kennzeichnung der Lagerorte innerhalb der Regalzeilen (z.B. durch Längs- und Höhenposition im Regal).

Der Aufbau des Kennzeichnungssystems und des Nummernschlüssels ist bedarfsabhängig. So stellen auch die unterschiedlichen Techniken zur Informationsübermittlung (siehe oben) unterschiedliche Anforderungen an das Kennzeichnungssystem. Üblicherweise werden aber die Lagerorte auf Basis

des Koordinatensystems bezeichnet, wobei die Koordinaten Regalzeile / Längsposition / Höhenposition meist eine numerische Bezeichnung erhalten.

- Insbesondere beim Kommissionieren nur mit Pick-Liste müssen die Lagerorte eindeutig über Kennzeichnung in Klarschrift identifizierbar sein. Da es hierbei außer der visuellen Wahrnehmung keine weiteren Hilfsmittel zur Identifizierung des Lagerortes gibt, sollte der Kennzeichnungs-aufbau aus unterschiedlichen Elementen bestehen. Gegenüber einem rein numerischen Aufbau ist z.B. ein alphanumerischer Aufbau vorzuziehen.
- Auch in Systemen mit belegloser Kommissionierung ist die Lagerort-Kennzeichnung in Klarschrift zu finden. Die Lagerort-Kennzeichnung enthält dann aber noch zusätzliche Informationen, bzw. systemabhängige Codierungen. Beispiele hierfür sind:
 - Pick-by-Scan erfordert einen Barcode
 - Pick-by-RFID erfordert einen RFID-Tag
 - Pick-by-Voice erfordert eine Prüzfiffer

Bei Pick-by-Light ist die Lagerort-Kennzeichnung systemimmanent. Sobald innerhalb eines Regalganges ein Auftrag initiiert wird, leuchten die Signallampen an den Entnahmefächern.

3.1.4.3 Quittieren

Jedes Quittieren einer abgearbeiteten Kommissionierposition zwingt den Kommissionierer grundsätzlich, sich nochmals gedanklich mit dem abgeschlossenen Vorgang zu beschäftigen. Dies gilt für die schriftliche Kommissionierliste genauso wie für die beleglosen Kommissioniertechniken. Dennoch gibt es zwischen belegbehalteter und belegloser Kommissionierung bezüglich Fehlererkennung und Fehlervermeidung wesentliche Unterschiede:

- Bei der belegbehalteten Kommissionierung hakt der Kommissionierer die abgearbeitete Auftragsposition auf der Kommissionierliste ab. Neben den Daten zur aktuellen Position sieht er dabei, ob z.B. auch die vorherige Position abgehakt wurde, oder ob diese übersprungen wurde. Er kann beim Quittieren also noch Fehler erkennen und korrigieren. Erkennt er aber einen unterlaufenen Fehler nicht, kann er dennoch mit dem Abarbeiten der Kommissionierliste fortfahren.
- Bei den Verfahren der beleglosen Kommissionierung erhält der Kommissionierer immer nur Informationen zur aktuellen Auftragsposition.
 - Für den Zugriff auf ein Entnahmefach muss er (verfahrensabhängig) entweder die Fachcodierung in das System einlesen, oder das Fach meldet sich durch Lichtsignal. Die Fehlerart „Typenfehler“ wird dadurch reduziert.
 - Nach der Entnahme einer Kommissionierposition erhält der Kommissionierer erst nach dem Quittieren weitere Informationen. Die Fehlerart „Auslassungsfehler“ kann also gar nicht erst auftreten.

3.1.4.4 Überwachen der Kommissioniertätigkeit durch zusätzliche Hilfsmittel

3.1.4.4.1 Wiegen (Pick by weight)

Mit den verschiedenen Arten der beleglosen Informationsübermittlung können bereits einige Fehlerquellen umgangen werden. Wenn aber bei den einzelnen Entnahmen nicht sichergestellt ist, dass nur vorher definierte Mengen je Zugriff entnommen werden können, ist für das Vermeiden von Mengenfehlern keines dieser Verfahren alleine geeignet.

Oben genannte Verfahren können mit zusätzlichen Maßnahmen ergänzt werden. Eine Maßnahme ist z.B. das nachträgliche Wiegen der entnommenen Artikel bzw. des jeweiligen Ablageortes. Hierzu wird auf den Kommissionierwagen unter jedem Ablageort eine Waage installiert. Die Waagen sind direkt mit dem WMS für den Soll-Ist-Abgleich verbunden. Über die Waagen wird das Gewicht jedes Ablageortes separat überwacht. Wird bei einer Kommissionierposition die falsche Menge abgelegt,

bzw. am falschen Ablageort, meldet das System den Fehler. Erst nach Korrektur kann der Auftrag fortgesetzt werden.

Durch Wiegen können tendenziell folgende Fehlerquellen unterbunden werden:

- Vermeidung von Zuordnungsfehlern
- Vermeidung von Mengenfehlern
- Vermeidung von Typenfehlern

Zuordnungsfehler (z.B. Ablage in den falschen Sammelbehälter) werden durch das System sofort erkannt. Für die Fehlerüberwachung mit Hilfe von Waagen für andere Fehlerarten gibt es Einschränkungen:

- Waagen werden üblicherweise zur Vermeidung von Mengenfehlern eingesetzt. Die Überwachung ist abhängig von
 - Durchschnittlichem Gewicht je Artikel
 - prozentualer Gewichtstoleranz je Artikel
 - Maximale EntnahmemengeBei großer prozentualer Gewichtstoleranz je Artikel und großer Entnahmemenge ist dieses Kontrollverfahren ungeeignet.
- Zur Vermeidung von Typenfehlern sollten ähnlich aussehende Artikel deutliche Unterschiede in den Artikelgewichten haben.

3.1.4.4.2 Hilfsmittel zum Überwachen des Zugriffs- / Ablagefeldes

Kommissioniersysteme, in denen die Informationen zu einer Kommissionierposition nur über Pick-Liste oder MDE-Terminal angezeigt werden, bieten dem Kommissionierer noch mehrere Fehlerquellen. Auch in Kommissioniersystemen, die mit Lichtsignalen arbeiten, wie z.B. Pick-by-Light und Put-to-Light sowie in Systemen, bei denen die Fächer über Barcode- oder RFID-Lesegerät identifiziert werden, sind nicht alle Fehlerquellen beseitigt. Diese dienen dem sicheren Erkennen von Entnahme- oder Ablageort. Mit dem Erkennen ist aber noch nicht gewährleistet, dass der Kommissionierer den jeweiligen Entnahme- oder Ablageort auch wirklich bedient.

Insbesondere zur Vermeidung von Zuordnungs- und / oder Typenfehlern kann zusätzlich überwacht werden, ob der richtige Entnahme- bzw. Ablageort bedient wurde. Diese Überwachung im Sinne von Poka Yoke (dumme Fehler vermeiden) kann z.B. optisch oder über RFID erfolgen. Bei falschem Zugriff kommt ein Warnsignal; bei belegloser Kommissionierung wird auch die nächste Auftragsposition nicht angezeigt.

Die optische Überwachung kann z.B. erfolgen, durch

- Flächenscanner / Lichtgitter, mit dem jedes Lagerfach innerhalb einer Regalfront überwacht wird. Bei Zugriff in ein Fach wird der Lichtvorhang unterbrochen.
- Bilderkennungssysteme, bei denen die für einen Kommissionierauftrag relevanten Fächer mittels Kameras überwacht werden.

Für die Überwachung mittels RFID sind die Fächer mit Transpondern bestückt. Der Kommissionierer trägt einen Handschuh mit einem RFID-Lesegerät. Nur bei Zugriff auf das richtige Fach kommt kein Warnhinweis.

3.2 Dynamische Bereitstellungssysteme mit manueller Entnahme

3.2.1 Konventionelle Systeme mit dem „Ware zum Mann“-Prinzip

3.2.1.1 Umlaufregale

Unter der Bezeichnung „Umlaufregal“ gibt es verschiedene Techniken. Die Prinzipien dieser verschiedenen Techniken werden in Teil II.2, Kapitel 4.2 umfassend beschrieben.

Für das Kommissionieren sind insbesondere Karussellregale (horizontal umlaufende Regale) und Paternosterregale (vertikal umlaufende Regale) im Einsatz. Beide Systeme können bei modularem Aufbau und entsprechender interner Software mit Anbindung an das Warenwirtschaftssystem sehr weit automatisiert werden. Die Module sind mechanisch voneinander getrennt und können daher gleichzeitig arbeiten. Dies ermöglicht den Zugriff auf mehrere Artikel ohne Wartezeiten.

Bei manueller Entnahme aus dem Umlauflager kann die Kommissionierung auftragsorientiert oder batchweise (artikelorientiert) erfolgen; und das Abfordern der kommissionierten Ware zentral oder dezentral.

Paternosterregale können auch zum Speichern und Sequenzieren in Kommissioniersysteme integriert werden, z.B. als Zwischenspeicher in auftragsorientierten Hochleistungs-Kommissioniersystemen (siehe unten). Hierfür benötigen sie ein automatisches Beschickungs- und Entnahmesystem, welches die Ware aus einem Behälter- oder Tablarlager automatisch in den Paternoster einlagert und bedarfsgerecht wieder auslagert. Das Ein-Auslagerungssystem basiert i. d. R. auf dem Prinzip der Shuttle-Technik (siehe Teil II.3, Kapitel 2.2.2).

3.2.1.2 Bereitstellungssysteme mit klassischer Fördertechnik

Bei den klassischen Kommissionierarbeitsplätzen mit dynamischer Bereitstellung werden die Bereitstellungseinheiten (Behälter oder Paletten) über konventionelle Stetigförderer aus einem Lager herangefördert, aus der Förderstrecke zum Kommissionierarbeitsplatz ausgeschleust und zum Kommissionieren bereitgestellt. Nach der Entnahme der Kommissioniereinheiten können sich für die Bereitstellungseinheiten zwei alternative Wege ergeben:

- Anbrucheinheiten werden in das Lager zurückgeführt.
- Abgeräumte Ladehilfsmittel werden i. d. R. über separate Förderwege aus dem Kommissionierbereich entfernt. Hierfür gibt es systemabhängig unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten. Das Abfordern der abgeräumten Ladehilfsmittel kann z.B. zunächst über die gleiche Fördertechnik erfolgen, auf der die Anbrucheinheiten gefördert werden. Vor dem Lager werden sie dann aber ausgeschleust und einem definierten Ort für Leerpalletten bzw. Leerbehälter zugeführt.

Wesentliche Bestandteile eines Kommissionierarbeitsplatzes sind:

- Die üblicherweise U-förmige Förderstrecke für die Bereitstellung und die Rückführung der Bereitstellungseinheiten.
- Ein Ablageort für die kommissionierten Artikel in Verbindung mit der dazugehörigen Fördertechnik.
- Ein Informationssystem, auf dessen Basis die Artikelentnahme und Quittierung erfolgt. Dieses besteht i. d. R. aus einem Terminal und Scannern (Optisch und / oder RFID).

Abgesehen von dem markanten Gestaltungsunterschied, ob die Bereitstellung auf Paletten oder in Behältern erfolgt, wird die Gestaltung eines Kommissionierarbeitsplatzes wesentlich geprägt von der Art der Kommissionierung und der Art der Abgabe, d. h. Kommissionierung artikelorientiert oder auftragsorientiert und Abgabe zentral oder dezentral. Von diesen Alternativen ist nicht nur die Gestaltung des Ablageortes abhängig, sondern insbesondere der Aufwand für die Steuerung der am System beteiligten Komponenten.

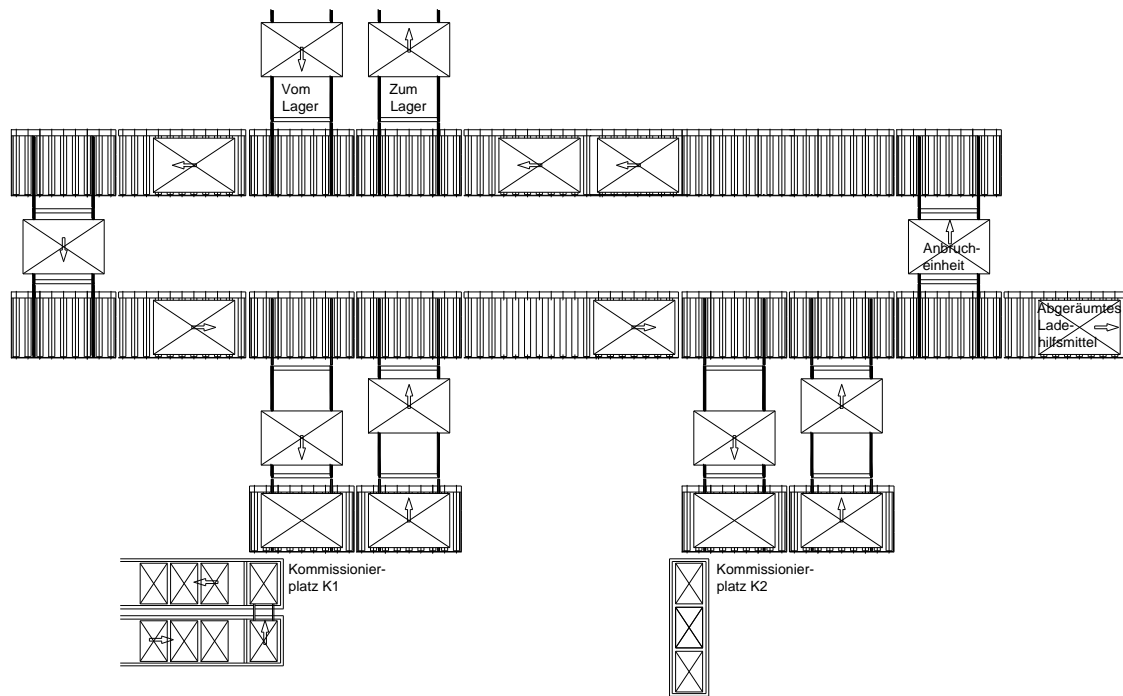


Abb. 2.2 / 01

Kommissioniersystem mit dynamischer Bereitstellung bei konventioneller Fördertechnik
 - Kommissionierplatz 1: Sammelbehälter über Stetigförderer zu- und weggeführt
 - Kommissionierplatz 2: Sammelbehälter mit Flurförderzeug zu- und weggeführt

- Bei der artikelorientierten Kommissionierung mit dezentraler Abgabe werden die Artikel nach der Entnahme auf einen Stetigförderer (i. d. R. einen Gurtförderer) abgelegt (siehe auch Teil I, Kapitel 4.3.1). Da die Artikel in der nächsten Stufe noch den Aufträgen zugeordnet werden müssen, ist diesem Förderer meist ein Sorter (siehe Kapitel 1.2) nachgeschaltet. Bei diesem System können die Bereitstellungseinheiten innerhalb eines definierten Zeitfensters (abhängig von der maximal zulässigen Auftragsdurchlaufzeit) in beliebiger Reihenfolge zum Kommissionierplatz gefördert werden.
- Bei der auftragsorientierten Kommissionierung werden die Artikel i. d. R. in codierte Sammelbehälter (manchmal auch auf Paletten) abgelegt. Diese Behälter müssen zunächst über ein Fördersystem (manuell oder automatisch) an den Kommissionierarbeitsplatz herangeführt werden.

Je nach System können am Kommissionierplatz ein Behälter oder mehrere Behälter parallel (Multi-Order-Picking) bearbeitet werden. Vor dem Kommissionieren müssen die bereitgestellten codierten Sammelbehälter zunächst identifiziert werden (optisch gescannt oder über RFID). Mit dem Auslesen der Behälterdaten wird der, bzw. werden die Behälter mit einem anstehenden Auftrag verheiratet.

Gemäß Terminal-Vorgaben wird die erforderliche Artikelmenge von der Bereitstellungseinheit entnommen und in dem / den Sammelbehälter(n) abgelegt. Die Richtigkeit der Entnahme und Ablage kann durch ein Wiegesystem unter den jeweiligen Sammelbehälter überwacht werden. Nach Abarbeitung eines Auftrages wird der, bzw. werden die Behälter zur Auftragszusammenstellung / Versand abtransportiert.

Bei der dynamischen Bereitstellung für auftragsorientiertes Kommissionieren muss sichergestellt werden, dass die Bereitstellungseinheiten genau in der richtigen Reihenfolge und rechtzeitig (abgestimmt auf den anstehenden Kundenauftrag) am Kommissionierplatz angedient werden. Diese Sequenzierung stellt hohe Anforderungen an das Informationssystem und die vorgeschaltete Fördertechnik.

Der Übergang von derartigen Kommissioniersystem mit klassischer Fördertechnik zu nachfolgend beschriebenen Hochleistungskommissioniersystemen ist fließend.

3.2.2 Auftragsorientierte Hochleistungskommissioniersysteme

„Hochleistungskommissioniersystem“ ist kein feststehender Begriff für ein ganz bestimmtes Kommissioniersystem. Diese Bezeichnung nutzen sehr viele Hersteller, um ihre Produkte an Kommissioniersystemen anzupreisen. Allerdings können sich diese Produkte anwendungsspezifisch stark unterscheiden, zumal das „Kommissionieren“ im Einzelfall sehr viele Nebenarbeiten enthalten kann (z.B. gleichzeitiges Packen beim Kommissionieren).

Neben Kommissioniersystemen, die in Verbindung mit Hochleistungssortern arbeiten (dezentrale Abgabe), kamen in den letzten Jahren unter der Bezeichnung „Hochleistungskommissioniersystem“ vorwiegend hochtechnisierte Systeme auf den Markt, die auf folgendem Grundprinzip aufbauen:

- Sie beziehen sich meist auf kleine, in Behältern / Kartons gelagerte Artikel,
- Lagerung der Artikel in automatischen Lagersystemen, wie z.B. AKL, Shuttle-Lager, oder auch Tablarlager mit entsprechenden Regalbediengeräten.
- Fördertechnik zum Transport der Behälter mit den zu kommissionierenden Artikeln (Quellbehälter) in Richtung Kommissionierarbeitsplätze für eine dynamische Bereitstellung
- Zwischenspeicherung der Quellbehälter und Sortierung für sequentielles Andienen an dem jeweiligen Kommissionierarbeitsplatz.
- Auftragsbezogene Kommissionierung an einem oder mehreren nebeneinander angeordneten festen Kommissionierarbeitsplätzen.
- Andienen der leeren Sammelbehälter über eine separate Förderstrecke.
- Abfordern der Teilkommission zum nächsten Kommissionierplatz, bzw. nach Auftragserledigung zur Auftragsammelstelle / Versand.

Zielsetzungen bei der Gestaltung dieser Hochleistungskommissioniersysteme sind:

- Ergonomische Gestaltung des individuellen Arbeitsplatzes:
 - Höhenverstellbare Standplattform für den Kommissionierer, so dass der Kommissionierer unabhängig von seiner Körpergröße immer die optimale Greifhöhe hat.
 - Andienen der Quell- und Sammelbehälter in möglichst optimaler Arbeitshöhe (soweit möglich sollten Quell- und Sammelbehälter auf einem Höhenniveau bereitgestellt werden.
 - Andienen der Quell- und Sammelbehälter in optimalem Bedienungswinkel (geneigt in Richtung zum Bediener). Damit wird sowohl der Einblick als auch der Zugriff in die Behälter begünstigt. Dies dient der Reduzierung der Mitarbeiterbelastung und damit auch der Erhöhung der Produktivität.
 - Optimale Lichtverhältnisse und geringes Geräuschniveau zur Steigerung der Konzentration am Arbeitsplatz.
- Senkung der Fehlerquote beim Kommissionieren durch „Pick-by-Light“, „Put-to-Light“, Überwachung durch Flächenscanner usw.
- Produktivität und Flexibilität der Kommissionierarbeitsplätze

Wesentliche Komponente zur Erzielung der hohen Kommissionierleistung ist der Zwischenspeicher. Hierfür gibt es mehrere herstellersistem-spezifische Lösungen. Im Prinzip besteht ein Zwischenspeicher aus einem oder meist mehreren umlaufenden Förderern, auf denen Behälter gepuffert werden. Diese umlaufenden Förderer (Loops) sind mit Zuführ- und Abführ-Förderern verbunden. Auf Basis dieses Umlaufprinzips kann auf jeden Behälter im System individuell zugegriffen werden.

- Im Zwischenspeicher werden primär Quellbehälter gepuffert.
- Für das Andienen auftragsbezogener Sammelbehälter (Zielbehälter) können zusätzlich entsprechende Loops im Speicher vorgesehen werden:
 - Üblich ist die Speicherung der Zielbehälter vor dem ersten Kommissionierplatz.
 - Bei mehreren hintereinandergeschalteten Kommissionierplätzen sind i. d. R. Speicherplätze für das Weiterreichen der Zielbehälter zum nächsten Platz erforderlich.

- Auch bei Einplatz-Systemen kann die Möglichkeit zur Zwischenspeicherung von Zielbehältern zweckmäßig sein, wenn mit den im Zwischenspeicher gepufferten Artikeln ein Auftrag nicht abgeschlossen werden kann.

Wesentliche Merkmale der Zwischenspeicher sind:

- Sequenzielles Bereitstellen von Quell- und Zielbehältern.
- Die Ein- und Auslagerungsprozesse des Behälterlagers werden durch die Zwischenspeicher von den Kommissioniervorgängen abgekoppelt.
 - In konventionellen Kommissioniersystemen mit dynamischer Bereitstellung wird die Kommissionierleistung i. d. R. begrenzt durch die Leistung der Regalbediengeräte im Behälterlager. An den Kommissionierarbeitsplätzen kann es dadurch zu Wartezeiten kommen.

Im Zwischenspeicher wird eine begrenzte Anzahl Artikel dicht bei den Kommissionierarbeitsplätzen gepuffert. Infolge der schnellen individuellen Zugriffe innerhalb des Zwischenspeichers in Verbindung mit den kurzen Wegen können die Kommissionierarbeitsplätze beschickt werden, ohne dass Wartezeiten auftreten.
 - Insbesondere Behälter mit Artikeln mit hoher Zugriffshäufigkeit werden nur einmal aus dem Behälterlager ausgelagert. Nach der ersten Teilmengen-Entnahme werden die Anbruchseinheiten im Zwischenspeicher gepuffert.

Durch die Pufferung im Zwischenspeicher entfallen die Rücklagerungen und die ggf. mehrfachen Wiederauslagerungen in und aus dem Behälterlager. Die Regalbediengeräte werden somit deutlich entlastet.

Bei der Ausführung derartiger Hochleistungskommissioniersysteme gibt es verschiedene Varianten. Diese Varianten unterscheiden sich in der Anzahl der miteinander verbundenen Kommissionierarbeitsplätze, sowie in der Anzahl der Quell- und Zielbehälter die je Kommissioniervorgang am jeweiligen Kommissionierarbeitsplatz bereitgestellt werden. Prinzipiell kann unterschieden werden in

1:1, 1:n, m:1 und m:n-Bereitstellung.

Dabei stehen die Mengen 1-m für die Quellbehälter und die Mengen 1-n für die Zielbehälter (siehe auch Teil I, Kapitel 5.2).

3.3 Kommissioniersysteme mit automatischer Entnahme

Automatische Kommissioniersysteme müssen materialflusstechnisch die gleichen Grundfunktionen erfüllen wie die personenbedienten Kommissioniersysteme (siehe oben). Für das Gesamtkommissioniersystem muss auch der Nachschub für Bereitstellung und die Entsorgung abgeräumter Ladehilfsmittel berücksichtigt werden. Im Gegensatz zu den personenbedienten Kommissioniersystemen werden aber bei einem automatischen Kommissioniersystem die Kommissionierer weitgehend (oder vollständig) ersetzt durch technische Alternativen.

Unter Berücksichtigung aller Grundfunktionen gibt es automatische Kommissioniersysteme mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad. Bezogen auf den Materialfluss innerhalb eines Kommissioniersystems ist das wesentliche Merkmal die Entnahme bzw. die Vereinzelung einer Teilmenge aus größeren Einheit bereitgestellter Artikel. In Systemen mit automatischer Kommissionierung erfolgt zumindest diese Entnahme ohne mittelbares menschliches Zutun.

Der wirtschaftliche Einsatz automatischer Kommissioniersysteme und deren Automatisierungsgrad wird in erster Linie bestimmt durch:

- die Produkt- und Sortimenteigenschaften
- die Auftragsstruktur
- die Ablauforganisation.

Der Einsatz automatischer Kommissioniersysteme ist i. d. R. nur für Teilbereiche des kompletten Artikelspektrums wirtschaftlich. Ein derartiger Teilbereich ist gekennzeichnet durch folgende Merkmale:

- Das Sortiment innerhalb dieses Teilbereiches hat eine ausgeprägte ABC-Struktur, insbesondere mit vielen Schnelldrehern.
- Die Artikel weisen eine homogene Artikelstruktur mit geometrischen Abmessungen auf.

Die Wirtschaftlichkeit ist aber nicht nur abhängig von der Handhabbarkeit der Artikel innerhalb einer Artikelklasse, sondern auch von EDV-technischen Anforderungen und ggf. den Anforderungen an die Identifikationstechnik.

Es gibt inzwischen vielfältige Techniken der automatischen Kommissionierung. In der Literatur werden diese automatischen Systeme häufig unterteilt in

- Kommissionierautomaten,
- Kommissionierroboter,
- Sortier- und Verteilsysteme als Sonderfall automatischer Kommissioniersysteme.

Da hier die Vereinzelung / Teilentnahme als Kernstück der Automatisierung betrachtet wird, werden im Folgenden Sortier- und Verteilsysteme nicht als eigenständige Untergruppe den automatischen Kommissioniersystemen zugeordnet. Sortier- und Verteilsysteme sind als Bestandteil der mehrstufigen Kommissionierung dem eigentlichen Kommissioniervorgang nachgeschaltet. Sorter können zwar mit einem automatischen Kommissionierarbeitsplatz zu einem automatischen Gesamtsystem verbunden sein, in der Praxis sind Sorter aber meist Ergänzungen zu manuellen Kommissionierarbeitsplätzen.

Die automatischen Kommissioniersysteme, deren Kernstück die automatische Entnahme / Vereinzelung ist, werden im Folgenden unterteilt in Kommissionierroboter und Kommissionierautomaten. Die Unterteilung basiert auf der Definition für Industrieroboter nach VDI 2860 (siehe Kap. 2.3)

- Industrieroboter sind danach universell einsetzbare Bewegungsautomaten Vereinzelungssystem (Roboter) und Bereitstellungssystem sind getrennte Einheiten.
- Kommissionierautomaten
sind keine universellen, sondern für spezielle Anwendungsfälle konzipierte komplexe Systeme, die i.d.R. mindestens die Bereitstellung und die Vereinzelung beinhalten.
- Regalbediengeräte als Kommissionierautomat werden als Zwischenlösung betrachtet.

3.3.1 Kommissionierroboter

Die Basis eines Kommissionierroboters ist mindestens ein universell einsetzbarer Bewegungsautomat (Industrieroboter) gemäß Definition nach VDI 2860. Er kann aber auch mobil sein und über den höchsten Grad der Autonomie verfügen. Durch die universell einsetzbare Basis hat der Kommissionierroboter mehr Schnittstellen zur umgebenden Lager- und Fördertechnik als der nachfolgend beschriebene Kommissionieraumat:

- Die zu kommissionierenden Artikel werden in sortenreinen Bereitstellungseinheiten durch ein separates Bereitstellungssystem zur Entnahme angedient. Die Bereitstellung kann bei verfahrbaren Robotern statisch oder bei stationären Robotern dynamisch erfolgen.
- Für die Vereinzelung der Artikel benötigt der Roboter ein auf das jeweilige Artikelspektrum angepasstes Entnahmesystem (Greifer).
- Nach einer eventuellen kurzen Zwischenspeicherung im Roboterbereich werden die entnommenen Artikel an Abgabeorte übergeben, wie z.B.
 - bei mehrstufiger Kommissionierung direkt auf ein Fördersystem (z.B. Förderband)
 - bei einstufiger Kommissionierung in Behälter mit gemischtem Artikelinhalt (bei einheitlich kubischen Artikeln auch ggf. auf Paletten), die mit einer separaten Fördertechnik zu- und abgefördert werden.

Die vielfältigen Bewegungsabläufe sowie die hohe Anzahl an mechanischen Schnittstellen stellen hohe Anforderungen an die Sensorik, die Steuerung sowie an die Anbindung an die übergeordnete EDV.

- Aufgaben der internen Sensorik:
 - Interne Sensoren (z.B. inkrementale Drehgeber) liefern Informationen über den Bewegungsablauf des Robotersystems. Die Stellungen der Glieder eines Roboterarms, des Greifers und sonstiger robotereigener Komponenten werden gemessen und an die Steuerung für einen Soll- Ist- Abgleich weitergeleitet.
- Aufgaben der externen Sensorik sind z.B.:
 - Die Identifikation der zu kommissionierenden Artikel sowie das Erkennen deren Position und Lage vor dem Entnehmen.
 - Das Erkennen des Ablageortes nach der Entnahme; eventuell das Erkennen des Palettierschemas / Schichtmusters sowie das Erkennen eines freien Platzes innerhalb des Musters.

In der Anfangszeit der Kommissionierroboter waren die Kommissionierroboter auf ein sogenanntes „Gedächtnis“ angewiesen [JÜN 4]; d. h. die Daten zu den Artikeln (z.B. Form, Abmessungen, Formtoleranzen) und deren Position und Lage (Schichtmuster) einschließlich der Lagetoleranzen wurden dem Roboter vorher „angelernt“ und in der Anlagensteuerung oder im Leitreehner abgelegt. Wechselnde Palettierschemata oder Entnahmeorte waren nicht zulässig.

Moderne Kommissionierroboter sind mit intelligenter Objekterkennung ausgestattet. Mit Hilfe von Sensorik werden die Objekte erfasst; anschließend werden die Daten auf Basis von vorgegebenen Algorithmen (z.B. einem Bildverarbeitungssystem) ausgewertet. Zum Erfassen der Objekte können unterschiedliche Arten von Sensoren eingesetzt werden, die stationär oder am Roboterarm installiert sein können. Zu diesen Sensoren gehören z.B. kapazitive und induktive Sensoren sowie Ultraschallsensoren. Insbesondere aber neue optische Sensoren und Kamertechnik ermöglichen einen breiteren Einsatz der Robotertechnik. In den Ablauf der Objekterkennung können Funktionen integriert werden wie z.B. Identifikation über Codelesung, Vermessung der Objekte mit genauer Positions- und Lagebestimmung und damit Vorgaben für den Greifpunkt des Roboters, Qualitätsprüfungen wie z.B. Farb- und Oberflächenprüfungen. Zu diesen neuen optischen Technologien gehören die CCD- oder CMOS-Kameratechnologie und neue 3-D-Kameras sowie 2-D- und 3-D-Laserscanner. (siehe auch Titel III, Kap. 3.5 ff).

- Aufgaben der Steuerung sind z.B.:
 - Auswerten der Sensordaten
 - Auswerten von eventuell hinterlegten Algorithmen (z.B. für das Palettierschema)
 - Steuerung der Bewegungsabläufe sowohl des Roboters als auch des Greifers.

3.3.2 Kommissionierautomat

Kommissionierautomaten basieren meist auf dem Prinzip des Schachtkommissionierers. Es gibt aber auch automatische Kommissioniersysteme, die im Prinzip wie ein Automatisches Kleinteilelager (AKL) mit einem Regalbediengerät funktionieren.

3.3.2.1 *Schachtkommissionierer / A-Frame*

Die Bezeichnung „Schachtkommissionierer“ ist von der Art der Bereitstellung der Artikel abgeleitet. Die Artikel werden in Schächten gestapelt, ähnlich wie bei einem Zigarettenautomat. Herstellerabhängig gibt es aber auch anstelle der Bezeichnung „Schacht“ die Bezeichnungen „Magazin“, „Kanal“ oder „Fach“.

Der Einsatzbereich von Schachtkommissionierern ist tendenziell das Kommissionieren kleinerer Artikel mit quaderförmiger Kontur, gelegentlich auch mit zylindrischer Kontur. Stark verbreitet sind Schachtkommissionierer in der Pharmaindustrie sowie in den Apotheken. Schachtkommissionierer werden aber auch für das Kommissionieren von Büroartikeln sowie von CDs und ähnlichen Produkten eingesetzt. Schachtkommissionierer werden meist für Schnelldreher konzipiert; es gibt aber auch Varianten für Mittel- und für Langsamdreher. Diese unterschiedlich ausgelegten Schachtkommissionierer können hintereinander zu einem Gesamtsystem verbunden werden.

Die wesentlichen Komponenten der Schachtkommissionierer sind die Schächte zur Bereitstellung, der Auswurfmechanismus zum Vereinzeln / Entnehmen der Artikel, ein Förderband zum Abfördern der kommissionierten Artikel sowie Sensorik und die Steuerung.

- Bereitstellungsschächte

Die Schächte bestehen im Prinzip aus Blechwinkeln und sind nach vorne offen.

- Dadurch wird das manuelle Nachfüllen erleichtert.
- Damit die Artikelstapel stabil in den Schachtaufnahmen liegen und nicht nach vorne herausfallen, sind die Schächte leicht nach hinten geneigt, sodass die Artikel mit leichtem Versatz schräg übereinander liegen.

Die Schächte sind i. d. R. in der Breite variabel einstellbar und in der Höhe modular aufgebaut. Die Höhe eines Schachtbereiches kann dadurch unterteilt werden. Artikel mit geringer Zugriffshäufigkeit können auf mehrere Ebenen übereinander angeordnet werden.

Jedem Artikel wird mindestens ein Schacht für die artikelreine Bereitstellung zugeordnet. Werden schnelldrehende Artikel auf mehrere Schächte verteilt, kann eine parallele Entnahme erfolgen (siehe unten).

Die Schächte sind meist beidseitig eines mittig verlaufenden Förderbandes angeordnet. Die schräg angeordneten Schächte in Verbindung mit dem horizontalen Förderband haben stirnseitig betrachtet die Form des Buchstabens A. Daher kommt die englische Bezeichnung „A-Frame“.

- Auswurfmechanismus

Der Auswurfmechanismus ist für die Entnahme / Vereinzeln der Kommissioniereinheiten aus dem Bereitstellungsstapel zuständig. Damit wird am jeweils unteren Ende eines Schachtes die unterste Artikeleinheit abgeschoben und auf die Abförderstrecke befördert. Die Ausführungsart des Auswurfmechanismus ist abhängig von der Zugriffshäufigkeit. Der Auswurfmechanismus kann stationär sein, verschiebbar, oder in drei Koordinaten verfahrbar sein.

- Stationäre Auswerfer werden insbesondere bei Kommissionierautomaten für Schnelldreher eingesetzt. Unter jedem Schacht befindet sich ein Auswerfer. Durch das gleichzeitige Ansteuern mehrerer Schächte, die denselben Artikel beinhalten, kann die Kommissionierleistung vervielfacht werden.
- Verschiebbare, d.h. zweidimensional verfahrbare Auswerfer werden üblicherweise für Mitteldreher eingesetzt. Innerhalb begrenzter Modulbreiten werden diese Auswerfer unter dem jeweiligen Schacht positioniert. Danach wird die Artikelmenge sequentiell abgezogen.
- In drei Koordinaten verfahrbare Auswurfmechanismen werden i. d. R. für Langsamdreher eingesetzt. Das Positioniergerät für den Auswurfmechanismus ist im Prinzip ein Regalbediengerät, das nicht am Boden, sondern hängend an einer Tragkonstruktion zwischen den rechts und links angeordneten Schächten horizontal verfahren wird.

■ Förderband

Für das Abfördern der kommissionierten Artikel können prinzipiell zwei Verfahren zum Einsatz kommen:

- Auf einem mittig angeordneten Förderband werden codierte Kommissionierbehälter durch die Anlage transportiert. Beim Passieren der Schächte werden die Artikel in den jeweiligen Behälter befördert [JÜN 4].
- Die kommissionierten Artikel werden direkt auf das Förderband ausgeschoben. An einer Füllstation werden die Artikel an vorbeigetaktete Kommissionierbehälter übergeben.

Häufiger ist das zweite Verfahren, bei dem die Artikel direkt auf ein Sammelförderband abgegeben werden. Üblich ist ein zentrales Förderband, es gibt auch Anlagen mit mehreren Förderbändern, welche die Artikel auf verschiedenen Höhenniveaus übernehmen.

Jedes Förderband wird von der Steuerung in auftragsbezogene Zonen mit variabler Länge unterteilt. Passiert eine Auftragszone einen Schacht mit einem zum Auftrag gehörenden Artikel, wird vom Ausschieber die entsprechende Artikelmenge in diese Zone befördert. Am Ende der Anlage befinden sich innerhalb einer Auftragszone alle Artikel, die zu einem Kommissionierauftrag, bzw. zu einem Teilauftrag gehören. An einer Füllstation werden dann diese kundenorientierten Artikel i. d. R. vollautomatisch an die entsprechenden kundenbezogenen Behälter / Kartons übergeben.

■ Sensorik

Für einen reibungslosen Ablauf können Schachtkommissionierer mit unterschiedlicher Sensorik ausgestattet werden, wie z.B.:

- Lichtschranken o. ä. zum Zählen der ausgeschobenen Einheiten
- Sensoren zur Bestandskontrolle innerhalb der Bereitstellungsschächte
Die Bestandskontrolle kann auf einen leeren Kanal hinweisen, sie kann aber auch im Vorfeld warnen, wenn ein vorgegebener Mindestbestand in einem Schacht erreicht worden ist.
- Im Bereich der Füllstation kann eine Gewichtskontrolle erfolgen. Bei Abweichungen kann der befüllte Behälter anschließend wieder zu einer Nachkontrolle ausgeschleust werden.

■ Steuerung

Die Anlagensteuerung kommuniziert mit dem ERP- bzw. Warenwirtschaftssystem. Sie koordiniert die Abarbeitung der Kundenaufträge durch den Schachtkommissionierer und dessen Peripherie und übernimmt die Steuerung und Überwachung des Automaten.

Typische Aufgaben der Steuerung sind:

- Behälterspezifische Volumenberechnung
Auf Basis der Größe der kundenbezogenen Behälter, die am Ende die Artikel aufnehmen müssen, werden Volumenberechnungen durchgeführt. Danach wird ein Auftrag auf die entsprechende Anzahl an Behältern unterteilt.
- Ermitteln der erforderlichen Länge einer Auftragszone
Die Länge einer Auftragszone ist im Wesentlichen abhängig von der maximalen Vereinzlungsdauer je Schacht und somit von der maximalen Anzahl von Entnahmeeinheiten je

Schacht. Bei relativ großen Auftragsmengen je Artikel kann eine Auftragszone verkürzt werden, wenn der Artikel auf mehrere Schächte verteilt bereitgestellt wird.

- Ansteuern der Auswurfmechanismen
- Auswerten der Daten aus den in das System integrierten Sensoren.

Vor- und Nachteile des Schachtkommissionierers	
Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Hohe Kommissionierleistung ▪ Geringe Fehlerrate ▪ Hohe Produktdichte ▪ Gute Erweiterbarkeit durch modulare Bauweise 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Eingeschränkter Einsatzbereich bezgl. Produktform, Abmessungen und Gewicht. ▪ Eingeschränkte Flexibilität bei Produktänderungen ▪ Nachschub meist manuell ▪ Bei Systemausfall ist aufwendige Notfallstrategie erforderlich

3.3.2.2 Automatische Kommissionierung mit Regalbediengerät

Bei automatischer Kommissionierung mit Regalbediengeräten werden die Artikel statisch bereitgestellt (i. d. R. in Regalen oder auf Paletten in Bodenlagerung). Die Lagerplatzbelegung basiert auf dem dynamischen Lagerprinzip (chaotische Lagerplatzbelegung). Die Beschickung und die Entnahme / Vereinzelung erfolgt durch ein Regalbediengerät, das mit speziellen Greifern ausgestattet ist.

4 SONSTIGE TECHNISCHE EINRICHTUNGEN

Von der Anlieferung bis zur Einlagerung einerseits und nach der Auslagerung bzw. Kommissionierung bis zum Verladen andererseits durchläuft der Materialfluss verschiedene Funktionsbereiche. Die Funktionen sind in Teil I, Kapitel 2.1.1 Wareneingang und 2.1.2 Warenausgang aufgelistet.

In einfachen intralogistischen Systemen werden viele dieser Funktionen händisch oder mit einfachen Hilfsmitteln abgearbeitet. In komplexen automatisierten Systemen können aufwendige Techniken erforderlich werden.

4.1 Einrichtungen für den Verladebereich

Das Entladen und Beladen von Lastkraftwagen erfolgt i. d. R. mit Hilfe von Flurförderzeugen, wie z.B. Handgabelhubwagen. Bei entsprechender Lieferstruktur und fördertechischem Umfeld können aber auch semi- bzw. vollautomatische Be- und Entladesysteme vorteilhaft sein. Dazu zählen z.B.:

- Portalkrane
- Stetigförderer-Systeme
- Skate-Systeme

Weitere Verladetechniken werden in VDI 4420 [VDI 18] aufgeführt.

Ein wesentlicher Vorteil dieser semi- bzw. vollautomatischen Ladesysteme ist die vergleichsweise kurze Verladezeit. Automatische Ladesysteme haben sich insbesondere dort durchgesetzt, wo der Transport der Güter nur über kurze Strecken erfolgt, z.B. im innerbetrieblichen Shuttleverkehr (z.B. zwischen Fertigung und Lager). Die Automatisierung der Verladetechnik bietet sich insbesondere bei folgenden Anwendungen an [ANC 1]:

- Shuttle-Transport < 100 km
- Hohe Transportfrequenz > 6 Shuttles pro Tag
- Standardisierte Paletten und Waren

4.1.1 Be- und Entladung mittels Portalkran

Bei diesem System fährt der LKW in den Aktionsbereich des Portalkrans ein, i. d. R. in eine Verladehalle. Der LKW wird von der Seite aus beladen. Eine Rampe ist nicht erforderlich.

Die Lastaufnahmemittel des Portalkrans ist i. d. R. so ausgelegt dass der Kran gleichzeitig mehrere Ladeeinheiten aufnehmen und absetzen kann. Dies sind i.d.R. 2 Paletten in der Tiefe (entsprechend LKW-Breite) und 2 bis 3 Paletten nebeneinander sowie ggf. jeweils 2 Paletten übereinander).

Besondere konstruktive Anforderungen an LKW / Trailer sind nicht erforderlich.

4.1.2 Be- und Entladung mit Stetigförderern

Für die automatische Be- und Entladung von LKW's / Trailern mittels Stetigförderern wird der Transporter rückwärts an die Rampe herangefahren. Sowohl Ladefahrzeug als auch der stationäre Verladebereich müssen sich für den Be- bzw. Entladevorgang auf dem gleichen Höhengniveau befinden. Darüber hinaus müssen die beiden Systeme mit zusammenpassenden Fördertechniken ausgestattet sein. Je nach umzuschlagender Ware können dies z.B. Rollen- Tragketten- oder Gurtförderer sein.

Nachdem der LKW genau in Position gefahren ist, wird eine Verbindung für den Signal- und Energieaustausch zwischen der auf dem LKW/ Trailer befindlichen Fördertechnik und der stationären Fördertechnik hergestellt. Dies kann z.B. mittels Schnittstellenkabel erfolgen, das durch den Fahrer angebracht wird.

Das gesamte Ladegut kann dann in einem Schub vom Trailer abgezogen, bzw. auf den Trailer aufgebracht werden. Bezogen auf einen Sattelaufleger mit Standardabmessungen (33 Europaletten) kann dadurch die reine Verladezeit auf ca. 2 – 3 Min. reduziert werden.

4.1.3 Be- und Entladung mittels Skatesystem

Das Skatesystem wird zum automatischen Be- und Entladen von Europaletten eingesetzt. Es besteht aus Transportgabeln, die im stationären Verladebereich angebracht sind. Im LKW bzw. im Trailer ist keine zusätzliche Fördertechnik erforderlich. Die Transportgabeln können z.B. stationär im Hallenboden eingelassen sein, so dass sie mit Flurförderzeugen überquert werden können, oder auf einer Parallelschienenbahn montiert sein, so dass damit mehrere Rampen bedient werden können.

Für das Aufnehmen bzw. Absetzen der Ladung können die Gabeln pneumatisch angehoben bzw. abgesenkt werden. Die Länge der Gabeln ist ausreichend für die Länge der Ladefläche des LKW's / Trailers. Damit kann in einem Schub die gesamte Ladung an Paletten befördert werden. Das reine Be- bzw. Entladen eines Trailers mit 33 Europaletten (ohne Andocken usw.) kann in ca. 6 Minuten erledigt sein.

4.2 **Einrichtungen zum Erfassen und Prüfen von Ladeeinheiten**

Unabhängig von der Komplexität des jeweiligen logistischen Systems gehört zu jedem Wareneingang ein Identifikationspunkt (I-Punkt). Darüber hinaus gibt es weitere technische Einrichtungen, die je nach Anforderung des Systems erforderlich, oder zweckmäßig sein können. Sind neben der Kontrolle und dem Erfassen der Daten am I-Punkt noch weitere Prüfoperationen erforderlich, so können die Prüfeinrichtungen jeweils für sich alleine stehen; sie können aber auch zu einem gemeinsamen Prüfplatz mit dem I-Punkt zusammengefasst sein. Auch dieser Prüfplatz wird als I-Punkt bezeichnet.

4.2.1 I-Punkt

Der I-Punkt ist eine Stelle oder ein Bereich im Wareneingang, an dem die Daten der angelieferten Waren (z.B. Artikelnummer, Menge, usw.) erfasst und mit den Daten des Lagerverwaltungssystems abgeglichen werden oder in das Lagerverwaltungssystem eingegeben werden.

Zu den Einrichtungen des I-Punkts gehören das Datenterminal, der Scanner und ggf. ein Drucker / Etikettendrucker zum Nachetikettieren. Der I-Punkt kann eine feste Station im Materialfluss sein. Datenterminal und Scanner können aber auch mobile Geräte sein, mit denen das WE-Personal an den bereitstehenden Ladeeinheiten entlang geht und die Daten erfasst.

4.2.2 Wägetechnik / Wägesysteme

Wägetechnik kommt nicht nur im Wareneingang zum Einsatz, sie kann in fast allen Bereich des intralogistischen Systems zur Optimierung der Prozesse sinnvoll eingesetzt werden, z.B. beim Einlagern, beim Kommissionieren und beim Versand. Entsprechend ihrer vielfältigen Einsatzmöglichkeiten gibt es auch sehr unterschiedliche Wägesysteme, die sich in Bau- und Funktionsweise unterscheiden.

Da industriell genutzte Wägesysteme i. d. R. mit genormten Schnittstellen ausgestattet sind, können sie in Netzwerke eingebunden werden. Dies ermöglicht, die Wägesysteme mit anderen Geräten / Prüfeinrichtungen (z.B. Scanner, Profilkontrolle usw.) zu kombinieren und die ermittelten Daten mit dem Lagerverwaltungssystem abzugleichen.

Wägesysteme dienen zur Bestimmung der Masse des Wägegutes. Es gibt aber auch Systeme mit Kontrollwägefunktion. Diese Kontrollwaagen ermitteln nicht das Gewicht als absoluten Betrag, sondern vergleichen den Messwert mit vorgegebenen Grenzen. Bei Über- oder Unterschreitung der Grenzwerte sendet das Wägesystem ein Signal. Eine Form der Kontrollwaagen sind sogenannte Zählwaagen. Damit wird nicht ermittelt, ob sich das Gewicht des Wägegutes in vorgegebenen Grenzen bewegt, sondern die Stückzahl. Voraussetzung ist ein enger Toleranzbereich für das Gewicht der zu prüfenden Artikel.

Weitere Auswahlkriterien für Wägesysteme sind:

- Wägebereich und Wägegenauigkeit
- Nichtselbsttätige Wägesysteme oder Selbsttätige Wägesysteme

- Bei nichtselbsttätigen Wägesysteme erfolgt der Wägevorgang nur unter Mitwirken von Bedienpersonal. Dazu gehören üblicherweise: Einschalten, Auflegen des Wägegutes, Ablesen des Gewichts und Entfernen des Wägegutes.
- Selbsttätige Wägesysteme funktionieren automatisch nach einem vorher festgelegten Ablauf ohne Eingreifen von Bedienungspersonal.
- Stationäre Wägesysteme und mobile Wägesysteme
 - Bei stationären Wägesystemen muss das Wägegut für den Wiegevorgang zur Waage transportiert werden. Dazu können die Wägesysteme auch als Durchlaufwiegesysteme in Stetigförderer integriert sein.
 - Mobile Wägesysteme sind in Flurförderzeuge integriert. Der Wiegevorgang kann während des Transports erfolgen.
- Nicht Eichfähigkeit oder Eichfähigkeit und Eichung des Wägesystems

Eichfähige Waagen sind messtechnisch nahezu identisch mit nicht eichfähigen Waagen. Für eichfähige Waagen gibt es gesetzliche Vorschriften zu bestimmten Details, z.B. geschützte Software, zusätzliche Aufschriften.

Die Eichung ist eine Prüfung der eichfähigen Waage durch das Eichamt, mit der die Genauigkeit im Rahmen der zulässigen Eich-Toleranz bestätigt wird. Das Eichen ist relativ teuer und muss in regelmäßigen Abständen wiederholt werden.

Wägesysteme müssen nur unter besonderen Bedingungen geeicht sein. Diese Bedingungen sind nach dem Mess- und Eichgesetz geregelt. So ist z.B. eine Eichung (Konformitätsbewertung) erforderlich, wenn im geschäftlichen Verkehr der Wert der Ware nach ihrem Gewicht berechnet wird. Die Ersteichung kann durch den Hersteller erfolgen (Herstellerersteichung) oder durch das Eichamt.

4.2.3 Prüfeinrichtungen vor Automatischen Lagersystemen

Um Störungen im Materialfluss von automatischen Lagersystemen zu vermeiden, müssen einzu-lagernde Ladeeinheiten vor der Einlagerung überprüft werden, ob vorgegebene Anforderungen an die Ladeeinheiten und Ladungsträger eingehalten werden. Ladeeinheiten, welche die Anforderungen nicht erfüllen, werden zur Nacharbeit ausgeschleust. Zu diesen Prüfungen gehören

- Gewichtsüberprüfung (siehe Wägetechnik)
- Profilkontrolle
- Kufenkontrolle

4.2.3.1 *Profilkontrolle*

Mit der Profilkontrolle wird sichergestellt, dass festgelegte Abmessungen in Länge, Höhe und Breite durch die Ladeeinheiten eingehalten werden. Die Einrichtung für die Profilkontrolle ist ein U-förmiger Rahmen mit Sensoren über der Förderstrecke, der mit den Ladeeinheiten durchgefahren wird. Beim Durchfahren werden die Ladeeinheiten vermessen.

4.2.3.2 *Kufenkontrolle*

Die Kufenkontrolle beinhaltet i. d. R. zwei Prüfungen:

- Das Erkennen von schadhaften Palettenkufen.
- Die Gabel-Freiraumkontrolle zur Sicherstellung, dass der Ladungsträger mit einem Lastaufnahmemittel (Gabel) problemlos aufgenommen werden kann.

Die Kontrolleinrichtungen sind in die Stetigförderer (Rollen- oder Tragkettenförderer) integriert. Bei klassischen mechanischen Prüftechniken erfolgt das Erkennen schadhafter Palettenkufen mit Hilfe von Tastrollen; die Freiraumkontrolle erfolgt mittels Tastblechen. Für die Kontrollen können aber auch Bildverarbeitungssysteme eingesetzt werden.

4.3 Einrichtungen zum Umstrukturieren von Ladeeinheiten

Das Umstrukturieren von Ladeeinheiten (z.B. das Umladen einer Ladeeinheit auf einen anderen bzw. mehrere Ladungsträger oder das Vereinzeln kann aus verschiedenen Gründen erforderlich werden, wie z.B.:

- Angelieferte Paletten sollen depalettiert werden, weil z.B. die Artikel ohne Ladungsträger artikelweise eingelagert werden sollen. Im Warenausgang wäre der Vorgang genau umgekehrt.
- Für die angelieferte Ladeeinheit liegt kein Avis vor. Zur Kontrolle und Erfassung des Inhalts muss die Ladeeinheit aufgelöst werden.
- Bei der Ladeeinheit handelt es sich um eine Mischpalette mit unterschiedlichen Artikeln. Diese sollen auf artikelreine Lagereinheiten umverteilt werden.
- Die Abmessungen (Höhe / Breite), oder das Gewicht der Ladeeinheit sind nicht für das Lager geeignet.
- Der Ladungsträger (Palette) ist defekt, oder er muss an den Lieferanten zurückgesandt werden.

4.3.1 Palettieren / Depalettieren

Der Automatisierungsgrad beim Palettieren bzw. Depalettieren wird wesentlich bestimmt durch die Handhabbarkeit der Ware (z.B. Abmessungen, Gewicht, Empfindlichkeit, Stapelbarkeit usw.) sowie der Durchsatzmenge.

Im einfachsten Fall kann das Palettieren / Depalettieren manuell erfolgen. Voraussetzung ist ein relativ geringer Durchsatz von gut handhabbarer Ware. Bei größeren Gewichten kann ein Manipulator / Balancer eingesetzt werden (siehe Kapitel 2.2). Zum schnellen Palettieren bzw. Depalettieren ohne Personalaufwand können Industrieroboter (z.B. Portalroboter, Knickarmroboter, siehe oben) eingesetzt werden.

Zum Palettieren relativ instabiler Palettenstapel gibt es halbautomatische oder vollautomatische Palettierplätze, die mit einer Wickelstretch-Anlage kombiniert sind. Dazu ist der Palettierplatz oberhalb eines Ringwicklers (siehe Teil II.1, Kapitel 2.2.6.3) und einer Förderstrecke für die Palettenzufuhr und das Abfördern der Ladeeinheit angeordnet. Die Leerpalette wird von unten durch den Ringwickler und durch einen Schacht bis auf Beladehöhe angehoben. Ebenfalls auf Beladehöhe wird das Ladegut über eine horizontale Förderstrecke zugeführt. Während des Palettierens wird die Palette nach jeder Lage durch den Schacht abgesenkt, wobei der Schacht den Stapel seitlich sichert. Sobald die Palette unten aus dem Schacht herauskommt, startet die Ladungssicherung durch den Ringwickler.

4.3.2 Palettenwechsler

Muss von einer Ladeeinheit der Ladungsträger, d. h. die Palette gegen eine andere ausgetauscht werden, so kann dafür ein Palettenwechsler eingesetzt werden. Damit kann die gesamte Nutzlast auf dem Ladungsträger in einem Arbeitsgang auf die neue Palette umgesetzt werden.

Palettenwechsler können nach unterschiedlichen Prinzipien arbeiten:

- Klemmverfahren
Die Ware wird über dem Ladungsträger zwischen zwei Backen eingeklemmt und angehoben. Danach kann der frei gewordene Ladungsträger gegen eine neue Palette ausgetauscht werden. Wegen des Drucks, der auf die Ware ausgeübt wird, ist dieses Verfahren nur für robuste Ware und druckstabile Warenstapel geeignet.
- Palettenwendeverfahren
Die Ware wird zunächst seitlich und oben fixiert, dann wird die gesamte Ladeeinheit so weit gewendet, dass der Ladungsträger seitlich oder oben frei liegt und ausgetauscht werden kann. Dieses Verfahren ist für unempfindliche Ware geeignet.

- **Abschiebeverfahren**

Die Ware wird vom Ladungsträger auf eine etwas niedriger liegende Palette abgeschoben. Dieses Verfahren ist auch für empfindlichere Ware geeignet.

4.3.3 Palettenspeicher und Leerpallettenhandhabung

Zum Palettieren müssen Leerpalletten bereitgestellt werden, umgekehrt müssen nach dem Depalettieren die Leerpalletten geordnet aus dem Arbeitsbereich entfernt werden. Im einfachsten Fall werden zum Palettieren die Leerpalletten manuell aus einem Palettenstapel entnommen, bzw. die Leerpalletten werden nach dem Depalettieren manuell gestapelt. Diese Arbeit ist sehr personalintensiv und mit der Handhabung großer unhandlicher Gewichte verbunden. Um dies zu vermeiden, können Palettenspeicher (auch als Palettenmagazin und Palettensponder bezeichnet) eingesetzt werden.

Palettenspeicher sind Geräte, mit denen Paletten geordnet bevorratet und halbautomatisch oder automatisch auf- bzw. abgestapelt werden können. Die Beschickung und Entnahme erfolgt von unten mittels Flurförderzeug, z.B. Gabelhubwagen oder automatisch, z.B. mittels einer Rollenbahn. Für eine automatische Beschickung / Entnahme wird der Palettenspeicher über der Rollenbahn angeordnet und steuerungstechnisch mit dieser verbunden.

4.4 Einrichtungen für Auftragszusammenstellung / Verpackung / Versand

4.4.1 Konsolidierung

Nach dem Auslagern, insbesondere nach dem Kommissionieren in unterschiedlichen Kommissionierzonen, fließen die Materialströme aus den verschiedenen Bereichen in der Konsolidierung zusammen. Die Konsolidierung sind Speicherorte, an denen alle Artikel für eine Versandeinheit / einen Kundenauftrag (Auftragskonsolidierung) bzw. für mehrere Aufträge eines Endempfängers zusammengeführt werden (siehe auch Teil I, Kapitel 2.1.2, Warenausgang). Die Konsolidierung kann einstufig sein (z.B. im Online-Handel, wo meist nur wenige Artikel an einen Adressaten gehen), kann aber auch mehrstufig sein. Zwischen den Stufen sind Arbeitsschritte wie z.B. das Verpacken und / oder Palettieren. Zur Konsolidierung gehören z.B.:

- Konsolidierung von Kommissioniereinheiten zu Verpackungseinheiten (Karton, Behälter usw.)
- Konsolidierung von Verpackungseinheiten zu Ladeeinheiten (Palette / Großladungsträger)
- Konsolidierung von Ladeeinheiten zu einem kompletten Lieferauftrag.
- Konsolidierung mehrerer Lieferaufträge zur tourengerechten Bereitstellung.

Für die Konsolidierung gibt es vielfältige Technologien mit unterschiedlichem Automatisierungsgrad. Im einfachsten und häufigsten Fall sind es Lagerorte mit Bodenlagerung, in denen z.B. die Kommissionierwagen oder Paletten / Ladeeinheiten bereitgestellt werden. Es kommen aber auch Regalsysteme (z.B. Durchlaufregallager) und vollautomatische Systeme zum Einsatz. Vollautomatische Systeme sind z.B. Sortierspeicher oder automatische Lagersysteme (z.B. AKL oder Shuttle-bediente Lagersysteme) mit entsprechender vor- und nachgeschalteter Fördertechnik.

Wesentlich ist bei der Konsolidierung, dass sowohl die Waren als auch die Lagerorte eindeutig gekennzeichnet und die Waren den Lagerorten im Lagerverwaltungssystem zugeordnet sind. Werden nach Ablauf eines vorgegebenen Zeitfensters Abweichungen / Fehlmengen festgestellt, so muss über das Lagerverwaltungssystem eine Korrektur veranlasst werden.

4.4.2 Verpackung und Versand

Ein Lieferauftrag kann aus einer Verpackungseinheit bestehen, oder aus einer ganzen LKW-Ladung. Entsprechend der Mehrstufigkeit bei der Konsolidierung können die Prozesse im Bereich Verpackung / Versand auch mehrstufig sein.

Die wesentlichen Arbeitsgänge im Bereich Verpackung / Versand sind stichpunktartig in Teil I, Kap. 2.1.2 aufgelistet. Bei geringem Durchsatz können die meisten dieser Arbeitsgänge manuell mit einfachen Hilfsmitteln ausgeführt werden. Es gibt aber auch vollautomatische Verpackungslinien, die i.d.R. aber nur für sehr homogene Güter geeignet sind (z.B. hinter Produktionslinien). Meist ist es eine Kombination aus Handarbeitsplätzen und Verpackungsmaschinen. Kernstück ist dabei der Packarbeitsplatz.

4.4.2.1 Packarbeitsplatz

Das eigentliche Verpacken erfolgt i.d.R. an einem manuell bedienten Packarbeitsplatz. Für diesen gibt es vielfältige Gestaltungsmöglichkeiten. Dies ist insbesondere davon abhängig, wie der Packplatz in sein Umfeld und dessen Automatisierungsgrad eingebunden ist. Nachfolgend zwei mögliche Beispiele für das Umfeld eines Packarbeitsplatzes:

- Die zu verpackende Ware wird in mehreren Kommissionierbehältern mit einem Flurförderzeug (z.B. Kommissionierwagen) am Packarbeitsplatz angedient.

Nach der Entnahme zum Verpacken werden die entleerten Kommissionierbehälter wieder mit dem Kommissionierwagen aus dem Packbereich entfernt.

Die Packstücke werden versandfertig direkt auf Rollcontainer gestapelt und z.B. zum Waren-
ausgang für KEP-Dienstleister befördert, oder sie werden z.B. auf Paletten gestapelt, die mit
Flurförderzeugen zur weiteren Bearbeitung (z.B. Palettensicherung) transportiert werden.

- Der Packplatz ist in ein Stetigfördersystem eingebunden. Vergleichbar mit einem Kommissioniersystem mit dynamischer Bereitstellung in Verbindung mit Pick & Pack (siehe Teil I, Kap. 4.7.4) werden die Kommissionierbehälter mit der zu verpackenden Ware sowie der leere Versandbehälter / KLT oder der bereits aufgerichtete Karton über Stetigförderer angedient.

Nach Entnahme zum Verpacken werden die entleerten Kommissionierbehälter über das
Stetigfördersystem abtransportiert.

Das Packstück wird an einen Stetigförderer zum Abfordern und zur weiteren Bearbeitung
übergeben.

Packplätze müssen immer aufgabenspezifisch gestaltet werden. Neben dem eigentlichen Verpacken findet hier die letzte Kontrolle der kommissionierten Ware statt. Die Grundausrüstung eines Packplatzes wird nachfolgend aufgelistet. Eine Übersicht für weitere technische Hilfsmittel, die je nach Automatisierungsgrad Bestandteil des Packarbeitsplatzes, oder separater vor- bzw. nachgeschalteter Einheiten sein können, wird weiter unten beispielhaft aufgeführt.

Zur Grundausrüstung eines Packplatzes gehören:

- Bereitstellung für die zu verpackende Ware, der Arbeitsplatz und der Übergabepplatz
- Magazin für Packmittel (Begriffe siehe Teil II.1, Kapitel 2.1.1)
- Spender für Packhilfsmittel (Füllmittel, Klebeband usw.)
- Tastatur und Monitor
- Drucker für Versandpapiere
- Mit dem LVS verbundene Kontrollwaage (soweit die Artikelgewichte hinreichend bekannt sind).

Wegen der körperlich anspruchsvollen Tätigkeit sollte der Packarbeitsplatz unter ergonomischen Gesichtspunkten aufgebaut sein. Dazu gehört z.B.:

- Beim Packen sollte zwischen Stehen und Sitzen gewechselt werden können.
- Die Arbeitsfläche oder die Standplattform sollte elektrisch höhenverstellbar sein, damit der Arbeitsplatz ohne Aufwand an die Körpergröße und Arbeitsposition der Bedienperson angepasst werden kann.
- Alle für den manuellen Verpackungsprozess erforderlichen Einheiten sind ergonomisch und individuell anpassbar anzuordnen. Dazu gehören z.B.

- Bereitstellung der zu verpackenden Waren (ggf. höhenverstellbar und neigbar)
- Packmittel und Packhilfsmittel
- Entsorgungsmöglichkeit für Abfälle
- Übergabepplatz für die Packstücke (Bei Stapelung der Packstücke ggf. höhenverstellbar)
- Die Waage (soweit sie in den Packarbeitsplatz integriert ist) sollte möglichst flächenbündig in die Arbeitsplatte eingelassen sein, damit das Packstück nicht angehoben werden muss, oder sich beim Schieben verhakt.
- Sind große Lasten zu handhaben, sollte am Packplatz ein Manipulator zur Verfügung stehen.

Für Packmittel und Packhilfsmittel ist der Nachschub so zu organisieren, dass stets ein ausreichender Bestand im Zugriff ist.

4.4.2.2 Technische Hilfsmittel / Geräte Maschinen im Bereich Verpackung und Versand

Es gibt viele Arbeitsschritte im Bereich Verpackung / Versand, die manuell mit einfachen Hilfsmitteln bzw. Geräten am Packarbeitsplatz durchgeführt werden können. Für die gleichen Arbeitsschritte gibt es aber auch halbautomatische Stand-Alone- Maschinen oder vollautomatische Maschinen, die in eine Förderstrecke integrierte sind (siehe auch Teil II.1, Kapitel 2.2.6). Zu diesen Arbeitsschritten gehören z.B.:

- **Karton aufrichten**
Zum Verpacken muss Packmaterial bereitgestellt werden. Dies sind meist Kartonagenzuschnitte (Flachmaterial), die zum Verpacken noch zu Kartons aufgerichtet werden müssen.
- **Karton verschließen**
Nach Abschluss des Verpackens, Beifügen von Begleitpapieren usw. muss der Karton verschlossen werden. Dies erfolgt meist mit Klebeband und / oder mit Umreifungsband, teilweise auch mit Heftklammern oder Heißleim.
- **Etikettendruck**
- **Wiegen und ggf. Volumenermittlung**
Gewicht und Volumen sind wichtige Größen für die Berechnung der Transportkosten. Sowohl Gewicht als auch Volumen (beim Durchfahren eines Lichtvorhangs) können im Durchlaufverfahren ermittelt werden
- **Palettieren (siehe oben)**
- **Sicherung der Ladeeinheiten (Wickel-Stretchen, Schrumpfen, Umreifen siehe Teil II.1, Kap. 2.2.6).**

5 QUELLENNACHWEIS ZU TEIL II.4

5.1 Abbildungsverzeichnis

Kapitel / Abb.	Titel der Abbildung	Quelle
1.1.2 /01	Einschleusssysteme: Stirnseitige Einschleusung (z.B. auf Schuhsorter)	Verfasser
1.1.2 /02	Einschleusssysteme: Seitliche Einschleusung (z.B. auf Quergurtsorter)	Verfasser
1.1.2 /03	Einschleusssysteme: Einschleusung von oben (z.B. auf Kammsorter)	Verfasser
1.1.4 /01	Sorter mit Linearstruktur	Verfasser
1.1.4 /02	Sorter mit Ringstruktur	Verfasser
1.2.1 /01	Dreharmsorter (Abschiebeprinzip)	Verfasser
2.2 /01	Kommissioniersystem mit dynamischer Bereitstellung bei konventioneller Fördertechnik	Verfasser

5.2 Literaturverzeichnis

5.2.1 Berufsgenossenschaftliche Vorschriften, Regeln, Informationen sowie Broschüren, Handbücher usw.

BGI 6	BGI 556	BG-Information: Anschläger; Sept. 2012
DGU 1	DGUV 209 - 074	DGUV Information „Industrieroboter“. Januar 2015
VBG 2	VBG 9a	Lastaufnahmeeinrichtungen im Hebezeugbetrieb; Fassung vom 01. Jan. 1997

5.2.2 Gesetze, Normen, Richtlinien, Empfehlungen, usw.

DIN 31	DIN EN 14238	Krane – Handgeführte Manipulatoren; Febr.2010
DIN 32	E DIN EN 13155	Krane – Sicherheit – Lose Lastaufnahmemittel; Dez. 2014
DIN 33	E DIN EN ISO 10218	Robotik: Sicherheitsanforderungen für Robotersysteme im industriellen Umfeld - Teil 1: Roboter; April 2020
DIN 34	DIN ISO/TS 15066	Roboter und Robotikgeräte – Kollaborierende Roboter; April 2017
VDI 18	VDI 4420	Automatisches Be- und Entladen von Stückgütern auf Lastkraftwagen
VDI 21	VDI 2860	Montage- und Handhabungstechnik; Handhabungsfunktionen, Handhabungseinrichtungen; Begriffe, Definitionen, Symbole (Mai 1990)

5.2.3 Literatur, Firmenbroschüren, Internetveröffentlichungen

FLE 1	GridSorter; Der flexible, modulare und skalierbare Sorter; Internet-Veröffentlichung der Flexlog-GmbH 2013-2014
GEB 3	Internetveröffentlichung der Fa. Gebhardt-Fördertechnik: gebhardt-fördertechnik.de/produkte/simplepick.html
HES 1	Hesse, Stephan; Grundlagen der Handhabungstechnik
KAL 1	Johannes Kalhoff, Dr. Thomas Gamer, Dr. Bernd Kosch; Vom Gehirn zur CPU; Die 6 Autonomiestufen der Industrie bei künstlicher Intelligenz (Internetveröffentlichung vom 01.10.2019)
JÜN 4	Jünemann, R., Schmidt, Th.; Materialflusssysteme, Systemtechnische Grundlagen; 2. Auflage; Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2000)
LIE 1	Liebers, Joachim; Der Roboter ersetzt die Näherin; WeltN24 GmbH 2016
RAM 1	Rammelmeier, Tobias; Galka, Stefan; Günthner, Willibald A.: Fehlervermeidung in der Kommissionierung; 2012 Logistics Journal: Proceedings – ISSN 2192-9084
SEI 1	Seibold, Z., Gebhardt, M., Stoll, T.: Modularer, dezentral gesteuerter Plug&Play-Sorter; Mehr Nutzen mit dem GridSorter; Huss-Medien GmbH, Hebezeuge Fördermittel, 5 / 2014