

HANDBUCH

INTRALOGISTISCHE SYSTEME FÜR STÜCKGUT

Teil II

Lagertechnische Einrichtungen

Untertitel II.3:

Fördertechnik für Stückgut

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	Fördertechnik für Stückgut	6
1.1	Abgrenzung	6
1.2	Strukturierung der Fördertechnik	6
2	Unstetigförderer	7
2.1	Flurförderzeuge (FFZ)	7
2.1.1	Wesentliche Baugruppen von FFZ	7
2.1.1.1	Antriebssysteme	8
2.1.1.1.1	Manueller Antrieb	9
2.1.1.1.2	Verbrennungsmotorischer Antrieb	9
2.1.1.1.3	Elektromotorischer Antrieb	10
2.1.1.1.3.1	Energieversorgung mittels Batterietechnik oder Brennstoffzellen-System	11
2.1.1.1.3.2	Elektromotor und Antriebssteuerung	14
2.1.1.1.4	Hydraulischer Antrieb	15
2.1.1.2	Fahrwerk	16
2.1.1.2.1	Räder und Bereifung	16
2.1.1.2.2	Radstand	17
2.1.1.2.3	Lenkung und Antriebsübertragung	17
2.1.1.3	Lastaufnahmemittel und Anbaugeräte für Flurförderzeuge	19
2.1.1.3.1	Anbaugeräte für Flurförderzeuge	20
2.1.1.3.2	Lastaufnahmemittel für Flurförderzeuge	20
2.1.1.4	Hubgerüst	21
2.1.2	Personenbediente Flurförderzeuge	22
2.1.2.1	Nur horizontale Bewegung von Bedienungsperson und Last	22
2.1.2.1.1	FFZ, die selbst keine Nutzlast tragen können (Schlepper)	23
2.1.2.1.2	FFZ zum Tragen von Nutzlast ohne Hubausrüstung	23
2.1.2.1.3	FFZ zum Tragen von Nutzlast mit Niederhubeinrichtung	23
2.1.2.1.3.1	Handgabelhubwagen	24
2.1.2.1.3.2	Elektro-Geh-Gabelhubwagen	24
2.1.2.1.3.3	Elektro-Stand- und Fahrersitz-Gabelhubwagen	24
2.1.2.2	Horizontale Bewegung der Bedienungsperson; Lastbewegung horizontal und vertikal	25
2.1.2.2.1	Radarmunterstützte Stapler	25
2.1.2.2.1.1	Hochhub-, Gabelhochhubwagen und Spreizenstapler	26
2.1.2.2.1.2	Schubmaststapler / Schubgabelstapler	27
2.1.2.2.2	Quergabelstapler und Vierwege- Stapler	28
2.1.2.2.3	Freitragende Stapler / Front- oder Gegengewichtsstapler	28
2.1.2.2.4	Schmalgangstapler / Hochregalstapler nach dem Prinzip „man down“	29
2.1.2.3	Horizontale u. vertikale Bewegung von Bedienungsperson u. Last (Prinzip „man up“)	30
2.1.2.3.1	Hochhub- Kommissionierer	30
2.1.2.3.2	Kommissionierstapler	31
2.1.3	Erforderliche Arbeitsgangbreiten für Flurförderzeuge	31
2.1.4	Fahrerlose Transportsysteme (FTS)	34
2.1.4.1	Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF)	35
2.1.4.1.1	Fahrwerk	35
2.1.4.1.2	Lastaufnahmemittel für FTF	35
2.1.4.1.3	Energieversorgung für FTF	36
2.1.4.1.3.1	Akku-Arten für FTF	36
2.1.4.1.3.2	Batterieladekonzepte	36
2.1.4.2	Navigationssysteme / Navigationstechniken	37
2.1.4.2.1	Leitlinienabhängige Navigationstechniken	38

2.1.4.2.1.1	Navigation über induktiven Leitdraht	38
2.1.4.2.1.2	Navigation über kontinuierlich verlegte Magnet- / Metallstreifen	39
2.1.4.2.1.3	Optische Spurführung	39
2.1.4.2.2	Leitlinienfreie Navigation	39
2.1.4.2.2.1	Koppelnavigation / Odometrie	39
2.1.4.2.2.2	Rasternavigation mit Hilfe von Magneten oder optischen Mustern	40
2.1.4.2.2.3	Lasernavigation mit Reflexmarken	40
2.1.4.2.2.4	Navigation mit Hilfe von Transpondern	41
2.1.4.2.2.5	Flexible Systeme mit Lasernavigation	41
2.1.4.2.2.6	Navigation mit Hilfe von GPS	41
2.1.4.3	Leitsteuerung	42
2.1.4.4	Datenübertragungs- / Kommunikationssysteme	42
2.1.4.4.1	Sicherheitssysteme für den Einsatz von FTF	42
2.1.5	Autonome mobile Roboter (AMR)	43
2.2	Aufgeständerte / schienengebundene Unstetigförderer	45
2.2.1	Verschiebe- / Verteilerwagen	45
2.2.2	Regalbediengeräte	45
2.2.2.1	„Klassische“ Regalbediengeräte, auch Regalförderzeuge (RFZ) bezeichnet.	45
2.2.2.2	Hubbalken-Regalbediengerät	46
2.2.2.3	„Shuttle“ als Regal-Verteilerfahrzeug in Zeilenlagern	46
2.2.2.4	„Shuttle“ als Regal-Verteilerfahrzeug in Kompaktlagern	46
2.2.2.5	„Shuttle“ als Kanalfahrzeug in Kompaktlagern	47
2.2.3	Unstetig fördernde Transfersysteme	47
2.2.3.1	Begriff „Transfersystem“	47
2.2.3.2	Zentralgesteuerte Transfersysteme	47
2.2.3.3	Flexible bis autonome Transfersysteme	47
2.3	Flurfreie Unstetigförderer	48
2.3.1	Krananlagen	48
2.3.1.1	Brückenkran	48
2.3.1.2	Hängekrane (Deckenkrane)	49
2.3.2	Elektro-Hängebahnen	50
2.3.3	Trolleybahnen	50
3	Stetigförderer	51
3.1	Betriebsarten	53
3.1.1	Dauerbetrieb	53
3.1.2	Aussetzbetrieb	53
3.1.2.1	Abschaltbetrieb	53
3.1.2.2	Taktbetrieb	53
3.1.2.3	Positionierbetrieb	54
3.2	Antriebs- und Steuerungssysteme	54
3.2.1	Elektrisch betätigte Antriebs- und Steuerungssysteme	54
3.2.1.1	Elektromotorische Antriebe	54
3.2.1.2	Steuerungssysteme	55
3.2.1.2.1	Zentrales Steuerungssystem	56
3.2.1.2.2	Dezentrales Steuerungssystem	56
3.2.1.2.3	Dezentrales Antriebs- und Steuerungssystem	56

3.2.2	Pneumatisch betätigte Antriebs- und Steuerungssysteme	56
3.3	Flurgebundene und aufgeständerte Stetigförderer	57
3.3.1	Bandförderer	57
3.3.1.1	Gurtförderer	58
3.3.1.2	Stahlbandförderer	59
3.3.1.3	Modulbandförderer / Scharnierbandförderer	59
3.3.1.4	Riemenförderer	59
3.3.1.5	Sicherungsmaßnahmen an Bandübergabestellen	60
3.3.1.6	Sonderausführungen	60
3.3.1.6.1	Kurvengurtförderer und Wendelgurtförderer	60
3.3.1.6.2	Teleskopgurtförderer	61
3.3.1.6.3	Knickbandförderer	61
3.3.1.6.4	Klemmförderer	61
3.3.2	Kettenförderer	61
3.3.2.1	Plattenbandförderer	62
3.3.2.2	Tragkettenförderer	62
3.3.2.3	Flurgebundene und aufgeständerte Schleppkettenförderer	62
3.3.3	Rollförderer	64
3.3.3.1	Nicht angetriebene Rollförderer	65
3.3.3.1.1	Rollenbahnen / Schwerkraftrollenbahnen	65
3.3.3.1.2	Röllchenbahnen und Röllchenleisten	68
3.3.3.2	Kugelrollen und Allseitenrollen als Tragorgan	68
3.3.3.2.1	Scherenbahnen (Scherenrollen- / Röllchenbahnen)	69
3.3.3.3	Angetriebene Rollenbahnen	69
3.3.3.3.1	Externer Antrieb mit nachfolgendem Gruppenantrieb	69
3.3.3.3.2	Direktantrieb über integrierten Förderrollenmotor	71
3.3.4	Aufgeständerte Stetigförderer mit Staufunktion (Stauförderer)	71
3.3.4.1	Druckloses Stauen	71
3.3.4.1.1	Stauförderer mit Einzelplatzantrieb	72
3.3.4.1.2	Stauförderer mit Gruppenantrieb	72
3.3.4.2	Stauen mit Staudruck	72
3.3.4.2.1	Staukettenförderer	72
3.3.4.2.2	Staurollenförderer mit Friktionsrolle oder Rutschkupplung	73
3.3.4.2.3	Staurollenförderer mit reibschlüssiger Kraftübertragung tangential von unten	73
3.3.5	Zusammenführungen, Verzweigungen und unterstützende Module	73
3.3.5.1	Förderstrecken-Module für leichtes und mittelschweres Fördergut	74
3.3.5.1.1	Sperren / Stoppvorrichtungen in Förderstrecken	74
3.3.5.1.2	Vereinzelung	75
3.3.5.1.3	Transfer bei rechtwinklig angeordneten Förderstrecken	75
3.3.5.1.4	Transfer bei schräg angeordnete Ein- / Ausschleusmodulen	77
3.3.5.2	Ein- / Ausschleusmodule für schweres Fördergut (z. B. Paletten)	78
3.3.5.2.1	Eckumsetzer	78
3.3.5.2.2	Drehstation und Dreh-Verschiebetisch	79
3.3.6	Lufttische	80
3.4	Flurfreie Stetigförderer	80
3.4.1	Kreisförderer	81
3.4.2	Schleppkreisförderer (Power- & Free- Förderer)	81
3.5	Hebezeuge und Vertikalförderer	81
3.5.1	Hebezeuge	82

3.5.1.1	Hubtische und Hebebühnen	82
3.5.1.2	Etagenförderer	83
3.5.2	Vertikalförderer	84
3.5.2.1	Umlauf - S- Förderer	84
3.5.2.2	Rutschen	84
4	QUELENNACHWEIS zu Teil II.3	86
4.1	Tabellenverzeichnis	86
4.2	Abbildungsverzeichnis	86
4.3	Literaturverzeichnis	86
4.3.1	Gesetze, Normen, Richtlinien, Empfehlungen, Berufsgenossenschaftliche Vorschriften, Regeln, Informationen usw.	86
4.3.2	Literatur, Firmenbroschüren, Internetveröffentlichungen	87

1 FÖRDERTECHNIK FÜR STÜCKGUT

1.1 Abgrenzung

Fördertechnik in ihrer Gesamtheit ist ein sehr breites Feld. Nach der (inzwischen zurückgezogenen) VDI 2411 ist Fördertechnik

„das Fortbewegen von Gütern in beliebiger Richtung über begrenzte Entfernungen durch technische Hilfsmittel sowie die Ortsveränderung von Personen, soweit diese nicht in den Bereich der Verkehrstechnik fällt, einschließlich der Lehre der Fördermittel selbst.“

Dieses breite Feld wird deutlich eingegrenzt durch das Thema „Intralogistische Systeme für Stückgüter“.

1.2 Strukturierung der Fördertechnik

Die Fördertechniken in intralogistischen Systemen für Stückgüter können nach verschiedenen Kriterien unterteilt werden. Einige dieser Kriterien sind:

- Nach der Kontinuität der Förderbewegung
 - Unstetigförderer (auch als intermittierende Fördertechnik bezeichnet)
 - Stetigförderer
- Nach der Bewegungsrichtung des Fördergutes
 - Horizontal
 - Vertikal
 - Schiefe Ebene
- Nach der Ebene für Fördertechnik und Fördergut in Bezug auf den Hallenboden:
 - Flurgebunden
Die Fördertechnik nutzt die Flurebene, d. h. den Hallenboden. Dies kann auf verschiedene Weise erfolgen:
 - Durch Flurförderzeuge, die manuell, insbesondere aber mit eigenem Antrieb auf Verkehrswegen frei verfahren werden können (z. B. Gabelstapler).
 - Durch Flurförderzeuge, die mit externem stetig umlaufenden Antrieb auf definierten Förderstrecken verfahren werden können. Der Antrieb kann über Schleppkettenförderer erfolgen, wobei es für den Schleppkettenförderer selbst verschiedene Ausführungsmöglichkeiten gibt. Es gibt Schleppkettenförderer, die im Boden eingelassen sind (Unterflurschleppkettenförderer) und Schleppkettenförderer, die aufgeständert oder an der Decke befestigt sind.
 - Aufgeständert, dicht über dem Hallenboden verlaufend:
 - Aufgeständert
Das Fördergut wird auf aufgeständerten Schienen oder Bahnen bewegt.
 - Flurfrei
Die Fördertechnik ist aufgeständert oder an der Decke befestigt, das Fördergut wird deutlich oberhalb des Hallenbodens bewegt. Bei entsprechender freier Höhe können in Flurebene Verkehrswege die Förderwege kreuzen, ohne durch flurfreie Fördertechnik oder Fördergut beeinträchtigt zu werden.
- Dauer der Bewegung des Lagergutes
 - Lagergut wird nur zur Beschickung und Entnahme in Bewegung gesetzt; zwischenzeitlich wird es ortsfest gepuffert.
 - Lagergut ist ständig umlaufend.
Das Lagergut läuft auf einem umlaufenden Stetigförderer solange im Kreis herum, bis es zur Entnahme benötigt wird (vergleichbar mit dem Kofferband am Flughafen).

2 UNSTETIGFÖRDERER

2.1 Flurförderzeuge (FFZ)

Flurförderzeuge (kurz FFZ) sind nach der im Zug der europäischen Harmonisierung inzwischen zurückgezogenen Norm DIN 15140 von 1982 (Flurförderzeuge; Begriffe, Kurzzeichen) definiert als:

„gleislose, überwiegend innerbetrieblich verwendete Fahrzeuge ohne oder mit Einrichtungen zum Heben oder Stapeln von Lasten“.

Die Abgrenzung und Kategorisierung der Flurförderzeuge kann nach unterschiedlichen Kriterien erfolgen. Siehe hierzu:

- DIN ISO 5053: 1994-08 (Kraftbetriebene Flurförderzeuge – Begriffe)
- VDI 3586 von Nov. 2007 (Flurförderzeuge; Begriffe, Kurzzeichen, Beispiele)
- BGV D27 von 2002 (Unfallverhütungsvorschrift: Flurförderzeuge) [BGV 1]

Flurförderzeuge im Sinne der Unfallverhütungsvorschrift BGV D27 sind frei lenkbare Unstetigförderer, die mit Rädern auf Flur laufen. FFZ gibt es mit und ohne Hubeinrichtung.

- FFZ ohne Hubeinrichtung dienen zum Befördern, Ziehen oder Schieben von Lasten
- FFZ mit Hubeinrichtung sind zum Heben, Stapeln und / oder zum Einlagern von Lasten in Regale eingerichtet. Sie können Lasten selbst aufnehmen und absetzen.

Flurförderzeuge werden in den meisten Fällen unmittelbar durch Personen bedient. Diese Bedienung kann darin bestehen, dass sie die FFZ lenken, sie können aber auch die FFZ durch Muskelkraft antreiben (schieben, ziehen). Es gibt aber auch automatisch arbeitende FFZ. Die Gruppe der FFZ ist daher zunächst zu unterscheiden in:

- Personenbediente Flurförderzeuge
- Fahrerlose Transportsysteme

Gemäß oben genannten Definitionen gibt es FFZ mit und ohne Hubvorrichtung. Bei Geräten mit Hubvorrichtung ist zu unterscheiden in Geräte, die nur die Last anheben können und in Geräte, die sowohl die Last als auch die Bedienungsperson anheben können (siehe Kommissionierstapler). Ein Kriterium für die Einteilung der Flurförderzeuge sind somit die Freiheitsgrade in den Bewegungsrichtungen (horizontal / vertikal) von Last und Bedienungsperson.

Bei der Auswahl eines FFZ muss dieses grundsätzlich über die der Aufgabenstellung entsprechende Tragfähigkeit und / oder Zugkraft verfügen. Bei FFZ mit Hubvorrichtung (z. B. bei Gabelstaplern) ist die tatsächliche Tragfähigkeit abhängig von:

- Der Hubhöhe
(Maximale Höhendifferenz, die mit den Gabelzinken durch Ausfahren des Mastes vom untersten Punkt bis zum höchstmöglichen Punkt erreicht werden kann).
- Dem Lastschwerpunktstand
(Abstand vom Schwerpunkt der Last bis zum Gabelrücken)

Mit zunehmender Höhe sowie mit zunehmendem Lastschwerpunktstand verringert sich die Tragfähigkeit des Staplers. Diese Zusammenhänge werden in einem Diagramm im technischen Datenblatt sowie auf dem Tragfähigkeitsschild am Stapler angegeben.

2.1.1 Wesentliche Baugruppen von FFZ

Die wesentlichen Baugruppen von FFZ, unabhängig ob personenbedient oder fahrerlos, sind:

- Das Antriebssystem
- Das Fahrwerk
- Das Lastaufnahmemittel / Anbaugerät

2.1.1.1 Antriebssysteme

Flurförderzeuge können mehrere Komponenten haben, die angetrieben / bewegt werden müssen, z. B.:

- Das Fahrwerk
- Die Lenkung
- Das Hubwerk

Diese Komponenten können direkt angetrieben werden:

- Rein manuell (nur bei personenbedienten FFZ)
Das Flurförderzeug hat keinen motorischen Antrieb. Es wird zur Ortsveränderung von der Bedienungsperson geschoben oder gezogen und manuell z. B. über Deichsel gelenkt. Auch eine eventuelle Hubbetätigung erfolgt durch Muskelkraft.
- Rein motorisch
Sowohl Fahrwerk, Lenkung als auch ein vorhandenes Hubwerk werden motorisch angetrieben.
- Gemischter Antrieb
Die Komponenten des FFZ werden teilweise motorisch und teilweise manuell angetrieben, z. B.
 - Manuell verfahr- und lenkbare Gabelhubwagen mit elektrisch angetriebenem Hubgerüst.
 - Elektro-Gabelhubwagen mit elektromotorisch angetriebenem Fahrwerk und Hubgerüst und manueller Lenkung über Deichsel.

Der motorische Antrieb (meist in Verbindung mit einem Getriebe) kann erfolgen durch

- Diesel-Verbrennungsmotor
- Gas- Verbrennungsmotor
- Elektromotor
- Alternative Antriebssysteme

Zu den alternativen Antriebssystemen zählen:

- Hybridantriebe:
Das Antriebskonzept beinhaltet zwei unterschiedliche Energiewandler mit den dazugehörigen Energiespeichern, z. B. die Paarung „Verbrennungsmotor mit Kraftstofftank / Elektromotor mit Batterie“.
- Elektromotor mit Wasserstoff-Brennstoffzelle

Ein weiteres – indirektes - Antriebssystem ist der hydraulische Antrieb (indirekt, weil er selbst auf einen manuellen oder motorischen Antrieb angewiesen ist). Der hydraulische Antrieb dient i. d. R. zur Verstärkung der mechanisch zugeführten Antriebsleistung.

Ein Antriebssystem muss grundsätzlich geeignet sein, die fördertechnische Aufgabe zu erfüllen. Darüber hinaus gibt es aber noch kundenspezifische Forderungen, wie z. B.:

- Anforderung an Energieeffizienz
- Anforderung an Emissionsfreiheit / z. B. CO₂- Freiheit
- Hohe Verfügbarkeit / lange Wartungsintervalle
- Hohe Reichweiten und kurze Tank- / Nachladezeiten
- Fahreigenschaften / sanfter, ruckfreier Betrieb
- Niedrige Gesamtkosten (Lebensdauerkosten)

Flurförderzeuge mit alternativen Antrieben erfüllen einen Teil dieser Zusatzforderungen. Sie sind aber i. d. R. nicht, bzw. nur eingeschränkt für den innerbetrieblichen Einsatz geeignet. Nachteil dieser Konzepte sind die derzeit noch nicht konkurrenzfähigen Gesamtkosten. Die alternativen Antriebe

werden im Folgenden nicht weiter betrachtet. Da die Entwicklung auf diesem Gebiet rasant weiter geht, wird dieses Thema zu einem späteren Zeitpunkt wieder aufgegriffen und nachgetragen.

2.1.1.1.1 Manueller Antrieb

Zu den Flurförderzeugen ohne motorischen Antrieb zählen z. B. die verschiedenen Formen an Wagen für den innerbetrieblichen Transport und zum Kommissionieren (Handpritschenwagen, Etagenwagen, Rollbox, usw.) sowie die Handgabelhubwagen.

Das Schieben oder Ziehen der FFZ kann mit erheblichen Belastungen für das Bedienungspersonal verbunden sein. Spitzenwerte der Belastung werden beim Anfahren und beim Abbremsen erreicht. Neben anderen Einflussfaktoren sind für die Belastung folgende Kriterien zu beachten (siehe auch [BGI 2]):

- Das Gesamtgewicht des FFZ (Leergewicht + Nutzlast)
- Die Häufigkeit der Transporttätigkeit innerhalb einer Arbeitsschicht
- Länge der Transportwege während einer Arbeitsschicht.

Für den Einsatz dieser FFZ sind neben dem Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) auch die Lastenhandhabungsverordnung (LasthandhabV) zu beachten.

Auch aus wirtschaftlicher Sicht ist der Einsatzbereich von Hand verfahrenen Flurförderzeugen sehr eingeschränkt. Tendenziell lohnt er sich nur, wenn gelegentlich geringe Gewichte über kurze Wege zu fördern sind.

Von Hand verfahrenen Flurförderzeuge können aber auch wirtschaftlich in großer Häufigkeit eingesetzt werden, wenn sie nach kurzem manuellen Verfahren zur Lastaufnahme- bzw. Abgabe für die Überbrückung von längeren Wegen an ein Schleppsystem übergeben werden (z. B. an Routenzüge). Dafür gibt es bei Bedarf geeignete Anhängervorrichtungen als Zubehör. Zum Schleppen kommen sowohl Unstetigförderer als auch Stetigförderer zum Einsatz. Zu diesen Schleppsystemen zählen:

- FFZ als Schlepper
- Unterflur-Schleppkettenförderer
- Flurfreie Schleppkettenförderer

2.1.1.1.2 Verbrennungsmotorischer Antrieb

Für Flurförderzeuge sind mit unterschiedlichen Arten von Verbrennungsmotoren erhältlich. Nach der Art des Motors und der Art des verwendeten Kraftstoffs kann unterschieden werden:

- Dieselmotor
- Ottomotor, für den verschiedene Kraftstoffe genutzt werden können:
 - Benzin
 - Erdgas
 - Flüssiggas
 - Wasserstoff

Anmerkung: Benzin-FFZ sind am Aussterben. Die Gründe sind:

- Für Arbeiten in geschlossenen Räumen werden Elektro-FFZ eingesetzt, bzw. bedingt auch gasbetriebene FFZ.
- Für Arbeiten im Freien weisen Diesel-FFZ günstigere Betriebskosten auf.

Flurförderzeuge mit Verbrennungsmotor erzeugen gesundheitsschädliche Abgase. Die „Technische Regel für Gefahrstoffe“ (TRGS 900) gibt Grenzwerte vor, die nicht überschritten werden dürfen. Nach BGV D27, § 21 dürfen Flurförderzeuge mit Verbrennungsmotor in ganz oder teilweise geschlossenen Räumen nur betrieben werden, wenn in der Atemluft keine gefährlichen Konzentrationen gesundheitsschädlicher Abgasbestandteile entstehen können.

- FFZ mit Dieselmotor werden nur im Freien eingesetzt.
- FFZ mit Gas-Verbrennungsmotor werden überwiegend im Freien eingesetzt und dürfen nur gut durchlüftete Hallen befahren.
 - Nach BGV D27 § 18 dürfen FFZ mit Flüssiggasantrieb in Räumen nur abgestellt werden, wenn diese über Erdgleiche liegen und ausreichend durchlüftet sind. Sie dürfen nicht in der Nähe von Öffnungen zu Räumen unter Erdgleiche abgestellt werden.
 - Flüssiggas (LPG) wird auch Treibgas, oder Staplergas genannt. Chemisch entspricht es dem Autogas, wird aber steuerlich anders bewertet.
Bei kleinen Fahrzeug-Flotten wird das Treibgas auf den Flurförderzeugen in Gasflaschen angebracht. Eine gängige Größe sind 11-kg-Gasflaschen. Das Betanken erfolgt einfach durch Austausch der Gasflaschen. Doch schon bei einer Flotte von mehr als drei Fahrzeugen kann sich die eigene Betriebstankstelle (Gasfüllanlage, siehe Teil IV.1, Kap. 3.4.2 ff) rentieren. Die Fahrzeuge erhalten dann anstelle der Gasflaschen größere fest installierte Tanks und haben dadurch eine größere Reichweite.

Verbrennungsmotorische Antriebe werden insbesondere eingesetzt, wenn hohe Anforderungen an die Leistung gestellt werden. Gegenüber elektromotorisch betriebenen Flurförderzeugen hatten FFZ mit verbrennungsmotorischem Antrieb (insbesondere bezogen auf Gabelstapler) bisher folgende Vorteile:

- Höhere Fahr- und Hubgeschwindigkeit
- Bessere Beschleunigung
- Besseres Steigvermögen

Diese Vorteile schwinden derzeit. Zur Konkurrenz werden Gabelstapler mit frequenzgeregelten Drehstrom-Asynchronmotoren. Außerdem ist der Einsatz von FFZ mit Verbrennungsmotoren für den innerbetrieblichen Transport praktisch vernachlässigbar.

2.1.1.1.3 Elektromotorischer Antrieb

Flurförderzeuge mit elektromotorischen Antrieben waren bis zur Mitte der 90 er Jahre überwiegend mit Gleichstrommotoren ausgerüstet. Danach nahm der Anteil der FFZ mit Drehstromantrieb aber zu (siehe auch unten unter 2.1.1.1.3.2). Nachteile der impuls gesteuerten Gleichstrommotoren gegenüber den mit Frequenzumrichtern betriebenen asynchronen Drehstrommotoren [SAL 3]:

- Verschleiß und Spannungsabfall an den Bürsten
- Kommutierungsverluste
- Geringe Energierückspeisung
- Beschädigung der Rotorwicklungen
- Erhöhter Geräuschpegel
- Abnehmendes Drehmoment bei steigender Drehzahl
- Wartungs- und Reparaturaufwand sowie damit verbundene Stillstandzeiten und Kosten in Verbindung mit:
 - Kohlebürsten und Kollektoren
 - Richtungsumkehrschütze

Haupteinsatzbereiche der Elektromotoren sind:

- Fährantrieb
- Hubmotor
- Lenkhilfe
- Mastvorschub bei Schubmaststaplern
- Schwenken der Gabeln bei Schwenkschubstaplern

Die Elektromotoren können dabei direkt die Komponenten antreiben; sie können aber auch indirekt zunächst eine Hydraulikpumpe und damit ein hydraulisches Antriebssystem antreiben (siehe unten).

Elektromotorische Antriebe produzieren keine Abgase und sind leise. Nachteilig ist die Energieversorgung, wobei auch hier die Entwicklung Lösungen aufzeigt.

2.1.1.1.3.1 Energieversorgung mittels Batterietechnik oder Brennstoffzellen-System

Flurförderzeuge sind per Definition gleislose Fahrzeuge (siehe oben). Die Energieversorgung elektrisch betriebener FFZ erfolgt über einen mitgeführten Energiespeicher. Bei der Anschaffung eines elektrisch betriebenen FFZ verursacht der Energiespeicher einen wesentlichen Anteil des Anschaffungspreises. An der Art und Leistungsfähigkeit der Energiespeicher wird seit Langem geforscht und weiterentwickelt. Inzwischen gibt es mehrere unterschiedliche Speichersysteme, die sich in ihren technischen Merkmalen und im Preis wesentlich unterscheiden. Grundsätzlich kann unterschieden werden in:

- Batterietechnik (Akkumulatoren)
- Brennstoffzellen

Batterietechnik

Begriffe

- Prinzipiell müsste unterschieden werden zwischen Batterien und Akkumulatoren. Während es sich bei Batterien um nicht wieder aufladbare Energiespeicher handelt, können Akkumulatoren wieder aufgeladen werden. Streng genommen handelt es sich bei den Energiespeichern, die in FFZ eingesetzt werden, um wieder aufladbare Akkumulatoren. Im Sprachgebrauch – und auch nachfolgend – werden die Begriffe aber synonym verwendet.
- Die Antriebsbatterie eines FFZ wird auch als Traktionsbatterie, Hochvoltspeicher oder als Zyklenspeicher bezeichnet.
Bei diesen Traktionsbatterien handelt es um besonders zyklensichere Akkumulatoren, die in der Lage sind, ihre gespeicherte Energie über längere Zeiträume abzugeben und viele Lade-/Entladezyklen zu überstehen.
Traktionsbatterien sind **nicht** zur Verwendung als Starterbatterie geeignet. Starterbatterien sind so ausgelegt, dass sie für den Startvorgang kurzfristig hohe Strommengen abgeben können.
- Die Zyklensicherheit ist die Anzahl der möglichen Wiederaufladungen einer Batterie, bis deren Kapazität einen gewissen Wert unterschreitet. Hierfür sind weitere Bezeichnungen zu finden, wie z.B. Stabilität oder Brauchbarkeitsdauer.

Aufbau und Funktionsweise der Akkumulatoren

Die Traktionsbatterien sind eine Zusammenschaltung von mehreren Akkumulatoren-Zellen, von denen jede für sich eine vollwertige – wenn auch zu schwache – Batterie darstellt. Jede einzelne Zelle hat eine Nennspannung von ca. 2 Volt. Durch Reihenschaltung der Einzelzellen wird die Betriebsspannung der Traktionsbatterie erzielt. Jede dieser Zellen besteht aus:

- einem Elektroden-Paar (Kathode und Anode).
 - Die Kathode (Pluspol) besteht aus Metalloxid,
 - die Anode (Minuspole) aus metallischem Material.
- einem Elektrolyten
- einem Separator, der die positive und die negative Elektrode voneinander trennt, um einen Kurzschluss zu vermeiden. Der Separator ist durchlässig für Ionen, ist aber nicht elektrisch leitfähig.

Durch den chemischen Prozess der Elektrolyse fließen beim Entladen der Batterie Elektronen von dem metallischen Material der Anode zum Metalloxid der Kathode, d. h. beim Entladen der Batterie wird chemische Energie in elektrische Energie umgewandelt.

Beim Wiederaufladen wird der Prozess umgekehrt. Zum Laden / Wiederaufladen der Batterie ist Gleichstrom erforderlich. An einer (i. d. R. stationären) Ladestation wird hierzu dem Netz Dreh- oder

Wechselstrom entnommen, auf die erforderliche Batteriespannung transformiert und gleichgerichtet. Beim Laden fließen negativ geladene Elektronen von der Kathode durch den Separator zur Anode.

Unterschiedliche Arten von Akkumulatoren

Die bekanntesten Akku-Arten für Flurförderzeuge sind:

- Blei-Säure-Batterien
 - mit flüssigem Elektrolyt oder
 - mit in einem Vlies oder in Gel gebundenem Elektrolyt
- Nickel-Cadmium-Batterien
- Lithium-Ionen-Batterien

Blei-Säure-Batterie

Die Blei-Säure-Batterie mit flüssigem Elektrolyt ist die klassische Bleibatterie. Bei ihr besteht die Anode aus Blei und die Kathode aus Blei-Oxid. Der Elektrolyt besteht aus destilliertem Wasser und verdünnter Schwefelsäure.

Die Blei-Säure-Batterie wird im Betrieb bis auf eine festgelegte untere Entladegrenze entladen (Untergrenze 20% der Nennkapazität). Die Akkus werden dann in Ladestationen langsam wieder aufgeladen. Die Aufladezeit kann bis zu 8 Std. dauern. Es gibt auch FFZ, die ein Ladegerät mitführen, so dass das Aufladen an jeder Steckdose erfolgen kann.

Bei herkömmlichen Blei-Säure-Akkus nimmt der Wassergehalt während des Betriebes stetig ab. Es muss daher regelmäßig (i. d. R. während der Aufladephasen) demineralisiertes Wasser nachgefüllt werden.

Es gibt auch „wartungsfreie“ Batterien mit flüssigem Elektrolyt. Bei diesen ist das Nachfüllen von Wasser praktisch nicht nötig.

Blei-Gel- bzw. Vlies-Batterien sind eine Weiterentwicklung der klassischen Bleibatterie. Es handelt sich dabei um geschlossene Systeme, bei denen die Säure als Gel in Kieselsäure oder in einem Vlies (Glasfasermatten) gebunden wird. Das Nachfüllen von destilliertem Wasser entfällt. Auch erzeugen sie beim Ladevorgang kein gefährliches Knallgas. Gegenüber der Nassbatterie (s. o.) ist die Entladegrenze dieser wartungsfreien Batterien aber schon bei 40 % erreicht.

Der Einsatz von Blei-Säure-Batterien in Flurförderzeugen ist seit langem bewährt. Wegen der vergleichsweise langen Ladezeit eignen sie sich insbesondere bei FFZ mit geringer Auslastung. Bei Einschichtbetrieb kann die Batterie in den betriebsfreien Stunden geladen werden. Bei intensiver Auslastung und Mehrschichtbetrieb ist je FFZ eine Wechselbatterie erforderlich.

Nickel-Cadmium Batterien

Bei der Ni-Cd-Batterietechnik wird Kalilauge als Katalysator verwendet; die Kalilauge ist aber an der eigentlichen Reaktion nicht beteiligt. Es reagieren zwei Metalle in Verbindung mit Wasser als galvanisches Element.

Ni-Cd-Batterien haben gegenüber den Bleibatterien einige Vorteile:

- Sie sind leistungsfähiger und einfacher in der Handhabung,
- Die Zyklenfestigkeit ist höher.
- Eine Selbstentladung findet nur in geringem Umfang statt.
- Es sind höhere Entlade- und Ladeströme möglich.
- Die Batterien sind für Zwischenladungen geeignet; innerhalb einer sehr kurzen Zeit kann mit sehr hohen Strömen nachgeladen werden. Damit können diese Batterien auch bei Mehrschichtbetrieb eingesetzt werden.
- Ni-Cd-Batterien arbeiten störungsfrei bei Umgebungstemperaturen von -40 °C bis +50 °C.

Lithium-Ionen-Batterien

„Vermehrt werden Lithium-Ionen-Batteriesysteme für den Einsatz in Flurförderzeugen angeboten. Diese unterscheiden sich in ihrem Aufbau und ihrer Funktionsweise wesentlich von den bekannten Blei-Säure-Batterien.“ (siehe VDMA-Veröffentlichung unter [VDM 3]) Wesentliche Bestandteile des Lithium-Ionen-Batteriesystems nach [VDM 3] sind:

- die Lithium-Ionen-Zellen
- das Batterie-Management-System
- die zugehörige Ladetechnik.

Die Lithium-Ionen Zellen sind der Kern der Lithium-Ionen-Batteriesysteme. Es sind leistungsfähige Energiezellen, die zu größeren Modulen verschaltet werden. In der chemischen Zusammensetzung gibt es unterschiedliche Zellen. Bei allen sind Lithium-Ionen in Anode, Kathode und Elektrolyt enthalten.

Das Betriebsmanagement (BMS) ist immer zum sicheren Betrieb der Li-Ion-Technik in FFZ erforderlich. Es überwacht und regelt die wichtigen Batterie-Kenngrößen während des Ladens und des Betriebs. (Blei-Säure-Batterien verfügen im Allgemeinen nicht über ein solches System).

Zum Laden von Lithium-Ionen-Batteriesystemen werden ausschließlich Hochfrequenz-Ladegeräte verwendet, die in der Regel mit einer zusätzlichen Kommunikationsschnittstelle ausgestattet sind.

Lithium Batterien bieten zahlreiche Vorteile gegenüber Blei-Säure-Batterien:

- Sie haben einen höheren Wirkungsgrad;
- Die Energiedichte ist höher; bei gleicher Größe können sie die dreifache Energiemenge speichern.
- Sie haben eine vergleichsweise lange Lebensdauer.
- Sie sind wesentlich wartungsärmer
- Sie haben kurze Ladezeiten und können im laufenden Betrieb in kurzen Pausen mit hohen Strömen zwischengeladen werden. Dies zeichnet sie besonders für den Einsatz in Lagersystemen mit hohen Umschlagsleistungen und für den Mehrschicht-Betrieb aus.
- Beim Laden können keine Gase entweichen. Dadurch können der Batterieladeraum und das Entlüftungskonzept eingespart werden.

Nachteilig ist noch der hohe Anschaffungspreis.

Brennstoffzellen-System

Eine Brennstoffzelle ist ein Wandler, der chemische Reaktionsenergie in elektrische Energie wandelt zur Versorgung von Elektroantrieben. Kernstück eines Brennstoffzellensystems ist der sogenannte Brennstoffzellen-Stack. Der Stack ist ein Stapel aus Brennstoffzellen, die in Serie geschaltet sind. In jeder Brennstoffzelle werden Wasserstoff und Sauerstoff (Sauerstoff aus der Luft) mit Hilfe eines Katalysators über eine Membran zusammengeführt. Dabei entstehen Strom, Wasser und Wärme [HMU 1]. Diese Reaktion wird auch „kalte Verbrennung“ genannt.

Weitere Komponenten eines Wasserstoff-Antriebes für Flurförderzeuge sind:

- ein Tank für gasförmigen Wasserstoff (350 bar),
- ein Energiespeicher in Form einer kleineren Lithium-Ionen-Batterie
Dieser Energiespeicher dient dazu, nicht benötigte oder durch Rekuperation gewonnene Energie zwischenspeichern, um sie für Lastspitzen schnell wieder zur Verfügung zu haben.
- ein Lüfter.

Ein derartiges Brennstoffzellen-System kann nachträglich in ein modifiziertes Elektro-Flurförderzeug eingebaut werden. Hierzu wird die Batterie ausgebaut und durch das Brennstoffzellen-System ersetzt.

Anmerkung: Aufgrund der Maschinenrichtlinie ist für die Umrüstung eines E-FFZ die Freigabe des Herstellers erforderlich.

Vorteile der Brennstoffzellen-Technologie für FFZ:

- Hohe Verfügbarkeit der Flurförderzeuge durch
 - Schnelles Betanken; nur ca. 3 Minuten sind zum Betanken der Brennstoffzellen erforderlich
 - Kein Batteriewechsel erforderlich.
- Hohe Flexibilität auch bei Auftragsspitzen, zusätzliche Betankungen sind jederzeit möglich
- Lange Lebensdauer (durchschnittlich ca. 10.000 Betriebsstunden) bei geringem Wartungsaufwand.
- Kein Leistungsabfall im Laufe des Einsatzes
- Umweltfreundlich
 - Emissionsfreier Betrieb; nur destilliertes Wasser als „Abfallprodukt“
 - CO₂-neutral bei Verwendung von „grünem“ Wasserstoff
 - Kein Hantieren mit giftigen Chemikalien wie Batteriesäure oder Blei
- Sauberes Handling, daher geeignet für den Einsatz in hygienekritischen Bereichen wie z. B. in der Pharma- und der Food-Industrie.
- Einsatz im Temperaturbereich von - 30°C bis 40°C möglich

2.1.1.1.3.2 Elektromotor und Antriebssteuerung

Als Antriebseinheiten in Flurförderzeugen werden Gleichstrommotore oder Drehstrommotore eingesetzt (siehe auch oben). Elektromotore haben den Vorteil, dass beim Bremsen des FFZ sowie ggf. auch beim Absenken des Hubmastes Energie über generatorischen Betrieb zurückgewonnen werden kann.

Unabhängig von der Motorart muss die Leistung des Elektroantriebs während des Betriebes gesteuert / geregelt werden. Hierfür ist eine Antriebssteuerung erforderlich. Die Steuerung erhält vom Fahrpedal, dem Steuerhebel oder einer sonstigen Bedieneinheit Signale. Die Steuerung erfolgt über:

- Widerstandsschaltung (veraltet)
- Impulssteuerung (Im Vergleich zur Widerstandsschaltung)
 - Energiesparende, ruckfreie und stufenlos arbeitende Regelung über Thyristoren
 - Kontaktlose und damit verschleißfreie Regelung
 - Geringerer Energieverlust, dadurch längere Batterieeinsatzdauer.
- Frequenzumrichter (modernes Konzept)

Gleichstromantrieb (DC-Antrieb)

Beim Gleichstrommotor wird die eingespeiste Energie über Kohlebürsten und Stromwender (Kommutatoren oder auch Kollektoren bezeichnet) vom Ständerpaket auf den Läufer übertragen.

- Kohlebürsten nutzen sich ab und müssen regelmäßig kontrolliert und ausgetauscht werden.
- Die Kommutatoren der Läufer unterliegen ebenfalls dem Verschleiß. Im Turnus von 2 – 5 Jahren müssen sie daher überarbeitet werden.

Der Einsatz der Gleichstrommotore in FFZ kann in Reihenschlusstechnik, oder in Nebenschlusstechnik erfolgen. Dabei hat die Nebenschlusstechnik diverse Vorteile:

- Ruckfreies, feinfühliges Anfahren
- wenn das Fahrpedal zurückgenommen wird, wird automatisch abgebremst
- Bei Bedarf kraftvolles Beschleunigen
- Geringerer Energieverbrauch

- Keine Fahrtrichtungsschütze erforderlich, dadurch
 - Geräuschreduzierter Betrieb
 - Geringerer Wartungsaufwand

Drehstromantrieb (AC-Antrieb)

Für Drehstrommotoren wird zunächst der von der Batterie gelieferte Gleichstrom mit Hilfe von Prozessoren in drei phasenverschobene Sinusströme, d. h. in Drehstrom zerlegt. Das Antriebs- bzw. Bremsmoment wird über die Frequenzsteuerung geregelt. Ist die Frequenz voreilend oder nacheilend zur mechanischen Motordrehzahl wird die Fahrgeschwindigkeit erhöht oder verlangsamt.

Der Leistungsvergleich (Drehstromantrieb gegenüber Gleichstromantrieb) gemäß Tabelle (siehe unten) zeigt, dass Drehstrommotore Vorteile haben bezüglich Verfügbarkeit, Umschlagleistung, Fahreigenschaften, Energieverbrauch, Sicherheit, Fehlerdiagnose und Lebensdauerkosten.

- Die Energie wird magnetisch, d. h. berührungslos übertragen. Daher arbeiten Drehstrommotore verschleißfrei.
- Schon bei geringer Drehzahl haben Drehstrommotore ein hohes Drehmoment; sie sind daher leistungsmäßig überlegen.
- Drehstrommotore sind besser regelbar; sie erlauben daher ein feinfühliges Fahren.
- Die Energierückgewinnung ist effektiver als beim Gleichstrommotor.

Nachteilig ist der Aufwand für Sensorik. Die Regelung erfordert Sensoren für den Rotor, wie z. B. für die Drehgeschwindigkeit, die Drehbewegung, ggf. auch zur Erfassung der Istwerte unterlagerter Regelkreise.

Bewertungskriterien	Reihenschlussmotor mit Mosfet-Steuerung	Nebenschlussmotor mit Mosfet-Steuerung	Asynchronmotor Mosfet-Umrichter
Energieverbrauch	-	+	+
Fahreigenschaften	-	+	++
Umschlagleistung	+	+	+
Verfügbarkeit	-	-	+
Sicherheit	0	0	+
Fehlerdiagnose	0	+	++
Beschaffungskosten	+	+	-
Lebensdauerkosten	-	-	+
Bewertung:	- ungünstig	0 mäßig	+ günstig
Anmerkung:	MOSFET steht für Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistors zu Deutsch: Metalloxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren.		
Tab.:	2.1.1.1 / 01	Bewertung elektrischer Antriebskonzepte	[nach WES 1]

2.1.1.1.4 Hydraulischer Antrieb

Das hydraulische Antriebssystem besteht im Wesentlichen aus:

- Einer Hydraulikpumpe
- Einem Flüssigkeitskreislauf (für eine weitgehend inkompressible Flüssigkeit; i. d. R. Öl)
- Einem Verbraucher, d. h. einem oder mehreren Energieübertragern. Dies können Hydraulikzylinder für lineare Bewegungen sein, oder auch Hydromotoren für Drehbewegungen.

Zusätzlich ist ein externer mechanischer Antrieb erforderlich, mit dem die Hydraulikpumpe in Bewegung gesetzt wird.

Die extern angetriebene Hydraulikpumpe setzt die Hydraulikflüssigkeit in Bewegung. Sobald dieser strömenden Flüssigkeit ein Widerstand entgegengesetzt wird, wird die kinetische Energie umgewandelt, d. h. es wird Druck aufgebaut. Der Widerstand kann bei Beaufschlagung von Hydraulikzylindern erfolgen und eine lineare Bewegung erzeugen, er kann aber auch bei Beaufschlagung von Hydromotoren erfolgen, die eine rotierende Bewegung erzeugen.

Hydraulische Antriebssysteme finden bei Flurförderzeuge mehrere Einsatzgebiete, wie z. B.:

- Als Antriebssystem für die Hubzylinder
- Als Antriebsaggregat für den Betrieb von Servolenkungen
- Als Fahrtrieb;
(bei dem hydrostatischen Antriebssystem der Firma Linde werden z. B. zwei langsam laufende Hydromotoren in die Antriebsachse integriert, welche die Antriebsräder direkt, d. h. ohne Untersetzungsgetriebe, antreiben).

2.1.1.2 Fahrwerk

Über das Fahrwerk wird der Kontakt zwischen FFZ und Fahrbahn hergestellt. Es dient insbesondere der Standsicherheit des FFZ, der Antriebsübertragung und der Lenkung.

Von der Art des Fahrwerks ist die Wendigkeit eines FFZ wesentlich abhängig. Damit wiederum ist der Flächenbedarf des FFZ (Hüllkurve) bei Kurvenfahrten verbunden. Die Wendigkeit eines FFZ wird bestimmt durch die Freiheitsgrade in den drei Bewegungen:

- Längsbewegung (vorwärts, rückwärts)
- Querbewegung
- Rotation um die vertikale Achse

Gemäß VDI 2510 [VDI 7] können Fahrwerke unterschieden werden in

- linienbewegliche Fahrwerke
Bei einem linienbeweglichen Fahrwerk sind nach [KÖN 1] die Bewegungsfreiheitsgrade des FFZ in der Ebene voneinander abhängig (vergleichsweise wie bei einem Kfz).
Fahrmanöver, wie z. B. Bewegungen quer zur Fahrtrichtung und Drehungen um die vertikale Fahrzeugachse sind damit nicht möglich.
- flächenbewegliche (omnidirektionale) Fahrwerke
Flächenbewegliche Fahrwerke ermöglichen beliebige Fahrmanöver in der Ebene (vergleichbar mit einem Luftkissenfahrzeug).

Konventionelle, personenbediente Flurförderzeuge, sowie die meisten fahrerlosen Transportfahrzeuge haben i. d. R. ein linienbewegliches Fahrwerk. Die omnidirektionalen Fahrwerke beschränken sich z. Zt. noch auf wenige Typen von fahrerlosen Transportfahrzeugen und Robotersystemen.

Das Fahrwerk eines FFZ hat im Allgemeinen 3 oder 4 Räder, es gibt aber auch FFZ, die mit mehr Rädern ausgestattet sind. Die Räder bestehen i. d. R. aus Metallfelgen und aus Bereifung.

2.1.1.2.1 Räder und Bereifung

In Abhängigkeit von der Art des FFZ (z. B. Frontstapler, radarmunterstützte Stapler, Wagen, Schlepper usw.) und den Einsatzkriterien (z. B. Inneneinsatz und / oder Außeneinsatz, Fahrbahnverhältnisse usw.) variieren die Größe der Räder und die Art der Bereifung. Bei der Bereifung kann grundsätzlich unterschieden werden in Luftreifen und Vollreifen.

- Luftreifen
Luftreifen sind reversibel auf Metallfelgen aufgezogen. Sie haben gute Federungseigenschaften und eine geringe Bodenpressung.
Nachteilig ist die Pannenanfälligkeit. Daraus ergibt sich die Erfordernis, den Luftdruck regelmäßig zu überwachen.

▪ Vollreifen

Bei den Vollreifen wird unterschieden in Vollgummi-Reifen, Superelastik-Reifen und den Kunststoffreifen. Da Vollreifen nicht mit Luft gefüllt sind, gelten sie als pannensicher und wartungsfrei.

○ Vollgummireifen

Der i. d. R. nicht profilierte Reifen besteht aus einer einheitlichen Gummimischung. Er hat eine hohe Tragfähigkeit und einen geringen Rollwiderstand. Nachteilig sind die geringe Federung und die hohe Punktbelastung.

Der Vollgummireifen ist geeignet für feste ebene Böden, insbesondere im Innenbereich.

○ Superelastikreifen

Der Superelastikreifen ist ein Vollgummireifen, der üblicherweise dreiteilig mit unterschiedlichen Gummimischungen aufgebaut ist:

- Die äußere Lauffläche besteht aus einem abrieb- und schnittfesten Gummi.
- Der Zwischenbereich besteht aus einem Gummi von hoher Elastizität. Primäre Aufgabe dieses Bereiches ist es, die Fahrbahnstöße zu absorbieren und somit den Fahrkomfort zu erhöhen.
- Der Innenbereich dient zum festen Sitz auf der Felge. Er besteht aus einer festeren Gummimischung mit Stahldrahtkernen.

Superelastikreifen sind besonders geeignet bei Anforderungen an erhöhte Standsicherheit.

○ Kunststoffreifen aus Polyurethan (auch als Vulkollan- Reifen bezeichnet)

Die Polyurethanreifen sind meistens mit der Felge irreversibel verbunden. Sie zeichnen sich durch ihre geringe Baugröße aus und sie verfügen über eine hohe Tragfähigkeit.

Nachteilig ist die begrenzte Fahrgeschwindigkeit:

Eingesetzt werden Kunststoffreifen fast ausschließlich in Gebäuden.

2.1.1.2.2 Radstand

Die Radstände eines Flurförderzeuges (in der Länge und in der Breite) sind wichtige Kriterien für die Standsicherheit und die Wendigkeit des FFZ. Dies gilt insbesondere für FFZ, mit denen Lasten in große Höhen gehoben werden sollen.

Der Radstand in der Länge ist i. d. R. der Abstand zwischen Vorder- und Hinterachse.

▪ Je kürzer der Radstand ist,

- desto wendiger ist das FFZ
- desto größer muss z. B. bei Frontgabelstaplern das Gegengewicht sein, damit er bei Lastaufnahme nicht über die Vorderachse kippt. Damit führt bei Frontgabelstaplern ein kurzer Radstand zu höherem Gesamtgewicht und zu höherer Achslast.

▪ Je länger der Radstand ist,

- desto besser ist der Geradeauslauf
- desto größer wird der Wenderadius. Dies hat einen schlechteren Flächennutzungsgrad zur Folge, da breitere Gänge erforderliche sind.

Der Radstand in der Breite ist bei Staplern das Maß zwischen den äußeren Kanten der Aufstandsflächen der Vorderräder. Je breiter der Radstand ist und je tiefer der Schwerpunkt des Staplers ist, desto besser sind die Kurvenlage und die Standsicherheit des Gerätes.

2.1.1.2.3 Lenkung und Antriebsübertragung

Eine Fahrtrichtungsänderung des Flurförderzeuges wird – ausgenommen bei Fahrerlosen Transportsystemen – durch die Bedienperson des FFZ initiiert. Bei personenbedienten FFZ wird der Lenkeinschlag systemabhängig bewirkt durch:

- Schwenken der Deichsel bei deichselgeführten Geräten
- Betätigen des Lenkrades oder des Joysticks.

Bei fahrerlosen Transportsystemen wird die Lenkung von der integrierten Fahrzeugsteuerung initiiert.

Die Übertragung der Lenkimpulse auf die Räder, welche die Lenkung letztendlich ausführen, kann mechanisch, elektromechanisch oder hydraulisch erfolgen. Diese Räder können auch Antriebsräder sein.

Für personenbediente und fahrerlose Flurförderzeuge gibt es anwendungsspezifische Lenkkonzepte (siehe auch oben unter 2.1.1.2 Fahrwerk: „linienbewegliche und flächenbewegliche Fahrwerke“):

- Fahrtrichtungsänderung über Lenkräder oder über Schwenkachsen.

Zur Kurvenfahrt werden Räder in die entsprechende Fahrtrichtung geschwenkt. Ein FFZ kann über nur ein einziges Lenkrad verfügen (z. B. der Dreiradstapler, dessen einzelnes Hinterrad auch das Lenkrad ist), es kann aber auch mit mehreren drehbaren Lenksystemen ausgestattet sein (z. B. der Vierwegestapler).

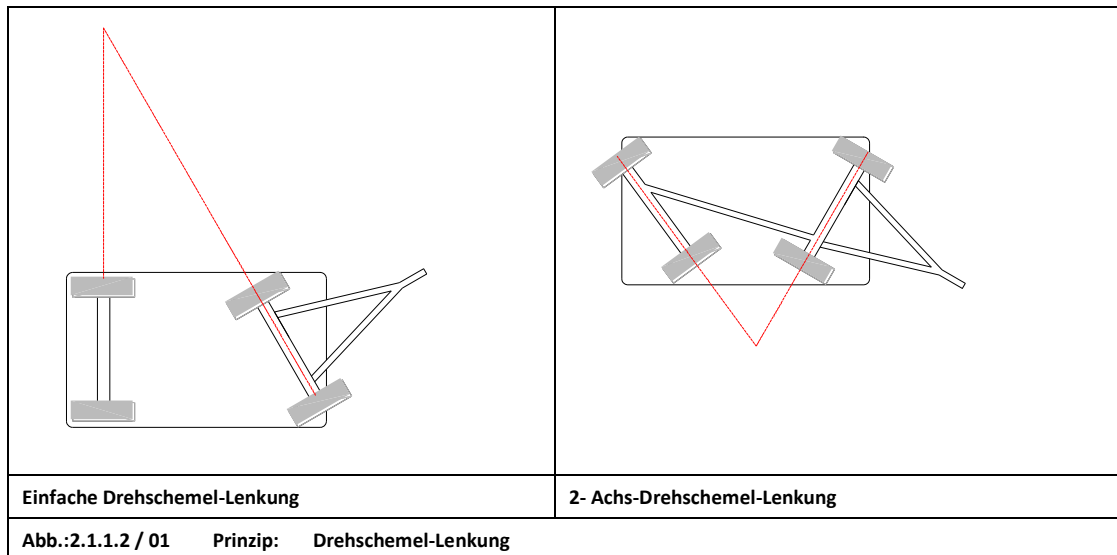
Bei diesem Lenkkonzept sind unterschiedliche Lenkarten zu unterscheiden:

- Die Drehschemel-Lenkung / Schwenkachslenkung

Ein Lenksystem besteht aus einer horizontalen Achse, an der beidseitig Räder angebracht sind. Der Winkel zwischen Achse und Laufrichtung der Räder ist starr. Zum Lenken wird die gesamte Achse mit den beiden Rädern über einen Drehpunkt, bzw. ein Drehgestell gedreht (z. B. deichselgeführter Gabelhubwagen, Anhänger).

FFZ mit Drehschemel-Lenkung haben meist nur ein Lenksystem, es gibt aber auch FFZ, bei denen z. B. sowohl Vorder- als auch Hinterachse schwenkbar sind (z. B. spezielle Anhänger).

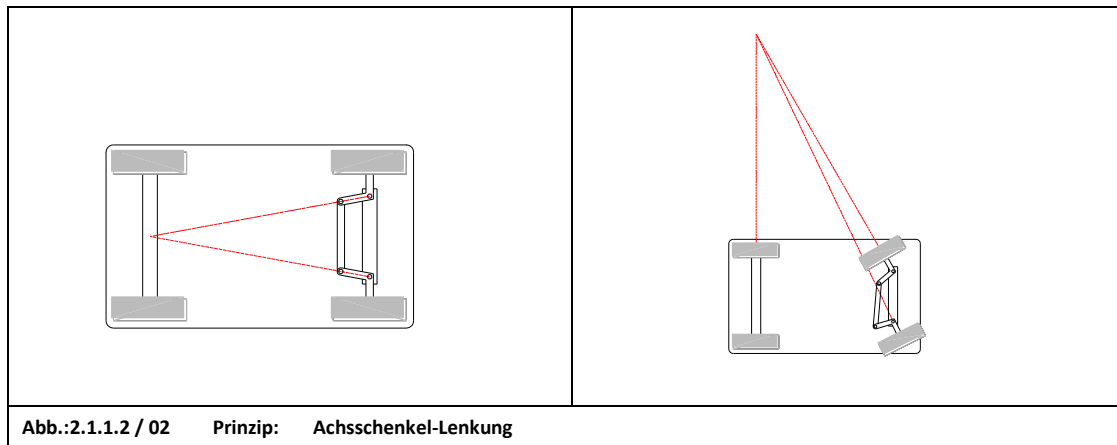
Vorteilig bei dieser Lenkart ist der enge Wenderadius. Nachteilig ist insbesondere die Kippneigung des FFZ bei Volleinschlag der Lenkung.



- Die Achsschenkel-Lenkung (Ackermannlenkung)

Ein Lenksystem besteht aus einer starren horizontalen Achse, an der beidseitig Lenkräder angebracht sind. Jedes Lenkrad hat einen eigenen Drehpunkt, um den es in Fahrtrichtung geschwenkt werden kann. Zum Lenken sind die beiden Lenkräder über Spurstange und Lenkhebel miteinander verbunden.

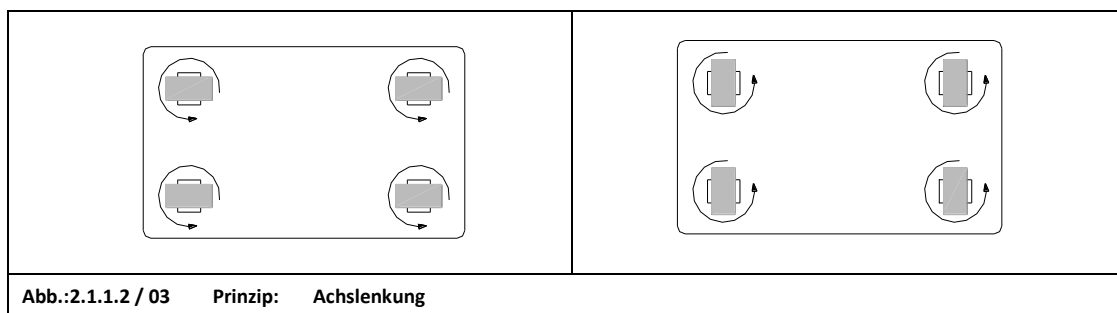
FFZ mit Achsschenkel-Lenkung haben meist nur ein Lenksystem (bei den meisten Vierradgabelstaplern ist die Hinterachse mit einer Achsschenkel-Lenkung versehen), es gibt aber auch FFZ, bei denen die Lenkräder sowohl an Vorder- als auch Hinterachse schwenkbar sind.



Um bei Kurvenfahrt den Rollwiderstand gering zu halten, haben alle Lenkräder mit der vom PKW bekannten Ackermannlenkung einen gemeinsamen Kurvenmittelpunkt. Das innere Rad wird in der Kurve stärker gelenkt als das äußere Lenkrad.

- Achslenkung / Allradlenkung

Jedes Lenkrad ist einzeln für sich mit dem FFZ verbunden und hat einen eigenen Drehpunkt, um den es in Fahrtrichtung geschwenkt werden kann, z. B. wie bei modernen Mehrwegestaplern.



- Fahrtrichtungsänderung über Differentialantrieb.

Die selbst nicht lenkbaren, d. h. um eine Achse schwenkbaren Antriebsräder können mit unterschiedlichen Drehzahlen gefahren werden. Dadurch sind Drehungen des Fahrzeugs auf der Stelle möglich.

- Fahrtrichtungsänderung mittels „Mecanum-Rädern“

Mecanum-Räder werden auch Allseitenräder und Omni-Wheels bezeichnet. Ein Fahrzeug kann mit 3 – oder 4 Mecanum-Rädern ausgestattet sein.

Die Mecanum-Räder bestehen jeweils aus einer angetriebenen Felge, an deren Umfang mehrere ballige Rollen angebracht sind. Diese Rollen haben alle einen eigenen Antrieb, über den die Stellung der Rollen in Bezug auf die Felge verändert werden kann.

Der Mecanum-Antrieb erlaubt eine extrem hohe Wendigkeit.

2.1.1.3 Lastaufnahmemittel und Anbaugeräte für Flurförderzeuge

In der Literatur ist der Begriff „Lastaufnahmemittel“ insbesondere im Zusammenhang mit Hebezeugen zu finden. Danach ist ein Lastaufnahmemittel Bestandteil der Lastaufnahmeeinrichtung, zu der auch Anschlagmittel und Tragmittel zählen. Siehe hierzu:

- DIN 15003 Hebezeuge; Lastaufnahmeeinrichtungen, Lasten, Kräfte, Begriffe
- BGR 258 Betreiben von Lastaufnahmeeinrichtungen im Hebezeug-Betrieb
- Maschinenrichtlinie 2006 / 42 / EG

Der Hebezeug-Betrieb im Sinne der oben genannten Regelungen beschränkt sich für den innerbetrieblichen Bereich auf den Kranbetrieb sowie auf Winden, Hub- und Zugeräte. In den

Definitionen der o. g. Normen und Richtlinien sind die Lastaufnahmemittel der Flurförderzeuge und sonstiger lagertechnischer Einrichtungen nicht enthalten.

Allgemein formuliert ist ein Lastaufnahmemittel (LAM) ein Bestandteil einer lager- und / oder förder-technischen Einrichtung zum Aufnehmen (Tragen und / oder Heben) von Lasten. In der Literatur wird unterschieden zwischen „Lastaufnahmemittel“ und „Anbaugeräte“.

2.1.1.3.1 Anbaugeräte für Flurförderzeuge

Anbaugeräte sind von ihrer Funktion her Lastaufnahmemittel, sie sind aber nicht Bestandteil der lager- oder förder-technischen Einrichtung. Anbaugeräte sind Zusatzgeräte – insbesondere für Stapler – um eine vielseitigere Verwendungsmöglichkeit der Stapler zu ermöglichen (siehe auch VDI 3578 [VDI 22]). Sie werden häufig am Hubgerüst eines Staplers angebaut; Anbaugeräte für kurzfristigen, bzw. häufig wechselnden Einsatz sind mit Gabelschuhen versehen, so dass sie mit den Gabeln eines Gabelstaplers aufgenommen werden können.

Typische Anbaugeräte für Stapler sind z. B.:

- Fass- / Rollen- / Ballenklammer
- Tragdorn, z. B. für Teppichrollen, Rohre
- Seitenschieber
- Schubgabel (sowohl als LAM als auch als Anbaugerät üblich)
- Drehgabel und Schwenkschubgabel (sowohl als LAM als auch als Anbaugerät üblich).

2.1.1.3.2 Lastaufnahmemittel für Flurförderzeuge

Lastaufnahmemittel bestehen aus dem Lastträger und dem Verbindungsteil zum Flurförderzeug. Die LAM können unterschieden werden in aktive und passive LAM:

- Ein aktives Lastaufnahmemittel ist eine integrierte Vorrichtung, mit deren Hilfe die lager- oder förder-technische Einrichtung „einen eigenständigen Lastwechsel ohne Zuhilfenahme einer separaten Einrichtung durchführen kann“ [vergl. JÜN 4]. „Die Lastaufnahmemittel können die Ladeeinheiten (LE) von unten, von oben, stirnseitig oder längsseitig aufnehmen“ [GUD 2].
- Bei passiven LAM wird die Last durch eine Bedienungsperson oder ein externes Gerät auf dem LAM abgelegt / arretiert. Typisches passives LAM ist die Ablagefläche auf einem Wagen.

Die unterschiedlichen aktiven Lastaufnahmemittel gemäß dieser Beschreibung unterscheiden sich nach [GUD 2] in der Durchführung des Lastspiels, d. h. mit oder ohne Leerspiel.

Lastaufnahmemittel (LAM)	Ladeeinheit (LE)	Förderzeug	Lastspiel
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Starre Gabel ▪ Schwenkschubgabel ▪ Teleskopgabel ▪ Teleskoptisch ▪ Schub- und Zugvorrichtung 	Paletten Paletten Paletten Tablare Behälter Tablare	Hubwagen Stapler Schmalgangstapler Schmalgangstapler / RBG Klein-RBG Klein-RBG	Mit Leerspiel
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rollentisch ▪ Tragkettenförderer 	Paletten Behälter Paletten Behälter	RBG / Klein-RBG VW / FTF RBG / Klein-RBG VW / FTF	Ohne Leerspiel
Tab.: 2.1.1.3 / 01 Typische Lastaufnahmemittel und ihre Einsatzbereiche (in Anlehnung an [GUD 2]) Legende: RBG: Regalbediengerät VW: Verteilerwagen FTF: Fahrerloses Transportfahrzeug			

- Mit Leerspiel bedeutet:
Für die Lastaufnahme ist eine leere Bewegung des LAM zur LE und nach der Lastabgabe eine leere Rückbewegung erforderlich (z. B. bei Förderzeugen mit starren Gabeln, Schwenkschubgabeln usw.).
- Ohne Leerspiel bedeutet:
Eine Bewegung des Lastaufnahmemittels ist unmittelbar eine Nutzlastbewegung, wie z. B. bei einem angetriebenen Rollentisch eines Förderzeuges mit dem stationäre Stetigförderer mit Übernahme / Übergabe bedient werden.

Insgesamt gibt es eine Vielzahl an LAM. Die gebräuchlichsten LAM sind:

- Gabel
Das Verbindungsteil zum FFZ ist der Gabelträger (Hubschlitten). Der Lastträger sind die Gabelzinken. Die Abmessungen von Gabelträgern und Gabelzinken sind genormt nach DIN 15173 [DIN 37] und 15174 [DIN 36]. Darüber hinaus gibt es weitere sicherheitstechnische Normen. Die Gabel ist das am häufigsten verwendete LAM zum Transportieren von Lasten, wie z. B. von Paletten. Meistens wird die Gabel mit 2 Zinken eingesetzt, es gibt aber auch Gabeln mit mehreren Zinken. In Verbindung mit Seitenschiebern (Anbaugerät) können die Gabelzinken seitlich verschoben werden, was ein millimetergenaues Aufnehmen und Absetzen der Last ermöglicht.
- Schwenkschubgabel
Die Schwenkschubgabel wird insbesondere bei Schmalgangstaplern eingesetzt. Die Gabel kann über ein Drehgelenk um 90° nach rechts und links aus ihrer Mittelstellung geschwenkt werden. Außerdem kann die Gabel am Gabelträger nach rechts und links verschoben werden. Dadurch kann die Last sowohl von vorn als auch von beiden Seiten (z. B. im Regalgang) aufgenommen bzw. abgesetzt werden. Dieses LAM erlaubt das Aufnehmen der Lasten vom Boden. FFZ mit derartigen LAM werden auch Dreiseitenstapler genannt.
- Teleskopgabel (und analog Teleskoptisch)
Das am Hubmast angebrachte LAM besteht aus einem Hubschlitten mit zwei darauf befindlichen Teleskopgabeln. Die Teleskopgabeln sind quer zur Fahrtrichtung des FFZ montiert. Damit kann die Last im Regalgang nach zwei Seiten ein- und ausgelagert werden. Zum Auslagern z. B. fährt die Teleskopgabel unter die Last im Regal, nimmt sie durch den Hub des Hubschlittens auf und legt die Last auf dem Hubschlitten ab.
Nachteilig an diesem Lastaufnahmemittel ist die Höhe der Konstruktion. Eine Aufnahme der Last vom Boden ist nicht möglich.

2.1.1.4 Hubgerüst

Bei Flurförderzeugen mit Hochhubvorrichtung ist das Lastaufnahmemittel an einem Hubmast / Hubgerüst angebracht. Das Hubgerüst selbst gehört nicht zu dem Lastaufnahmemittel. Den unterschiedlichen Einsatzbedingungen entsprechend kann unter verschiedenen Masttypen ausgewählt werden:

- Simplexmast
- Duplexmast
- Triplexmast

Der Simplexmast ist ein Hubgerüst, an dem ausschließlich das Lastaufnahmemittel vertikal verfahren wird. Im Gegensatz zum Simplexmast handelt es sich beim Duplex- und beim Triplexmast um Teleskopmaste. Damit können ineinander geschobene Mastprofile nacheinander ausgefahren werden. Beim Duplex-Mast wird der Mast einmal und beim Triplexmast zweimal ausgefahren.

Die Hubgerüste sind i. d. R. mit einem Freihub ausgestattet. Im Bereich dieses Freihubes kann das Lastaufnahmemittel angehoben werden, ohne dass dazu der Hubmast ausgefahren werden muss, d.h. die Bauhöhe des FFZ wird nicht größer. Die Teleskopmaste erlauben eine relativ niedrige Bauhöhe in abgesenktem Zustand sowie relativ große Hubhöhen durch das Ausfahren der Maste und

des Lastaufnahmemittels. Durch die Freihubeinrichtung können diese FFZ auch in relativ niedrigen Räumen mit Last verfahren werden.

Die Hubgerüste sind in der Regel nach vorn und hinten neigbar:

- Die Neigung nach vorn erlaubt ein besseres Aufnehmen und Absetzen der Last.
- Für die Fahrt wird der Mast nach hinten geneigt; dadurch ist die Last stabiler.

2.1.2 Personenbediente Flurförderzeuge

Die personenbedienten FFZ können gemäß [BGH 1] nach ihrer Bauform klassifiziert werden in:

- Mitgänger- FFZ
- Fahrerstandgeräte
- Fahrersitzgeräte

Wesentliche Unterscheidungsmerkmale sind dabei, ob die Bedienungsperson während der Förderbewegung des FFZ läuft (und ggf. durch Körperkraft das FFZ bewegt), oder ob sie auf dem FFZ stehend oder sitzend mitfährt. (Anmerkung: Eine andere Klassifizierung ist in der VDI 3586 nachzulesen [VDI 24]).

Eine Bedienungsperson, die ein FFZ führt, muss hierfür qualifiziert sein. Die Anforderungen an die Qualifikation sind in der berufsgenossenschaftlichen Vorschrift BGV D27, §7 [BGV 1] geregelt, wobei sich diese Vorschrift auf innerbetrieblich eingesetzte FFZ beschränkt. Nach dieser Vorschrift dürfen vom Unternehmer nur Personen mit dem selbstständigen Steuern von Flurförderzeugen im Sinne dieser Verordnung beauftragt werden, die bestimmte Voraussetzungen erfüllen:

- Für das selbstständige Steuern von FFZ mit Fahrersitz oder Fahrerstand muss die Person
 - Mindestens 18 Jahre alt sein
 - für diese Tätigkeit geeignet und ausgebildet sein
 - ihre Befähigung nachgewiesen haben (Flurfördermittelschein / Gabelstaplerschein).
- Mit dem Steuern von Mitgänger-FFZ dürfen nur Personen beauftragt werden, die geeignet und in der Handhabung unterwiesen sind.

Anmerkung 1: (siehe BGV D27, §1 „Geltungsbereich“)

Flurförderzeuge mit durch Muskelkraft bewegtem Fahrwerk ohne Hubeinrichtung zählen nicht zu den FFZ im Sinne dieser Unfallverhütungsvorschrift.

Anmerkung 2 (siehe Durchführungsanweisung zu § 7, Abs. 2:

Mitgänger-FFZ mit Fahrerstandplattform, deren bauartbedingte Höchstgeschwindigkeit mehr als 6 km/h beträgt, gelten als FFZ mit Fahrerstand.

Im Folgenden werden die Flurförderzeuge schwerpunktmäßig nach ihren Freiheitsgraden in den Bewegungsrichtungen von Last und Bedienungsperson eingeteilt. Im Rahmen der Planung und Auswahl von Konzeptalternativen wird zuerst nach diesen Kriterien sowie nach der Art der Lastaufnahme (inkl. Tragfähigkeit bzw. Zugkraft) selektiert.

2.1.2.1 *Nur horizontale Bewegung von Bedienungsperson und Last*

Flurförderzeuge, die (abgesehen von einem evtl. Freiheben der Last) nur die horizontale Bewegung der Last und der Bedienungsperson ermöglichen, gibt es für die unterschiedlichsten Einsatzbereiche innerhalb des innerbetrieblichen Transportes. Dementsprechend gibt es die FFZ in vielfältigen Bauarten.

Flurförderzeuge, die nur eine horizontale Bewegung von Last und Bedienungsperson erlauben, können (abgesehen von Mischformen) auch unterschieden werden in:

- FFZ, die selbst keine Nutzlast tragen können
- FFZ zum Tragen von Nutzlast ohne Hubausrüstung
- FFZ zum Tragen von Nutzlast mit Niederhubeinrichtung

2.1.2.1.1 FFZ, die selbst keine Nutzlast tragen können (Schlepper)

FFZ, die i. d. R. selbst keine Last tragen können, sondern mit denen die zu befördernden Lasten auf verfahrbaren Lastträgern / Anhängern gezogen werden, sind so genannte Schlepper.

Schlepper mit Anhängern (Zug) werden häufig in Kommissionierzonen eingesetzt, in denen große Volumina zu bewegen sind (z. B. Lebensmittelbranche), oder zur Ver- und / oder Entsorgung der Kommissionierzonen (siehe hierzu auch Teil II.4, Kapitel 3.1.3 ff.).

Der Einsatz von Schleppern bekommt zunehmend Bedeutung bei der Materialversorgung an den Montagelinien. Mit dem Trend zu immer kleineren Losgrößen in der Produktion und demzufolge zu immer kleineren Bereitstellungsmengen erhöht sich die Beschickungsfrequenz. Eine Möglichkeit um Wege einzusparen, ist das Bilden von Routenzügen, mit denen Transporte gebündelt werden; d.h. die Ver- und / oder Entsorgung mehrerer Stationen auf einer vorgegebenen Route erfolgt durch einen Schlepper mit i. d. R. mehreren Anhängern.

Schlepper werden heute noch überwiegend durch Personen bedient, z. B. durch mitfahrendes Personal auf Stand- oder als Fahrersitzschleppern oder durch nebenhergehendes Personal, wie z. B. in Kommissioniersystemen. Die Entwicklung geht aber zunehmend in Richtung von halbautomatischen und automatischen FFZ (siehe FTF „Fahrerlose Transportfahrzeuge“).

2.1.2.1.2 FFZ zum Tragen von Nutzlast ohne Hubausrüstung

Personenbediente Fahrzeuge ohne Hubeinrichtung sind lediglich mit einer Plattform ausgerüstet (z.B. ebene Plattform, Rollenplattform, Kugelplattform u. s. w.), auf die das Fördergut direkt abgelegt bzw. aufgeschoben werden kann. Fahrzeuge dieser Gruppe werden zum Fördern von Gütern beim innerbetrieblichen Transport und beim Kommissionieren eingesetzt. Hierzu gehören auch Schlepper mit Ladefläche.

Der Einsatz als Kommissioniergerät setzt Greifzonen im unteren Teil der Regalzeilen voraus. Die Greifhöhe wird mit maximal 1,60 m angenommen (Augenhöhe der stehenden Person zum Kommissionieren). Zur Vergrößerung dieser Greifhöhe können die Kommissioniergeräte mit kleinen Treppen (erhöhte Standplattformen) ausgerüstet sein.

2.1.2.1.3 FFZ zum Tragen von Nutzlast mit Niederhubeinrichtung

FFZ mit Niederhubvorrichtung ermöglichen das selbstständige Aufnehmen und Absetzen von Paletten oder anderen geeigneten Ladeeinheiten am Boden ohne manuellen Eingriff an der Last. Der Hubbereich von Niederhubeinrichtungen liegt meist im Bereich von ca. 110 bis ca. 200 mm; er kann aber auch bis zu 1000 mm betragen (z. B. bei Scherenhubwagen für den Einsatz im Montage- oder im Kommissionierbereich).

Zum selbstständigen Aufnehmen und Absetzen von Lasten muss die aufzunehmende Last (das Ladehilfsmittel) mit dem Lastaufnahmemittel unterfahrbar sein. Die am häufigsten eingesetzten FFZ mit Niederhubvorrichtung sind die Handgabelhubwagen. Sie dienen i. d. R. dem Palettentransport. Es gibt aber auch FFZ mit anders gestalteter Lastaufnahme für spezielle Einsatzbereiche (z. B. für den Transport von Rollen).

FFZ mit Niederhubvorrichtung sind i. d. R. mit einem relativ großen Lenkrad (bzw. zwei Lenkrädern) und kleinen Lastrollen ausgestattet. Bei motorisch betriebenen FFZ sind die Lenkräder gleichzeitig die Antriebsräder. Die Lastrollen sind direkt mit dem Lastaufnahmemittel (i. d. R. mit den Gabeln) verbunden. Damit die Gabeln einschließlich Lastrollen für das Ein- bzw. Unterfahren von Paletten geeignet sind, ist der Durchmesser der Lastrollen nach oben auf ca. 85 mm begrenzt. Die Rollen kleiner zu gestalten würde andererseits das Verfahren der FFZ erschweren. Häufig werden die Lastrollen als Tandemrollen ausgeführt, so dass Bodenunebenheiten und übliche Schwellen ohne Probleme überwunden werden können.

Das Anheben der Last kann handhydraulisch (z. B. bei Handgabelhubwagen) oder elektrohydraulisch erfolgen. Beim Anheben wird gleichzeitig der Radstand verkürzt, d. h. die vorderen Lasträder werden fast in senkrechte Position geschwenkt.

Die Lenkung erfolgt meist über Deichsel, Niederhubgeräte mit Fahrersitz sind aber i. d. R. mit Lenksystemen wie bei Staplern ausgestattet. Der Fährantrieb erfolgt bei dem weit verbreiteten Handgabelhubwagen durch menschliche Arbeitskraft; die meisten Niederhub-FFZ haben aber einen elektromotorischen Antrieb.

In Abhängigkeit vom Einsatzzweck gibt es die Lastaufnahmemittel in verschiedenen Längen. Meistens haben die Gabeln eine Länge von ca. 1.150 mm, um z. B. eine Euro-Palette längs aufnehmen zu können. Es gibt aber auch Sonder-Gabellängen im Bereich von ca. 500 mm bis ca. 2.400 mm.

Unabhängig von den unterschiedlichen Bauformen gilt für den Einsatz von FFZ mit Niederhubvorrichtung:

- Ladeeinheiten müssen mit den Gabeln unterfahrbar sein
- Die Lasten können nur vom Boden aufgenommen und auf dem Boden abgesetzt werden.
- Wegen der geringen Durchmesser der Lastrollen erfordern diese FFZ einen ebenen Boden.
- Mit FFZ mit Niederhubvorrichtung kann eine Ladeeinheit nur frontal aufgenommen werden. Für die Regalbedienung in der untersten Ebene (Ladeeinheiten am Boden gelagert) muss mit dem FFZ im Arbeitsgang von der Fahrtrichtung zur Lastaufnahme / Lastabgabe eine rechtwinklige Schwenkbewegung ausgeführt werden. Dafür sind entsprechende Arbeitsgangbreiten erforderlich.

2.1.2.1.3.1 Handgabelhubwagen

Handgabelhubwagen sind antriebslose, deichselgeführte FFZ. Sie haben einen geringen Wenderadius und sind daher prinzipiell für Arbeiten in schmalen Arbeitsgängen und auf dem LKW geeignet. Wegen der mit der manuellen Bedienung verbundenen körperlichen Belastung der Bedienpersonen, ist dieses FFZ nur für den gelegentlichen Einsatz auf kurzen Strecken geeignet.

Neben der Wendigkeit ist der relative geringe Preis ein Grund für die weite Verbreitung dieses FFZ.

2.1.2.1.3.2 Elektro-Geh-Gabelhubwagen

Diese deichselgeführten Mitgänger-FFZ mit elektrischem Fährantrieb sind für kurze Strecken geeignet, wobei auch Steigungen überwunden werden können. Typischer Einsatzbereich ist das Be- und Entladen von LKW. Die Fahrgeschwindigkeit (mit und ohne Last) beträgt ca. 6 km/h.

2.1.2.1.3.3 Elektro-Stand- und Fahrersitz-Gabelhubwagen

Elektro-Stand-Gabelhubwagen und Elektro-Fahrersitzhubwagen ermöglichen es der Bedienperson während des Transportes auf dem FFZ mitzufahren. Aufgrund der kompakten Bauweise und der damit verbundenen Wendigkeit werden diese FFZ bevorzugt für das Be- und Entladen von LKW sowie das Paletten-Handling im Wareneingang und Warenausgang eingesetzt. Wegen der Mitfahrmöglichkeit können mit diesen FFZ relativ hohe Geschwindigkeiten beim Transport erzielt werden. Dadurch sind sie auch für lange innerbetriebliche Transportstrecken bei hohen Umschlagsleistungen geeignet.

Der Unterschied zwischen den Arten der Stand-Gabelhubwagen und den Fahrersitz-Gabelhubwagen ist fließend. Abgegrenzt wird der Bereich durch:

- deichselgeführter E- Hubwagen mit Standplattform
- Fahrersitzhubwagen mit Lenkrad

Bei den vielfältigen Modellen, die auf dem Markt sind, wird im Komfort des Mitfahrens u. a. unterschieden zwischen:

- Mitfahren im Stehen
- Möglichkeit zum Anlehnen beim Mitfahren
- Mitfahren auf klappbarem Halbsitz
- Mitfahren auf Fahrersitz

Gleichzeitig verändern sich die Lenkmöglichkeiten von der Deichselführung hin zum Lenkrad. Mit zunehmendem Fahrkomfort ändern sich konstruktionsbedingt die Einsatzmöglichkeiten:

- Das FFZ wird i. d. R. breiter und länger. Damit verliert es an Wendigkeit.
- Die Möglichkeit wird geringer, schnell auf- und abzustiegen, sowie das FFZ im Mitgängerbetrieb zu lenken.

Wesentliches Auswahlkriterium ist der durch den Einsatz bedingte Anteil von zu Fuß gehender Tätigkeit (wie z. B. Kommissionieren) im Verhältnis zum Anteil längerer Transportfahrten.

E-Stand-Gabelhubwagen

E-Stand-Gabelhubwagen sind FFZ, bei denen die Bedienungsperson auf einer Standplattform mitfahren kann. Die Standplattform gibt es in unterschiedlicher Ausführung:

- Die Standplattform ist klappbar:
 - Der Stand-Gabelhubwagen mit klappbarer Standplattform kann mit hochgeklappter Plattform wie oben beschriebener E-Geh-Gabelhubwagen über die Deichsel bedient werden. Die hochgeklappte Plattform erlaubt die gleiche Wendigkeit.
 - Für lange Transportstrecken kann die Standplattform zum Mitfahren herunter geklappt werden. Die Bedienungsperson ist während der Fahrt durch seitliche Stützarme gesichert. Dieser Schutz ist insbesondere bei Kurvenfahrten wichtig.
- Die Standplattform ist feststehend:

Bei diesen FFZ ist i. d. R. der feststehende Fahrerstand beidseitig mit einer Schutzverkleidung für den Fahrer versehen. Dadurch erfolgt der Einstieg auf die Standplattform meist über einen Heckeinstieg. Die Schutzverkleidung kann so gestaltet sein, dass sich die Bedienungsperson während des Transportes entlastend anlehnen, oder sich auf einem klappbaren Halbsitz setzen kann.
- Die Standplattform inklusive Schutzverkleidung ist motorisch / hydraulisch hebbar:

Diese FFZ werden zum Kommissionieren eingesetzt. Durch die anhebbare Standplattform können auch Artikel aus der 2. Regalebene kommissioniert werden (Greifhöhe ca. 2,5 m).

E- Fahrersitz- Gabelhubwagen

Der E- Fahrersitz- Gabelhubwagen ist ein relativ kompaktes, schmales FFZ mit guter Wendigkeit. Im Vergleich zu o. g. FFZ ist er primär für die Überwindung langer Strecken geeignet. Die E- Fahrersitz- Gabelhubwagen sind i. d. R. mit Quersitz ausgestattet, d. h. die Bedienungsperson sitzt quer zur Fahrtrichtung. Im Gegensatz zum Frontsitz erlaubt der Quersitz sowohl beim Vorwärts- als auch beim Rückwärtsfahren durch leichtes Kopfdrehen den Überblick über beide Fahrtrichtungen. Auch die Möglichkeit am Mast vorbei zu sehen ist beim Quersitz günstiger.

2.1.2.2 Horizontale Bewegung der Bedienungsperson; Lastbewegung horizontal und vertikal

2.1.2.2.1 Radarmunterstützte Stapler

Radarmunterstützte Stapler sind, neben den oben beschriebenen FFZ mit Niederhubeinrichtung und den unten beschriebenen freitragenden Staplern, die wesentlichen FFZ für den innerbetrieblichen Lager- und Transport-Betrieb. Merkmale der radarmunterstützten Stapler sind:

- Radarmunterstützte Hubwagen und Stapler unterscheiden sich primär von den oben beschriebenen FFZ mit Niederhubeinrichtung durch die Art der Hubvorrichtung und der Lastaufnahme.

Während bei den Niederhubwagen die Lastrollen mit dem Lastaufnahmemittel (i. d. R. mit der Gabel) verbunden sind, sind bei den radarmunterstützten FFZ die Lastrollen an separaten Radarmen (auch als Pratzen bezeichnet) befestigt. Die Lastgabeln können dadurch unabhängig von den Lastrollen vertikal verfahren werden.

- Radarmunterstützte FFZ nehmen während des Transportes die Last innerhalb der Radbasis auf, d. h. der Schwerpunkt der Last liegt beim Transport zwischen den vorderen Lastrollen und den hinteren Lenkrollen. Dadurch können radarmunterstützte FFZ im Vergleich zum unten beschriebenen freitragenden Gegengewichtsstapler relativ kurz gebaut werden.

2.1.2.2.1.1 Hochhub-, Gabelhochhubwagen und Spreizenstapler

Im allgemeinen Sprachgebrauch wird die Bezeichnung „Hochhubwagen“ mit der Bezeichnung „Gabelhochhubwagen“ gleichgesetzt. Insbesondere in älteren Veröffentlichungen werden aber Unterschiede gemacht. Zwar handelt es auch da im Prinzip um das gleiche FFZ, die Unterschiede bestehen aber in der Art des Lastaufnahmemittels.

- Der Hochhubwagen hat eine Plattform zur Lastaufnahme.
- Der Gabelhochhubwagen hat Gabeln als Lastaufnahmemittel.

Gemäß dem allgemeinen Sprachgebrauch wird im Folgenden die Bezeichnung „Hochhubwagen“ als Überbegriff verwendet für vielfältige Arten an FFZ. Sie decken die ganze Bandbreite zwischen Hubwagen und radarmunterstützten Staplern ab.

- **Fahrtrieb**
Wie bei den Niederhubwagen gibt es Hochhubwagen für den gelegentlichen Einsatz mit manuellem Fahrtrieb. Hochhubwagen verfügen aber i. d. R. über einen elektromotorischen Fahrtrieb.
- **Hubausrüstung**
 - Hochhubwagen sind i. d. R. mit einem Hubgerüst ausgestattet über den das LAM angehoben wird. Der Hubmast kann als Simplex- oder Duplex-Mast ausgeführt sein. Damit sind Hubhöhen bis zu 3.000 mm möglich.
 - Es gibt aber auch Hochhubwagen, bei denen der Hub über ein Scherensystem erfolgt (Scherenhubwagen). Die Hubhöhe beträgt i. d. R. bis zu 800 mm.
Mit abgesenktem LAM kann er wie ein Gabelhubwagen zum Aufnehmen und Transport von Paletten oder Gitterboxen eingesetzt werden. Durch den Hub kann er aber auch als Arbeitstisch, Kommissionierwagen u. ä. mit höhenverstellbarer Plattform für rückschonende Arbeiten Verwendung finden.
- **Betätigung des Hubs**
Die Betätigung des Hubs kann auf verschiedene Weise erfolgen:
 - rein manuell (z. B. über einen Seilzug)
 - hydraulisch, wobei der hydraulische Hub manuell oder über Pedal betätigt sein kann
 - elektrohydraulisch.
- **Position der Bedienperson zum FFZ**
Auch in Bezug auf die Position der Bedienperson zum FFZ sind alle Alternativen auf dem Markt. Es gibt Hochhubwagen als Mitgänger- FFZ, Fahrerstandgeräte und Fahrersitzgeräte. Die unterschiedlichen Merkmale sind wie bei den oben beschriebenen Hubwagen mit Niederhubeinrichtung.

Hochhubwagen gibt es mit unterschiedlichen Lastaufnahmemitteln, üblich ist aber die Gabel zur Aufnahme von Paletten o. ä.

Gabelhochhubwagen

Bei den meisten Gabelhochhubwagen ist die Lastgabel eine stabile Blechkonstruktion, die in abgesenkter Position über den Radarmen liegt. Die Lastrollen haben wie bei den oben beschriebenen FFZ mit Niederhubvorrichtung ebenfalls nur einen kleinen Durchmesser. Dadurch können geeignete

Ladehilfsmittel, wie z. B. Paletten, Gitterboxpaletten usw. mit den Radarmen einschließlich der separaten Lastgabel unterfahren werden. Nachteilig ist der geringe Durchmesser der Lastrollen.

Eine Variante ist die Bauform der FFZ, die auch in den Radarmen einen Niederhub ermöglicht. Somit können nicht nur mit der Lastgabel, sondern auch mit den Radarmen Lasten aufgenommen werden, d. h. es können gleichzeitig zwei Paletten übereinander aufgenommen werden. Geeignet sind diese Geräte insbesondere zur Be- und Entladung von LKWs mit zwei Ladeebenen übereinander.

Spreizenstapler

Eine Alternative zu o. g. Geräten sind so genannte „Spreizenstapler“ oder „Breitspur-Geräte“. Bei diesen FFZ sind die Lastgabeln nicht über, sondern zwischen den Radarmen angeordnet, so dass beim Transport die Last zwischen den Radarmen liegt. Somit müssen die Lasten nicht mit den Radarmen unterfahren werden. Zum Aufnehmen / Absetzen der Last im Bodenbereich muss aber seitlich der Last Platz für die Radarme gewährleistet sein. Vorteile sind:

- Die Lasträder können größer dimensioniert werden.
- Es können Ladeeinheiten bewegt werden, die zwar nicht unterfahrbar, aber mit den Gabeln einfahrbar sind.

Unabhängig von den unterschiedlichen Bauformen für den Einsatz von Hochhubwagen gilt:

- Mit einem Hochhubwagen kann eine Ladeeinheit nur frontal aufgenommen werden. Für die Regalbedienung muss mit dem FFZ im Arbeitsgang von der Fahrtrichtung zur Lastaufnahme / Lastabgabe eine rechtwinklige Schwenkbewegung ausgeführt werden. Dafür sind entsprechende Arbeitsgangbreiten erforderlich.
- Ladeeinheiten müssen mit den Gabeln und Radarmen unterfahrbar sein (bei Spreizenstaplern müssen die LE nur mit den Gabeln einfahrbar sein).
- Bei einer Regalbedienung in oberen Ebenen muss sichergestellt sein, dass Freiraum für die Radarme in der untersten Ebene, d. h. am Boden besteht. Dieser Freiraum kann gegeben sein durch:
 - In der untersten Ebene stehen Ladeeinheiten, die mit den Radarmen unterfahren werden können, während die Lastgabel unter dem aufzunehmenden Ladehilfsmittel eintaucht.
 - In der untersten Ebene stehen die Ladeeinheiten so weit auseinander, dass die Radarme der Spreizenstapler dazwischen durchkommen.
 - Innerhalb einer Regalanlage ist die unterste Lagerebene nicht am Boden, sondern auf Regalkomponenten abgelegt (z. B. auf unterstem Querholm), so dass die unterste Lager-ebene mit den Radarmen unterfahren werden kann.

2.1.2.2.1.2 Schubmaststapler / Schubgabelstapler

Schubmaststapler und Schubgabelstapler sind speziell für den Lagereinsatz konzipierte Geräte. Sie ermöglichen die Bedienung großer Lagerhöhen bei relativ geringen Gangbreiten. Für große Lagerhöhen sind sie geeignet, da ihre Nenntagfähigkeit auch noch in großen Höhen gewährleistet ist.

Unter der Bezeichnung „Schubmaststapler“ gibt es verschiedene Stapler (vergl. auch Kap. 2.1.2.2.2 „Quergabelstapler und Vierwegestapler“). Wesentliche gemeinsame Merkmale der im Folgenden beschriebenen Schubmast- und Schubgabelstapler sind:

- Die Last wird mit diesen Staplern frontal aufgenommen und abgegeben.
- Die Stapler sind an ihrer Front mit Radarmen ausgestattet. Die Radarme sind i. d. R. soweit auseinander, dass eine Europalette mit ihrer Schmalseite zwischen die Radarme gezogen werden kann.
- Zum Aufnehmen und Absetzen einer Last kann das Lastaufnahmemittel horizontal bis vor die Radarme verschoben werden. Dadurch kann eine Ladeeinheit vom Boden aufgenommen werden, d. h. der Stapler kann zum Aufnehmen und Absetzen der Last wie ein freitragender Stapler (siehe unten) arbeiten.

- Für den Transport wird die Last zwischen die Vorder- und Hinterrädern zurückgezogen. Dadurch werden Gesamtlänge und Wenderadius des FFZ verkürzt und die erforderliche Regalgangbreite wird verringert.

Unterschiede zwischen Schubmast- und Schubgabelstapler sind:

- Der Schubmaststapler hat ein Hubgerüst, dessen Hubmast mitsamt dem Lastaufnahmemittel (i.d.R. eine Gabel) zur Lastaufnahme /-abgabe hydraulisch vor und rückwärts verschoben werden kann.
- Der Schubgabelstapler hat einen fest positionierten Mast. Die Schubgabel wird über einen Scherenmechanismus (Pantograph) verschoben.

Die zu transportierenden Ladeeinheiten sollten von der Breite her zwischen die Radarme passen. Breitere Ladeeinheiten müssen zum Transport über die Radarme gehoben werden. Die Auslagerung (und umgekehrt die Einlagerung) breiter LE aus der untersten Regalebene (i.d.R. vom Boden), ist prinzipiell auf dreierlei Weise möglich, wobei jede mit speziellen Anforderungen verbunden ist:

- Für den Palettenaushub ist der Freiraum über der LE so groß, dass die LE bis über die Radarme angehoben werden kann und zusätzlich noch der minimal erforderliche Freiraum gewährleistet ist (siehe Teil II.2, Kap. 3.2.1.2). Dieser große Freiraum ist auch bei der zulässigen Knicklänge der Regalständer zu beachten (siehe Teil II.2, Kap. 1.4); insbesondere bei hohen Ladeeinheiten und großen Feldlasten.
- Der Arbeitsgang ist so breit, dass die LE mit dem rückwärtsfahrenden Stapler leicht angehoben und vor die Regalfront gezogen werden kann. Dort kann sie dann bis über die Radarme angehoben werden.
- Die unterste Regalebene ist nicht der Hallenboden, sondern die LE wird auf erhöhten Auflagen angedient, so dass die LE über die Radarme gezogen werden kann. Dies wäre aber mit erheblichen Zusatzkosten für die Auflagen verbunden.

2.1.2.2.2 Quergabelstapler und Vierwege- Stapler

Der Querstapler ist vom Prinzip ein Schubmaststapler. Der Schubmast ist aber nicht an der Frontseite, sondern an der Längsseite angebracht. Zum Aufnehmen / Absetzen der Last fahren Quergabelstapler daher im Gegensatz zu Frontgabelstaplern nicht frontal auf die Last zu, sondern seitlich. Die seitlich aufgenommene Last wird auf dem FFZ abgesetzt und innerhalb eines Regalganges vorwärts, bzw. rückwärts verfahren.

Da der Querstapler innerhalb des Regalganges nur vor- und rückwärts verfahren wird, benötigt er auch nur geringe Regalgangbreiten. Er ist daher besonders geeignet für die Ein-/Auslagerung sowie den Transport von Langgut. Bei entsprechendem Lastaufnahmemittel (z. B. Gabel mit 4 oder 6 Zinken) können aber auch mehrere Paletten gleichzeitig nebeneinander transportiert werden.

Eine besondere Art der Quergabelstapler sind die Vierwege-Stapler. Sie können gleichzeitig alle Räder um die Vertikalachse drehen. Dadurch sind sie in der Lage, die Fahrtrichtung um 90° zu schwenken. Bei einem Regalgangwechsel benötigen diese Stapler nicht nur relativ schmale Regalgänge, sondern kommen auch mit relativ geringen Gangbreiten im Quer- / Hauptgang aus.

2.1.2.2.3 Freitragende Stapler / Front- oder Gegengewichtsstapler

Freitragende Stapler sind FFZ mit Hochhubeinrichtung. Der Begriff „Freitragende Stapler“ bezieht sich i. d. R. auf die klassischen Gabelstapler. Mit diesen Staplern wird wie bei den radarmunterstützten Staplern die Last frontal aufgenommen, bzw. abgesetzt (daher auch die Bezeichnung „Frontstapler“). Innerhalb eines Regalganges muss auch der (freitragende) Frontstapler zum Aufnehmen / Absetzen einer Last rechtwinklig zum Regal einschwanken.

Im Gegensatz zu oben beschriebenen radarmunterstützten Staplern haben freitragende Stapler keine Radarme. Das Hubgerüst mit dem Lastaufnahmemittel (i. d. R. Gabel) ist vor den Vorderrädern angeordnet. Um ein Kippen über die Vorderräder zu vermeiden, wird dieses Gewicht einschließlich

Last vor den Vorderrädern durch ein Gegengewicht ausgeglichen (daher auch die Bezeichnung „Gegengewichtsstapler“). Infolge des notwendigen Gegengewichtes (auch als Kontergewicht bezeichnet) wird gegenüber den radarmunterstützten FFZ die Gerätelänge und damit auch der Gangbreitenbedarf vergrößert.

Anmerkung:

Bei freitragenden Staplern mit elektromotorischem Antrieb ist die Antriebsbatterie Bestandteil des Gegengewichtes.

Freitragende Stapler gibt es mit verbrennungsmotorischem und elektromotorischem Antrieb. FFZ mit Verbrennungsmotor werden bevorzugt im Außenbereich eingesetzt; FFZ mit Elektronantrieb werden bevorzugt in der Kombination Hof- Hallenbereich eingesetzt.

Elektro-Gabelstapler gibt es in Dreirad- und in Vierradausführung.

- Die Dreiradausführung hat vorn (d. h. an der Lastseite) zwei Räder und hinten ein Rad oder ein Zwillingrad. Das hintere Rad / Zwillingrad dient zur Lenkung und hat einen Lenkeinschlag von 90°. Der Antrieb kann modellabhängig über das Lenkrad oder über die Vorderräder erfolgen. Dreiradstapler sind sehr wendig, da sie um den Mittelpunkt ihrer Vorderachse drehen können. Damit haben sie einen relativ geringen Gangbreitenbedarf.
- Elektro-Vierradstapler haben sowohl vorn als auch hinten jeweils zwei Räder. Diese vier Räder bieten eine bessere Standsicherheit als drei Räder. Sie erlauben damit eine hohe Geschwindigkeit, gutes Steigvermögen sowie die Bewältigung unebener Fahrbahnen. Aufgrund dieser Eigenschaften werden Vierradstapler insbesondere im kombinierten Hof- Hallen-Betrieb eingesetzt.

Die Vorteile eines freitragenden E-Staplers gegenüber einem radarmunterstützten E-Stapler

- Der freitragende Stapler wird beim Aufnehmen / Absetzen der Last nicht durch vorstehende Radarme behindert. Die Regalbedienung wird damit vereinfacht, insbesondere kann aber mit dem freitragenden Stapler an der Rampe bis an den LKW heranfahren werden.
- Das Lastaufnahmemittel kann ohne zusätzliche konstruktive Maßnahme bis auf den Boden abgesenkt werden.

2.1.2.2.4 Schmalgangstapler / Hochregalstapler nach dem Prinzip „man down“

Schmalgangstapler sind spezielle FFZ, die für den Einsatz in schmalen Regalgängen zum Bedienen großer Lagerhöhen konzipiert sind. Sie laufen daher auch unter der Bezeichnung „Hochregalstapler“. Der Einsatz dieser Stapler erfolgt meist nur innerhalb komplexer Lagersysteme (siehe auch Teil II.2 „Lagerarten, Lagertechniken“, Kapitel 6.1 ff.)

Schmalgangstapler sind auch freitragende Stapler. Sie haben aber (anders als die oben beschriebenen Frontstapler) ein Lastaufnahmemittel, welches das seitliche Aufnehmen / Absetzen der Last ermöglicht, d. h. der Stapler muss zum Aufnehmen / Absetzen nicht in Richtung Regal einschwenken. Geeignete Paletten-Lastaufnahmemittel hierfür sind:

- Teleskopgabel
- Schwenkschubgabel und C-Schubgabel [siehe VDI 12]

Diese Schmalgangstapler gibt es sowohl für den rein personenbedienten, den halbautomatischen sowie auch für den vollautomatischen Betrieb.

- Vollautomatische Schmalgangstapler werden unter Kapitel 2.1.3 (Fahrerlose Transportsysteme) beschrieben.
- Die personenbedienten und die halbautomatischen Schmalgangstapler gibt es sowohl nach dem Prinzip „man down“ als auch nach dem Prinzip „man up“. Stapler nach dem Prinzip „man up“ werden weiter unten im Kapitel 2.1.2.3 beschrieben.

Die erforderliche Regalgangbreite beschränkt sich auf die Breite des FFZ in Fahrtrichtung, bzw. der maximalen Breite der Ladeeinheit sowie einem geringen Sicherheitsabstand. Damit liegt die Breite eines Regalganges i. d. R. bei unter 2 m. Aufgrund dieser geringen Regalgangbreiten werden Schmalgangstapler innerhalb des Regalganges geführt verfahren, wobei manche Geräte nicht nur unten, sondern auch oben geführt werden. Außerhalb des Regalganges sind Schmalgangstapler frei verfahrbar. Dies erfolgt jedoch meist nur zum Gangwechsel.

Übliche Führungssysteme sind (siehe hierzu auch Kap. 2.1.4.2):

- Mechanische Zwangsführung
- Leitdrahtgeführte, induktive Systeme
- RFID- geführte Systeme
- Lasernavigation

Wegen der geringen Breiten der Regalgänge sind hier erhebliche Sicherheitsmaßnahmen zu beachten. Der Einsatz von Schmalgangstaplern bei großen Hubhöhen erfordert außerdem besondere Anforderungen an die Qualität des Hallenbodens. Hierzu siehe auch Teil II.2 / Kapitel 6.1 ff.

Mit Schmalgangstaplern können aufgrund der geringen Regalgangbreiten und der relativ hohen Regalhöhen, die realisiert werden können, sehr große Lagerbestände auf kleinem Raum untergebracht werden. Typische Einsatzbereiche sind daher:

- Raumsparende Lagerung von Ware mit langsamem bis mittlerem Warenumschlag.
- Neubau auf begrenztem, bzw. teurem Grundstück.

Soll eine Bedienungsperson aus Bodennähe Ladeeinheiten in großen Höhen ein- bzw. auslagern, so ist dies für die Bedienungsperson eine große Belastung. Unterstützung können hierbei Gabelzinken-Kameras bieten. Diese werden am Lastaufnahmemittel angebracht. Bei entsprechender Ausleuchtung und / oder Kamertechnologie übertragen die Kameras von hier aus den Ein- / Auslagerungsvorgang auf einen Monitor im FFZ. Damit entfällt der konzentrierte Blick in die Höhe und die Ein- / Auslagerungszeit kann verkürzt werden.

2.1.2.3 Horizontale u. vertikale Bewegung von Bedienungsperson u. Last (Prinzip „man up“)

Bei den meisten personenbedienten Flurförderzeugen bewegt sich die Bedienungsperson horizontal, indem sie nebenher geht oder mitfährt. Flurförderzeuge, bei denen nicht nur die Last, sondern auch die Bedienungsperson bis in Lasthöhe angehoben werden kann, sind spezielle Geräte zum zweidimensionalen Kommissionieren (Prinzip „man up“). Diese Geräte sind i. d. R. mit einer Fahrerstand-Plattform ausgestattet. Von der Fahrerstand-Plattform aus kann in entsprechender Höhe Ware kommissioniert und auf bzw. in dem Ladehilfsmittel auf dem Lastaufnahmemittel (LAM) abgelegt werden. Aus ergonomischen Gründen können diese FFZ mit einem Relativhub ausgestattet sein; d. h. mit wachsender Beladehöhe wird die Last im Verhältnis zur Fahrerplattform abgesenkt.

Diese Kommissioniergeräte gibt es in verschiedenen Bauformen. Da sie ausschließlich innerbetrieblich eingesetzt werden, sind sie generell mit einem elektromotorischen Antrieb ausgestattet.

2.1.2.3.1 Hochhub- Kommissionierer

Hochhub- Kommissionierer werden für das manuelle Bedienen von Regalen eingesetzt (d. h. die manuelle Entnahme von Teilmengen aus dem Regal).

Bezogen auf die Fahrtrichtung ist das nicht schwenkbare LAM hinter dem Gerät angeordnet. Die Fahrer-Plattform befindet sich zwischen Hubmast und dem LAM. Da die Bedienungselemente zum Steuern des Gerätes im Bereich des Hubmastes liegen, grenzt die Fahrerplattform an das LAM. Durch diese Anordnung kann die kommissionierte Ware ohne Strecken und Beugen auf dem LAM abgelegt werden. Bei der Zuordnung „Fahrerstandplattform zu Lastaufnahmemittel“ gibt es zwei Alternativen:

- Das LAM ist von der Fahrerstandplattform aus begehbar, d. h. zwischen Plattform und LAM befindet sich keine Trennwand.
- Zwischen Fahrerstandplattform und LAM befindet sich ein zusätzlicher Hubmast für das LAM. An diesem Hubmast kann das LAM um ca. 800 mm in der Höhe relativ zum Fahrerstand verfahren werden kann (siehe oben).

Für das Kommissionieren aus dem Regal mit Hochhub- Kommissionierern gibt es sehr unterschiedliche Anforderungen an die Greifhöhe. Dementsprechend gibt es sehr unterschiedlich ausgelegte Geräte.

- Zum Kommissionieren im unteren Bereich (Greifhöhe bis ca. 2.600 mm) werden Hochhub-Kommissionierer eingesetzt, deren Fahrerstandplattform um ca. 1.000 mm angehoben werden kann.
- Zum Kommissionieren in den größeren Höhen werden Schmalganggeräte eingesetzt mit Zwangsführung innerhalb des Regalganges am Boden (z. B. mechanisch oder induktiv). Geräte für Hochregale können innerhalb eines Regalganges auch im Deckenbereich geführt sein.

Es gibt Geräte mit additiver Fahrbewegung, d. h. zur Anfahrt eines Kommissionierfaches erfolgen Fahrbewegung und Hubbewegung nacheinander. Viele Geräte sind aber mit entsprechender Auslegung für Diagonalfahrten geeignet. Durch die synchrone Fahrt- und Hubbewegung können die Kommissionierplätze auf kürzestem und schnellstem Weg angefahren werden.

Für die unterschiedlichen Greifhöhen sind die Geräte mit Einfach-, Zweifach-, oder Dreifach-Hubmast ausgestattet.

2.1.2.3.2 Kommissionierstapler

Kommissionierstapler sind universell einsetzbare Schmalganggeräte zur Regalbedienung. Sie können sowohl zum Kommissionieren (manuelle Teilentnahme von Artikeln aus dem Regal), als auch zum Ein- und Auslagern ganzer Ladeeinheiten eingesetzt werden.

Wie beim Hochhub- Kommissionierer kann das Lastaufnahmemittel relativ zur Fahrerkabine in der Höhe verfahren werden. Aber anders als die Hochhub- Kommissionierer tragen die Kommissionierstapler ihre Last üblicherweise vor sich her. Das Lastaufnahmemittel ist i. d. R. eine Schwenkschubgabel, mit der ein Ladehilfsmittel (z. B. Palette) seitlich links oder rechts oder frontal aufgenommen und abgesetzt werden kann. Es kommen aber auch Teleskopgabeln zum Einsatz.

Bei aller Universalität sollte auch bei Auswahl bzw. Konfiguration dieser Geräte darauf geachtet werden, wo der Einsatzschwerpunkt liegen wird, ob beim Kommissionieren oder beim Ein- Auslagern ganzer Ladeeinheiten.

- Geräte zum überwiegenden Ein- / Auslagern ganzer Ladeeinheiten haben einen Fahrersitz mit einem Bedienungspult in Fahrtrichtung, d. h. in Richtung LAM.
- Geräte zum überwiegenden Kommissionieren erfordern Bewegungsfreiheit innerhalb der Kabine und freien Zugriff auf das LAM. Diese Geräte sollten bevorzugt
 - einen klappbaren Fahrersitz haben,
 - ein Bedienungspult, das den Zugriff auf das LAM nicht behindert.

2.1.3 Erforderliche Arbeitsgangbreiten für Flurförderzeuge

Zur Bedienung eines Lagers (Ein- und Auslagerung, Kommissionierung) sind Arbeitsgänge zwischen den Lagergütern (in Regalen oder im Stapel) erforderlich. Die Arbeitsgangbreite ist die Wegbreite, welche erforderlich ist, um mit dem jeweiligen Flurförderzeug bei günstigen Bedingungen die o. g. Funktionen ausüben zu können; d.h. es ist das technisch bedingte minimale lichte Maß zwischen den Regalen / Stapeln. Soll ein Arbeitsgang als Verkehrsweg genutzt werden, sind ggf. zusätzliche Sicherheitsabstände entsprechend den Regelungen für Verkehrswege zu beachten (siehe Teil IV.1, Kap. 3.1.2 „Anforderungen an Verkehrswege“ sowie Teil II.2 unter „Maßnahmen zum Personenschutz und zu Gassensicherung“).

Die Arbeitsgangbreite ist abhängig von der Bauart und Tragfähigkeit des Flurförderzeuges sowie ggf. von den Abmessungen des Lager- Fördergutes. Zusätzlich ist immer ein Sicherheitszuschlag / Manövrierszuschlag von 200 mm zu berücksichtigen (siehe auch „Technisches Merkblatt FEM 4.005 [FEM1]). Die erforderlichen Arbeitsgangbreiten bezogen auf das jeweilige Flurförderzeug werden in den Typenblättern der Hersteller i. d. R. auf Basis der VDI 2198 [VDI 23] angegeben.

- Frontgabelstapler einschließlich Schubmaststapler, auch Handgabelhubwagen usw. müssen zum Ein- bzw. Auslagern im Gang eine 90°-Drehung zum Lagergut ausführen. Dies ist bei Schmalgangstaplern mit Teleskopgabel oder Schwenkschubgabel sowie bei Querstaplern und Vierwegestaplern nicht erforderlich.
- Geräte gleicher Bauart, aber größerer Nenntragfähigkeit müssen aus Standsicherheitsgründen breiter sein.

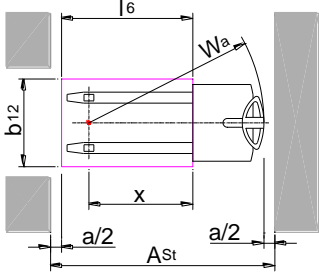
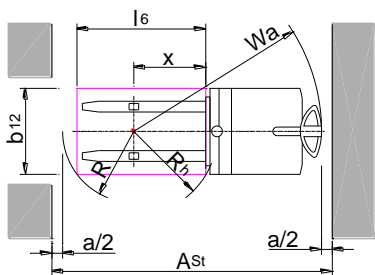
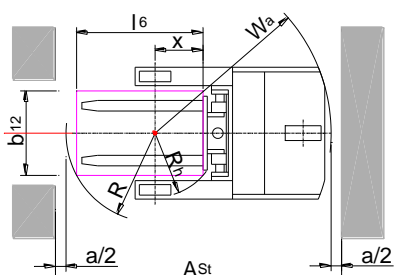
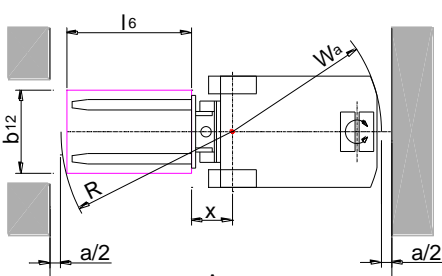
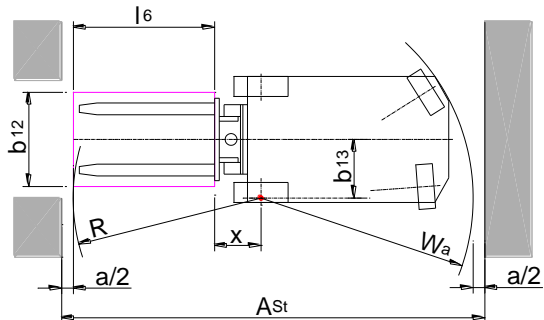
Richtwerte für Arbeitsgangbreiten werden nachfolgend aufgelistet. Basis sind gängige Einsatzbedingungen:

- Transport von Euro-Paletten (in Fahrtrichtung längs aufgenommen)
- Nennlast: 1,2 t

Gerät zur Lagerbedienung	Arbeitsgangbreite A_{st} (m)
Niederhubwagen, manuell	ca. 1,85
E- Niederhubwagen (Mitgänger)	ca. 2,05
E-Hochhubwagen (Mitgänger)	ca. 2,15
E-Fahrerstand-/ Fahrerquersitz-Stapler	ca. 2,60
Schubmaststapler	ca. 2,70
Dreirädriger Frontgabelstapler	ca. 3,20
Vierrädriger Frontgabelstapler	ca. 3,70
Vierwegestapler	ca. 2,80
Hochregal-Schmalgangstapler und Kommissionierstapler mit Schwenkschubgabel	ca. 1,80
Tab. 2.1.3 / 01 Richtwerte für Arbeitsgangbreiten (ohne Fußgänger- und ohne Gegenverkehr)	

Bei der Ein- / Auslagerung von Gütern, deren Abmessungen größer sind, als die der Euro-Paletten, sind die erforderlichen Arbeitsgangbreiten rechnerisch zu ermitteln. Parameter sind:

- Gerätespezifische Parameter gemäß Typenblatt des Herstellers
 - x Lastabstand: Abstand von Mitte Lastachse bis Vorderkante Gabelrücken.
 - W_a Wenderadius (i. d. R. liegt der Drehpunkt auf der Längs-Mittelachse des FFZ; geringfügige Abweichungen können vernachlässigt werden).
 - b_{13} Kleinster Drehpunkt Abstand: Abstand des Drehpunktes zur Längs-Mittelachse des FFZ (z. B. bei Geräten mit Achsschenkelenkung).
- Lastabhängige Parameter
 - L_6 Lastlänge
 - b_{12} Lastbreite
- Sonstige Parameter
 - a Sicherheitsabstand (Manövrierszuschlag) von 200 mm
- Rechnerisch zu ermittelnde Parameter (abhängig von der Art des FFZ)
 - R Abstand Drehpunkt bis vordere Lastecke
 - R_h Abstand Drehpunkt bis hintere Lastecke

<p>Deichsel-Niederhubwagen (Mitgänger; Antrieb manuell oder elektrisch; Drehpunkt in Achsmittle)</p> <p>Diagonale R wird vernachlässigt</p> $Rh = \sqrt{x^2 + \left(\frac{b_{12}}{2}\right)^2}$ <p>wenn $R_h < W_a$: $A_{St} = W_a + l_6 - x + a$ wenn $R_h > W_a$: $A_{St} = R_h + l_6 - x + a$</p>	
<p>Deichsel-Hochhubwagen (Mitgänger; Antrieb manuell oder elektrisch; Drehpunkt in Achsmittle)</p> $R = \sqrt{(l_6 - x)^2 + \left(\frac{b_{12}}{2}\right)^2}$ $Rh = \sqrt{x^2 + \left(\frac{b_{12}}{2}\right)^2}$ <p>wenn $R_h < W_a$: $A_{St} = W_a + R + a$ wenn $R_h > W_a$: $A_{St} = R_h + R + a$</p>	
<p>Schubmaststapler (Drehpunkt in Achsmittle)</p> $R = \sqrt{(l_6 - x)^2 + \left(\frac{b_{12}}{2}\right)^2}$ $Rh = \sqrt{x^2 + \left(\frac{b_{12}}{2}\right)^2}$ <p>wenn $R_h < W_a$: $A_{St} = W_a + R + a$ wenn $R_h > W_a$: $A_{St} = R_h + R + a$</p>	
<p>Dreirad-Gabelstapler (Drehpunkt in Achsmittle)</p> $R = \sqrt{(l_6 + x)^2 + \left(\frac{b_{12}}{2}\right)^2}$ <p>wenn $\frac{b_{12}}{2} < W_a$: $A_{St} = W_a + R + a$ wenn $\frac{b_{12}}{2} > W_a$: $A_{St} = \frac{b_{12}}{2} + R + a$</p>	
<p>Vierrad-Gabelstapler (Drehpunkt außerhalb Achsmittle)</p> $R = \sqrt{(l_6 + x)^2 + \left(\frac{b_{12}}{2} - b_{13}\right)^2}$ <p>wenn $\frac{b_{12}}{2} + b_{13} < W_a$ und $\frac{b_{12}}{2} > b_{13}$: $A_{St} = W_a + R + a$ wenn $\frac{b_{12}}{2} < b_{13}$: $A_{St} = W_a + x + l_6 + a$ wenn $\frac{b_{12}}{2} + b_{13} > W_a$: $A_{St} = \frac{b_{12}}{2} + b_{13} + R + a$</p>	
<p>Abb. 2.1.3 / 01 Berechnung von Arbeitsgangbreiten für Flurförderzeuge</p>	

Anmerkung:

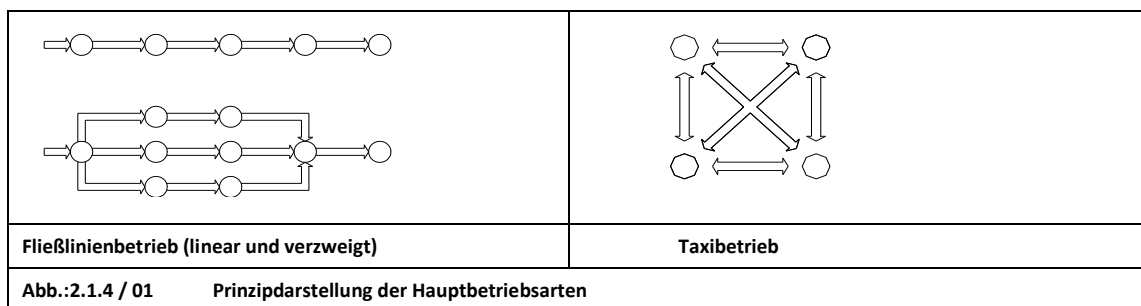
Bei der Berechnung der Arbeitsgangbreite für Deichsel-Hubwagen ist davon auszugehen, dass sich die Deichsel in Fahrstellung, jedoch in annähernd höchster Stellung befindet.

2.1.4 Fahrerlose Transportsysteme (FTS)

Ein Fahrerloses Transportsystem (kurz FTS) ist nach VDI 2510 [VDI 7] ein komplexes System für den automatischen Betrieb eines oder mehrerer berührungslos geführter Flurförderzeuge. Diese Flurförderzeuge werden als „Fahrerlose Transportfahrzeuge“ (FTF) bezeichnet. Fahrerlose Transportsysteme dienen dem Materialtransport. Nicht in diese Kategorie gehören:

- Systeme für den fahrerlosen Personentransport (siehe auch oben „Flurförderzeuge“)
- Systeme mit mechanisch geführten Fahrzeugen (z. B. mittels Schiene).

Für den Betrieb der FTF innerhalb des Systems werden nach VDI 2710 Blatt 1 [VDI 8] zwei Einsatzformen / Hauptbetriebsarten unterschieden, der Fließlinienbetrieb und der Taxibetrieb. Dabei handelt es sich um die Art der Verkettung der einzelnen Start- und Zielpositionen der FTF. Diese Haltestellen werden auch als Quelle und Senke bezeichnet, wobei jede Haltestelle gleichzeitig Quelle und Senke sein kann.



- Als Fließlinienbetrieb wird z. B. das Durchtakten von Montageplattformen auf FTF durch eine Montagelinie bezeichnet. Dabei werden die FTF als Montageplattform eingesetzt und von Montageplatz zu Montageplatz getaktet. Der Fließlinienbetrieb ist damit steuerungstechnisch eine sehr einfache Betriebsart.
- Beim Taxibetrieb sind die FTF in einem Netz von Quellen und Senken unterwegs, die untereinander frei miteinander verknüpfbar sind.

Über den Transportauftrag der FTS- Leitsteuerung fahren sie eine Position an, um eine Ladeeinheit abzuholen und transportieren sie zu einer anderen vorgegebenen Position, um sie dort abzugeben. Die Leitsteuerung ist für den Taxibetrieb besonders wichtig, da hier alle Informationen zusammenlaufen.

Da sich innerhalb eines Fahrerlosen Transportsystems die Fahrzeuge auf ihren Fahrstecken automatisch, ohne Personenüberwachung bewegen, sind zusätzliche, besondere Maßnahmen für einen störungsfreien, insbesondere aber unfallfreien Betrieb erforderlich:

- Realisierung eines hohen Organisationsgrades:
Die meisten FTF sind nicht in der Lage, eventuelle Hindernisse auf ihrer Fahrstrecke selbständig zu umfahren (von „autonomen“ FTF abgesehen). Bei diesen Hindernissen kann es sich z. B. um falsch abgestellte Paletten handeln, oder um Personen, die auf der Fahrstrecke stehen. Es muss daher im Vorfeld eine Organisation geschaffen werden, die dieses vermeidet.
- Maßnahmen zum Personenschutz
Neben der stationären Absicherung ganzer Bereiche durch Warn- und Sicherheitseinrichtungen, wie z. B. beim Schmalganglager (siehe Teil II.2, Kap. 6 ff „Komplexe Lagersysteme“) sind auch die FTF mit aktiven und / oder passiven Sicherheitseinrichtungen zu versehen.

Die wesentlichen Komponenten eines derartigen FTS sind (mit Abweichungen / Ergänzungen zur VDI 2510):

- Die fahrerlosen Transportfahrzeuge (kurz FTF)
Flurförderzeuge, wobei die Fahrzeugtypen aufgabenspezifisch sehr stark variieren.
- Das Navigations- / Führungssystem
System zur Bestimmung der jeweiligen Position und Ausrichtung des Förderzeuges.
- Die Leitsteuerung
Übergeordnetes Hard- und Softwaresystem zur Steuerung der Fahrzeuge, d. h.
 - Zuteilung von Aufträgen
 - Koordination der Fahrzeuge untereinander (wenn mehrere FTF im Einsatz sind).
- Ein Datenübertragungssystem,
damit die Leitsteuerung mit den FTF und mit peripheren Einrichtungen (und alle ggf. untereinander) kommunizieren können.

Für die Funktionsfähigkeit eines derartigen automatischen Systems ist aber das ganze Umfeld in der Planung mit zu berücksichtigen. Wichtige Einflussfaktoren sind:

- die Bodenbeschaffenheit (siehe auch Teil IV.2)
- die Lastübergabestationen
- der evtl. Einsatz in Schmalganglagern
- der Durchgang an Brandabschnitten, z. B. Anforderungen an Brandschutztore (siehe auch Teil IV.1 „Anforderungen an Gebäude“).
- Anforderungen an Batterieladestationen

2.1.4.1 Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF)

Der Ursprung der fahrerlosen Transportfahrzeuge stammt aus den 60 er Jahren des letzten Jahrhunderts. Es waren damals Weiterentwicklungen der vorhandenen personenbedienten Flurförderzeuge. Sie sind daher in weiten Teilen Flurförderzeuge gemäß der oben genannten Definition. Inzwischen gibt es auch eigenständige FTF- Entwicklungen. Der wesentliche Unterschied zum personenbedienten FFZ bleibt, dass FTF automatisch gesteuert und berührungslos geführt werden. Damit sind einige Besonderheiten verbunden.

Ein FTF besteht im Wesentlichen aus folgenden Baugruppen [in Anlehnung an FML 1]:

- dem Fahrwerk mit Lenkung
- dem Lastaufnahmemittel
- der Energieversorgung mit FTF-spezifischen Besonderheiten
- den FTF-seitigen Modulen zur Datenübertragung
- den mobilen Warn – und Sicherheitseinrichtungen
- den FTF-spezifischen Bedienelemente

2.1.4.1.1 Fahrwerk

Die unterschiedlichen Arten von Fahrwerken von FFZ, aber auch von FTF, sind im Wesentlichen in Kap. 2.1.1.2 beschrieben.

Die meisten im Betrieb befindlichen FTF haben nach wie vor linienbewegliche Fahrwerke. Es sind aber auch schon FTF mit flächenbeweglichen Fahrwerken im Einsatz. Speziell im Hinblick auf flächenfähige Fahrwerke werden in der Forschung weitere Konzepte entwickelt.

2.1.4.1.2 Lastaufnahmemittel für FTF

Die unterschiedlichen Arten von Lastaufnahmemitteln sind im Wesentlichen in Kap. 2.1.1.3 beschrieben. Der Einsatz des geeigneten Lastaufnahmemittels ist abhängig von dem verwendeten Ladehilfsmittel und der Art und Höhe der Bereitstellung / Abgabe.

Grundsätzlich können FTF unterschieden werden:

- Geräte mit Niederhubeinrichtung
- Geräte mit Hochhubeinrichtung
- Geräte für Huckepackbetrieb
 - Aufnahme / Abgabe der Ladeeinheit seitlich von Stetigförderer zu Stetigförderer (z. B. von Rollenbahn auf Rollenbahn)
 - Aufnahme / Abgabe der Ladeeinheit vertikal von / zu starrem Gestell, durch Unterfahren und Ausheben / Absetzen durch vertikalen Hub.

2.1.4.1.3 Energieversorgung für FTF

Je nach Einsatzbereich können FTF elektrisch, oder verbrennungsmotorisch (Diesel / Gas) betrieben werden. Die Antriebssysteme sind unter 2.1.1.1 ff beschrieben.

Für den innerbetrieblichen Einsatz der FTF ist der Elektroantrieb üblich. Die Energieversorgung kann berührungslos (induktiv) von außen über Leiterschleife erfolgen, oder über einen mitgeführten Energiespeicher (Akkumulator).

Die induktive Energieversorgung setzt voraus, dass die FTF sich entlang fest vorgegebener Leitlinien bewegen. Sie ist zurzeit noch relativ weit verbreitet. Da sich der Trend in der FTF- Navigation immer weiter wegbewegt von der festen Leitlinienführung hin zu flexibleren Systemen, wird die induktive Energieversorgung zukünftig eher die Ausnahme sein.

Die Energieversorgung über Akku ist ein wesentliches Thema für den wirtschaftlichen Betrieb eines FTS. Dabei sind zwei Hauptthemen zu unterscheiden:

- Auswahl der Art des Akkumulators
- Auswahl des Batterie-Ladekonzeptes

Kriterien für die Auswahl sind u. a.:

- Einsatzdauer der FTF, d. h. Anzahl der Schichten pro Tag.
- Hauptbetriebsart des FTS, d. h. Fließlinienbetrieb oder Taxibetrieb

2.1.4.1.3.1 Akku-Arten für FTF

Die bekanntesten Akku-Arten sind bereits oben beschrieben (siehe unter 2.1.1.1.3 ff).

Eignungskriterien für FTF sind:

- PzS-Akku (Blei-Säure-Batterie)
Geeignet für FTF im Taxi-Betrieb, bei dem Zwischen-Nachladungen innerhalb des Fahrkurses nicht möglich sind.
- NiCd-Akku (Alkalische Batterie)
Geeignet für FTF, die im Fließlinienbetrieb wiederholt den gleichen Fahrkurs durchlaufen. In den Fahrkurs können dann Ladestationen an Stellen integriert werden, an denen sowieso betriebsbedingt Pausen entstehen.
- Lithium-Ionen-Akku

2.1.4.1.3.2 Batterieladekonzepte

Für FTS bieten sich im Taxi-Betrieb folgende Batterieladekonzepte an:

- Fest installierte (zentrale) Batterie-Ladestation außerhalb des normalen Fahrkurses.
Dieses Konzept ist insbesondere für Ein-Schichtbetrieb geeignet. Hierfür sind i. d. R. die Kapazitäten der Batterien ausreichend. Nach Schichtende fahren die FTF zum Aufladen ihrer Akkus an die Ladestation. Die FTF bleiben an der Ladestation, bis der Ladevorgang abgeschlossen ist.
- Batterie-Wechselstation
Dieses Konzept ist unabhängig von der Anzahl der Schichten pro Arbeitstag. Hat der Akku einen

vorgegebenen unteren Ladezustand erreicht, fährt das FTF automatisch zu einer Batterie-Wechselstation. Hier wird der Akku innerhalb einer kurzen Zeit gegen einen frisch aufgeladenen Akku ausgetauscht, so dass das FTF den Betrieb fortsetzen kann.

Der Batteriewechsel kann manuell oder automatisch erfolgen. Bei der Auswahl zwischen manuellem und automatischem System ist abzuwägen zwischen den relativ hohen Betriebskosten beim manuellen System und den hohen Investitionskosten beim automatischen System. Das manuelle System ermöglicht gleichzeitig die Durchführung von Wartungsarbeiten.

Im Fließlinienbetrieb können die beiden o. g. Konzepte auch realisiert werden. Die FTF müssen hierfür aber ihren normalen Fahrkurs verlassen. Da beim Fließlinienbetrieb ein stets fester Fahrkurs vorgegeben ist und je Station die betriebsbedingten, Stillstandzeiten bekannt sind, kann hier ggf. ein weiteres Konzept realisiert werden:

- In den Fahrkurs werden an Stationen mit längeren Stillstandzeiten Ladestellen integriert, an denen eine Zwischenaufladung der Akkus über Bodenkontakte erfolgen kann. Dieses System erhöht die Flexibilität, ist aber auch besonders kostenintensiv.

2.1.4.2 Navigationssysteme / Navigationstechniken

Die fahrerlosen Transportfahrzeuge müssen bei ihrer automatisch gesteuerten Fahrt zwischen Quelle und Senke berührungslos geführt werden (siehe oben). Dazu sind Navigationssysteme erforderlich.

Die Navigation der FTF dient der Bestimmung der aktuellen Position (Ist-Situation) und der Bestimmung der weiteren Fahrtrichtung in Hinblick auf die Soll-Situation (Erreichung des Zieles). Es gibt inzwischen eine Vielzahl unterschiedlicher Navigationstechniken, die alle ihre spezifischen Einsatzfelder haben. Zur Navigation eines FTF werden meist mehrere Techniken gleichzeitig eingesetzt (siehe unten).

Je nach Navigationssystem (gepaart mit entsprechender mobiler Sicherheitstechnik sowie interner Rechner- und Softwareleistung) haben die Fahrzeuge mehr oder weniger Freiheitsgrade, ihre Fahrtroute selbst zu bestimmen. Grundsätzlich können die Navigationssysteme unterschieden werden in:

- Leitlinienabhängige Systeme und
- Leitlinienfreie Systeme

Bei den leitlinienfreien Systemen gibt es weitere Unterscheidungsmerkmale:

- Orientierungsmerkmale der Navigationssysteme am Boden oder im Raum
 - Künstliche Referenzmarken
 - Natürliche Referenzmarken
- Bestimmung der Fahrtroute zwischen den Referenzmarken:
 - Extern vorgegeben durch Leitrechner
 - FTF bestimmt Fahrtroute durch interne Intelligenz

Aufgrund dieser unterschiedlichen Freiheitsgrade in der Spurführung können die verschiedenen Systeme unterteilt werden in:

- Systeme mit (vom Leitrechner) vorgegebenen Bahnen mit Hilfe eines externen, künstlichen Leitsystems
 - Spurführung mit kontinuierlichen Leitlinien
 - Spurführung mittels künstlicher Referenzmarken am Boden oder im Raum
- Systeme mit vorgegebenen Bahnen ohne externes künstliches Leitsystem, d. h. Spurführung mittels natürlicher Referenzmarken in der Umgebung.
- Systeme ohne vorgegebenen Bahnen; mit und ohne externes künstliches Leitsystem, d. h. Spurführung über weitgehend autonom agierende Fahrzeuge.

Aufgrund der rasanten Entwicklungen im Bereich der Rechnerleistungen, der Sensorik und der Software werden inzwischen Navigationssysteme erforscht und teilweise auch realisiert, die es ermöglichen, dass die FTF bei der Fahrt innerhalb ihres Auftrages ihre Fahrtroute zumindest teilweise selbst bestimmen. Kennzeichnend für autonome Systeme sind deren dezentrale Steuerungskonzepte sowie die freie Navigation [HUF 1]. Die Freiheitsgrade für die Selbstbestimmung sind dabei noch sehr weit gestreut.

- Realisiert ist, dass FTF Vorfahrtsregeln beachten, z. B. beim Einsatz mehrerer FTF auf einer Fahrspur
- Realisiert ist, dass FTF auf dem Weg zwischen Rastermarken evtl. auftretende Hindernisse selbstständig umfahren.
- Ziel ist, dass den FTF Aufgaben zugeordnet werden und die FTF ihre Bahn selbst planen (vergleichbar den Rasenmäher-Robotern oder den Staubsauger-Robotern).

Für die heute noch übliche (nicht autonome) Navigation innerhalb von Hallen sind erforderlich:

- Ein externes künstliches oder natürliches Leitsystem, d. h. Markierungen, an denen sich die Sensorik orientieren kann
- Geeignete Sensorik am FTF zur Identifizierung dieser Markierungen.
- Lay-outs / quasi Straßenkarten, die entweder innerhalb des Fahrzeugrechners abgelegt sind, oder extern in der Leitsteuerung.
- Ein Kommunikationssystem zwischen FTF und Leitsteuerung.

(Siehe auch Teil III, Kap. 3 „Sensoren“, Kap. 4 „Techniken zur Identifikation und Lokalisierung“ und Kap. 5 „Positionserfassungssysteme / Lokalisierungssysteme“)

2.1.4.2.1 Leitlinienabhängige Navigationstechniken

Die Arten der leitlinienabhängigen Navigation sind die klassischen Methoden der FTS-Steuerung. Hierfür wird eine kontinuierliche Leitlinie in den Boden eingelassen oder auf dem Boden aufgebracht. Die Fahrtroute und sonstige Fahrbefehle erfolgen extern über den Leitreechner. Die FTF verfahren exakt entlang der Leitspur. Seitliche Abweichungen korrigieren sie selbst.

Bei Systemen mit kontinuierlicher Leitlinie muss bei einer Änderung / Erweiterung der Fahrspur die überholte Leitlinie entfernt und eine neue Leitlinie verlegt werden. Alle Navigationssysteme mit kontinuierlicher Leitlinie sind daher relativ unflexibel bei Veränderungen der Fahrspur.

2.1.4.2.1.1 Navigation über induktiven Leitdraht

Ein im Boden eingelassener Leitdraht bildet eine kontinuierliche Leitlinie. Über diesen Leitdraht fließt Wechselstrom. Unterschiedliche Bahnen / Abzweigungen können mit verschiedenen Frequenzen belegt sein. Über Induktivitätssensoren können die FTF das Feld detektieren. Abweichungen quer zur Fahrbahn kann das FTF selbstständig korrigieren.

Die Informationsübertragung zum Zentralrechner erfolgt über Leitdraht, Funk, oder Informationsstationen.

Vorteil:

- Alt bekannte und bewährte Technik,
- Beste Positionierung durch permanente Kurskorrektur
- Die Energieversorgung kann induktiv von außen über Leiterschleife erfolgen, wodurch das Mitführen der schweren Akkumulatoren entfallen würde.
- Günstige Lösung für Schmalgangstapler innerhalb der Regalgänge
- Wird im halbautomatischen Betrieb das FTF zwischenzeitlich vom Fahrkurs genommen und z. B. für Kommissionieraufgaben manuell über Deichsel geführt, findet das FTF gleich wieder seine Orientierung, wenn es auf den Fahrkurs zurückgesetzt wird.

Nachteil:

- Navigationssysteme über induktiven Leitdraht sind besonders unflexibel, da der Leitdraht im Boden einbetoniert wird.

2.1.4.2.1.2 Navigation über kontinuierlich verlegte Magnet- / Metallstreifen

Mit geeigneter Sensorik werden die Magnet- bzw. Metallstreifen abgetastet. Die Spurführung erfolgt wie beim Leitdraht. Die Magnet- / Metallstreifen sind jedoch nicht einbetoniert, sondern auf der Bodenoberfläche befestigt.

Die Informationsübertragung erfolgt per Funk

Vorteil:

- Schnelle Montage, im Vergleich zur induktiven Leitlinie; relativ einfach zu verändern und auszubauen.
- geeignet für kleine oder provisorische Anlagen.

Nachteil:

- Genereller Nachteil der kontinuierlichen Leitlinie siehe oben.
- Leitdraht kann von Metallen in der Nähe beeinflusst werden;
- Leitdraht / Magnet ist empfindlich gegen mechanische Einflüsse (Begrenzte Betriebssicherheit).

2.1.4.2.1.3 Optische Spurführung

Für die optische Spurführung wird die Fahrtroute durch farbige kontinuierliche Leitlinien markiert. Die Linien werden über CCD-Kameras identifiziert. Für einen besseren Kontrast zum Boden können z. B. schwarze Linien beidseitig durch weiße Bereiche ergänzt werden.

Die Informationsübertragung erfolgt per Funk.

Vorteil:

- Schnelle Montage, relativ einfach zu verändern und auszubauen; geeignet für kleine oder provisorische Anlagen.
- Hohe Fahrgenauigkeit durch permanente Kurskorrektur.

Nachteil:

- Genereller Nachteil der kontinuierlichen Leitlinie siehe oben.
- Bodenmarkierung ist empfindlich gegen mechanische Einflüsse (Begrenzte Betriebssicherheit).

2.1.4.2.2 Leitlinienfreie Navigation

Die Leitlinienfreie Navigation ist die Navigation der Zukunft. Bei halbautomatischem Betrieb (z.B. kombinierter manueller Kommissionierbetrieb und automatischer Transportbetrieb) können sich aber Nachteile ergeben. Beim Zurücksetzen eines FTF auf die FTF- Fahrtroute muss das FTF den Standort und den Fahrkurs erst wieder neu berechnen. Dies kann sehr zeitaufwendig sein. Eine Weiterentwicklung sind „Autonome mobile Roboter“ (siehe Kap. 2.1.5).

2.1.4.2.2.1 Koppelnavigation / Odometrie

Die Koppelnavigation, auch als Odometrie bezeichnet, ist eine Technik, die fast in allen Kombinationen der Techniken enthalten ist, insbesondere bei Systemen für leitlinienfreie Spurführung. Sie ist allein aber kein ausreichendes Navigationssystem.

Bei der Koppelnavigation wird der Fahrweg zwischen zwei Referenzpunkten (siehe unten „Rasternavigation“) über die zurückgelegte Wegstrecke und die Fahrtrichtung ermittelt.

Die Messung der Wegstrecke erfolgt mit Hilfe von Inkrementalgebern an den Rädern, d. h. die Wegentfernung wird über den Radumfang und die Anzahl Radumdrehungen ermittelt. Fahrtrichtungsänderungen können über Trägheitssensoren erfasst werden.

Systemspezifische Ungenauigkeiten, (z. B. durch Schlupf) werden beim Erreichen des nächsten Referenzpunktes korrigiert.

2.1.4.2.2.2 Rasternavigation mit Hilfe von Magneten oder optischen Mustern

Für diese leitlinienfreie Navigation wird die Fahrspur nicht durch eine geschlossene Linie, sondern durch Referenzmarken markiert, die in bestimmten Abständen zueinander angeordnet sind. Als Referenzmarken werden z.B. Magnete in den Hallenboden eingelassen, oder optische Muster auf den Hallenboden aufgebracht. Diese Referenzmarken können mit der jeweils geeigneten Sensorik detektiert werden.

Für die Anordnung der Referenzmarken gibt es zwei Möglichkeiten:

- Die Referenzmarken werden nur hintereinander entlang der Fahrspur angebracht, so dass quasi eine unterbrochene Leitlinie entsteht.
- Die Betriebsfläche wird in Koordinaten unterteilt; die Koordinaten-Kreuzungspunkte werden mit Referenzmarken markiert. Das Flächenraster ist das übliche Verfahren.

Die Standorte der Referenzmarken werden in einer Karte im Rechner hinterlegt. Zwischen den Referenzmarken erfolgt die Koordination mittels Koppelnavigation (siehe oben).

Die Informationsübertragung erfolgt über Funk.

Vorteil:

- Geringer Aufwand für die Installation der Referenzmarken
- Gegenüber Systemen mit kontinuierlichen Leitlinien sind Systeme mit Rasternavigation flexibler, da bei Fahrspuränderungen nur Programmieraufwand, aber kein mechanischer Aufwand betrieben werden muss.
- Leicht programmierbar
- Zuverlässige Navigationssicherheit

Nachteil:

- Erhöhte Anforderungen an die Navigation.

2.1.4.2.2.3 Lasernavigation mit Reflexmarken

Die Lasernavigation mit Reflexmarken benötigt ebenso wie die Rasternavigation Referenzmarken zur Navigation. Diese müssen aber nicht in Linie oder in Koordinaten entlang der Fahrspur angeordnet sein. Die Referenzmarken sind in der Fläche oder im Raum angebracht.

Auf jedem FTF befindet sich ein rotierender Laserscanner. Die Referenzmarken sind reflektierende Scheiben, die den Laserstrahl zurückwerfen. Aus mindestens drei Reflektionen kann der Standort des FTF ermittelt werden. Der Abstand zu den einzelnen Reflexmarken kann bis zu ca. 30 m betragen.

Die Lasernavigation bietet viel Potential im modularen Aufbau der Systeme. Angefangen von FTF, die außerhalb der langen Transportwege manuell über Deichsel geführt werden, bis hin zu Systemen, bei denen die FTF autonom agieren.

- Eine Möglichkeit der Lasernavigation mit Reflexmarken ist das Teach-in-Verfahren. Dabei wird mit einem FTF ein beliebiger Fahrkurs abgefahren. Jedes im System eingeschulte FTF merkt sich seine Fahrtroute und kann bei entsprechendem Fahrbefehl diese Fahrtroute wiederholen.
- Darüber hinaus gibt es eine zentrale Vorfahrtregelung, so dass mehrere FTF gleichzeitig kollisionsfrei geführt werden können.
- In Kombination mit entsprechender Sicherheitstechnik; wie z. B. Laserscanner (siehe unten) und interner Rechnerleistung und Software können die FTF autonom Hindernisse umfahren.

Vorteil:

- Kein Aufwand für die Erstellung einer Leitspur

Nachteil:

- Kosten abhängig vom Ausbau des Systems
(Kosten für Rechner, Lasersensoren, Montage der Reflektoren usw.)

2.1.4.2.2.4 Navigation mit Hilfe von Transpondern

Als Referenzmarken für die Navigation werden Transponder angebracht. Diese kommunizieren mit den FTF über elektromagnetische Wellen (RFID). Jeder Transponder ist eindeutig identifizierbar und kann auch nur innerhalb einer bestimmten Reichweite von einem FTF erkannt werden. Das Teach-in-Verfahren ist auch hier möglich.

Beim Einsatz von Transpondern ist zum einen zu unterscheiden in Systeme mit passiven Transpondern und Systeme mit aktiven Transpondern, zum anderen in Systeme mit nicht beschreibbaren und in wiederbeschreibbaren Transpondern (siehe Teil III, Kap. 4.2.2 „RFID-Systeme“)

In Systemen mit passiven, nicht beschreibbaren Transpondern wird auf der Fahrtroute die jeweilige Position eines Transponders ermittelt. Auf einer Karte im Rechnersystem sind die genauen Standorte der Transponder verzeichnet. Zwischen zwei Transpondern erfolgt die Navigation über Odometrie.

Aktive Transponder sind wiederbeschreibbar. Die Transponder können daher als Informationsspeicher genutzt werden. Die FTF können somit von einem Transponder zum nächsten Transponder weitergeleitet werden.

Vorteil:

- Gegenüber den oben beschriebenen Magneten oder optischen Mustern können in wiederbeschreibbaren Transpondern dynamische Informationen von Seiten des FTF abgelegt werden.
- Flexibilität, wenn die Transponder die Informationen zu ihren Standorten beinhalten.

2.1.4.2.2.5 Flexible Systeme mit Lasernavigation

Die Anforderungen von Industrie 4.0 (Siehe Teil I, Kap. 7, „Logistik im Zeichen von Industrie 4.0“) erfordern adaptive und flexible Automatisierungsplattformen (siehe [BAU 2]). Eine Lösung hierzu ist die Orientierung an natürlichen Landmarken.

Zunächst werden Karten mit Landmarken im FTF abgespeichert, auf Basis von Bauplänen oder CAD-Daten. Bei diesen Landmarken handelt es sich um geometrisch einfache Merkmale, wie z. B. Linien und Ecken. Zur Lokalisierung während der Fahrt des FTFs werden Landmarken in der Umgebung über Laserscanner detektiert und mit den hinterlegten Landmarken in der Karte abgeglichen.

Beim Einsatz von 2D- Laserscannern können i. d. R. keine Hindernisse in verschiedenen Höhen erkannt werden. Hierfür sind weitere Sensoren erforderlich. Inzwischen gibt es aber auch 3D-Scanner, mit denen die Umgebung komplett erfasst werden kann.

2.1.4.2.2.6 Navigation mit Hilfe von GPS

GPS ist ein Verfahren der Satellitennavigation. Voraussetzung für den Einsatz von GPS ist eine gute Anpeilung des Satelliten. Für eine hinreichende Ortungsgenauigkeit ist mindestens ein zweiter ortsfester GPS-Empfänger als Referenzstation erforderlich.

GPS benötigt weder künstliche noch natürliche Referenzmarken. Allerdings kann GPS systembedingt nur im Freien benutzt werden. GPS ist somit innerhalb von Hallen nicht einsetzbar. Auch beim Einsatz im Freien besteht bei enger Bebauung die Gefahr der Abschattung.

2.1.4.3 Leitsteuerung

Die zentrale Leitsteuerung besteht aus Hardware und Software. Sie koordiniert die einzelnen FTF untereinander und das Zusammenspiel der FTF mit den peripheren Einrichtungen (z. B. mit Lastübergabestationen, Brandschutztoren, Batterieladestationen, usw.). Bewegen sich mehrere FTF gleichzeitig innerhalb eines definierten Bereichs, bestimmt die Leitsteuerung die Vorfahrtregeln.

Zu den Aufgaben der Leitsteuerung zählen:

- Auftragsabwicklung / Planung und Terminierung
- Fahrzeugüberwachung / Verkehrskontrolle / Layout-Management
- Überwachung der Übergabestationen und sonstiger peripherer Einrichtungen
- Wartungsservice
- Protokollierung / Statistik

Zur Erfüllung ihrer Aufgaben muss eine gegenseitige Kommunikation zwischen Leitsteuerung, den FTF sowie allen einbezogenen peripheren Einrichtung aufgebaut sein (siehe „Datenübertragungs- / Kommunikationssysteme“). Langfristig ist es Ziel, immer mehr Aufgaben von der Zentrale weg zu verlagern auf die dezentralen FTF und die peripheren Anlagen.

2.1.4.4 Datenübertragungs- / Kommunikationssysteme

Für die Steuerung der einzelnen Komponenten untereinander müssen diese Komponenten miteinander kommunizieren. Aufgaben / Anforderungen an die Steuerungs- und Kommunikationseinrichtungen sind:

- Übermittlung von Positions- und Diagnosedaten
- Kompensation von möglichen Übertragungsfehlern durch geeignete Maßnahmen
- Hohe Leistungsfähigkeit bezüglich Reaktionsgeschwindigkeit und Übertragungsdauer.

Dazu werden Daten übermittelt, wie z. B.

- Fahrzeugnummer
- Fahrzeugposition
- Fahrauftrag
- Stör- und Fehlermeldungen
- Ziele
- Steuersignale an FTF und periphere Einrichtungen

Für die Datenübertragung bieten sich folgende Arten an:

- Kommunikationsschleife im Boden (induktiv oder berührend)
- Funk (siehe auch Teil III, Kap. 5.2)
- Infrarot

2.1.4.4.1 Sicherheitssysteme für den Einsatz von FTF

Die Sicherheitssysteme für den Einsatz von FTF betreffen den Personen- und Auffahrschutz. Der Personenschutz könnte zwar durch Zugangssicherung zum Gefahrenbereich realisiert werden, dies würde aber die Flexibilität des Gesamtsystems sehr stark einschränken. Die FTF selbst müssen daher mit mobilen Sicherheitssystemen ausgestattet werden, die Kollisionen vermeiden, oder zumindest die Auswirkungen eines Zusammenstoßes so gering wie möglich halten.

Die eingesetzten Sicherheitssysteme können grob unterteilt werden in

- Taktile (berührende) Schutzsysteme:

Taktile Schutzsysteme sind z. B.

- Rein mechanisch wirkende „Bumper“ (Kunststoffkissen mit integrierter Kontaktfolie), oder auch Schaltleisten:

- Optoelektronisch -mechanisch wirkende Systeme, wie z. B. Schalteisen kombiniert mit Lichtschranken

Die taktilen Schutzsysteme sind passiv. Sie reagieren auf Berührung mit dem Hindernis und stoppen dann das FTF. Dazu müssen diese Schutzsysteme so dimensioniert sein, dass das FTF innerhalb der Knautschzone zum Stehen kommt.

- **Berührungsfreie Schutzsysteme:**

Berührungsfreie Schutzsysteme sind aktiv. Sie senden Signale aus und empfangen die Reflexionen. Auf Basis dieser Informationen können eventuelle Hindernisse frühzeitig erkannt werden. Dabei wird der überwachte Raum in zwei Zonen unterteilt, wobei die Größe der Zonen von der Fahrzeuggeschwindigkeit abhängig ist.

- In der Warnzone (Hindernis außerhalb des eigentlichen Gefahrenbereiches) wird ein Warnsignal gesendet und die Fahrgeschwindigkeit reduziert.
- Erreicht das FTF die Stoppzone (das Hindernis ist trotz Warnsignal noch auf der Fahrtroute) hält das FTF sofort an.

Zu den berührungsfreien Schutzsystemen zählen z. B.

- Radar
- Passive Infrarotsysteme
- Ultraschall
- Laserscanner

Der Laserscanner dürfte sich an mobilen Geräten durchgesetzt haben. Nach [BGS1] finden Laserscanner zur Absicherung der Fahrbewegung mobiler Geräte (z. B. fahrerlose Flurförderzeuge, Verschiebewagen in Stetigförderanlagen und Flurförderzeugen in Schmalgängen) Verwendung. Es handelt sich dabei um aktive optische Sensoren, die ihre Umgebung mit Infrarotlicht abtasten. Zur Erfassung eines Objekts werden durch den Laserscanner sowohl die Entfernung zum Objekt als auch die Richtung zum Objekt ermittelt.

- Die Entfernung wird über Lichtlaufzeitmessung ermittelt. Hierzu werden Lichtimpulse ausgesendet. Beim Auftreffen auf ein Objekt, z. B. auf eine Person oder ein Hindernis, wird das Laserlicht ungerichtet reflektiert. Das reflektierte Licht wird von einem Empfänger innerhalb des Scanners erfasst. Aus der Laufzeit zwischen Aussenden und Empfang errechnet der Scanner die Entfernung zum Objekt.
- Die Richtung zum Objekt wird vom Laserscanner über rotierende Spiegel ermittelt.

Beschränkungen des Einsatzbereiches:

- Der Einsatz von Laserscannern ist i. d. R. auf geschlossene Räume beschränkt
- Der mobile Einsatz von Laserscannern ist auf elektromotorisch angetriebene Geräte beschränkt. Bei Geräten mit Verbrennungsmotor könnte die Funktionsfähigkeit des Scanners beeinträchtigt werden.
- Luftverunreinigungen wie Stäube, Nebel und Dämpfe müssen vermieden werden, da diese vom Scanner erkannt und zu Fehlabschaltungen führen können.
- Es sollten sich keine reflektierenden Gegenstände in der Scannerebene befinden, da diese die Messergebnisse verfälschen können.

2.1.5 Autonome mobile Roboter (AMR)

Autonome mobile Roboter (AMR) sind eine Weiterentwicklung der Fahrerlosen Transportfahrzeuge (FTF). Dies wird durch technologische Fortschritte ermöglicht, wie z. B. in der Sensorik und in der Rechnerleistung. Wesentlicher Unterschied zwischen AMR und FTF ist der Grad der Autonomie.

- FTF sind automatische Systeme, bei denen ein FTF eine vorgegebene Aufgabe auf einer vorgegebenen Route abarbeitet.

- AMR verfügen über künstliche Intelligenz (KI). Sie sind in der Lage, selbständig Aufgaben auszuführen und sich in ihrer Umgebung zu bewegen, ohne dass jemand sie lenken muss. Sie zeichnen sich dadurch aus, dass sie
 - keine Leitlinien benötigen
 - ihre Routen selbstständig planen
 - mittels Sensorik Hindernisse erkennen und umfahren
 - eigenständig zu intelligenten Entscheidungen fähig sind.

AMR sind kollaborative Roboter (Siehe hierzu auch Teil II.4, Kapitel 2.3 Robotertechnik). Sie navigieren durch die Hallen und weichen dabei Menschen, Flurförderzeugen und anderen AMR aus. Dazu verwenden sie digitale Karten, 3-D-Kameras und modernste Sensoren und kombinieren zahlreiche Daten mit einer ausgeklügelten Software. Aufgrund ihrer Flexibilität können AMR für vielfältige Aufgaben eingesetzt werden. Dazu können sie mit unterschiedlichsten, aufgabenspezifischen Lastaufnahmemitteln bzw. Fördertechnik- / Sorter-Modulen und auch mit Roboterarmen ausgestattet werden. Beispiele für derartige Aufgaben im Lager sind:

- In Kommissioniersystemen Mann zur Ware begleitet der AMR den Kommissionierer autonom in der Funktion eines Kommissionierwagens, auf den der Kommissionierer die entnommene Ware ablegt. Dazu fährt der AMR zum ersten Entnahmeplatz. Nachdem der Kommissionierer die Ware abgelegt und die Entnahme quittiert hat, steuert der AMR wegeoptimal den nächsten Entnahmeplatz an. Nach Abschluss des zugeteilten Kommissionierauftrages transportiert der AMR die Ware in die Auftragszusammenführung und übergibt sie an den Zielort.
- In Kommissioniersystemen Ware zum Mann können die AMR Ladeeinheiten zum Abkommissionieren in der erforderlichen Reihenfolge an einer Kommissionierstation andienen und nach dem Kommissionieren die Anbrucheinheiten zurück in das Lager bringen.
- AMR können Sortierfunktionen übernehmen, indem z. B. ein AMR an einer Quellstation einen Artikel (Karton, Behälter usw.) übernimmt, den Code vom Etikett oder Transponder ausliest, die Information verarbeitet und zur Zielstation transportiert. Quellstation kann z. B. ein Kommissionierarbeitsplatz (Ware zum Mann) sein und die Zielstation eine Speicherstrecke im Versand.
- Mehrere AMR können zusammenarbeiten und flexible Transportnetze zwischen Wareneingang und Warenausgang bilden.

Vorteile autonomer mobiler Roboter:

- Flexibilität:
 - Bei Veränderungen im Lager muss die Infrastruktur nicht verändert werden
 - Aufgabenbereiche lassen sich einfach erweitern.
- Skalierbarkeit
Bei Erweiterungen, saisonalen Schwankungen / Auftragsspitzen können innerhalb kürzester Zeit zusätzliche AMR eingesetzt werden.

2.2 Aufgeständerte / schienengebundene Unstetigförderer

2.2.1 Verschiebe- / Verteilerwagen

Verschiebewagen / Verteilerwagen sind intermittierende Fördergeräte, die auf Schienen verfahren werden. Sie bestehen aus einem Fahrgestell (dem Wagen) mit integrierten Antrieben sowie einem oder mehreren Lastaufnahmemitteln.

Meist werden sie für den horizontalen Transport von Paletten eingesetzt. Bereitstellungsorte und Übergabeorte können sein:

- Kopfstellen mehrerer paralleler Stetigförderer (Rollenbahn oder Tragkettenförderer), die rechtwinklig zu ihrer Förderrichtung über einen Verteilerwagen miteinander verbunden werden. Bei geringen Anforderungen an die Durchsatzleistung können damit kostenintensive Eckumsetzer eingespart werden.
- Kopfstellen von zwei Stetigförderern, die durch den Verteilerwagen in Förderrichtung miteinander verbunden werden. Bei geringen Anforderungen an die Durchsatzleistung und unter Berücksichtigung der Sicherheitsanforderungen können damit z. B. kreuzende Verkehrswege für Flurförderzeuge frei gehalten werden, die ansonsten von Stetigförderern durchschnitten wären.
- Stationäre Bereitstellungs- bzw. Übergabeorte, die auf der anderen Seite von frei verfahren Flurförderzeugen bedient werden.

Als Lastaufnahmemittel kommen z. B. Rollenbahnen, Tragkettenförderer, Eckumsetzer oder Teleskopgabeln zum Einsatz.

Ein typischer Einsatzbereich für Verteilerwagen ist z. B. die Lagervorzone eines automatisch bedienten Hochregallagers mit mehreren Gassen, in das Ladeeinheiten ein- und ausgeschleust werden müssen.

2.2.2 Regalbediengeräte

Regalbediengeräte sind meist keine eigenständigen Fördergeräte, sondern Bestandteil eines komplexen Lagersystems. Die eigentliche Beschreibung der Gerätearten erfolgt daher im Zusammenhang mit dem jeweiligen Gesamtsystem in Teil II.2, Kap. 6 „Komplexe Lagersysteme“.

Regalbediengeräte werden zur automatischen Ein-Auslagerung ganzer Ladeeinheiten, oder zum manuellen Kommissionieren in großen Höhen eingesetzt. Bei den Lagersystemen handelt es sich i. d. R. um Hochregallager (HRL) für Paletten, oder um vergleichbare Lagersysteme für kleinere Gebinde. Diese Lagersysteme sind unter den Bezeichnungen „Behälterlager“, „Automatische Kleinteilelager“ (AKL), oder Tablarlager bekannt.

Es gibt heute sehr viele unterschiedliche Fördergeräte zur Regalbedienung, die daher alle als Regalbediengerät bezeichnet werden.

2.2.2.1 „Klassische“ Regalbediengeräte, auch Regalförderzeuge (RFZ) bezeichnet.

Ursprünglich beschränkte sich die Bezeichnung „Regalbediengeräte“ auf Geräte, die auf Schienen in Bodennähe zu verfahren sind. Die Hauptbaugruppen sind:

- Ein Fahrwerk, mit dem das gesamte RBG horizontal auf einer Schiene verfahren werden kann;
- ein, oder zwei Hubmaste, die senkrecht auf dem Fahrwerk angebracht sind;
- eine Hubeinheit, die am Hubmast, bzw. zwischen den Hubmasten vertikal verfahren werden kann;
- ein, oder mehrere Lastaufnahmemittel, die auf der Hubeinheit befestigt sind.

In Lagern mit mehreren Regalgassen können bedarfsabhängig unterschiedliche RBG eingesetzt werden:

- Ganggebundene RBG,
d. h. jedes RBG ist einer Regalgasse zugeordnet
- Gangwechselnde RBG
d. h. innerhalb des Lagersystems kann ein RBG die Regalgasse wechseln. Hierfür sind zwei Techniken möglich:
 - Die RBG sind kurvengängig; die Schienen der Gassen sind an einem Lagerende durch Kurven und Weichen miteinander verbunden.
 - An einem Lagerende werden Gangwechselvorrichtungen / Umsetzbrücken eingesetzt, die rechtwinklig zu den Regalgassen verfahren werden können. Für den Gangwechsel wird das RBG in die Umsetzbrücke eingefahren und seitlich zum gewünschten Gang versetzt.

2.2.2.2 Hubbalken-Regalbediengerät

Die Hauptbaugruppen eines Hubbalken-Regalbediengerätes sind:

- Zwei stationäre Hubmaste, die an den beiden Enden eines Regalganges angeordnet sind;
- ein Hubbalken, der zwischen den beiden Hubmasten vertikal verfahren werden kann;
- ein Schlitten mit einem oder mehreren Lastaufnahmemitteln, die auf dem Hubbalken horizontal verfahren werden können.

Konstruktionsbedingt ist die Länge einer Regalzeile auf ca. 10 m begrenzt. Hubbalken-Regalbediengeräte werden i. d. R. in Behälterlagern / AKL eingesetzt.

2.2.2.3 „Shuttle“ als Regal-Verteilerfahrzeug in Zeilenlagern

Anmerkung:

Die Bezeichnung „Shuttle“ wird von den Herstellern von Regalbediengeräten mit unterschiedlichen Pendelverkehr-Techniken verbunden. Zur Abgrenzung werden im Folgenden die unterschiedlichen Verfahrgeräte nicht nur als Shuttle, sondern immer mit einem erläuternden Anhang benannt, der auf die Art des Pendelverkehrs hinweist (z. B. „Shuttle als Regal-Verteilerfahrzeug in Zeilenlagern“).

Nach [HOM 1] ist ein Shuttle „ein Autonomes Lagerfahrzeug, das selbstständig auf Traversen eines Lagerregals verfährt. Es wird durch Batterien, Powercaps oder über Schleifleitungen mit Strom versorgt und verfügt über ein Lastaufnahmemittel. Es wird unterschieden zwischen Systemen, bei denen die Shuttle die Ladeeinheit an Vertikalförderer (z. B. Aufzug oder Hubstation) übergeben, und Systemen, bei denen Shuttle ggf. einschließlich ihrer Last über einen Vertikalförderer ein- und ausgelagert werden (Multishuttle)“.

Abgesehen von einer Shuttle-Konstruktion in der Entwicklung [IML 2] werden Shuttles als Verteilerfahrzeuge in den Regalgassen horizontal auf Schienen verfahren. Meist befinden sich derartige Verfahrschienen in jeder Lagerebene. Je nach geforderter Durchsatzleistung werden innerhalb einer Regalgasse ein oder mehrere Shuttles übereinander eingesetzt. Sind nicht alle Lagerebenen mit einem Shuttle bestückt, müssen Shuttle über Vertikalförderer in den Ebenen umgesetzt werden.

Es gibt auch Shuttle-Typen, die eine Rahmenkonstruktion beinhalten. Innerhalb dieser Rahmenkonstruktion kann das Lastaufnahmemittel vertikal verfahren werden. Ein derartiges Shuttle kann somit von einer Verfahrebene aus mehrere Lagerebenen bedienen.

2.2.2.4 „Shuttle“ als Regal-Verteilerfahrzeug in Kompaktlagern

Die Shuttles als Regal-Verteilerfahrzeug in Kompaktlagern ähneln den oben beschriebenen Shuttles in Zeilenlagern. Ihr primärer Einsatz ist als Trägerfahrzeug für „Shuttle als Kanalfahrzeuge“ (siehe unten); sie sind daher nicht unbedingt mit einem Lastaufnahmemittel für Ladeeinheiten ausgestattet. Die Shuttles als Regal-Verteilerfahrzeuge beinhalten häufig die Funktion der Batterieladestation für die Kanalfahrzeuge.

2.2.2.5 „Shuttle“ als Kanalfahrzeug in Kompaktlagern

Derartige Fahrzeuge laufen nicht nur unter der Bezeichnung „Shuttle“, sondern auch unter den Bezeichnungen „Kanalfahrzeuge“ oder „Satelliten“.

Für die Ein- und Auslagerung in und aus der Tiefe eines Kompaktlagers mit statischer Lagerung werden elektrisch betriebene Fördergeräte eingesetzt, die innerhalb der Kanäle auf Schienen unterhalb der gelagerten Ladeeinheiten verfahren werden können. Dazu sind i. d. R. die Tiefenstege so profiliert, dass sie die Funktionen Lasttraverse und Verfahrsschiene vereinen.

Jedes Fördergerät hat eine Hubvorrichtung, mit der eine Ladeeinheit zum Transport innerhalb des Kanals angehoben werden kann.

Das Ein- und Auslagern eines Shuttles in / aus einem Kanal kann bei entsprechendem System mittels frei verfahrbarem Flurförderzeug erfolgen, meist aber über klassische Regalbediengeräte oder über Shuttle als Regal-Verteilerfahrzeug in Kompaktlagern.

2.2.3 Unstetig fördernde Transfersysteme

2.2.3.1 Begriff „Transfersystem“

Der in der Bezeichnung „Transfersystem“ enthaltene Anteil „Transfer“ stammt von dem lateinischen Wort „transferre“ ab und kann etwa mit „hinüberbringen“ übersetzt werden. In den unterschiedlichsten Bereichen der Fertigung, der Intralogistik und anderen Systemen fällt die Aufgabe des „Hinüberbringens“, d. h. des Wechsels von einer Station / einem System zum anderen an. Unter dem Begriff „Transfersystem“ gibt es daher sehr unterschiedliche Technologien, sowohl bei den Unstetigförderern als auch bei den Stetigförderern.

2.2.3.2 Zentralgesteuerte Transfersysteme

In der Fertigungs- / Montagetechnik ist die Bezeichnung „Transfersysteme“ ein Überbegriff für Fördertechniken, die ein Werkstück von einer Bearbeitungsstation zur nächsten transportieren. In der Fertigung gibt es verschiedene Transfersysteme zur Versorgung der einzelnen Produktionsstufen. An Stufenpressen u. ä. in sich geschlossenen Anlagen kommen z. B. Linear-Transfersysteme zum Einsatz.

In der Montage müssen meist mehrere voneinander unabhängige Arbeitsplätze fördertechnisch miteinander verbunden werden. Üblich ist daher, dass die Aufnahmevorrichtungen für die zu montierenden Werkstücke auf Werkstückträger montiert werden. Diese Werkstückträger werden dann meist auf konventioneller Fördertechnik (je nach Gewicht auf Rollen, Ketten, Gurte, oder Riemchen) von Bearbeitungsstation zu Bearbeitungsstation geschleust.

2.2.3.3 Flexible bis autonome Transfersysteme

Auf dem Markt werden inzwischen sehr flexible bis hin zu autonomen Transfersystemen angeboten. Eine Abgrenzung soll hier nicht erfolgen. Die Systeme haben folgende Gemeinsamkeiten:

- Die Systeme sind unabhängig von einer zentralen Steuerung.
- Als „Werkstückträger“ werden Verfahrgeräte mit eigenem Antrieb (i. d. R. Gleichstrommotor) eingesetzt. Diese Geräte werden auch als Shuttle bezeichnet (vergl. oben).
- Die Shuttles werden auf Schienen (Monoschienen oder Doppelschienen) verfahren.
- Die Systeme sind sehr flexibel bezüglich der Gestaltung und Veränderung der Streckenführung;
- Die Systeme sind skalierbar, d. h. die Anzahl der Verfahrgeräte kann an die geforderte Durchsatzleistung angepasst werden.
- Die Verfahrgeräte sind auch für den Einsatz bei großen Entfernungen geeignet.

Auf Grund dieser Eigenschaften kommen diese Transfersysteme zwar auch vermehrt für Fertigungs- und Montagelinien zum Einsatz, sie werden aber zunehmend für die gesamte Intralogistik interessant (siehe auch [HOM 2]).

Für die Fahrt vom Start zum Zielort gibt es unterschiedliche Techniken und Automatisierungsgrade:

- Das Verfahrgerät oder das Produkt selbst wird mit einem Zielcode bestückt (z. B. Karte mit Barcode, Transponder). Vor Entscheidungsstellen, wie z. B. Weiche, Hubstation o. ä. wird die Information über Scanner / RFID ausgelesen und an die Entscheidungsstelle übermittelt. Diese Entscheidungsstelle leitet daraufhin das Verfahrgerät an die nächste Entscheidungsstelle innerhalb der Fahrtroute weiter. Die „Intelligenz“ ist damit den Entscheidungsstellen in der Strecke zugeordnet.
- Die Verfahrgeräte haben auch die „Intelligenz“ an Bord, d. h. jedes Shuttle steuert sich selbst. Dazu kommunizieren die Verfahrgeräte mit den Schaltstellen in der Verfahrstrecke (wie z. B. Weiche, Hubstation), z. B. über Infrarot. Maßgeblich ist eine integrierte Verkehrsregelung und Vorfahrtsregelung.

Die Verfahrgeräte werden häufig noch als reine „Werkstückträger“ angeboten, d. h. für manuelle Be- und Entladung. Es gibt aber auch Systeme, bei denen die Verfahrgeräte mit Lastaufnahmemitteln ausgestattet sind, so dass diese eigenständig seitlich gelagerte Ladeeinheiten aufnehmen bzw. absetzen können. Auch die Kombination von Verfahrgerät mit aufgebautem Knickarmroboter ist möglich.

2.3 Flurfreie Unstetigförderer

Mit flurfreien Fördersystemen wird die Bewegung des Fördergutes in den Überflurbereich verlagert, d. h. das Fördersystem ist an der Decke oder an einer Stahlkonstruktion befestigt. Das Fördergut wird von Lastaufnahmemitteln getragen, die i. d. R. hängend verfahren werden. Der Flurbereich, d. h. der Boden bleibt frei für andere Nutzung. Der Bedarf an Verkehrswegen und die Behinderung durch kreuzenden Verkehr wird reduziert. Diesem erheblichen Flexibilitätspotential bezüglich der Flächennutzung stehen allerdings auch gravierende Sicherheitsaspekte gegenüber, die zu beachten sind. Von den schwebenden Lasten gehen Gefahren für darunter befindliche Personen und Güter aus.

2.3.1 Krananlagen

Krane sind (in Anlehnung an [BGV 2]) Hebezeuge, die Lasten mit einem Tragmittel heben und zusätzlich in horizontaler Richtung bewegen können. Tragmittel können z. B. Kranhaken sein, aber auch z. B. Gabelzinken oder andere Lastaufnahmemittel.

Krananlagen gibt es in sehr unterschiedlichen Bauarten und finden in den unterschiedlichsten Einsatzbereichen Verwendung. Da die unterschiedlichen Kräne zum einen nach ihrer Bauart und zum anderen auch nach ihrer Verwendung bezeichnet werden, ergibt sich eine Vielfalt an Bezeichnungen (siehe hierzu DIN 15001).

Für den Umschlag von Stückgut innerhalb von Werkstätten, Montage- / Produktionshallen und Lagern werden am häufigsten der Brückenkrane und verwandte Systeme eingesetzt.

2.3.1.1 *Brückenkrane*

Die wesentlichen Baugruppen eines typischen Brückenkrans sind:

- Zwei horizontal verlaufende Kranbahnen, auf der die Kranbrücke verfahren wird. Die Kranbahnen werden i. d. R. hoch verlegt und häufig auf Teilen der Hallenkonstruktion abgestützt, z. B. auf Konsolen, die in die Hallenstützen integriert sind.
- Eine Kranbrücke, auf der die Laufkatze verfahren wird.
Die Kranbrücke besteht aus:
 - Einem oder zwei Brückenträgern (Einträgerkranbrücke bzw. Zweiträgerkranbrücke).

- Den Kopfträgern mit den Laufrädern des Kranfahrwerkes. Die Kopfträger sind am Ende der Brückenträger rechtwinklig zu den Brückenträgern angeordnet. Mit den Laufrädern wird der gesamte Brückenkrane auf den Kranbahnen verfahren.
- Dem Antriebsmotor für das Kranfahrwerk.
- Der Laufkatze mit
 - dem Antriebsaggregat für das Verfahren der Laufkatze
 - dem Hubwerk zum Heben der Last.
Das Hubwerk ist i. d. R. ein Seilzug / Kettenzug, an dem ein Lastaufnahmemittel, wie z. B. Kranhaken oder Spreader befestigt ist.
Die Hubvorrichtung kann aber auch z. B. ein vertikal verfahrbares, ggf. um die Vertikalachse drehbares Teleskop mit Gabelzinken als Lastaufnahmemittel sein. Brückenkrane mit derartigen Hubvorrichtungen werden i. d. R. nach ihrer Verwendung als Stapelkrane bezeichnet.
- Der Kransteuerung, wobei es zwei grundsätzlich unterschiedliche Ausführungen gibt:
 - Die Flursteuerung
Das Bedienungspersonal bewegt sich am Boden. Die Bedienung des Krans kann über ein Steuergerät erfolgen, das mit dem Kran durch ein Kabel verbunden ist; es kann aber auch kabellos sein, z. B. über Funk.
 - Die Führerhaussteuerung
An der Brücke, bzw. der Laufkatze ist eine Kabine befestigt, in der das Bedienungspersonal mitfährt.

Durch das Verfahren der Kranbrücke, dem dazu rechtwinkligen Verfahren der Laufkatze und dem Hub hat der Brückenkrane ein dreidimensionales Arbeitsfeld. Der Brückenkrane ist dadurch sehr gut geeignet für das flurfreie Bewegen von schweren Lasten innerhalb eines Hallenschiffes. Zu beachten sind aber die Anfahrmaße, die in allen drei Koordinaten das Arbeitsfeld einschränken. Die Anfahrmaße ergeben sich aus der konstruktiven Auslegung des Brückenkrans:

- Durch die Länge der Kopfträger kann nicht die gesamte Länge der Kranbahnen für die Lastaufnahme / bzw. –Abgabe genutzt werden.
- Durch die Abmessungen der Laufkatze kann nicht die Gesamtlänge der Brückenträger genutzt werden.
- Die nutzbare Hallenhöhe ist eingeschränkt durch die Aufbauhöhe des Brückenkrans zuzüglich Freimaß in Richtung Decke und durch die minimal abgehängte Höhe des Hubwerkes (z. B. Hakenhöhe).

Der Arbeitsbereich von Brückenkranen ist auf ein Hallenschiff begrenzt. Die Lastübergabe von einem Brückenkrane an einen benachbarten, parallel verlaufenden Brückenkrane ist ohne weitere Fördertechnik nicht möglich.

Ein besonderes Einsatzfeld von Brückenkranen / Stapelkranen ist z. B. das Be- und Entladen von LKWs in der Getränkeindustrie. Mit dem Lastaufnahmemittel des Brückenkrans (spezielle Gabelzinken) können gleichzeitig mehrere Ladeeinheiten nebeneinander, übereinander und hintereinander aufgenommen werden.

2.3.1.2 Hängekrane (Deckenkrane)

Hängekrane sind auch Brückenkrane. Wesentliche Unterscheidungsmerkmale zu oben beschriebenen Brückenkranen sind:

- Die Kranbahnen werden nicht auf Stützen oder Konsolen aufgelagert, sondern an der Hallendecke, bzw. der Dachkonstruktion abgehängt.
- Die Kranbrücke wird nicht zwangsläufig auf der Kranbahn verfahren, sondern läuft auf den Unterflanschen der Kranschiene.

Aufgrund dieser Konstruktionsmerkmale müssen Hallenkrane nicht nur auf zwei Kranbahnen verfahren werden, sondern sie können auf mehreren abgehängten Kranbahnen verfahren werden. Dadurch können Hängekrane in sehr breiten Räumen ohne Stützen eingesetzt werden.

Nachteilig ist, dass die Belastung durch Eigengewicht und Last durch die Deckentragfähigkeit begrenzt ist.

Von Vorteil ist, dass die Lastübergabe von einem Hängekran auf einen benachbarten Hängekran problemlos machbar ist. Zur Überbrückung der Bereiche von Stützen im Grenzbereich von Hallenschiffen können stationäre Überfahrgeleise installiert werden.

2.3.2 Elektro-Hängebahnen

Im Gegensatz zu Brücken- und Hängekranen, die auf zwei Kranbahnen verfahren werden und deren Last über einer Fläche bewegt werden kann, wird bei Hängebahnen die Laufkatze üblicherweise nur an einer Schiene im Linienverkehr elektromotorisch bewegt (Einschienen-Elektrohängebahn).

Elektro-Hängebahnen sind für den flurfreien Transport über längere Fahrwege geeignet. Das Schienensystem kann an der Hallendecke abgehängt, oder über Stützen aufgeständert sein. Für die Gestaltung der Streckenführung gibt es vielfältiger Bauelemente, die ein verzweigtes Streckensystem mit einer beliebigen Anzahl von Haltestellen sowie mit Puffer- und Sortierstrecken ermöglichen:

- Geraden
- Kurvenelemente, auch mit kleinen Radien bis herab zu 1,2 m
- Verzweigungselemente, wie z. B.
 - Schiebeweiche
 - Schwenkweiche (zwei- oder dreifach)
 - Drehscheibe
- Hub- und Senkstationen

In dem Schienennetz können mehrere Elektrofahrantriebe (Laufkatzen) gleichzeitig verfahren werden. Als Hubvorrichtung sind die Laufkatzen i. d. R. mit einem Elektrozug ausgestattet. Die Laufkatzen können einzeln verfahren werden, sie können aber auch mehrere Gehänge ohne eigenen Fahrantrieb ziehen.

2.3.3 Trolleybahnen

Trolleybahnen sind flurfreie Förderer, die meist für Hängeware (z. B. in der Bekleidungsindustrie) eingesetzt werden. Die Trolleys sind Laufwagen ohne eigenen Antrieb, die an Laufschiene hängend verfahren werden. Der Antrieb der reinen Trolleybahn erfolgt manuell oder über Schwerkraft. Trolleybahnen werden häufig kombiniert mit Kreisförderern / Schleppkettenförderern (siehe Stetigförderer), Weichen, Pushern, Senkrechtförderern oder anderen angetriebenen Einrichtungen, insbesondere mit dem Ziel der Teilautomatisierung.

Neben ihrer fördertechnischen Verwendung werden Trolleybahnen auch als Hängelager eingesetzt. Die Bahnen können in beliebig vielen Ebenen übereinander angeordnet werden. In hohen Hallen bleibt dadurch die Bodenfläche für Fertigung oder andere flurgebundene Tätigkeiten frei, während der Raum unterhalb der Decke als Lager gut genutzt werden kann.

3 STETIGFÖRDERER

Gegenüber den oben beschriebenen Unstetigförderern wird bei Stetigförderern das Fördergut auf festgelegtem Förderweg mit begrenzter Länge von der Aufgabestelle zur Abgabestelle bewegt. Die Bewegung des Fördergutes kann stetig, mit wechselnder Geschwindigkeit oder getaktet erfolgen. Dabei gewährleisten die Förderer einen hohen Materialdurchsatz.

Bei Stetigförderern können durch die beweglichen Teile Gefährdungen für Personen entstehen. Neben den Scher- und Quetschgefahren sind Personen insbesondere durch Auflauf- und Einzugstellen gefährdet, in die Körperteile von Personen eingezogen werden können [BGS 3]. Derartige Stellen sind immer abzusichern. Für die Sicherheit der Stetigförderer gelten grundsätzlich die allgemeinen Anforderungen der Maschinenrichtlinien mit Anhang I. Diese Anforderungen können durch Einhaltung der entsprechenden Normen erfüllt werden. Für die Stückgutförderung mit Bandförderern, Kettenförderern oder Rollenförderern ist dies die DIN EN 619 [DIN 14].

Stetigförderer können nach der Art der zu fördernden Güter unterteilt werden. Das Fördern von Gasen und Flüssigkeiten zählt nicht zum Gebiet der Fördertechnik. „Güter“ als Unterscheidungsmerkmal sind nach [BUC 1]):

- Stückgut,
- Schüttgut
- Personen

Die DIN 15 201 [DIN 13] enthält die Benennungen der Stetigförderer sowohl für Stückgut als auch für Schüttgut. Danach werden diese Stetigförderer zunächst in drei Kategorien unterteilt. Kriterium ist für die Unterteilung ist das Fördermedium, mit dem oder in dem sich das Fördergut bewegt:

- Mechanische Förderer
- Pneumatische Förderer
- Hydraulische Förderer

Für die Stückgutförderung in intralogistischen Systemen sind fast nur die mechanischen Stetigförderer relevant. Als Ausnahme könnten die „Lufttische“ (siehe unten) mit einbezogen werden.

Die Norm unterteilt ferner in:

- Förderer mit Zugmittel
 - d. h. mit Kraftübertragungselementen, die nur in Zugrichtung wirksam sind:
Das Fördergut wird mittels Trag- / Zugmittel, wie z. B. mittels Kette, Gurt, Seil, bewegt (z. B. Tragkettenförderer, Bandförderer, Unterflurschleppkettenförderer)
- Förderer ohne Zugmittel
 - d. h. der Antrieb für die Bewegung des Fördergutes erfolgt
 - ohne motorischen Antrieb über Muskelkraft oder Schwerkraft, wie z. B. bei nicht angetriebenen Rollenförderern, Rutschen usw.,
 - mit motorischem Antrieb, wie z. B. bei angetriebenen Rollenförderern.

Die vielfältigen Arten an Stetigförderern sind in der Norm unter Oberbegriffen zusammengefasst:

Mechanische Stetigförderer <u>mit</u> Zugmittel	Mechanische Stetigförderer <u>ohne</u> Zugmittel
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bandförderer Gurtbandförderer Stahlbandförderer Drahtgurtförderer Seilförderer Riemenförderer ▪ Becherwerk Gurtbecherwerke Kettenbecherwerke Pendelbecherwerke ▪ Kettenförderer Kratzerförderer Trogkettenförderer Stauscheibeförderer Gliederbandförderer Schleppkettenförderer Tragkettenförderer Schaukelförderer Umlaufförderer Taschenförderer ▪ Hängeförderer Kreisförderer Schleppkreisförderer Elektrohängebahn 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Förderer mit Schnecken Schneckenförderer Schneckenrohrförderer Schraubenförderer ▪ Schwingförderer Schüttelrutsche Schwingrinne Schubstangenförderer Hubbalkenförderer Pendelbalkenförderer ▪ Rollen- und Kugelbahn Rollenbahn Röllchenbahn Röllchenstauförderer Kugelbahn ▪ Rutschen und Fallrohre Fallrohr Rutsche ▪ Förderer mit Luft (Gas) als Fördermittel Pneumatische Rinne Lufttisch ▪ Hydraulische Förderer

Die VDI 4440 Blatt 1 – 6 „Übersichtsblätter Stetigförderer für Stückgut“ [VDI 9] beschränkt sich auf Stückgutförderer. Nicht nur die Strukturierung, auch die Benennung der Förderer ist teilweise abweichend zur oben genannten Norm. Die VDI 4440 unterscheidet:

- Blatt 1 Bandförderer
- Blatt 2 Kettenförderer
- Blatt 3 Rollen- und Kugelbahnen
- Blatt 4 Plattformträger
- Blatt 5 Hängeförderer
- Blatt 6 Vertikalförderer

Stetigförderer für Stückgut können nach weiteren Gesichtspunkten eingeteilt werden (siehe auch Kapitel 1.2):

- Nach der Förderebene
 - Flurgebundene Förderer
 - Aufgeständerte Förderer
 - Flurfreie Förderer
 - Steil- und Vertikalförderer
- Nach dem Volumen, insbesondere aber der Masse des Fördergutes, das gefördert werden kann:
 - Stetigförderer für leichtes Stückgut, z. B. Behälter, Kollis usw.
 - Stetigförderer für schweres Stückgut, z. B. Paletten

Wesentliche Aufgabe der Stetigförderer ist das Fördern von Stückgütern über längere Strecken. Dabei können im zeitlichen Verlauf unterschiedliche Belastungen auftreten. Abhängig von der Art des jeweiligen Stetigförderers können aber auch Aufgaben wie Verteilen, Zuführen, Stauen, Vereinzeln usw. realisiert werden. Hierfür sind drehzahlveränderliche Antriebe und ein Steuerungssystem erforderlich.

3.1 Betriebsarten

Bei der Auswahl und Dimensionierung eines angetriebenen Stetigförderers ist die Betriebsart zu beachten, in der der Förderer eingesetzt werden soll. Dies gilt insbesondere, wenn an den Förderer Anforderungen gestellt werden, wie sie beim Einsatz in der Produktion gestellt werden (z. B. Positioniergenauigkeit). Grundsätzlich kann nach [BRA 1] unterschieden werden:

- Dauerbetrieb
- Aussetzbetrieb

3.1.1 Dauerbetrieb

Im Dauerbetrieb läuft der Förderer ständig ohne Unterbrechung [MK 1]. Das Fördergut wird auf den laufenden Förderer aufgegeben, weitergefördert und vom laufenden Förderer wieder entnommen. Unabhängig davon, ob sich Fördergut auf dem Förderer befindet oder nicht,

- entstehen Kosten für elektrische Energie
- entsteht Verschleiß am Förderer.

Bei Stauförderern für staudruckarmes Fördern (siehe unten „Stauförderer“) wird das Fördergut bei Erreichen einer Stauposition angehalten, während der Förderer unter dem stehenden Fördergut weiterläuft. Nach [MK 1] muss die Motorleistung im Staubetrieb in etwa doppelt so hoch sein wie im Stetigbetrieb.

Förderer, die im Dauerbetrieb laufen, sind nur für sehr große Durchsätze / Massenströme wirtschaftlich.

3.1.2 Aussetzbetrieb

Im Aussetzbetrieb wird der Förderer je nach Bedarf ein- und ausgeschaltet. Bezogen auf den Energiebedarf bedeutet dies, dass einerseits nur Energie eingespeist werden muss, wenn der Bedarf da ist, andererseits müssen bei jedem Start alle Massen des gesamten Fördermoduls beschleunigt werden auf Konstantgeschwindigkeit.

3.1.2.1 *Abschaltbetrieb*

Beim Abschaltbetrieb werden keine besonderen Anforderungen an die Technik des Förderers gestellt, wie z. B. Anforderungen an die Positioniergenauigkeit. Der Abschaltbetrieb ist üblich bei manueller Aufgabe und / oder Abnahme des Fördergutes. Nach [MK 1] wird der Abschaltbetrieb empfohlen, wenn absehbar „länger als 30 Sekunden keine Aktion erfolgt“.

3.1.2.2 *Taktbetrieb*

Im Taktbetrieb wird das Fördergut in festen Zyklen bewegt und angehalten. Kriterien für die Motorauslegung sind die verfügbare Zeit für den Transport und die erforderliche Beschleunigung unter Berücksichtigung der Haftreibung zwischen Förderer und Fördergut.

Nach [MK 1] erfordern mehr als 30 Takte pro Minute überwiegend einen Servoantrieb. Nach [VDM 2] erreichen aber auch neue Förderbandsysteme mit dezentralen Umrichtern die Funktionsvielfalt der Servo-Antriebstechnik. Diese Frequenzumrichter enthalten als Grundfunktionalitäten der Förderanlage bereits die Parametersätze

- Konstantfahrt
- Start- und Stopp- Betrieb
- Taktbetrieb (relative Positionierung)
- Positionierbetrieb (absolute Positionierung; Genauigkeit $\pm 0,5$ mm)

3.1.2.3 Positionierbetrieb

Der Positionierbetrieb ist ein Kriterium beim Einsatz des Stetigförderers in der Produktion innerhalb eines gesteuerten Bearbeitungsprozesses. Kriterium ist die punktgenaue Bereitstellung des Fördergutes für eine anschließende automatische Handhabung. Dies bedeutet, dass im Positionierbetrieb das Fördergut auch bei wiederholtem Anfahren und mit wechselnden Lasten mit absoluter Genauigkeit den gleichen Punkt innerhalb eines engen vorgegebenen Toleranzfeldes anfahren muss.

Mit steigenden Anforderungen an die Positioniergenauigkeit steigt i. d. R. der technische Aufwand, um diese Anforderungen zu realisieren. Nach [MK 1] wird dieser Aufwand bezüglich Positioniergenauigkeit in folgende Bereiche unterteilt:

- Bereich ± 10 mm ist mit einfachen Mitteln wie Initiatoren oder Lichtschranken möglich.
- Bereich ± 5 mm erfordert i. d. R. einen formschlüssigen Antrieb und eine Regelung mit Signalgebern.
- Bereich ± 1 mm bedarf einer exakten Führung des Transportmittels (auch quer zur Förderrichtung) und eine Lagefixierung des Produktes auf dem Förderer.

3.2 Antriebs- und Steuerungssysteme

Die Antriebs- und Steuerungssysteme für Stetigförderer in der Intralogistik müssen zunächst nach der Energieart unterschieden werden, mit denen sie versorgt werden, um diese in Bewegungsenergie umzuwandeln. Meist wird die Fördertechnik mit Elektroenergie betrieben, es gibt aber auch Systeme, die zumindest in Teilbereichen Druckluft verwenden.

3.2.1 Elektrisch betätigte Antriebs- und Steuerungssysteme

3.2.1.1 Elektromotorische Antriebe

Für den motorischen Antrieb der Stetigförderer werden Elektromotore verwendet. Dem jeweiligen Motor ist i. d. R. ein Untersetzungsgetriebe nachgeschaltet, da der für die Förderaufgabe relevante Drehzahlbereich i. d. R. deutlich unter dem motorseitig angebotenen Drehzahlbereich liegt. Motor und Getriebe können dabei als getrennte Einheiten hintereinander geschaltet sein, vorteilhaft ist aber die konstruktive Kombination von Motor und Getriebe zu einer Antriebseinheit, d. h. zu einem Getriebemotor.

Meist kommen 400 V-Antriebe, überwiegend Drehstrommotore, wie z. B. Asynchronmotore mit Kurzschlussläufer, zum Einsatz. In der letzten Zeit setzen sich aber auch vermehrt Systeme mit 24 V–Gleichstromantrieb durch [BRA 1].

Die Auswahl der geeigneten Motorart und Motorleistung ist von der Antriebsaufgabe abhängig [DEN 1]. Wesentliche Kriterien bei der Auswahl sind:

- die effektive Betriebszeit bzw. der Lebenszyklus der angetriebenen Förderelemente;
- Masse, Geschwindigkeit und Beschleunigung des Fördergutes

Soweit einfache Betriebsverhältnisse mit konstanten Belastungen gegeben sind, können ungesteuerte Antriebe eingesetzt werden. Dies ist aber in der Intralogistik eher die Ausnahme. Meist wechselt der Betrieb zwischen Volllast, Teillast und ggf. auch Leerlauf. Bei ungesteuertem Antrieb führt dies zu unnötigem Energieverbrauch.

Die automatische Anpassung an die Betriebszustände (z. B. automatische Abschaltung) sowie ein drehzahlveränderlicher Betrieb erfordern einen gesteuerten Antrieb. Die Drehzahlveränderung kann entweder über ein entsprechendes nachgeschaltetes variables Getriebe verändert werden, insbesondere aber über eine Veränderung der Motordrehzahl.

Die Drehzahl eines Drehstrom-Getriebemotors kann z. B. über einen Frequenzumrichter variiert werden. Aus Sicht der Energiekosten-Einsparung kann mit einem Frequenzumrichter bei

dynamischen Anwendungen die Leistungsausbeute gesteigert werden. Auch die Bremsenergie kann mit besonderen Umrichtern wieder zurück in das Netz eingespeist werden, was zu weiterer Kostenreduzierung führt

Das Antriebssystem für den gesteuerten Betrieb erfordert somit über den Getriebemotor hinaus weitere Komponenten [HÖG 1]:

- Leistungsteil des elektrischen Energieumformers zur Anpassung der elektrischen Energie an die Anforderungen des Elektroantriebes, d. h. Stromrichter bezüglich Spannung, Strom, Frequenz.
- Steuerung bzw. Regelung und Antriebsüberwachung
 - Steuerung bzw. Regelung elektrischer Kenngrößen (z. B. Strom)
 - Steuerung bzw. Regelung technologischer Kenngrößen (z. B. Drehzahl, Drehmoment)
 - Überwachung wichtiger Betriebszustände (z. B. Übertemperatur, Drehzahlbereich, ..)
- Kommunikationsschnittstellen.

Die Sensorik erfasst die Ist-Situation, die an die Steuerung weitergeleitet wird, sodass eine Anpassung an das Soll- Antriebsverhalten erfolgen kann.

Bei den Band- und den Rollenförderern wird die Drehbewegung nach dem Getriebe (in den seltenen Fällen des getriebelosem Antriebs nach dem Motor), auf eine Antriebstrommel / Antriebsrolle übertragen. Bezüglich der Anordnung von Motor und Getriebe zur Antriebstrommel- bzw. Rolle kann unterschieden werden in:

- Externer Antrieb
Der externe Antrieb (Getriebemotor) ist i. d. R. an der Tragkonstruktion der Förderstrecke angebracht. Die Kraftübertragung vom Getriebemotor auf die Antriebstrommel / Antriebsrolle kann in Abhängigkeit von der Förderaufgabe über reib- oder formschlüssige Übertragungselemente erfolgen.
- Integrierter Antrieb (z. B. Trommelmotor, Förderrollen-Motor)
Trommelmotoren zählen zu den modernen Antrieben. Sie wurden ursprünglich entwickelt für den Antrieb von Gurtförderern. Dafür wurde die komplette Einheit aus Asynchronmotor und Getriebe in die Antriebstrommel des Gurtförderers integriert. Heute wird das Prinzip des Trommelmotors auch für andere Anwendungsfälle eingesetzt, wie z. B. beim Förderrollen-Motor. Darüber hinaus kommen mittlerweile auch andere Motorarten zum Einsatz, z. B.:
 - Synchrone Trommelmotoren [MOV 1]
 - Bürstenlose Gleichstrommotoren ohne Getriebe für Motorrollen [FM 1]

3.2.1.2 Steuerungssysteme

Die Steuerungssysteme können zunächst unterteilt werden in:

- Zentrale Steuerungssysteme
- Dezentrale Steuerungssysteme
- Dezentralisierung von Antrieb und Steuerung;
dabei handelt es sich um eine Entwicklung der letzten Jahre, die sich zunächst auf angetriebene Rollenförderer beschränkt.

Alle drei Steuerungskonzepte haben ihre Berechtigung und können auch gemischt realisiert werden. Einflussgrößen auf die Konzeptauswahl sind:

- Räumliche Ausdehnung der Förderanlage
- Komplexität der Antriebssteuerung
- Automatisierung der Förderprozesse
- Anforderungen an die Flexibilität

3.2.1.2.1 Zentrales Steuerungssystem

Alle konventionellen Anlagen werden über ein zentrales Steuerungssystem betrieben. Dies kann ein Leitrechner sein, oder ein zentraler Schaltschrank, in dem alle wesentlichen Steuerungskomponenten integriert sind.

Vorteile:

- Zentrale Servicemöglichkeiten bei kleinerer Förderanlage durch integrierten Schaltschrank.

Nachteile:

- Nachteilig sind die langen Zuleitungen.
Daraus können elektromagnetische Störungen resultieren, soweit nicht kostenintensive geschirmte Zuleitungen verwendet werden.
- Geringe Flexibilität bei Umbau der Förderanlage; Konsequenzen eines Umbaus können sein [BRA 1]:
 - Teure Neu-Verkabelung einschließlich Neu-Verschaltung
 - Ggf. Neuschreiben des Steuerungsprogramms.

3.2.1.2.2 Dezentrales Steuerungssystem

In Anlehnung an [DEN 1] können bei dezentralen Steuerungssystemen Frequenzumrichter direkt vor Ort an der Förderstrecke installiert und die Antriebs- und Steuerungselektronik mit der Sensorik verknüpft werden.

Vorteile:

- Dezentrale Steuerungssysteme sind für räumlich ausgedehnte Förderanlagen effizient.
- Energie- und Feldbusstrukturen erlauben eine einfache Verkabelung

3.2.1.2.3 Dezentrales Antriebs- und Steuerungssystem

Lange Förderstecken mit 24-Volt Antriebstechnik (insbesondere Rollenbahnen) werden in einzelne relativ kurze Fördersegmente / Fördermodule unterteilt [BRA 1]. Jedes Fördermodul verfügt über einen eigenen Antrieb und eine eigene dezentrale Steuerung mit einer Schnittstelle, welche die Kommunikation mit einer übergeordneten externen Steuerung ermöglicht.

In konventionellen Systemen mit dezentralem Antrieb und dezentraler Steuerung ist die Steuereinheit eine „Speicherprogrammierbare Steuerung“ (SPS). Über dieses System mit Anbindung an die übergeordnete Steuerung können innerhalb des Materialflusses verschiedene Module miteinander kommunizieren.

In neueren Konzepten werden zur Steuerung flexible Steuereinheiten eingesetzt, die ohne Leitrechner oder andere zentrale Infrastruktur auskommen können. Gemäß [INT 1] bietet dies eine Alternative zur hochkomplexen SPS-Programmierung. In diesen Systemen

- hat jedes Modul eine eigene intelligente Steuerbox;
- können die Module untereinander kommunizieren.

Da die Module sehr einfach über Plug & Play umgestellt werden können und die Software autonom das aktuelle Layout erkennt, können damit komplexe Fördersysteme gestaltet werden, die extrem schnell und sehr einfach aufzubauen, zu betreiben und bei Bedarf zu verändern sind.

3.2.2 Pneumatisch betätigte Antriebs- und Steuerungssysteme

Pneumatisch betätigte Antriebs- und Steuerungssysteme werden mit Druckluft (i. d. R. mit 6 bar Überdruck) beaufschlagt. Voraussetzung für den Einsatz von pneumatisch betätigter Fördertechnik ist somit das Vorhandensein eines geeigneten Druckluft-Versorgungssystems. Dieses beinhaltet die Druckluftherzeugung (d.h. den Kompressor), die Druckluftaufbereitung mit Filterung

und Trocknung der verdichteten Luft sowie die Druckluftverteilung über Rohr- und / oder Schlauchleitungen).

Mit der Druckluft werden i. d. R. Kolben beaufschlagt, die sich innerhalb eines Zylinders linear bewegen. Es können aber auch pneumatische Motoren zu einer Rotationsbewegung angetrieben werden. Pneumatische Antriebe werden bevorzugt in explosionsgefährdeten Räumen eingesetzt, wo man Elektromotore wegen der Gefahr der Funkenbildung bei Beschädigung der Stromleitung vermeiden möchte, wie z. B. im Bergbau oder beim Umgang mit gefährlichen Chemikalien [BÖG 1].

Auch ohne besondere Anforderungen durch die Umgebung kann in der Fördertechnik der Einsatz pneumatischer Antriebe anstelle elektrischer Antriebe sinnvoll sein. Dies gilt insbesondere, wenn relativ kurzhubige lineare Bewegungen auszuführen sind. Typische Beispiele für Förder Elemente mit Linearbewegung sind z. B. Pusher und Hubelemente mit denen z. B. Rollenbahnsegmente im Ausschleusbereich angehoben werden (siehe z. B. Pop-up-Sorter).

Für die Steuerung sind dem pneumatischen Leistungsteil (d. h. dem Antrieb) Bauelemente vorgeschaltet. Diese dienen zur

- Signaleingabe und Signalverarbeitung
- Signalausgabe an den Leistungsteil

Bei der Ausführung der Steuerungen kann man im Wesentlichen unterscheiden zwischen

- Pneumatischer Steuerung
- Elektropneumatischer Steuerung

In beiden Arten der Steuerung erfolgt die Signalausgabe an den Leistungsteil über Wegeventile. Diese können je nach Ausführung unterschiedliche Schaltstellungen einnehmen und damit unterschiedliche Wege für die Druckluft freigeben, bzw. sperren. Wesentliche Unterschiede der beiden Steuerungsarten sind:

- Bei der Pneumatischen Steuerung werden sowohl für die Signaleingabe, die Signalverarbeitung, als auch für die Signalausgabe pneumatische Bauelemente eingesetzt. Die Signaleingabe ist über manuell, mechanisch oder pneumatisch betätigte Signalgeber möglich. Für die Verarbeitung der Signale stehen unterschiedliche Bauelemente zur Verfügung.
- Bei der elektropneumatischen Steuerung werden für die Signaleingabe und Signalverarbeitung elektrische Komponenten verwendet. Die Signalausgabe erfolgt über elektromagnetisch betätigte Wegeventile. Die Signaleingabe kann z. B. über elektrische Tastschalter, Näherungsschalter, Lichtschranken, usw. erfolgen und über Verarbeitungselemente, wie z. B. Schütze, Relais, oder SPS verarbeitet werden.

Soweit es die Umgebungsanforderungen erlauben, werden heute fast nur noch elektropneumatische Steuerungen eingesetzt.

3.3 Flurgebundene und aufgeständerte Stetigförderer

3.3.1 Bandförderer

Bandförderer sind meist aufgeständerte Stetigförderer, bei denen ein endloses Band über eine Antriebstrommel (Antrieb über Reibschluss) und mindestens eine Umlenkrolle umläuft. Außerdem muss eine Spannvorrichtung integriert sein, damit das Band gespannt werden kann. Die Spannung ist erforderlich, damit die Antriebstrommel das erforderliche Drehmoment übertragen kann. Wegen der besseren Bandführung kann die Antriebsrolle ballig ausgeführt werden.

Das umlaufende Band ist dabei sowohl Tragorgan als auch Zugorgan. Das obere Band wird als Obertrum bezeichnet, das rücklaufende Band als Untertrum. Das Fördergut wird i. d. R. auf dem Obertrum gefördert. Zwischen den Umlenkrollen an der Ein- und Auslaufseite wird das Obertrum durch Gleitbleche oder Tragrollen gestützt.

Die Förderstrecke von Bandförderern ist überwiegend geradlinig und verläuft waagrecht oder geneigt (Steigungswinkel 10° bis 20°). Aber auch für Kurven und steile Strecken gibt es Lösungen (siehe unten). Die Förderer sind i. d. R. ortsfest, sie können aber auch fahrbar oder tragbar sein.

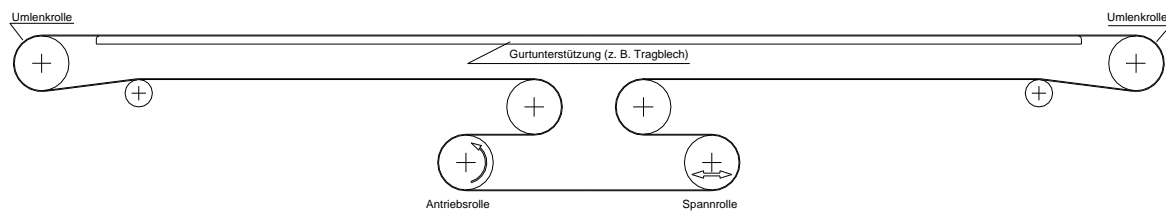


Abb.: 3.3.1 / 01 Bandförderer mit externem Mittenantrieb (Prinzipdarstellung)

Gegenüber anderen Stetigförderern haben die Bandförderer in ihren unterschiedlichen Gestaltungsarten den breitesten Einsatzbereich bezüglich der Art der Fördergüter.

- Bandförderer können sowohl für die Förderung von Stückgut als auch von Schüttgut eingesetzt werden.

Während Schüttgut i. d. R. auf Gurten mit gemuldeter Form gefördert wird, hat der Gurt für die Stückgutförderung eine flache Form. Der grundsätzliche Aufbau von Stückgut-Bandförderern und Schüttgut-Bandförderern ist aber weitgehend gleich.

- Da bei der Stückgutförderung das Fördergut während des Transports ruhig auf dem Tragorgan aufliegt (keine Bewegung zwischen Tragorgan und Fördergut wie z. B. bei Rollförderern),
 - ist der Bandförderer beim Transport relativ leise;
 - ist der Bandförderer auch für den Transport empfindlicher Güter geeignet. Auch Fördergüter ohne Ladungsträger können problemlos gefördert werden.
- Die Fördergüter können trocken oder nass, staubig oder leicht klebrig sein.
- Die Größe der Stückgüter wird nach oben lediglich durch die Gurtbreite begrenzt; nach unten gibt es keine Grenze. Anders als beim Rollenförderer gibt es keine Anforderung an die Mindestlänge (Ausnahme evtl. an den Übergabestellen von Gurt zu Gurt).

Die Gruppe der Bandförderer für Stückgut kann nach VDI 4440 Bl. 1 [VDI 9] unterteilt werden in:

- Gurtförderer
- Kurvengurtförderer
- Teleskopgurtförderer
- Stahlbandförderer
- Kunststoff-Gliederbandförderer
- Drahtgurtförderer
- Riemenförderer

Die nachfolgende Gliederung lehnt sich in Teilen an die VDI 4440 an, weicht aber bei der Strukturierung und auch bei den Benennungen teilweise ab.

3.3.1.1 Gurtförderer

Das Trag- und Zugorgan von Gurtförderern für Stückgut sind Flachfördergurte. Dabei handelt es sich i. d. R. um Bänder, die aus einem Zugträger bestehen, der mit Gummi oder Kunststoff umhüllt ist.

Nach der Umhüllung wird unterschieden in

- Gummi-Gurtförderer
- Kunststoff-Gurtförderer

Abgesehen von Gurten für sehr leichte Fördergüter sind Fördergurte zusätzlich zum Deckschichtmaterial mit Einlagen ausgestattet. Diese Einlagen haben die Aufgabe des Zugträgers, d. h. sie

müssen die vom Antrieb in den Gurt eingeleiteten Zugkräfte aufnehmen. Die Materialauswahl der der Zugträger, die eingebettet werden, ist u. a. von der geforderten Zugkraft des Gurtes abhängig.

Übliche Materialien sind:

- Textil- Einlagen
- Stahlseil- Einlagen
- Polyester-Einlagen

Gurte haben meist glatte Tragseiten, sie können aber auch mit Profilierungen versehen sein. Insbesondere um das Verrutschen von Fördergut bei Schrägtransport zu vermeiden, können die Gurte mit Noppen, Stollen, Klappstollen usw. ausgestattet sein. Auch an den Längskanten können die Gurte mit Stegen ausgestattet sein, z. B. Wellkanten.

Neben den Gurtförderern mit normalen Umlenkrollen gibt es Gurtförderer, bei denen der Gurt um eine so genannte Messerkante umgelenkt wird. Diese Messerkante kann eine feststehende Kante mit kleinem Radius (ca. 3 mm), oder eine Rolle mit kleinem Durchmesser (max. 20 mm) sein. Aufgrund dieser kleinen Umlenkradien entstehen an den Übergabestellen von einem Förderband auf das nächste nur sehr kurze Unterbrechungen innerhalb der Förderhöhe. Messerkanten-Gurtförderer sind daher für den kontrollierten Transport kleiner Stückgüter geeignet.

3.3.1.2 Stahlbandförderer

Beim Stahlbandförderer ist das Zug- und Tragorgan ein umlaufendes dünnes Stahlband. Dieses hat eine harte und glatte Oberfläche. Es ist daher widerstandsfähig gegen Verschleiß und gegen das Festsetzen von Schmutz; außerdem ist es leicht zu Reinigen.

Wegen der glatten und harten Oberfläche kann das Fördergut mittels Pusher oder sonstiger Abschiebevorrichtung problemlos seitlich vom Stahlband abgeschoben werden. Ein besonderer Einsatzbereich ist daher der Stahlbandsorter. Förderer mit Stahlbändern aus nichtrostendem Stahl sind besonders für den Einsatz in Bereichen geeignet, in denen besondere Anforderungen an Sauberkeit und Hygiene gestellt werden.

3.3.1.3 Modulbandförderer / Scharnierbandförderer

Die Bänder der Modulbandförderer sind aus einzelnen flächigen Modulen zusammengesetzt. Quer zur Förderrichtung sind diese Module wie Scharniere über ineinander greifende Ösen und Verbindungsstege miteinander verbunden (siehe auch VDI 4440 Bl. 1, Pkt 3.5 „Kunststoff-Gliederbandförderer“). Diese Scharnierbänder sind für die unterschiedlichsten Ansprüche in unterschiedlichen Materialien auf dem Markt (z. B. Kunststoff, Stahl, Edelstahl).

3.3.1.4 Riemenförderer

Die Riemenförderer ähneln dem Gurtförderer. Während beim Gurtförderer aber nur ein Band bzw. Gurt umläuft, bestehen die Tragelemente der Riemenförderer je nach Anwendungsfall aus zwei oder mehreren parallel umlaufenden Riemen. Die Riemen werden i. d. R. in Kunststoff-Gleitprofilen geführt. Zwischen den Spuren können unterschiedliche Funktionsgruppen eingesetzt werden, wie z. B. Stopper, Vereinzeler, Zentrierspuren u. s. w.

Riemenförderer unterscheiden sich nicht nur in der Anzahl der Riemen, es gibt auch Unterschiede nach der jeweils verwendeten Riemenart / Profilform, wie z. B.:

- Flachriemenförderer: Kraftschlüssiger Antrieb; preisgünstige Lösung für quaderförmige Güter
- Keilriemenförderer: Kraftschlüssiger Antrieb mit relativ großer Kraftübertragung über die Flanken;
- Zahnriemenförderer: formschlüssiger Antrieb für schlupffreien Transport
- Rundriemenförderer: Kraftschlüssiger Antrieb; für zylindrische Güter sowie für hygienische Anwendungen, da reinigungsfreundlich

Riemenförderer werden für den schonenden und geräuscharmen Transport von Stückgütern, wie z. B. Kartons, Behältern eingesetzt. In Verbindung mit Tablarlager- Systemen sind sie für die Zu- und Abführung der Tablare bestens geeignet. Wegen der guten Zugänglichkeit bietet sich ihr Einsatz auch in technischen Prozessen an (wie z. B. Waschen, Trocknen, Bearbeiten).

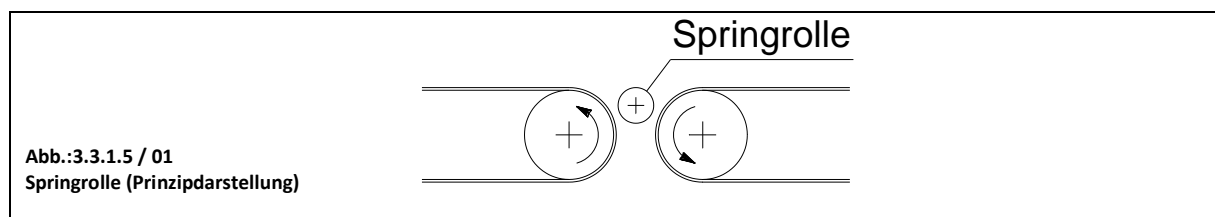
Riemenförderer werden auch als Ein- / Ausschleuselemente für andere Fördersysteme, wie z. B. Sortieranlagen verwendet. Bei Rollenbahnen für leichte und mittelschwere Güter können sie als Quersetzer eingesetzt werden. Hierfür müssen sie mit einem Hubsystem ausgestattet sein (z. B. Pneumatik- oder Exzenterheber).

3.3.1.5 Sicherungsmaßnahmen an Bandübergabestellen

An Stetigförderern gibt es diverse Gefährdungsstellen für Personen, die durch Einhaltung der entsprechenden Normen und Vorschriften möglichst eliminiert werden sollten (siehe oben Kap. 3.3). Eine dieser Gefährdungsstellen sind die Bandübergabestellen. Dabei handelt es sich um eine Nahtstelle zwischen einem Band- / Gurtförderer und einer anschließenden Fördereinrichtung, bzw. einem festen Arbeitsplatz. An einer derartigen Schnittstelle kann es zu Gefährdungen von Personen kommen.

Einzuggefahren für Finger und Hände oder andere Gliedmaßen bestehen, wenn im Bereich der Umlenkrolle der Sicherheitsabstand zwischen dem Gurt und dem Anschlusselement weniger als 50 mm beträgt. Mögliche Sicherungsmaßnahmen sind:

- Abdecken der Zwischenräume durch Füllstücke (z. B. Bleche)
- Einfügen von so genannten Springrollen. Dabei handelt es sich um lose eingelegte Rollen, die bei Unfallgefahr (z. B. bei Hineingreifen in laufende Förderer) leicht aus der Halterung springen.



3.3.1.6 Sonderausführungen

3.3.1.6.1 Kurvengurtförderer und Wendelgurtförderer

Bandförderer werden primär bei geradlinigen Förderstrecken eingesetzt. Für die Förderung um Kurven (30° bis 180°) gibt es spezielle Kurvenelemente. Bei diesen Kurvengurtförderern erfolgt die Gurtumlenkung über konische Trommeln. Innerhalb der Kurve wird der Gurt schleifend abgetragen.

$R_a = \sqrt{[(R_i + B_p)^2 + (L_p / 2)^2]}$		
Lp	Maximale Länge des Produktes / Fördergutes	
Bp	Maximale Breite des Produktes / Fördergutes	
Ra	Minimaler Außenradius der Kurve bei rechteckigem Fördergut	
Ri	Nutzbarer Innenradius der Kurve (i. d. R. Herstellerseitig fest vorgegeben; ggf. muss noch die Breite des Antriebsübertragungssystems (z.B. Riementrieb) addiert werden, wenn dieses für das Fördern nicht nutzbar ist.).	
Die Differenz von Ra und Ri ist die minimale Nutzbreite der Fördererkurve. Zur Gesamtbreite der Kurve müssen noch konstruktionsbedingte Maße, wie z. B. die der Tragprofile und in geringfügigem Umfang Freimaße addiert werden.		
Abb.:3.3.1.6 / 01 Minimale Kurvenradien		

Eine Besonderheit der Kurvengurtförderer sind Wendelkurvenförderer (Wendelgurtförderer). Außer dem Richtungswechsel bezogen auf die Horizontale können damit gleichzeitig auch Höhenunterschiede überwunden werden.

3.3.1.6.2 Teleskopgurtförderer

Teleskopgurtförderer sind ausfahrbare Gurtförderer, mit denen die Länge der Förderstrecke motorgesteuert stufenlos variiert werden kann. Dazu ist die vordere Umlenkrolle in Verbindung mit einer oder mehreren Bandschleifen telekopierbar. Außerdem kann i. d. R. der Neigungswinkel der Förderstrecke an die Förderaufgabe angepasst werden.

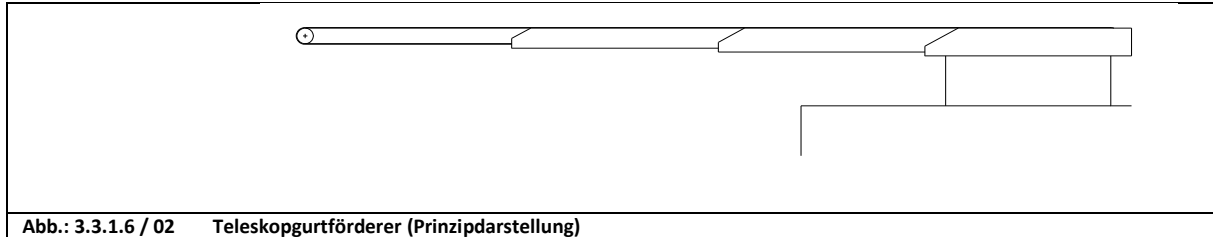


Abb.: 3.3.1.6 / 02 Teleskopgurtförderer (Prinzipdarstellung)

Teleskopgurtförderer werden insbesondere im Rampenbereich von Wareneingang und Waren- ausgang zur Be- und Entladung von LKW, Container und dgl. eingesetzt. Durch die teleskopartige Verlängerung der Förderstrecke, die bis in die letzte Ecke eines LKW reichen kann, werden die Wege beim Verladen verkürzt. Gleichzeitig wird das Verladegut in ergonomischer Höhe angedient. Dies führt zu einer Erhöhung der Umschlagsleistung im Verladebereich.

3.3.1.6.3 Knickbandförderer

Die oben beschriebenen Stetigförderer-Systeme sind primär dazu geeignet, Fördergüter auf horizontal verlaufenden Strecken zu befördern, oder auf Strecken mit sehr eingeschränkter Neigung.

Knickbandförderer sind Sonderausführungen der Gurt- oder der Gliederbandförderer, die es ermöglichen, größere Höhenunterschiede (aufwärts- oder abwärts) zu überbrücken. Sie bestehen i. d. R. aus einer Steigungsstrecke sowie jeweils einem horizontalem Ein- und Auslauf.

Für die Mitnahme des Fördergutes auf der Steigung sind die Fördergurte mit Querprofilen / Stollen ausgestattet. Seitlich sind die Gurte i. d. R. durch Wellenkanten begrenzt (Wellenkanten-Fördergurt). Der tragende Gurt verläuft ununterbrochen über alle drei Elementteile und wird in den Bereichen der Steigungswechsel über Scheibenräder umgelenkt.

3.3.1.6.4 Klemmförderer

Mit Klemmförderern kann kleineres Fördergut, aber auch Flaschen, Behälter usw. mit hoher Geschwindigkeit in stetigem Durchlauf vertikal transportiert werden. Dazu wird es zwischen zwei parallel angeordneten, Gliederbandförderern eingeklemmt, die hierfür mit elastischen Gummi-Mitnehmern ausgestattet sind. Der Abstand zwischen den Gliederbändern kann (i. d. R. über Handrad) bedarfsgerecht an das Fördergut angepasst werden.

Der Klemmförderer hat mit seinem jeweils horizontalen Ein- und Auslauf und seiner vertikaler Steigungsstrecke einen S-förmigen Verlauf. Im horizontalen Einlaufbereich sind die Gliederbänder i. d. R. konisch zueinander angeordnet. Die zugeführten Güter werden in diesem Bereich zentriert und eingeklemmt. Durch die Umlenkung zum Vertikalbereich wird das Fördergut um 90° geschwenkt.

3.3.2 Kettenförderer

Kettenförderer haben ein umlaufendes, endloses Zugorgan. Dieses Zugorgan besteht üblicherweise aus einer oder mehreren umlaufenden Ketten. Anstelle der Ketten können aber auch Bänder oder Drahtseile zum Einsatz kommen.

Unter dem Oberbegriff „Kettenförderer“ gibt es verschiedene Arten an Stetigförderern (siehe auch DIN 15201 Teil 1 [DIN 13]. Nach VDI 4440 Bl. 2 [VDI 9] können Kettenförderer für Stückgut unterschieden werden in:

- Plattenbandförderer
- Schuppenbandförderer

- Kippschalensortierförderer
- Quergurtsortierförderer
- Schuhsortierförderer
- Schleppkettenförderer
- Tragkettenförderer
- Staukettenförderer
- Schaukel-/ Pendelförderer

Zu den Kettenförderern zählen gemäß o. g. Auflistung auch die Sortertypen „Schuhsorter“, „Quergurtsorter“ und „Kippschalensorter“. Diese werden im Kapitel 3.9 (Automatische Sortier- und Verteilanlagen) beschrieben.

3.3.2.1 Plattenbandförderer

Plattenbandförderer sind meist aufgeständerte, aber auch auf Bodenniveau verfahrbare Stetigförderer. Sie bestehen aus gleichartigen Tragelementen (Platten ohne Seitenwände). Diese sind an dem umlaufenden Zugorgan in gleichen Abständen befestigt [PFE 1], oder sind gelenkig direkt miteinander verbunden. Die Platten können stumpf aneinander gestoßen sein, oder sich überlappen. Das Zugorgan kann rollend oder gleitend ausgeführt sein.

Da das Fördergut auf den Platten getragen wird, können diese Stetigförderer für unterschiedlichstes Stückgut eingesetzt werden. Als Einsatzbereich von Plattenförderern bietet sich an:

- Sehr kurvengängige Förderstrecken (z. B. Flughafen-Gepäckbänder, Getränkeindustrie)
- Fördern von schweren oder heißen Stückgütern
- Fördern von Ladeeinheiten mit unterschiedlichen Größen
- Fördern von Paletten, deren Laufbretter quer zur Förderrichtung stehen
- Der Montagebereich (insbesondere in der Automobilindustrie), bei dem das Plattenband gleichzeitig die Arbeitsfläche für mitfahrendes Personal bildet.

3.3.2.2 Tragkettenförderer

Der Tragkettenförderer ist i. d. R. ein aufgeständerter Stetigförderer mit ein- oder mehrsträngiger Kette. Die umlaufende Kette ist sowohl Zug- als auch Tragorgan. Während der Förderbewegung gibt es keine Relativbewegung zwischen Kette und Fördergut. Die Förderrichtung mit einem Tragkettenförderer ist immer geradeaus; für Richtungsänderungen müssen Drehtische o. ä. verwendet werden.

Kufenpaletten, wie z. B. die Euro-Palette werden auf Tragkettenförderern immer in Querrichtung gefördert, während sie in Längsrichtung auf Rollenförderern transportiert werden. Ein besonderer Einsatzbereich des Tragkettenförderers ist die Kombination mit einem Rollenförderer zu einem Eckumsetzer (siehe Kap. 3.3.5 ff).

3.3.2.3 Flurbundene und aufgeständerte Schleppkettenförderer

Schleppkettenförderer haben eine endlose, umlaufende Kette oder ein Seil als Zugorgan. Das Zugorgan befindet sich meist in einer Rinne, die in den Hallenboden eingelassen ist. Es gibt aber auch Lösungen, bei denen das Zugorgan oberhalb des Arbeitsbereiches aufgeständert oder von der Decke abgehängt verläuft.

Als Tragorgan können sowohl Stetigförderer, als auch Unstetigförderer zum Einsatz kommen, wie z.B.:

- Gleitbahnen
- Rollenbahnen,
- nicht angetriebene Flurförderzeuge
- Wagen, die auf aufgeständerten Bahnen verfahren werden.

Bei Stetigförderern wird das Fördergut vom Zugorgan direkt angetrieben, bei Unstetigförderern wird das Fördermittel bewegt, auf dem das Fördergut ruht.

Die Kraftübertragung für die Vorwärtsbewegung vom Zugorgan auf das Fördergut oder auf das Fördermittel erfolgt über ein Mitnehmersystem. Dieses kann z. B. aus einer Aufnahmevorrichtung am Zugorgan bestehen, in den ein Schleppstift eintaucht, der am Fördermittel angebracht ist. Mehrere Schleppkettenförderer können über Weichen und Transfersysteme zu komplexen Fördersystemen verbunden werden.

Schleppkettenfördersysteme sind beim Cross Docking für Stückgut eine interessante Alternative; insbesondere in Verbindung mit rollenden Flurförderzeugen (z. B. Handgabelhubwagen, Corlette, usw.), die mit entsprechenden Schleppstiften ausgestattet sind. In einfacher Ausführung werden die Flurförderzeuge manuell in die Förderstrecke eingeschleust und wieder entnommen. Die Flurförderzeuge sind aber i. d. R. codiert und mit entsprechendem Mechanismus versehen, so dass ein automatisches Ein- und Ausschleusen erfolgen kann.

Beispiel eines realisierten Einsatzes der Schleppkettenfördertechnik:

Als Flurförderzeug werden Handgabelhubwagen eingesetzt, die jeweils mit entsprechendem Schleppstift und Identsystem ausgestattet sind. Mit diesen Handgabelhubwagen werden die LKWs am Wareneingang entladen.

Dem beladenen Handgabelhubwagen wird die Adresse des Zieles eingegeben; danach wird das Flurförderzeug auf die Strecke geschickt. Erreicht das Flurförderzeug die Zielstation, wird das Personal über die Ankunft akustisch und / oder über Lichtsignale informiert. Bei entsprechender technischer Auslegung wird das Flurförderzeug in einen Bahnhof ausgeschleust.

Die Bewegung des Fördergutes erfolgt damit i. d. R. auf dem Hallenboden, bzw. in Bodennähe auf aufgeständerten Bahnen. Entsprechend der Anordnung der Schleppkette im Raum ist zu unterscheiden zwischen:

- Unterflur-Schleppkettenförderer
- Überkopf-Schleppkettenförderer

Unterflur-Schleppkettenförderer

Innerhalb intralogistischer Systeme werden die Schleppketten meist in einem im Hallenboden verlegten Schienenprofil (unter Flur) geführt. Das Fördergut wird auf einem Flurförderzeug transportiert (s. o.).

Vorteil:

- Streckenführung über größere Längen
- Geringer Platzbedarf
- Geringe Antriebsleistung
- Geringer Verschleiß und geringe Wartung

Nachteil:

- Rille in der Bodenplatte
- Schmutzansammlung im Führungsprofil muss beseitigt werden.
- Nachträgliche Veränderung der Streckenführung ist mit erheblichem Aufwand verbunden.

Überkopf-Schleppkettenförderer

Bei Überkopf-Schleppkettenförderern wird die Tragkonstruktion für die Schleppkette aufgeständert oder von der Decke abgehängt. Die Mitnehmer sind an der Kette befestigt und hängen herunter.

Vorteil:

- Wie beim Unterflur-Schleppkettenförderer
- Keine Rille in der Bodenplatte, wie beim Unterflur-Schleppkettenförderer
- Nachträgliche Veränderungen in der Streckenführung sind leichter zu realisieren, da kein Eingriff in die Bodenplatte erforderlich ist.

Nachteil:

- Platzbedarf für Aufständigung der Schleppkette
- Umlaufende Mitnehmer können den Querverkehr stören

3.3.3 Rollförderer

Rollförderer sind die am häufigsten eingesetzten Stetigförderer für Stückgut. Dabei ist die Bezeichnung „Rollförderer“ ein Überbegriff für verschiedene Arten von Stetigförderern, bei denen das Fördergut beim Transport auf sich drehenden Rollkörpern getragen wird.

Der Einsatz von Rollförderern ist insbesondere für Stückgut mit ebenen glatten Auflageflächen geeignet. Das zu fördernde Gut, bzw. dessen Auflagefläche hat grundsätzlich einen wesentlichen Einfluss bei der Auswahl und Dimensionierung eines Rollförderers. Neben dem Gewicht und dem Format des Fördergutes kommt es auch darauf an, wie hart, bzw. weich das Material der Auflagefläche und wie eben es ist.

- Fördergüter mit harten Auflageflächen (z.B. Kunststoffbehälter) sind für Rollförderer besser geeignet als Fördergüter mit weichen Auflageflächen (z. B. Kartons oder gar biegeschlaffe Teile). Je weicher das Material ist, desto
 - desto größer sind Anlauf- und Rollwiderstand und umso höher ist die erforderliche Antriebsleistung,
 - desto kürzer muss der Rollenabstand gewählt werden
- Bei der Ebenheit der Auflageflächen ist zu unterscheiden, ob (in Förderrichtung gesehen) Längsrillen oder Querrillen vorliegen. Längsrillen in Förderrichtung haben keinen Einfluss; Querrillen / Querstreben können sich je nach Stärke negativ auf das Fördern auswirken.
 - Querrillen können eine höhere Antriebsleistung erfordern.
 - Querrillen könne einen kürzeren Rollenabstand erforderlich machen (Paletten-Quertransport ist z. B. nur mit ganz eng beieinanderstehenden Rollen möglich).

Eine Förderstrecke ist eine Aneinanderreihung von Rollförderer-Elementen in konstruktiv bedingte Abschnitte. Die technischen Daten und Katalogangaben der Hersteller / Anbieter beziehen sich i. d. R. auf diese Elemente. Die wesentlichen Baugruppen eines Rollförderer-Elementes sind:

- Die Rollkörper. Dazu gehören i. d. R. die Achsen sowie die Lagerung, Abdichtung.
- Die Rahmenkonstruktion (Längsholme), bzw. die Tragkonstruktion, welche die Rollkörper aufnimmt.
- Die Unterkonstruktion, auf der die Rahmenkonstruktion aufliegt (Ständer, Abhängung).

Die unterschiedlichen Arten von Stetigförderern, die zu dieser Kategorie zählen, können nach verschiedenen Kriterien unterschieden werden:

- Nach der Form der Rollkörper
 - Rollenbahnen
 - Röllchenbahnen
 - Rollschienen
 - Topfrollenbahnen

- Kugelbahnen
 - Allseitenrollenbahnen
 - Nach der Antriebsform
 - Nicht angetriebene Rollförderer
 - Elektromotorisch angetriebene RollfördererAngetriebene Rollförderer eignen sich insbesondere für horizontale Strecken sowie für leichte Steigungen. Die Steigung ist begrenzt, weil die Kraftübertragung von Rollkörper auf das Fördergut über Reibschluss erfolgt.
- Bei angetriebenen Rollförderern handelt es sich i. d. R. um angetriebene Rollenbahnen.

In der VDI 4440 Blatt 3 (Rollen- und Kugelbahnen) [VDI 9] wird unterschieden in:

- Rollenbahn – angetrieben
- Rollenbahn – nicht angetrieben
- Röllchenbahn
- Schlepprollenförderer
- Staurollenförderer (Stauröllchenförderer)
- Kugelbahn und Allseitenrollen

(Anmerkung: Die nachfolgende Gliederung ist nicht an der VDI 4440 orientiert. Einzelne Förderer aus Bl. 3 werden z. B. den Kettenförderern zugeordnet).

Bei den meisten Rollförderern handelt es sich um aufgeständerte Fördertechnik. Über Deckenabhängung oder z. B. Auflage auf Wandkonsolen kann aber dieselbe Fördertechnik flurfrei installiert werden. Die Rollförderer werden meist ortsfest aufgebaut; es gibt aber auch fahrbare und umsetzbare Rollförderer. Dabei handelt es sich i. d. R. um einfache Fördertechniken. Ein sehr flexibler, beweglicher Förderer ist z. B. die Scherenrollenbahn. Aber auch komplexe angetriebene Fördersysteme mit intelligenter Steuerung können dank neuerer Entwicklungen flexibel gestaltet und umgestaltet werden (siehe unten).

3.3.3.1 Nicht angetriebene Rollförderer

Bei nicht angetriebenen Rollförderern erfolgt der Vorschub für die Bewegung des Fördergutes

- meistens unter Ausnutzung der Schwerkraft. Dies setzt ein Gefälle in der Förderstrecke voraus. Das Gefälle beträgt 2 – 5 cm / m Förderstrecke, je nach Beschaffenheit und Gewicht des Fördergutes.
- bei horizontalen Förderstrecke über Muskelkraft oder eine externe Schubvorrichtung.

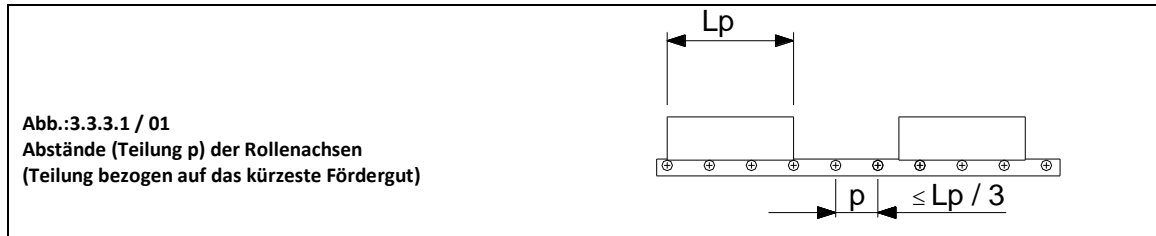
Um Störungen in der Bewegung zu vermeiden, sollte der Boden des Förderguts möglichst steif und eben sein. Der Boden kann auch Längsstege oder auch umlaufende Ringleisten aufweisen; Voraussetzung ist, dass diese auf den Tragrollen aufliegen. Bei der Auswahl / Dimensionierung der Rollförderer sollte i. d. R. die Bahnbreite größer als die maximale Fördergutbreite gewählt werden; es ist aber auch ein seitlicher Überstand möglich, wenn die Rollen über die Rahmenkonstruktion hinausragen.

3.3.3.1.1 Rollenbahnen / Schwerkraftrollenbahnen

Entsprechend der Namensgebung handelt es sich bei den Rollkörpern der Rollenbahnen um Rollen / Walzen. Die Rollen werden aus Rohren gefertigt; je nach Verwendungszweck aus Alu, Stahl, Edelstahl oder Kunststoff. Die Rollen sind mit ihren Achsen quer zur Förderrichtung in die Rahmenkonstruktion / Längsholme eingelegt und ggf. über Distanzstücke damit verschraubt. Die Länge der Rollen geht bei geraden Strecken i. d. R. über die gesamte lichte Weite des Förderers.

Die Länge der Rollen sowie die Abstände der Rollen untereinander (Teilung) sind auf die Beschaffenheit, die Abmessungen und das Gewicht des Förderguts abzustimmen. Der Abstand zwischen den Tragrollen ist so auszulegen, dass

- der Abstand bezogen auf das kürzeste Fördergut (in Laufrichtung) maximal $1/3$ dieser Fördergutlänge (Produktlänge L_p) beträgt.
Eine größere Teilung (das Fördergut liegt z. B. nur auf max. zwei Rollen auf), kann insbesondere bei ungleichmäßiger Gewichtsverteilung über die Fördergutlänge zum Pendeln / Kippen des Fördergutes führen.
- bei gegebener Traglast der Förderrollen das Gewicht des schwersten Fördergutes auf hinreichend viele Förderrollen verteilt wird.



Die maximal zulässige Traglast (maximale Tragkraft) ist abhängig von:

- der Rollenlänge
- der Rollenteilung
- dem Stützenabstand

In Kurvenstücken sind die Rollen kegelförmig, bzw. zylindrische Rollen sind in kurze nebeneinander angeordnete Rollen unterteilt. Die Kurvenstücke gibt es üblicherweise als 45° - und 90° - Elemente. Die erforderliche Nutbreite der Kurvenstücke ist sowohl abhängig von der Fördergutbreite als auch von der Fördergutlänge (siehe auch Kap. 3.3.1.1 Gurtförderer / Kurvengurtförderer).

Komponenten nicht angetriebener Rollenförderern sind mit angetriebenen Rollenförderern kombinierbar. Darüber hinaus gibt es eine breite Palette an Zubehörteilen. Dies macht die Rollenförderer vielseitig gestaltbar. Zu den Zubehörteilen gehören z. B.:

- Seitenführungen für Geraden und für Kurvenstücke; alternativ Rollen mit Spurkränzen
- Weichen für horizontale bzw. für vertikale Ein- oder Ausschleusung
- Transferelemente / Abweisvorrichtungen, wie z. B. Kettentransfer, Pusher usw.
- Bremsen, Sperrvorrichtungen / Anschläge, Separiervorrichtungen (siehe unten), durch die die Bewegung des Fördergutes gebremst und / oder gestoppt werden kann.
- sonstige Zubehörteile (z. B. Klappstücke, für den Fall dass eine Förderstrecke einen Verkehrsweg kreuzt und kurzzeitig geöffnet werden muss).

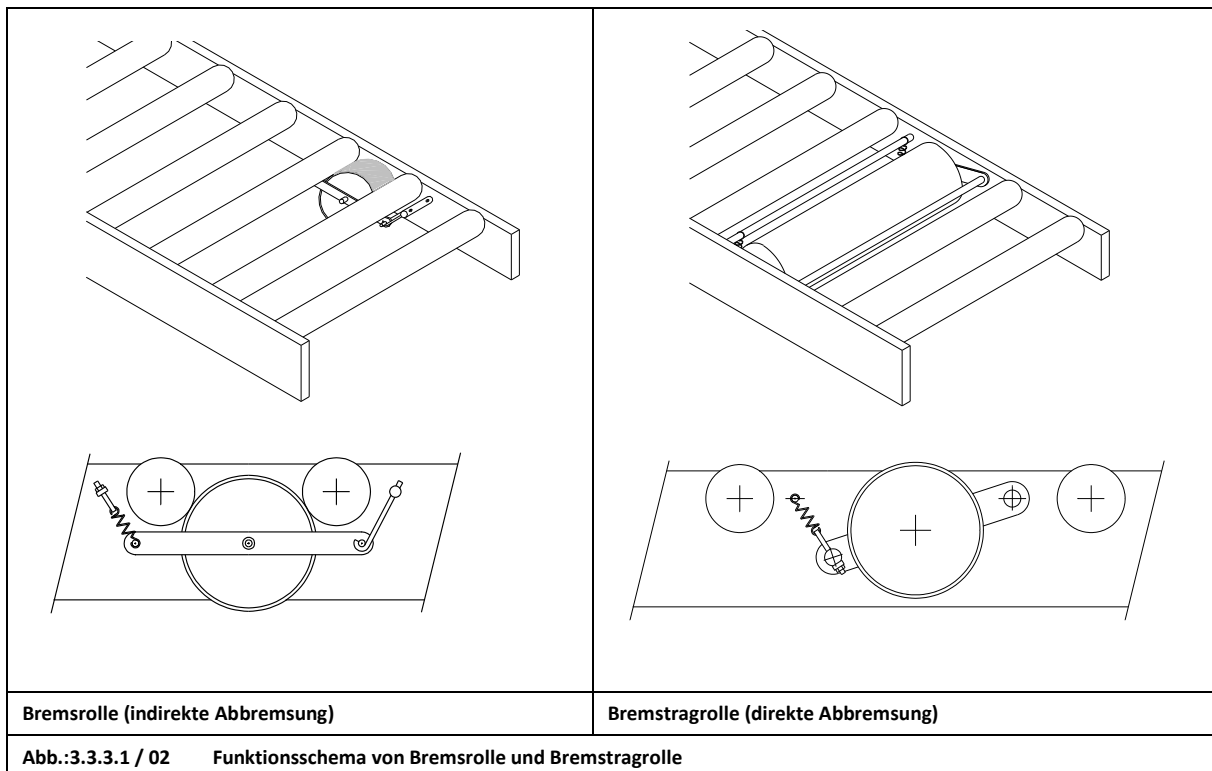
Nicht angetriebene Rollenförderer werden meist als Schwerkraftförderer eingesetzt. Meistens ist dies am Ende von angetriebenen Förderstrecken, insbesondere aber in Durchlaufregalen (siehe hierzu auch Teil II.2 „Lagerarten, Lagertechniken“). Bei langen Schwerkraftbahnen werden Hubtische oder kurze motorisch angetriebene Hubförderer zwischengeschaltet um das Gefälle zu gewährleisten [BUC 1].

Die Förderung mittels Schwerkraft hat zur Folge, dass insbesondere bei längeren Förderstrecken die Fördergeschwindigkeit begrenzt werden muss. In Rollenbahnen für schweres Stückgut werden hierfür Bremsrollen oder Bremstragrollen in die Förderstrecke integriert. Bremsrollen und Bremstragrollen arbeiten nach dem Fliehkraftprinzip. Innerhalb einer Bremsstrommel wird die Rotationsbewegung durch ein Planetengetriebe in eine höhere Drehzahl übersetzt. Dadurch werden Fliehkraft-Bremsbacken an den Rollenkörper der Bremsrolle / Bremstragrolle gepresst. Je schneller sich die Ladeinheit bewegt, desto schneller dreht sich die Bremsrolle bzw. Bremstragrolle und desto größer ist die Bremswirkung.

Der Abstand der Bremsrollen / Bremstragrollen zueinander sollte so bemessen sein, dass die Ladeinheiten auf der Gefällestrecke nicht zu viel Geschwindigkeit aufnehmen können. Es wird empfohlen, dass pro Ladeinheit mindestens eine Bremsrolle / Bremstragrolle zum Eingriff kommt.

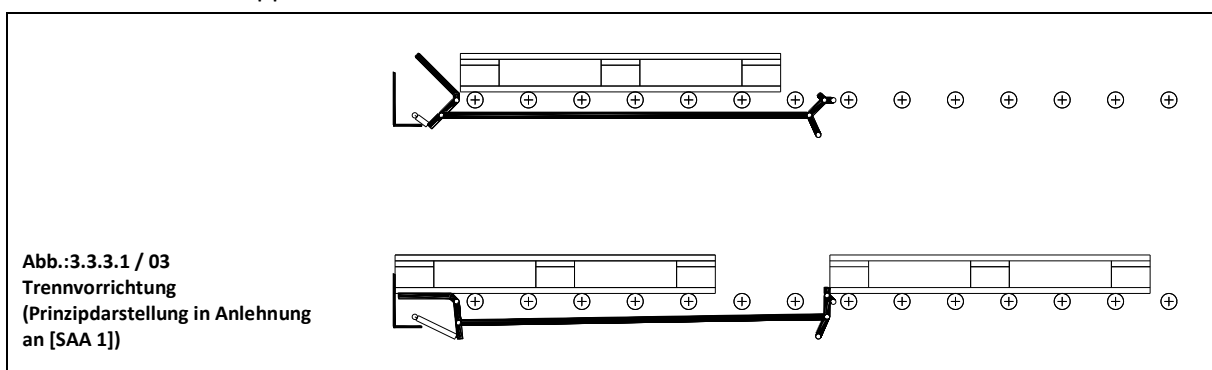
- Die Bremsrollen üben ihre Bremskraft indirekt auf das Fördergut aus. Sie werden über Federkraft an die Tragrollen angepresst und bremsen diese über Reibschluss aus.
- Bremstragrollen üben ihre Bremswirkung direkt auf die Lagereinheit aus. Sie sind zwischen den Tragrollen der Förderstrecke angeordnet und ragen ca. 2 mm über deren Niveau hinaus.

Ein Vorteil der Bremsrolle gegenüber der Bremstragrolle ist, dass bei der Bremsrolle zwei gebremste Tragrollen auf das Fördergut wirken.



Am Ende der Förderstrecke muss häufig (insbesondere bei Fördergut mit großem Gewicht) das vorher bereits abgebremste Fördergut zum Stillstand gebracht werden, bevor es auf anderes Fördergut aufläuft (Vereinzelung von Ladeeinheiten). Hierfür werden Trennvorrichtungen (Separatoren) eingesetzt. Die Hauptkomponenten derartiger Trennvorrichtungen sind i. d. R.

- die Schaltzunge
- die Schaltstange
- der Kniehebelstopper



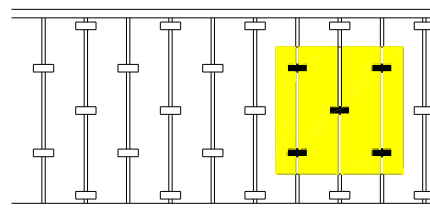
Wird die Schaltzunge durch eine auflaufende Ladeeinheit niedergedrückt, wird über die Schaltstange der Kniehebelstopper hinter dieser Ladeeinheit betätigt. Durch das Hochklappen des Stoppers werden alle nachfolgenden Ladeeinheiten gestoppt. Ein Nachrücken dieser gestoppten Ladeeinheiten ist erst möglich, wenn die vorderste Ladeeinheit von der Förderstrecke entnommen ist und dadurch die federbetätigte Schaltzunge freigegeben ist.

3.3.3.1.2 Röllchenbahnen und Röllchenleisten

Die Rollkörper von Röllchenbahnen sind sehr schmale Rollen. Diese schmalen Rollen werden „Röllchen“ oder auch „Scheibenrollen“ genannt. Auf einer Achse befinden sich nebeneinander mit Zwischenabständen zwei oder mehrere dieser Scheibenrollen. Die Röllchen auf benachbarten Achsen können hintereinander, oder versetzt zueinander angeordnet sein. Die Abstände zwischen den Achsen und die Zwischenabstände zwischen den Scheibenrollen auf einer Achse sind auf die Auflagefläche des kleinsten Fördergutes zu bemessen. Das Fördergut sollte wie bei den Rollenförderern auf drei Achsen aufliegen und dementsprechend mindestens auf fünf Röllchen.

Röllchenleisten sind eine Sonderform für die Anwendung in Durchlaufregalen. In einer Röllchenleiste sind die Röllchen einzeln hintereinander angeordnet. Ein Durchlaufkanal besteht aus zwei oder mehreren Röllchenleisten.

Abb.:3.3.3.1 / 04
Röllchenförderer (Prinzipdarstellung)
und minimale Anzahl an Auflagepunkten



3.3.3.2 Kugelrollen und Allseitenrollen als Tragorgan

Stetigförderer mit Kugelrollen bzw. mit Allseitenrollen als Tragorgan können eingesetzt werden, wenn darauf Fördergut mit ebener und fester Auflagefläche bewegt werden soll (z. B. flächige Gebinde, Behälter, Kartons, Werkstücke). Dabei sollte das Fördergut so groß bzw. der Abstand zwischen den Tragorganen so klein sein, dass das Fördergut auf mindestens drei Tragorganen aufliegt.

Kugelbahnen und Allseitenrollenbahnen werden i. d. R. in Förderstrecken integriert, wenn das Fördergut innerhalb der Strecke manipuliert werden soll, wie z. B. Drehen des Fördergutes um dessen vertikale Achse, oder Verändern der Förderrichtung innerhalb einer Ebene. Die Kugelbahnen und Allseitenrollenbahnen werden häufig als großflächige Tische zum Sortieren und / oder Kommissionieren ausgelegt.

Kugelrolle

Der Grundaufbau einer Kugelrolle besteht aus einem „Käfig“, in dem eine etwas größere Kugel auf mehreren kleineren Kugeln drehbar gelagert ist. Bei Kugelrollen gibt es daher keine festgelegten Drehachsen.

Die große Kugel (Laufkugel) ist das Tragorgan, auf dem sich das Fördergut bewegt. Der Durchmesser der Laufkugel kann – abhängig von der Last des Fördergutes - ca. 15 mm bis ca. 60 mm betragen.

Allseitenrolle

Die Grundform einer Allseitenrolle besteht aus einem scheibenförmigen Rollkörper mit strahlenförmig angeordneten Rippen. Diese Rollenscheibe dreht sich wie oben beschriebene Rollen um eine Achse in Hauptförderrichtung. Am Umfang dieser Rollenscheibe sind zwischen den Rippen weitere tonnenförmige Rollen angeordnet, deren Achsen rechtwinklig zur Hauptachse ausgerichtet sind. Über diese Querrollen kann das Fördergut rechtwinklig zur Hauptförderrichtung bewegt werden. Durch die Überlagerung dieser Förderrichtungen kann in alle Richtungen transportiert werden.

Bei der Auslegung von Allseitenrollenbahnen ist darauf zu achten, dass die Rollenscheiben immer in Hauptförderrichtung angeordnet werden. Allseitenrollen sind unempfindlich gegen Betriebseinflüsse wie Staub oder Nässe; Allseitenrollen sind praktisch wartungsfrei.

3.3.3.2.1 Scherenbahnen (Scherenrollen- / Röllchenbahnen)

Eine spezieller Typ der Rollen- und Röllchenbahnen sind so genannte Scherenbahnen. Anstelle der starren Längsholme zur Aufnahme der Achsen verfügen sie über ein Scherensystem. Diese Scheren machen die Förderstrecke äußerst beweglich. Aufgrund dieser besonderen Rahmenkonstruktion ist nicht nur die Länge der Förderstrecke sehr variabel (ausziehbar), es können damit auch Kurven und S-Kurven gestaltet werden.

Die i. d. R. stufenlos höhenverstellbare Unterkonstruktion von Scherenbahnen ist meist mit feststellbaren Lenkrollen versehen, so dass die Bahn flexibel verfahrbar ist. Der Einsatz von Scherenförderern bietet sich überall dort an, wo keine festen Beziehungen zwischen Aufgabe- und Entnahmeort bestehen, oder keine ortsfesten Förderstrecken installiert werden können. Ein typischer Einsatzbereich ist z. B. der Versand, einschließlich Ver- und Entsorgung von LKW's.

3.3.3.3 Angetriebene Rollenbahnen

Angetriebene Rollenbahnen sind im Prinzip aufgebaut wie die oben beschriebenen Schwerkraftrollenbahnen; innerhalb der Förderstrecke wird aber mindestens ein Teil der Tragrollen direkt oder indirekt elektromotorisch angetrieben.

In Kapitel 3.1 sind die wesentlichen Antriebs- und Steuerungssysteme für Stückgut-Stetigförderer benannt. Danach können angetriebene Rollenbahnen unterschieden werden nach

- der Kraftübertragung vom Elektromotor auf die Tragrolle
- der Antriebspannung der Motoren (400 V bzw. 24 V Antriebspannung)
- Systemen mit zentraler oder dezentraler Steuerung.

Angetriebene Rollenbahnen können darüber hinaus unterteilt werden in Rollenbahnen ohne Staufunktion und in Rollenbahnen mit Staufunktion (siehe hierzu Kap. 3.3.4 „Stauförderer“).

3.3.3.3.1 Externer Antrieb mit nachfolgendem Gruppenantrieb

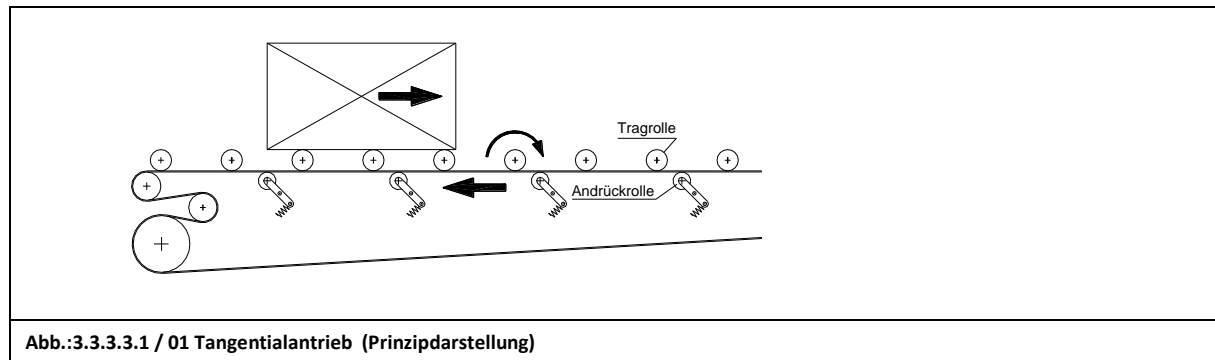
Innerhalb eines Rollenbahnelementes (Nennlänge üblicherweise maximal 6 m; es sind aber auch Elemente bis zu 30 m Länge machbar) wird die gesamte Gruppe der Rollen von einem zentralen Elektro-Getriebemotor angetrieben. Die Antriebspannung des Elektromotors beträgt i. d. R. 400 V. Beim Gruppenantrieb kann anhand der Kraftübertragung vom Elektromotor auf die Tragrollen, bzw. nach der Art der Antriebs-Übertragungselemente unterschieden werden in:

- Reibschlüssige Kraftübertragung über Gummigurt, Keilriemen, Rundriemen o. ä (i. d. R. für leichtere Förderaufgaben)
 - Antrieb tangential von unten
 - Übertrieb von Rolle zu Rolle
 - Antrieb über Längswelle und Rundriemen auf Rolle
- Formschlüssige Kraftübertragung über Kettenantrieb (i. d. R. für schwerere Förderaufgaben)
 - tangentialer Kettenantrieb
 - Kettenantrieb von Rolle zu Rolle

Reibschlüssige Kraftübertragung tangential von unten

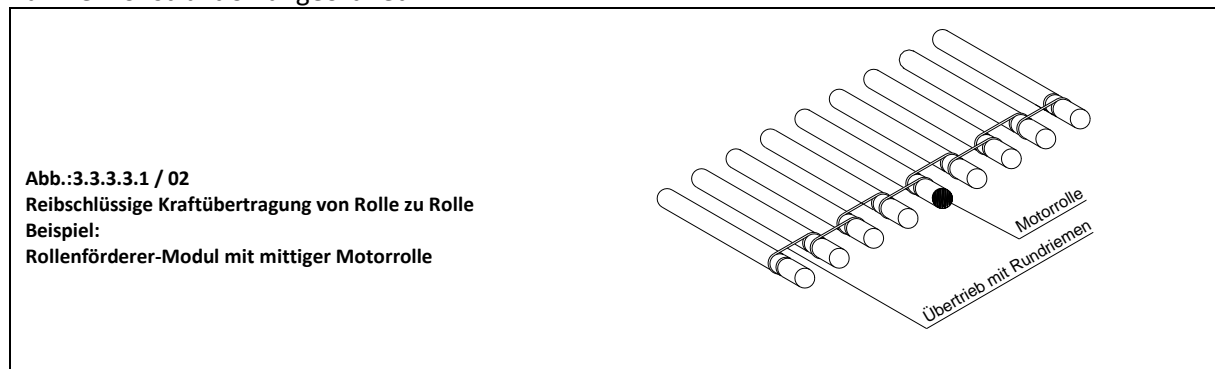
Das Übertragungselement für die reibschlüssige tangentiale Kraftübertragung ist ein endlos umlaufender Gummigurt / Flachriemen oder ein Keilriemen. Dieser läuft über Antriebsstation und Spannstation unterhalb der Tragrollen entgegen der Transportrichtung. Der Riemen wird dabei über federbelastete Andruckrollen an die Tragrollen angepresst.

Rollenförderer mit reibschlüssiger Kraftübertragung tangential von unten werden überwiegend für reine Förderaufgaben eingesetzt. Beim Einsatz als Stauförderer führt das Aufstauen zu Staudruck (siehe Kap. 3.3.4.2.3).



Reibschlüssige Kraftübertragung von Rolle zu Rolle

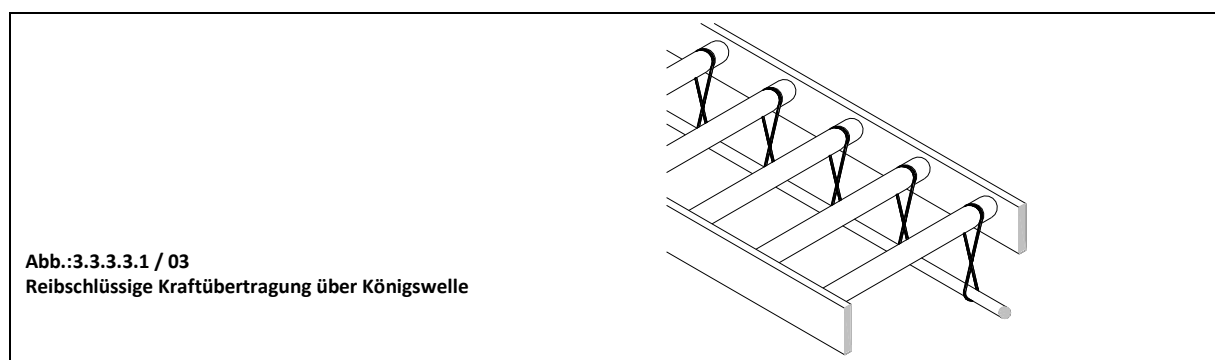
Auf der Antriebsseite jeder Tragrolle laufen zwei Antriebsriemen (i. d. R. Rundriemen, ggf. Flachriemen); ein Riemen, mit dem die Tragrolle angetrieben wird und ein Riemen, mit dem der Antrieb auf die benachbarte Tragrolle weiter übertragen wird. Da mit zunehmendem Abstand der Rollen zum Motor die übertragbare Kraft nachlässt, wird i. d. R. der Getriebemotor mittig unter der Rahmenkonstruktion angeordnet.



Die Kraftübertragung geht damit vom Motor auf die beiden mittleren Tragrollen und wird von da aus jeweils in Richtung der beiden Förderbahnen weitergeleitet. Damit die Antriebsriemen auf den Tragrollen seitlich nicht verlaufen, sind die Rollen i. d. R. mit entsprechenden Sicken versehen, in denen die Riemen geführt werden (Sickenrollen).

Reibschlüssige Kraftübertragung über Längswelle und Rundriemen

Längs unterhalb der Rollenbahn ist eine Antriebswelle (Königswelle) angeordnet. Von dieser Welle aus wird jede Tragrolle einzeln über Rundriemen angetrieben.



Formschlüssige Kraftübertragung über Kette

Die Kraftübertragungsarten „tangentialer Antrieb“ und „Antrieb von Rolle zu Rolle“ sind ähnlich den oben beschriebenen reibschlüssigen Pendants. Der wesentliche Unterschied ist, dass die anzutreibenden Tragrollen mit ein, bzw. zwei Kettenrädern ausgestattet sind, in die die Antriebsketten formschlüssig eingreifen.

Der Vorteil der formschlüssigen Kraftübertragung gegenüber der reibschlüssigen Kraftübertragung ist die bessere Kraftübertragung (kein Schlupf).

3.3.3.3.2 Direktantrieb über integrierten Förderrollenmotor

In der 24-Volt-Technik wird die Förderstrecke i. d. R. in relativ kurze Fördermodule unterteilt (siehe auch Kap. 3.1 ff). Jedes Modul ist mit mindestens einer Rolle bestückt, in die eine Antriebseinheit integriert ist (Motorrolle). Von dieser Motorrolle ausgehend werden innerhalb des Moduls die benachbarten Rollen über Reibschluss von Rolle zu Rolle angetrieben (Abb. siehe oben). Die Module sind jeweils mit eigenen Steuereinheiten und entsprechender Sensorik ausgestattet.

Jedes der Module wird nur dann in Gang gesetzt, wenn darauf auch Fördergut zu bewegen ist (jeweils unabhängige Start- / Stoppfunktion). Auch die Fördergeschwindigkeit innerhalb der Förderstrecke ist variabel. Dies bietet die Möglichkeit, das Fördergut

- zu Stoppen
- zu Stauen / Puffern
- zu Vereinzeln

3.3.4 Aufgeständerte Stetigförderer mit Staufunktion (Stauförderer)

Mit Stauförderern kann das Fördergut nicht nur auf der Förderstrecke bewegt (gefördert) werden, es kann auch auf dieser Förderstrecke gezielt angehalten bzw. gestaut werden. Stauförderer werden i. d. R. am Ende eines Förderstreckenabschnitts installiert. Sie haben die Aufgabe, das Fördergut in den Stillstand zu versetzen, um jedes Fördergut einzeln für die weitere Verwendung bereit zu stellen, wie z. B.:

- Manuelle Entnahme
- Vereinzelung der Fördergüter (Stauen und einzeln wieder in Bewegung setzen), z. B. zur automatischen Identifikation
- Schaffen bestimmter Mindestabstände zwischen Fördergütern, z. B. vor dem automatischen Ausschleusen aus der Förderstrecke.

Stauförderer gibt es auf Basis fast aller Arten an Stetigförderern, egal ob flurgebundene, aufgeständerte oder flurfreie Stetigförderer. In der Gruppe der aufgeständerten Stetigförderer gibt es Stauförderer auf Basis von Bandförderern, Kettenförderern und Rollenförderern (siehe oben). Ein wesentliches Klassifizierungsmerkmal ist die Art, das Fördergut in den Stillstand zu versetzen. Es kann unterschieden in:

- Stauen ohne Staudruck
- Stauen mit Staudruck

3.3.4.1 *Druckloses Stauen*

Zum staudrucklosen Stauen wird der Band-, Ketten-, oder Rollenförderer in Stauplätze unterteilt. Die Länge der Stauplätze ist i. d. R. so dimensioniert, dass ein Stauplatz eine Einheit des Fördergutes aufnehmen kann (Einzelplatzförderer). Bei unterschiedlichen Fördergutlängen ist die Maximallänge der Fördergüter relevant. Die Antriebskräfte für die hintereinander angeordneten Stauplätze können nacheinander ab-, bzw. zugeschaltet werden.

Vorteil, bzw. Einsatzbereich des drucklosen Stauens:

- Druckloses Stauen ist immer geeignet, wenn staudruck-empfindliches Fördergüter gestaut werden sollen.
- Einsatz bei schweren Fördergütern (z. B. Paletten)

Nachteilig ist:

- Der relativ hohe Aufwand für Sensorik und Steuerung
- Einzelstauplätze können bei Fördergütern mit sehr unterschiedlichen Längen zu sehr langen, ungenutzten Zwischenräumen zwischen den Fördergütern führen.

In Abhängigkeit von der Art des Förderers gibt es für druckloses Stauen unterschiedliche Techniken.

3.3.4.1.1 Stauförderer mit Einzelplatzantrieb

Alle Fördererarten (Band-, Ketten- und Rollenförderer) können als Einzelplatz-Stauförderer realisiert werden, wenn jedes Stauplatzmodul mit einem eigenen motorischen Antrieb und entsprechender Sensorik und Steuerung ausgestattet wird.

Ein Beispiel hierfür sind z. B. die angetriebenen Rollenbahnen mit Direktantrieb über integrierten Förderrollenmotor (siehe Kap. 3.3.3.3. ff). Das vorderste zu stoppende Fördergut wird durch eine Sensorik identifiziert und das Förderermodul unter dem Fördergut abgeschaltet. Damit ist der Stauplatz belegt. Diese Meldung wird an die rückwärtigen Stauplätze weitergeleitet. Die nachfolgenden Fördergüter bleiben nacheinander stehen und stauen drucklos auf.

3.3.4.1.2 Stauförderer mit Gruppenantrieb

Bei Rollenförderern mit Gruppenantrieb und reibschlüssiger Kraftübertragung von unten (siehe Kap. 3.3.3.3 ff) können ebenfalls Stauplätze mit entsprechendem (z. B. pneumatischen) Schaltmechanismus nacheinander geschaltet werden. Dabei geht die Steuerung der Stauplätze über die Andruckrollen, welche das Antriebs-Übertragungselement (z. B. Gurt oder Keilriemen) an die Tragrollen pressen, bzw. von diesen trennen.

Wird der Antriebsriemen von den Tragrollen getrennt wird nach [MAN 1] gleichzeitig ein Bremsriemen unter die Tragrollen gedrückt. Damit wird ein sofortiger Halt und eine exakte Positionierung des Fördergutes gewährleistet.

3.3.4.2 Stauen mit Staudruck

Beim Stauen mit Staudruck läuft i. d. R. das vorderste Fördergut gegen eine Sperre und wird zum Halten gezwungen. Da der Hauptantrieb weiterläuft, laufen die nachfolgenden Fördergüter auf das stehende Fördergut auf.

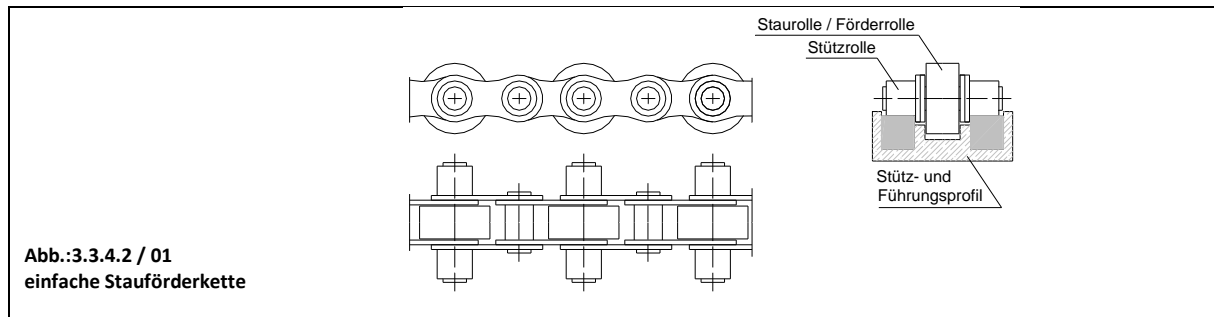
Es gibt eine Vielzahl unterschiedlicher Stauförderer, deren Technik darauf abzielt, dass beim Stauen nicht die volle Antriebsleistung auf das Fördergut wirkt (druckarmes Stauen). Dennoch resultiert aus dem Auflaufen der Fördergüter ein Staudruck, der mit der Menge des angestauten Fördergutes ansteigt. Eine Begrenzung des Staudruckes kann durch Einbau mehrerer Sperren in den Förderer erreicht werden.

Einsatzbereich und Vorteile des druckarmen Stauens:

- Der Einsatzbereich sind Fördertechniken für leichtere Stückgüter (bis ca. 100 kg Masse)
- Fördergüter (auch mit unterschiedlichen Längen) werden lückenlos aufgestaut. Dadurch wird die Staustrecke vollständig genutzt.
- Beim Auflösen des lückenlosen Staus kann ein größerer Durchsatz erzielt werden.

3.3.4.2.1 Staukettenförderer

Staukettenförderer sind eine Variante der o. g. Tragkettenförderer. Die beim Staukettenförderer eingesetzten Ketten sind eine spezielle Form der Rollenförderkette. Diese Stauketten werden meist paarweise in einen Förderer eingebaut, bei breitem Fördergut kann der Staukettenförderer aber auch aus mehreren Kettensträngen bestehen.



Die Stauförderketten werden i. d. R. über beidseitig außenliegende Stützrollen auf Führungsschienen geführt. Innerhalb einer Stauförderkette befinden sich in Förderrichtung mitlaufende, frei drehbare Rollen, auf denen das Fördergut steht (Staurollen). Sobald das Fördergut auf ein Hindernis stößt und dadurch anhält, bewegen sich zwar Kette mit den Staurollen in Förderrichtung weiter, die frei drehbaren Förderrollen unter dem Gut drehen sich aber entgegen der Laufrichtung ab. Dadurch werden die Staukräfte auf ein Minimum begrenzt.

3.3.4.2.2 Staurollenförderer mit Friktionsrolle oder Rutschkupplung

Die Drehbewegung der Tragrollen wird bei diesen Stauförderern über Reibschluss übertragen. Es kann unterschieden werden zwischen innenliegender Friktion (Friktionsrolle) und außenliegender Friktion (außenliegende antriebsübertragende Bauteile mit Rutschkupplung):

- Eine Friktionsrolle besteht aus einem Rohrmantel als Tragrolle und einer darin befindlichen fest angetriebenen Antriebswelle mit Reibbelag. Durch das Gewicht des Fördergutes wird über Reibung die Drehbewegung von der Antriebswelle auf die Tragrolle übertragen. Das Fördergut wird dabei in Förderrichtung mitgenommen.
Trifft das Fördergut auf eine Sperre, wirken Kräfte auf die Tragrolle, die der Drehbewegung entgegenwirken. Dadurch wird die Tragrolle gebremst, bzw. bleibt letztendlich stehen.
- Außenliegende antriebsübertragende Bauteile (z. B. Kettenräder) können mit Rutschkupplungen ausgestattet werden. Die Kraftübertragung auf die Tragrollen ist damit einstellbar und somit unabhängig vom Gewicht des Fördergutes.

3.3.4.2.3 Staurollenförderer mit reibschlüssiger Kraftübertragung tangential von unten

Das Prinzip dieses Förderers ist oben unter Kap. 3.3.3.3.1 beschrieben. Wird bei einem derartigen Fördersystem vor einem Fördergut eine Sperre betätigt, bleibt dieses Fördergut zwangsläufig stehen. Da der Antriebsriemen aber weiterläuft, werden die nachfolgenden Güter weiter gefördert, bis sie sich auf den stehenden Gütern ohne Zwischenräume aufstauen.

In Abhängigkeit vom Anpressdruck der federbelastete Andruckrollen und dem Gewicht des Fördergutes entsteht mehr oder weniger Schlupf zwischen Antriebsriemen, Tragrolle und Fördergut. Bei gegebenem Fördergutgewicht kann durch Einstellen der Federkraft der Staudruck beeinflusst werden. Eine weitere Möglichkeit der Staudruckreduzierung ist der Einbau mehrerer Sperren (siehe oben).

3.3.5 Zusammenführungen, Verzweigungen und unterstützende Module

Zum Aufbau eines Fördersystems bedarf es neben der oben beschriebenen geraden Förderstrecken und der Kurvenelemente noch einer Vielzahl an fördertechnischen Modulen und Komponenten, um die jeweiligen Anforderungen an das System erfüllen zu können. Beispielsweise müssen in komplexen Systemen die Fördergüter ggf.

- von zwei oder mehreren Förderstrecken in eine Hauptförderstrecke eingeleitet werden (Zusammenführung);
- von einer Hauptförderstrecke auf andere Strecken ausgeschleust werden (Verzweigung);
- auf eine andere Förderebene angehoben, bzw. abgesenkt werden.

Die technologischen Ausführungen der auf dem Markt angebotenen Zusammenführungs- / Verzweigungselemente, sowie der dazugehörigen Module in deren Umfeld können grundsätzlich unterschieden werden nach:

- der Art und dem Gewicht des Fördergutes (welches sich generell auf die Auswahl der Fördertechnik auswirkt);
- Anforderungen an die Laufrichtung des Fördergutes nach dem Ein- bzw. Ausschleusen (z. B. Beibehaltung der Laufrichtung).

Die Auswahlkriterien gehen aber teilweise über die oben genannten Auswahlkriterien für Stetigförderer hinaus, bzw. sind unter Berücksichtigung der Wirkungsweise des jeweiligen Moduls neu zu bewerten:

- Anforderungen an das Fördergut (z. B. Stoßempfindlichkeit des Gutes);
- Anforderungen an die Durchsatzleistung. Einflusskriterien hierfür sind z. B.
 - Ein- bzw. Ausschleusgeschwindigkeit des jeweiligen Moduls
 - Steuerungstechnische Möglichkeiten in der Umgebung der Zusammenführungen:
 - Stop- and Go- Steuerung
Einer der Fördergutströme wird über eine Sperre angehalten, um eine Lücke für das einfließende Fördergut zu schaffen, bzw. einfließende Güter anzuhalten, bis eine Lücke frei ist. Dies ist die klassische Möglichkeit bei relativ geringem Durchsatz
 - Über geregelte Antriebe in der Fördertechnik.
Die Geschwindigkeiten der Fördergüter und deren Abstände können so gesteuert werden, dass sich in dem einen Materialfluss Lücken ergeben, in welche die einzuschleusenden Güter ohne anzuhalten platziert werden können.
- Anforderungen an Vorfahrtregelungen
 - Vorfahrtregelungen entfallen bei gleichberechtigten Förderstrecken.
 - Vorfahrtregelungen sind erforderlich, wenn Fördergüter von Nebenstrecken auf eine Hauptstrecke geleitet werden sollen (wenn beispielsweise auf der Hauptstrecke die Fördergüter pulkweise zusammengehalten werden sollen). Dies ist insbesondere bei der Sortertechnologie zu beachten.
Bei den Vorfahrtregelungen wird noch unterschieden zwischen
 - Eingeschränkter Vorfahrt
 - Absoluter Vorfahrtberechtigung

3.3.5.1 Förderstrecken-Module für leichtes und mittelschweres Fördergut

Einige dieser hierfür erforderlichen Module und Komponenten sind bereits oben erwähnt. Bei Modulen und Komponenten, die primär in Hochleistungssortern eingesetzt werden, wird auf Teil II.4, Kap. 1.2 ff „Sortertypen“ verwiesen. Steuerungstechnische Komponenten und Sensoren werden in Teil III „Lagerverwaltung, Datenerfassung, Datenverarbeitung“ abgehandelt.

3.3.5.1.1 Sperren / Stoppvorrichtungen in Förderstrecken

Die einfachste Form der Sperre ist der Endanschlag (eine fest installierte Querleiste) zur Begrenzung einer Förderlinie. Er dient generell als sicherer Abschluss der Förderstrecke, insbesondere aber am Ende von Gefällestrecken.

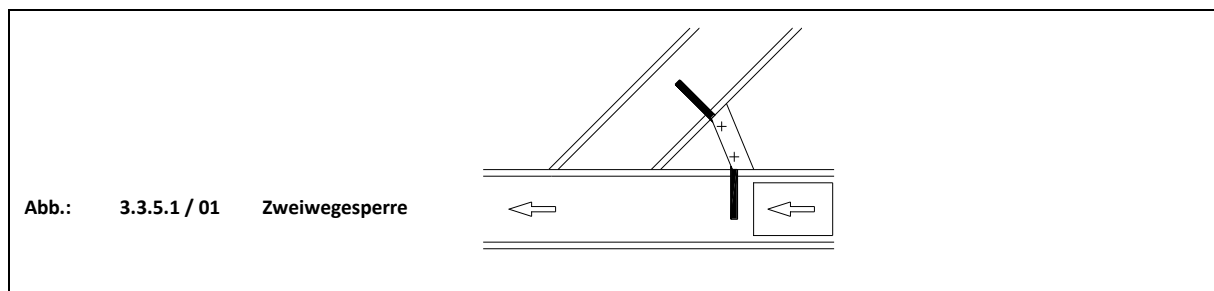
In angetriebene Förderstrecken für leichtes und mittelschweres Fördergut werden angetriebene Sperren eingebaut, um die Fördergüter in ihrem Fluss zu stoppen. Dies kann z. B. erforderlich sein, um:

- Fördergut aufzustauen,
- Bearbeitungs- / Handhabungsprozesse am Fördergut durchzuführen,
- das Fördergute auszurichten,
- das Fördergut an Zusammenführungen mit Stop- and Go- Betrieb anzuhalten.

Sperren für einzelne Förderstrecken bestehen aus pneumatisch oder elektrisch betätigten Schiebern. Bei Rollenbahnen ist i. d. R. das Sperrmodul so unterhalb der Rollenbahn angebracht, so dass die Sperre zwischen den Rollen nach oben fahren kann.

An Zusammenführungen von gleichberechtigten Förderstrecken können Zweiwegesperren zum Einsatz kommen. Damit können Fördergüter im Stop- und Go- Betrieb von einer Förderstrecke in eine andere Strecke eingeschleust werden.

Bei der Zweiwegesperre wird das auf der einen Linie zuerst ankommende Gut zuerst abgefertigt. Nach [MAN 1] drückt das Fördergut einen Arm der Sperre nach vorne und kann passieren, wodurch gleichzeitig der zweite Arm mechanisch verriegelt wird. Auf der anderen Förderstrecke wird ankommendes Fördergut angehalten. Nach Abschluss der Einschleusung schwingt der federbelastete Arm zurück und sperrt jetzt die erste Strecke. Gleichzeitig wird die Sperre auf der anderen Strecke freigegeben.



3.3.5.1.2 Vereinzelung

Zum Ein- bzw. Ausschleusen an gleichberechtigten Förderstrecken werden meist die Fördergutströme vorher vereinzelt, d. h. es werden Lücken zwischen Fördergütern gebildet, die vorher dicht beieinander gefördert wurden. Dadurch können

- beim Einschleusen die Fördergutströme reißverschlussartig ineinander fließen;
- beim Ausschleusen die Fördergüter über einen entsprechenden Sensor (Lichtschranke, Scanner usw.) identifiziert werden und das jeweilige Fördergut kann gezielt ausgeschleust werden.

Die Vereinzelung kann durch Sperren in den Förderstecken erfolgen (siehe oben), oder über die Antriebe der Fördermodule im Bereich einer Zusammenführung. Für die zweite Form der Vereinzelung werden die Fördergüter auf den entsprechenden Fördermodulen im Bereich einer Zusammenführung (Ein- oder Ausschleusung) beschleunigt und mit einer höheren Fließgeschwindigkeit transportiert als die nachfolgenden Güter.

3.3.5.1.3 Transfer bei rechtwinklig angeordneten Förderstrecken

Die rechtwinklige Übergabe eines Fördergutes von einer Förderstrecke auf eine andere ist mit der Veränderung der Laufrichtung des Fördergutes verbunden (z. B. von Längstransport auf Quersport). Die Übergabe von leichtem und mittelschwerem Fördergut kann mit Abschiebetechniken erfolgen, oder mit Transferförderern. In der konventionellen Fördertechnik werden die Fördergüter vor dem Ausschleusen meist mittels einer Sperre oder durch Anhalten des Fördermoduls gestoppt.

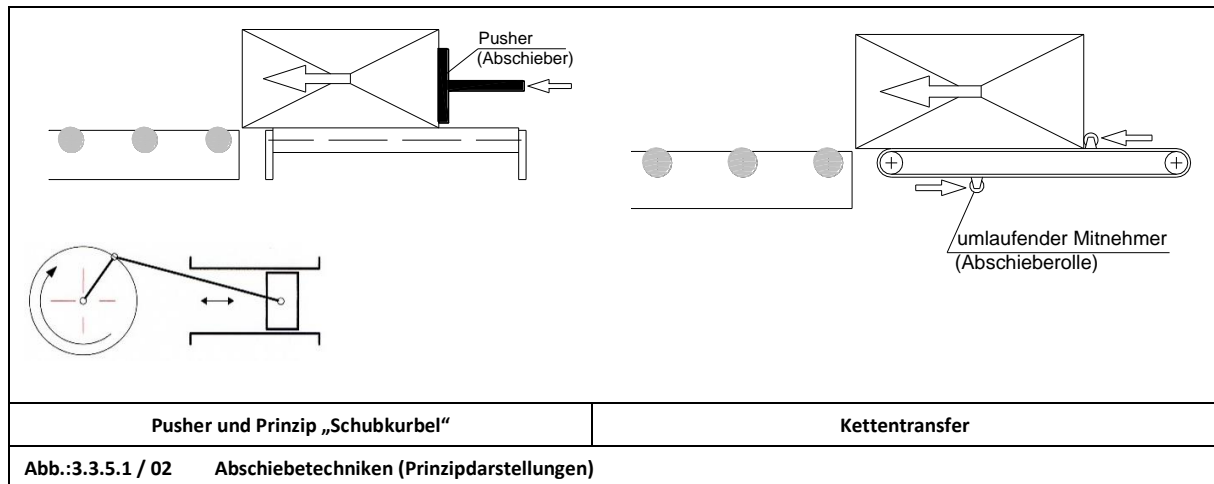
Abschiebetechniken

Es gibt verschiedene Abschiebetechniken. Abgesehen vom Abschiebeprinzip des Dreharmsorters (siehe auch Kap. 3.6.2.1) werden i. d. R. die Fördergüter rechtwinklig linear zur ursprünglichen Förderrichtung abgeschoben.

- Der Pusher ist die gängigste Abschiebetechnik für konventionelle Stetigförderer. Dabei wird i. d. R. über elektrischen oder pneumatischen Antrieb ein Abschiebeblech rechtwinklig zur Förderrichtung mit gleichmäßiger Geschwindigkeit bewegt.
Wegen der Kräfte, die beim Abschieben auf das Fördergut wirken, werden Pusher üblicherweise

nur für stabile Fördergüter eingesetzt. Da bei Pushern nach dem Abschieben immer ein Rückhub erforderlich ist, sind Pusher nur bei relativ geringen Durchsatzleistungen geeignet.

- Beim „Schubkurbelausschleuser“ [INT 2] wird das Abschiebeblech elektrisch über einen Kurbelantrieb bewegt. Dadurch hat die Beschleunigung des Abschiebers und damit auch des Fördergutes einen sinusförmigen Verlauf. Dieses Abschiebprinzip ist schonender für das Fördergut.
- Der „Kettentransfer“ [MAN 1] besteht aus zwei umlaufenden Ketten, die rechtwinklig zwischen den Tragrollen montiert sind. Jede Kette ist mit zwei Mitnehmern ausgestattet. Befindet sich Fördergut zum Ausschleusen auf diesem Kettentransfer, werden die Kettenpaare angetrieben. Die ersten Mitnehmer jeden Kettenstrangs schieben das Fördergut ab, die zweiten Mitnehmer stehen für den folgenden Ausschleusvorgang bereit.



Transferförderer

Die Transferförderer sind elektrisch oder pneumatisch anhebbare Hubtische mit Förderelementen, die zwischen den Förderelementen der Hauptstrecke eingebaut sind. Die Förderrichtung dieser beiden Förderer ist rechtwinklig zueinander. In der Grundstellung sind die Transferförderer abgesenkt; das Fördergut wird über diese Ausschleusmodule hinwegbewegt. Zum Ausschleusen werden die Transferförderer über das Förderniveau der Hauptstrecke angehoben; gleichzeitig werden sie mit Förderrichtung zur Ausschleusseite angetrieben.

Für derartige Transferförderer gibt es verschiedene Kombinationen an Fördertechniken, die in der Hauptstrecke und im Ausschleusmodul zum Einsatz können. Typische Kombinationen sind z. B.:

Hauptförderstrecke	Ausschleusmodul
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rollenbahn ▪ Riemenförderer 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zahnriemenförderer / Kettenförderer ▪ Rollenförderer

Friktionsrolle

Friktionsrollen (mit Reibbelag versehene Rollen als Ausschleuseinheiten) kommen insbesondere zum Einsatz, wenn Gurtförderer die Hauptförderstrecke bilden. Die Friktionsrollen werden an der Ausschleusseite seitlich vom Gurt mit Achsverlauf parallel zum Gurt angebracht.

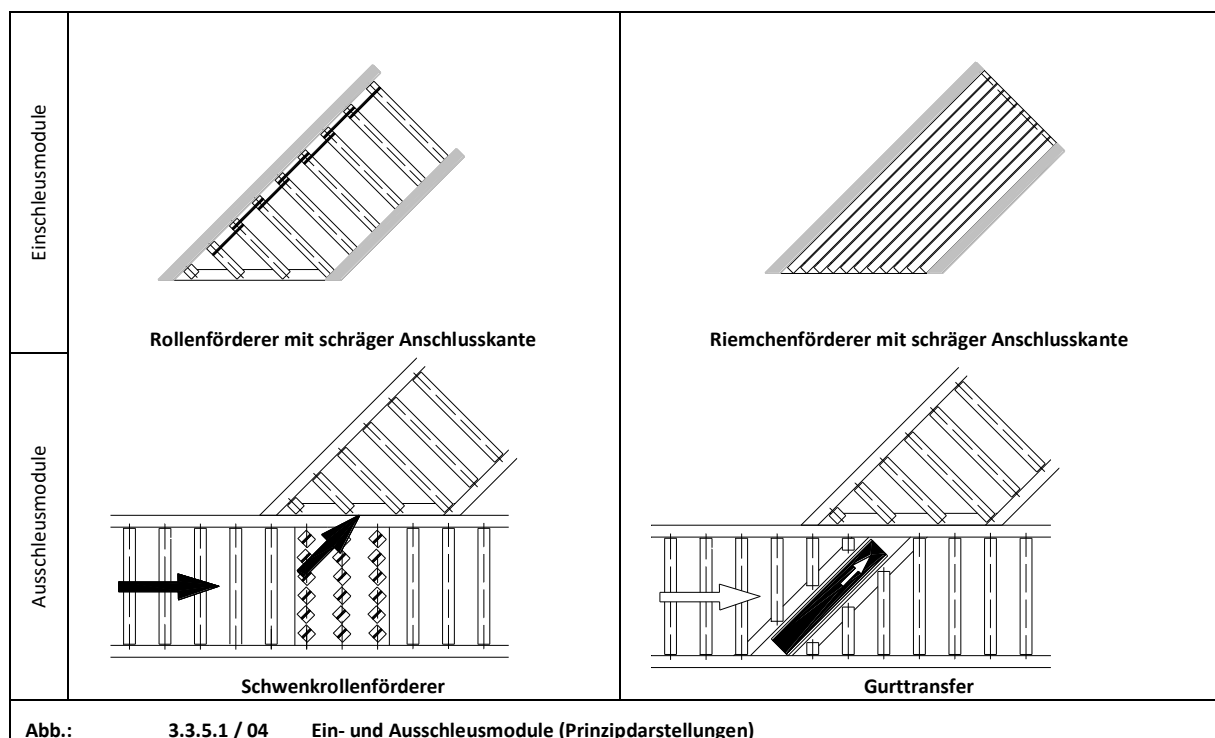
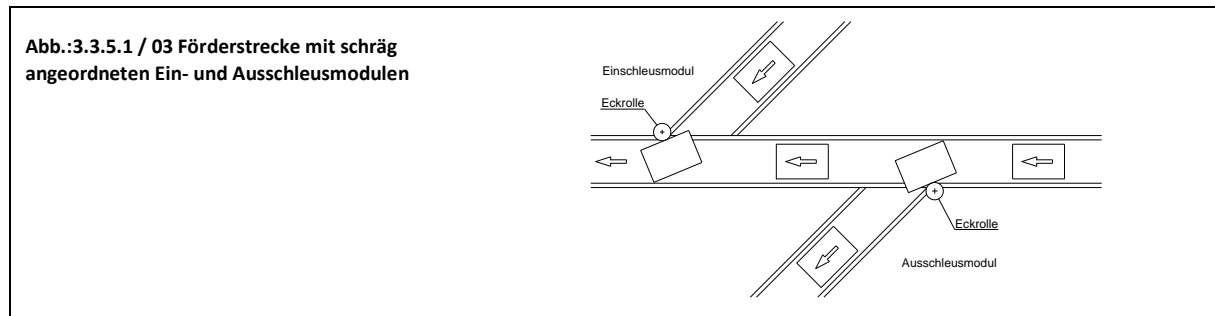
Friktionsrollen sind keine eigenständigen Ausschleusmodule, da die Fördergüter zum Ausschleusen zunächst auf dem Band soweit in Richtung Friktionsrolle gelenkt werden müssen, dass diese vom Reibbelag erfasst werden können (z. B. über Schwenkarme o. ä.). Dann aber können die Fördergüter ohne anzuhalten ausgeschleust werden.

Der Einsatzbereich ist auf relativ leichte Fördergüter begrenzt (bis ca. 5 kg), es sind aber relativ hohe Ausschleusleistungen (bis ca. 10.000 St./h) möglich.

3.3.5.1.4 Transfer bei schräg angeordnete Ein- / Ausschleusmodulen

Häufig werden die Ein- bzw. Ausschleusmodule nicht im rechten Winkel zur Hauptförderstrecke angeordnet (vergl. oben). Die Zuführ- bzw. Abförderstrecken laufen dann schräg auf die Hauptförderstrecke zu, bzw. von dieser weg. Meist beträgt der spitze Winkel zwischen Haupt- und Nebenstrecke 30° bzw. 45°.

Beim schrägen Ein- bzw. Ausschleusen behält das Fördergut seine Laufrichtung bei. Zur Führung des Fördergutes im Umlenkbereich, d. h. im stumpfen Winkel zwischen der geraden und der abzweigenden Förderstrecke, wird zweckmäßigerweise eine Umlenk- / Eckrolle vorgesehen.



Module zum Ein- bzw. Ausschleusen gibt es sowohl für Band- als auch für Rollenförderer. Dabei können unterschiedliche Fördertechniken zum Einsatz kommen, wie z. B.:

- Rollenförderer mit schräger Anschlusskante
Modul zum Einschleusen, bzw. schräges Anschlusselement in Verbindung mit Ausschleusmodulen in der Geraden.
- Gurtförderer mit schräger Anschlusskante
Modul zum Einschleusen, bzw. schräges Anschlusselement in Verbindung mit Ausschleusmodulen in der Geraden.
- Riemchenförderer mit schräger Anschlusskante
Modul zum Einschleusen, bzw. schräges Anschlusselement in Verbindung mit Ausschleusmodulen in der Geraden.

- Schwenkrollen- / Popup-Förderer
Modul zum Ausschleusen aus der geraden Förderstrecke auf Schrägrollenförderer (siehe Prinzipskizze oben; Beschreibung siehe Teil II.4, Kap. 1.2.2).
- Gurttransfer
Modul zum Ausschleusen aus der geraden Rollenförderstrecke. Ein angetriebener schmaler Gurt ist im Winkel von 45° in den Rollenförderer eingebaut. Im Ruhezustand liegt die Gurtoberkante geringfügig unterhalb der Rollenoberkanten. Zum Ausschleusen wird der angetriebene Gurt über das Rollenniveau angehoben (siehe Prinzipskizze oben).
- Kettentransfer, schräg angeordnet
Modul zum Abschieben aus der geraden Förderstrecke auf eine parallele Förderstrecke, oder ein schräges Anschlusselement.

Im Bereich der Ein- Ausschleusmodule werden zur Unterstützung des Fördergutes häufig zwischen den Förderstrecken, teilweise auch innerhalb der Module Kugeltisch-Elemente, bzw. Elemente mit Allseitenrollen integriert.

3.3.5.2 Ein- / Ausschleusmodule für schweres Fördergut (z. B. Paletten)

Als Stetigförderer für schwere Fördergüter, wie z. B. Paletten, Gitterboxen u. ä. kommen i. d. R. Rollenbahnen oder Tragkettenförderer zum Einsatz. Verzweigungselemente zum Ein- bzw. Ausschleusen des Fördergutes sind:

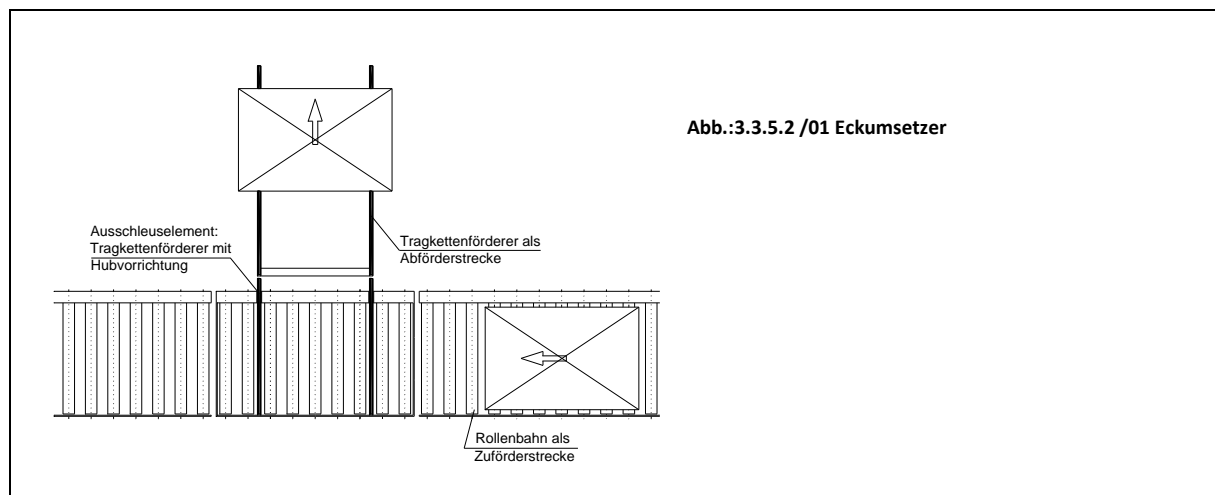
- Eckumsetzer
- Drehtische

Bei beiden Techniken wird der Förderfluss für den Zeitraum der Übergabe / Übernahme von einer Förderstrecke zur anderen unterbrochen. Dieses Umsetzen muss mit den vor- und nachgeschalteten Förderprozessen über entsprechende Schnittstellen in der Antriebssteuerung abgestimmt sein.

3.3.5.2.1 Eckumsetzer

Eckumsetzer werden für das rechtwinklige Ein- bzw. Ausschleusen des Fördergutes sowie zum zweimaligen Umsetzen des Fördergutes auf eine parallel verlaufende Förderstrecke eingesetzt (siehe auch Beschreibung zu „Transferförderer“ unter Kap. 3.3.5.1.3). Beim rechtwinkligen Umsetzen wird die Transportrichtung des Fördergutes verändert, z. B. von Längs- zum Quertransport.

Eckumsetzer bestehen aus zwei rechtwinklig zueinander angeordneten Fördertechnik-Elementen und einem Hubelement, mit dem eines der beiden Fördertechnik-Elemente angehoben und abgesenkt werden kann. Die beiden Fördertechnik-Elemente sind meist eine Kombination aus Tragkettenförderer und Rollenförderer, aber auch die Kombination Tragkettenförderer / Bandförderer ist möglich.



Bei der üblichen Kombination Tragkettenförderer / Rollenförderer sind die Tragketten zwischen den Rollen angeordnet. Die Oberkanten der Rollen und der Tragketten haben im Ruhezustand ein unterschiedliches Höhenniveau. Das Ein- / Ausschleus- Förderelement der Nebenförderstrecke liegt tiefer und kann zur Übernahme des Fördergutes durch ein Hubelement über das Höhenniveau der Hauptförderstrecke angehoben werden. Der Hub kann elektromechanisch über Exzenter erfolgen oder pneumatisch.

Über den Eckumsetzer besteht nicht nur die Möglichkeit, Fördergüter von, bzw. nach einer Seite ein- bzw. auszuschleusen; die Hauptstrecke kann über dieses Verzeigungselement prinzipiell an zwei gegenüberliegende Nebenstrecken angebunden werden. Dadurch kann u. a. ein Kreuzungsbereich geschaffen werden. Ist das Ein- / Ausschleuselement mit reversiblen Antrieb ausgestattet, bestehen weitere Möglichkeiten der Verzweigung.

Beispiel: Palettentransport auf einer Rollenbahn (Transport in Längsrichtung) mit Übergabe auf einen Tragkettenförderer (Transport in Querrichtung):

Die längs ausgerichteten Paletten werden auf dem Rollenförderer transportiert. Für die rechtwinklige Ausschleusung werden die Paletten an einen Tragkettenförderer übergeben. Im Übergabebereich ist der Tragkettenförderer im Ruhezustand unter das Förderniveau des Rollenförderers abgesenkt, so dass die Paletten auf der Hauptförderstrecke störungsfrei über die kreuzenden Tragketten hinweg gefördert werden können. Bei entsprechendem Steuersignal für die Übergabe Rollenförderer / Tragkettenförderer wird die Palette über dem Tragkettenförderer angehalten, der Tragkettenförderer bis über Rollenfördererniveau angehoben und damit auch die Palette. Danach wird die Palette durch den Tragkettenförderer rechtwinklig zur bisherigen Förderstrecke ausgeschleust.

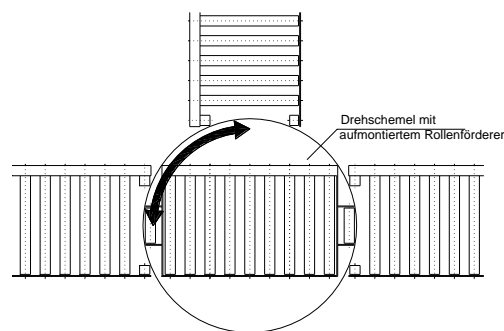
3.3.5.2.2 Drehstation und Dreh-Verschiebetisch

Bei einer Drehstation ist ein Förderelement (meist ein Rollenförderer, aber auch Tragkettenförderer oder Gurtförderer ist möglich) auf einen Drehschemel montiert, der nach entsprechendem Steuersignal das Förderelement in die erforderliche Position schwenkt. Mit Drehstationen können Förderstrecken prinzipiell in beliebigem Winkel zueinander angeordnet werden; üblich ist aber die 90°-Anordnung.

Bei der Übergabe des Fördergutes von einem Förderer zum nächsten wird die Laufrichtung des Fördergutes nicht verändert; damit können z. B. Paletten im Längstransport ohne weitere Maßnahmen von Rollenförderer zu Rollenförderer übergeben werden. Insbesondere für Fördergüter mit keiner oder labiler Aufstandsfläche ist aber der Übergang an dem stationären Förderelement an den Drehtisch anzupassen (siehe Abb. unten).

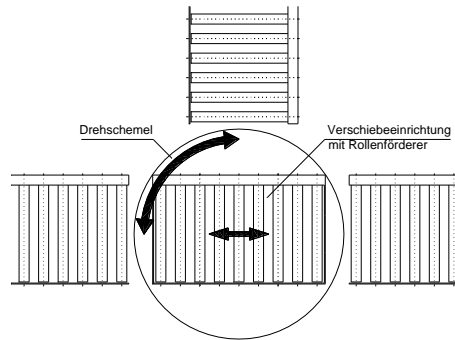
Abb.:3.3.5.2 /02

Drehtisch



Es kann aber auch ein Dreh-Verschiebetisch [MAN 1] eingesetzt werden. Dieser verfügt zusätzlich über eine Verschiebeeinrichtung. Zur problemlosen Übergabe bzw. Übernahme des Fördergutes kann damit im Anschluss an die Drehbewegung das Förderelement auf dem Drehschemel linear in Richtung stationärem Förderelement verfahren werden (siehe Abb. unten).

Abb.:3.3.5.2 /03
Dreh-Verschiebetisch



3.3.6 Lufttische

Lufttische sind eine spezielle Fördertechnik, auf der das Fördergut auf einem „Luftkissen“ bewegt wird. Voraussetzung für die Bildung von Luftkissen und damit für den Einsatz von Lufttischen ist, dass die Auflageflächen des Fördergutes entsprechend luftundurchlässig sind.

Zur Bildung dieses Luftkissens verfügen Lufttische über eine eigene Druckluftquelle (Gebläse), oder sie sind an eine externe Druckluftversorgung angeschlossen.

Lufttische gibt es in verschiedenen Konstruktionsarten. Wesentliches Element aller Lufttische ist eine Platte, deren Oberseite die Transportebene bildet. In dieser Platte gibt es eine Vielzahl an Öffnungen mit der Funktion von Luftdüsen. Diese Luftdüsen sind entweder einzeln an ein Druckluftsystem angeschlossen, oder die Druckluft steht bei einem mehrschichtigen Plattensystem in einem Zwischenraum unter der obersten Platte an.

Damit der teure Energieträger Druckluft nicht ungenutzt entweicht, sind die Luftdüsen meist über Kugelventile verschlossen. Dazu wird eine axial verschiebbare Kugel durch Federkraft gegen die Austrittsöffnung gedrückt. Diese Ventilkugel ragt über die Transportebene hinaus. Wird durch das Gewicht des Fördergutes die Ventilkugel nach unten gedrückt, kann Druckluft austreten und unter dem Fördergut ein Luftpolster aufbauen.

Da das Fördergut auf diesem Luftkissen schwebt, kann es sehr leicht bewegt werden. Die Bewegung kann manuell erfolgen, oder bei entsprechender Einstellung der Luftdüsen über Luft.

3.4 **Flurfreie Stetigförderer**

Flurfreie Stetigförderer (siehe auch VDI 4440 Bl. 5 „Hängeförderer“ [VDI 9]) haben zwei Gemeinsamkeiten mit bereits oben beschriebenen Fördersystemen:

- Es handelt sich um „flurfreie“ Systeme“. Sie sind damit verwandt mit den in Kapitel 2.3 beschriebenen flurfreien Unstetigfördersystemen.
 - Das Fördersystem ist an der Decke oder einer Stahlkonstruktion abgehängt. Die Fördergüter werden auf hängenden Lastaufnahmemitteln (Gehänge) flurfrei im Raum bewegt.
 - Wegen der schwebenden Lasten bestehen hohe Sicherheitsanforderungen, insbesondere Anforderungen an die Personensicherheit
 - Die flurfreien Systeme bieten ein erhebliches Flexibilitätspotential bezüglich der Flächennutzung.
- Sie gehören zur Gruppe der „Kettenförderer“. Sie sind damit verwandt mit den in Kapitel 3.3.2 beschriebenen Kettenförderern, die jedoch flurgebunden oder aufgeständert sind.

Bei den flurfreien Kettenförderersystemen sind die Ketten i. d. R. so beweglich gestaltet, dass nicht nur horizontale sondern auch vertikale Umlenkungen der Ketten möglich sind. Dadurch lassen sich

vielfältige Streckenführungen im Raum realisieren. Zur Überwindung von Höhenunterschieden sind die Gehänge pendelnd zu befestigen.

Bei den Kettenförderern, insbesondere bei den flurfreien Systemen sind zwei Grundformen zu unterscheiden:

- Einbahnsysteme, d. h. herkömmliche Kreisförderer
- Zweibahnsysteme, d. h. Schleppkreisförderer

3.4.1 Kreisförderer

Herkömmliche Kreisförderer sind Einbahnsysteme. Die Hauptkomponenten sind ein Schienenprofil mit einem darin endlos umlaufenden Zugmittel (i. d. R. einer Kette). An diesem Zugmittel sind die Gehänge in gleichmäßigen Abständen direkt oder indirekt fest befestigt.

- Bei direkter Befestigung der Gehänge an der Kette ist diese nicht nur Zugmittel sondern auch tragendes Organ. Dafür muss sie als Rollenkette ausgebildet sein, um die vertikalen Kräfte über die Rollen in das Schienenprofil abzuleiten.
- Bei indirekter Anbindung ist die „Kette“ ein reines Zugmittel. Anstelle der Kette könnte z. B. auch ein Seil eingesetzt werden. Die Gehänge sind an Rollenlaufwerken befestigt, über die die vertikalen Kräfte abgeleitet werden. Diese Rollenlaufwerke sind mit dem Zugmittel fest verbunden.

Durch die unveränderlichen Abstände zwischen den Gehängen muss zum Anhalten eines Gehänges (z. B. zum Be- oder Entladen) das ganze System angehalten werden.

3.4.2 Schleppkreisförderer (Power- & Free- Förderer)

Power- & Free- Förderer sind Zweibahnsysteme, d. h. es werden zwei Laufbahnen benötigt, die i. d. R. übereinander angeordnet sind:

- Die obere Kreisförderbahn / Kettenlaufbahn ist ein Schienenprofil, in dem ein endloses Zugmittel (i. d. R. eine Kette) ständig umläuft. Dieses Schienenprofil nimmt die Last des Zugmittels auf.
- Die Lastlaufbahn ist ein Schienenprofil, in dem sich die Lastlaufwerke (Wagen) bewegen, an denen die Gehänge befestigt sind. Dieses Profil trägt somit die Last der Wagen einschließlich Gehänge und Fördergut.

Die Lastlaufwerke können durch klappbare Mitnehmer formschlüssig an das Zugmittel angekoppelt werden, bzw. von diesem abgekoppelt werden. Durch dieses i. d. R. automatisch erfolgende An- und Abkoppeln kann das Zugmittel kontinuierlich weiterlaufen, während die Lastlaufwerke bedarfsgerecht angehalten oder ausgeschleust werden können.

In die Förderstrecken können Weichen, Drehscheiben oder Hub- und Senkstationen integriert werden. Dadurch können die Wagen auf unterschiedliche Förderstrecken ausgeschleust werden, bzw. von unterschiedlichen Förderstrecken kommend auf einer Strecke zusammengeführt werden. Auch das Ausschleusen auf nicht angetriebene Streckenteile ist möglich. Diese sind normalerweise mit Gefälle ausgeführt, so dass dort die Lastlaufwerke durch Schwerkraft laufen können.

3.5 **Hebezeuge und Vertikalförderer**

Mit Hebezeugen und Vertikalförderern werden die Fördergüter auf kürzestem Wege senkrecht nach oben oder unten befördert. Bei den Technologien hierzu ist zwischen intermittierenden und stetig arbeitenden Fördersystemen zu unterscheiden. Der Begriff „Hebezeuge“ wird im Folgenden für intermittierend arbeitende Systeme verwendet, der Begriff „Vertikalförderer“ wird den Stetigförderern zugeordnet (vergleiche auch VDI 4440 Bl. 6 [VDI 9]).

Bei Hebezeugen und Vertikalförderern mit großen Hubhöhen kann die Förderung über zwei oder mehrere Gebäudeetagen erfolgen. Für die fördertechnische Verbindung der Etagen sind Deckendurchbrüche erforderlich; dadurch werden i. d. R. unterschiedliche Brandabschnitte innerhalb des

Gebäudes miteinander verbunden. Im Rahmen des Brandschutzes müssen diese Deckendurchbrüche durch Feuerschutzabschlüsse gesichert werden (Siehe Teil IV.1 „Anforderungen an Gebäude“, Kap. 4 ff.).

3.5.1 Hebezeuge

Intermittierend arbeitende Hubeinrichtungen können als eigenständige Systeme eingesetzt werden, oder z. B. in ein Stetigfördersystem integriert werden.

- Bei eigenständigen Systemen erfolgt die Steuerung durch Bedienungspersonal.
- Bei Einbindung der Hubeinrichtung in ein Stetigförderersystem ist die Steuerung der Hubeinrichtung in ein übergeordnetes Steuersystem eingebunden.

Die Arbeitsplattformen der Hubeinrichtungen (Hubtische) können mit Aufbauten bestückt werden, die sie an ihr fördertechnisches Umfeld anpassen.

- Ist die Hubeinrichtung in einen Stetigförderer integriert, können auf dem Hubtisch z. B. Stetigförderer-Elemente unterschiedlichster Art installiert werden (siehe oben).
- Ist zwischen Fördergutaufgabe und Abgabe eine Richtungsänderung des Fördergutes erforderlich, kann der Hubtisch mit einem zur vor- und nachgeschalteten Fördertechnik kompatiblen Eckumsetzer oder Drehtisch bestückt werden. Eine Drehbewegung kann gleichzeitig mit der Hubbewegung erfolgen, so dass durch die Drehung die Spielzeiten i. d. R. nicht verlängert werden.

Intermittierend arbeitende Hubeinrichtungen haben im Vergleich zu stetig arbeitenden Systemen relativ geringe Durchsatzleistungen. Bei hohen Anforderungen an die Durchsatzleistung müssen daher ggf. mehrere Hubeinrichtungen nebeneinander angeordnet werden.

3.5.1.1 *Hubtische und Hebebühnen*

Der Begriff „Hubtisch“ wird mitunter auf Hebeanlagen mit geringer Hubhöhe begrenzt und damit zur Hebebühne abgegrenzt. Im Folgenden werden die Begriffe „Hubtisch“ und „Hebebühne“ synonym verwendet.

Hubtische sind meist in Form von Scherenhubtischen zu finden. Dabei wird die Tischplatte über Scherenarme geführt und mit elektro-hydraulischem Hubantrieb über Hubzylinder angehoben. Neben den Scherenhubtischen gibt es aber auch noch andere Hubtischarten. Die vertikale Führung kann z. B. über Teleskopzylinder erfolgen und der Hubantrieb über elektromotorische Schubketten. Im Folgenden werden nur die Scherenhubtische betrachtet.

Die Hauptkomponenten der Scherenhubtische sind:

- Grundrahmen
- Oberrahmen mit Abdeckplatte (Tischplatte)
- Scherensystem, das sich auf dem Grundrahmen abstützt und den Oberrahmen trägt.
- Elektrohydraulischem Antrieb
- Steuer- und Schaltelemente
- Sicherheitsausrüstung

Das Scherensystem besteht aus mindestens einem Scherenpaar, d. h. aus mindestens zwei parallel nebeneinander angeordneten Scheren. Eine Schere besteht aus zwei gleich langen Scherenelementen, die beide in der Mitte über eine Achse drehbar miteinander verbunden sind. Auf einer Seite des Hubtisches (in Längsrichtung) sind die Schenkel der Schere mit Grundrahmen und Oberrahmen über fest angeordnete Lager schwenkbar verbunden; auf der anderen Seite gibt es keine fest angeordneten Lager. Auf dieser Loslagerseite können beim Anheben und Absenken die Enden der Schenkel ihre Position zu Grundrahmen und Oberrahmen über Rollen verändern. Beim Anheben und Absenken wird das Scherenpaar mittels Hydraulikzylinder um die Festlagerseite bewegt.

Scherenhubtische dienen insbesondere zum Heben schwerer Lasten in den unterschiedlichsten Bereichen eines Unternehmens. Wegen der vielfältigen Einsatzbedingungen werden an Hubtische auch unterschiedliche Anforderungen gestellt. Dementsprechend gibt es auch vielfältige Modifikationen. Modifikationen im Grundaufbau sind:

- Die Scherenhubtische müssen bezüglich Tragkraft und Tischgröße an die jeweiligen Lasten angepasst werden. Die Lasten können Behälter, Paletten, oder sehr viel größere Gebinde, wie z. B. Container sein. Ist ein sehr großer Tisch gefordert, muss dieser ggf. über mehrere parallel nebeneinander angeordnete Scheren und / oder über zwei längs nebeneinander angeordnete Scherenpaare (Tandemanordnung) angehoben werden.
- Das Scherensystem muss an die jeweils geforderte Hubhöhe angepasst werden. Die meisten Scherenhubtische sind „Einfachscherenhubtische“; d.h. sie haben ein Scherenpaar. Für größere Hubhöhen können zwei, oder u. U. mehrere Scherenpaare übereinander angeordnet werden (Doppel- oder Mehrfachscherensystem).

Scherenhubtische können mobil eingesetzt werden, d. h. sie können z. B.:

- auf Förderzeugen aufmontiert werden;
- mit eigenen Rädern / Rollen ausgestattet sein, so dass sie verfahren werden können.

Unabhängig vom stationären oder mobilen Einsatz können die Arbeitstische der Scherenhubtische in Abhängigkeit vom Anwendungsfall mit unterschiedlichen Aufbauten versehen sein. Neben den bereits oben genannten Arten von Aufbauten können dies z. B. sein:

- Für die ergonomische Arbeitsplatzgestaltung können die Tische zusätzlich mit manuell oder hydraulisch schwenkbaren Plattformen ausgestattet werden um die Greifsituation zu verbessern.
- Begehbare Hubtische können mit Riffelblechen, Absturzsicherungen sowie anderen Personensicherungsmaßnahmen versehen sein.

3.5.1.2 Etagenförderer

Die Etagenförderer sind i. d. R. Bestandteil komplexer Fördersysteme, um Fördergut auf Förderstrecken zu verteilen, die auf zwei oder mehr Ebenen übereinander angeordnet sind. Die Etagenförderer können vom Prinzip in jede gängige Fördertechnik (Stetigförderer, EHB, u. s. w.) integriert werden; sie können auch an bodengebundene Fördersysteme angebunden werden. Die wesentlichen Baugruppen eines Etagenförderers sind:

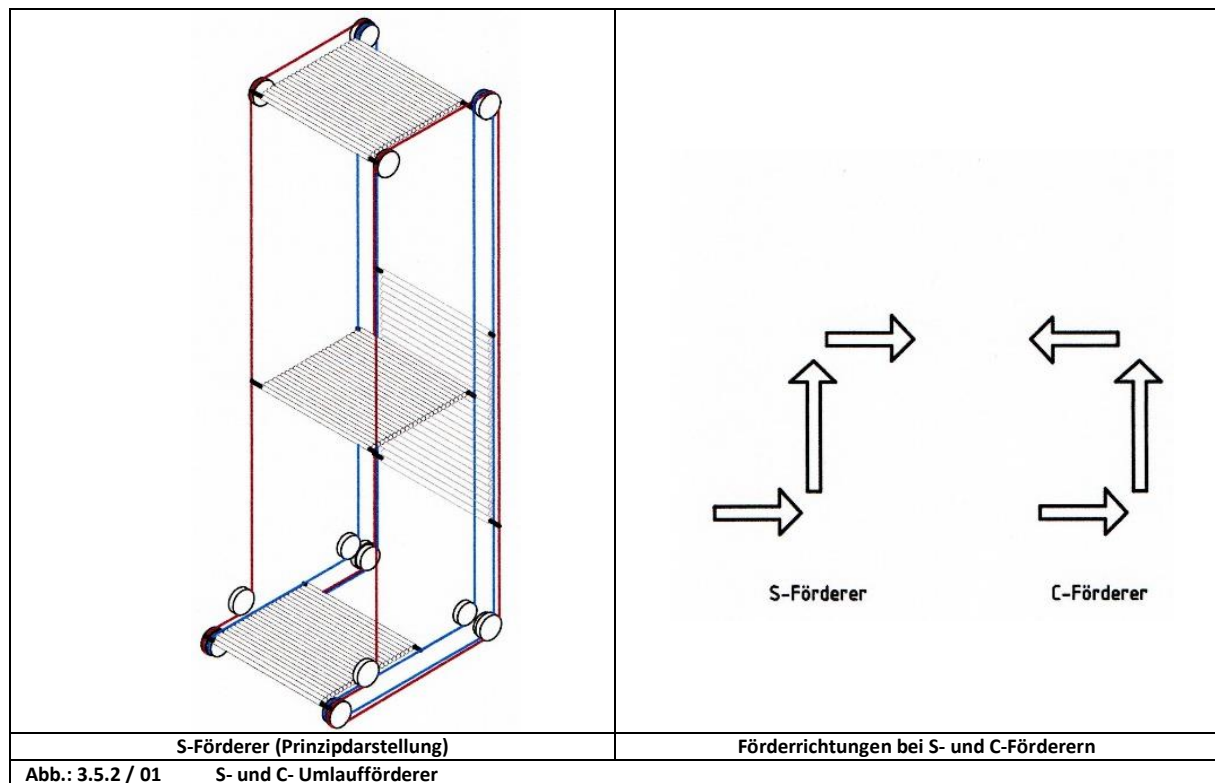
- Mast- / Säulenkonstruktion; je nach Anforderung des Fördergutes in Einmast-, oder Zweimastausführung;
- Hubwagen, der vertikal an der Mastkonstruktion verfahren wird;
- Auf dem Hubwagen aufgesetztes Lastaufnahmemittel passend zur vor- und nachgeschalteten Fördertechnik und deren räumlicher Anordnung zueinander:
 - Dies kann z. B. ein Gurt-, Tragketten- oder Rollenförderer sein, oder aber auch Lastaufnahmemittel für Hängeware.
 - Bei Bedarf mit reversierbarem Lastaufnahmemittel;
 - Sind die Förderstrecken übereinander auch noch rechtwinklig zueinander angeordnet, kann ggf. auf dem Hubwagen auch ein Eckumsetzer / Drehtisch angebracht werden.
- Hubwerk, Zugmittel, sowie steuerungstechnische Ausrüstung
- Sicherheitsvorrichtungen, wie z. B.
 - Absturzsicherung, ggf. Fangvorrichtung
 - Schutzverkleidung in Abhängigkeit von den örtlichen Gegebenheiten und den gefährdeten Arbeitsbereichen.
 - Zusätzliche Feuerschutzeinrichtungen bei Deckendurchbrüchen (siehe oben).

Als Zugmittel kommen überwiegend Ketten, Seile oder Zahnriemen zur Anwendung. Unter bestimmten Randbedingungen finden aber auch andere Antriebsarten ihren Einsatz, z. B. pneumatische oder hydraulische Antriebe.

3.5.2 Vertikalförderer

3.5.2.1 Umlauf - S- Förderer bzw. C-Förderer

Umlauf- S- und C-Förderer haben als Zugmittel (in Förderrichtung gesehen jeweils links und rechts) zwei endlos umlaufende Ketten (oder Vergleichbares, je nach Anforderungen der Last). Das Zugorgan besteht somit aus insgesamt vier Strängen. Entsprechend der Namengebung hat das Zugorgan in Förderrichtung einen S-förmigen oder C-förmigen Verlauf (siehe Abb. Unten). Sie Zu- und Abförderung verläuft jeweils horizontal, dazwischen vertikal. Die Umlaufförderer haben somit jeweils nur eine Aufgabe- und eine Abgabestelle.



Das Fördergut wird auf Plattformen getragen, deren vier Ecken paarweise (links und rechts) mit jeweils einem Zugmittel-Paar verbunden sind. Zwischen den Plattformen müssen Abstände eingehalten werden, die insbesondere von den Abmessungen der Fördergüter abhängig sind. Das Fördergut muss somit getaktet aufgegeben werden.

Die Plattformen bestehen aus Lamellen, so dass sie entsprechend der Radien der Ketten-Umlenkräder biegsam sind. Bei der Übernahme und Übergabe des Fördergutes sowie beim Hub werden die Plattformen so geführt, dass sie immer eine horizontale Fläche bilden. Im Rücklauf werden die Plattformen platz sparend senkrecht geführt.

3.5.2.2 Rutschen

Rutschen sind Stetigförderer, mit denen das Fördergut über Schwerkraft in tiefer gelegene Ebenen bewegt wird. Außer der Schwerkraft ist keine weitere Antriebsart erforderlich; es gibt auch sonst keine beweglichen Teile. Rutschen bieten somit eine äußerst energieeffiziente, verschleißarme und wartungsfreie Abwärtsbewegung. Rutschen werden häufig in Form von Wendelrutschen gebaut, d. h. die Gleitrinnen werden in Form einer vertikalen Schraubenlinie ausgeführt. Diese Bauweise führt zu einem geringen Flächenbedarf.

Rutschen für Stückgut werden meist aus beschichtetem Stahlblech oder aus Edelstahl gefertigt. Die konstruktive Auslegung (insbesondere der Neigungswinkel und ggf. die Art der Rutschenbeschichtung) muss an das jeweilige Stückgut angepasst werden. Maßgeblich ist die Reibungszahl der Bewegung zwischen Fördergut und Gleitfläche. Insbesondere bei stoßempfindlichen Gütern empfiehlt es sich, Bremsen / Separatoren vorzusehen.

4 QUELENNACHWEIS ZU TEIL II.3

4.1 Tabellenverzeichnis

Kapitel / Tab.	Titel der Tabelle	Quelle
2.1.1.1 /01	Bewertung elektrischer Antriebskonzepte	Nach [WES 1]
2.1.1.3 /01	Typische Lastaufnahmemittel und ihre Einsatzbereiche	In Anlehnung an [GUD 2]
2.1.3 /01	Richtwerte für Arbeitsgangbreiten	Verfasser

4.2 Abbildungsverzeichnis

Kapitel / Abb.	Titel der Abbildung	Quelle
2.1.1.2 /01	Drehschemel-Lenkung	Verfasser
2.1.1.2 /02	Achsschenkel-Lenkung	Verfasser
2.1.1.2 /03	Achslenkung	Verfasser
2.1.3 /01	Berechnung von Arbeitsgangbreiten für Flurförderzeuge	Verfasser nach FEM 4.005
2.1.4 /01	FTS- Hauptbetriebsarten (Prinzipdarstellung)	Verfasser
3.3.1 /01	Bandförderer	Verfasser
3.3.1.5 /01	Springrolle (Prinzipdarstellung)	Verfasser
3.3.1.6 /01	Minimale Kurvenradien	Verfasser
3.3.1.6 /02	Teleskopgurtförderer (Prinzipdarstellung)	Verfasser
3.3.3.1 /01	Abstände (Teilung p) der Rollenachsen	Verfasser
3.3.3.1 02	Funktionsschema von Bremsrolle und Bremstragrolle	Verfasser
3.3.3.1 /03	Trennvorrichtung (Prinzipdarstellung)	Verfasser in Anlehnung an [SAA1]
3.3.3.1 /04	Röllchenförderer und minimale Anzahl der Auflagepunkte	Verfasser
3.3.3.3 /01	Tangentialantrieb (Prinzipdarstellung)	Verfasser
3.3.3.3 /02	Reibschlüssige Kraftübertragung von Rolle zu Rolle	Verfasser
3.3.3.3 /03	Reibschlüssige Kraftübertragung über Königswelle	Verfasser
3.3.4.2 /01	Einfache Stauförderkette	Verfasser
3.3.5.1 /01	Zweiwegesperre (Prinzipdarstellung)	Verfasser
3.3.5.1 /02	Abschiebetechniken (Prinzipdarstellungen)	Verfasser
3.3.5.1 /03	Förderstrecke mit schräg angeordneten Ein- und Ausschleusmodulen	Verfasser
3.3.5.1 /04	Ein- und Ausschleusmodule (Prinzipdarstellung)	Verfasser
3.3.5.2 /01	Eckumsetzer	Verfasser
3.3.5.2 /02	Drehtisch	Verfasser
3.3.5.2 /03	Dreh-Verschiebetisch	Verfasser
3.5.2 /01	S- und C-Umlaufförderer	Verfasser

4.3 Literaturverzeichnis

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

BGH 1	o. Nr.	Unternehmer-Handbuch Gabelstapler; Grola BG (Großhandels- und Lagerei- Berufsgenossenschaft)
BGI 2	BGI / GUV-I 8607	Handverzug von Flurförderzeugen; Physische Belastungen und Beanspruchungen; Information des DGUV (Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung) von Juni 2013

BGS 1	o. Nr.	Einsatz von Flurförderzeugen; Personenschutz durch Erkennungssysteme; Berufsgenossenschaft Handel- und Warendistribution; BGHW Spezial; Juli 2009
BGS 3	o. Nr.	Sicherung von Auflauf- und Einzugstellen an Stetigförderern; BGHW Spezial; 10 / 2010
BGV 1	BGV D27	BG-Verordnung: „Flurförderzeuge“
BGV 2	BGV D6	BG-Verordnung: „Krane“
DIN 13	DIN 15 201 Teil 1	Stetigförderer; Benennungen, Fassung vom Jan. 1994
DIN 14	DIN EN 619	Stetigförderer und Systeme – Sicherheits- und EMV- Anforderungen an mechanische Fördereinrichtungen für Stückgut
DIN 36	DIN 15174	Flurförderzeuge: Gabelzinken für Stapler mit ISO-Gabelträger; Hauptmaße; Fassung von April 1988
DIN 37	DIN 15173	Flurförderzeuge: Gabelträger und Anbaugeräte für Stapler; Anschlussmaße für ISO-Gabelträger; Fassung vom April 1986
FEM 1	FEM 4.005	Federation of European Materials Handling; Produktgruppe Flurförderzeuge; Technisches Merkblatt: Flurförderzeuge – Arbeitsgangbreite (90° Stapelgangbreite)
VDI 7	VDI 2510	Fahrerlose Transportsysteme (FTS), VDI 10/2005 Beuth - Verlag, Berlin
VDI 8	VDI 2710 Bl. 1 ff	Ganzheitliche Planung von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS)
VDI 9	VDI 4440 Bl. 1 - 6	Übersichtsblätter Stetigförderer für Stückgut, Blatt 1 bis Blatt 6; Entwurf März 2007
VDI 12	VDI 3577	Flurförderzeuge für die Regalbedienung; Beschreibung und Einsatzbedingungen (Febr. 2009)
VDI 22	VDI 3578	Anbaugeräte für Gabelstapler (Lastaufnahmemittel)
VDI 23	VDI 2198	Typenblätter für Flurförderzeuge (Dezember 2012)
VDI 24	VDI 3586	Flurförderzeuge; Begriffe, Kurzzeichen, Beispiele (November 2007)
VDM 3	VDMA	Lithium-Ionen Batteriesysteme
VDS 4	VdS 2259:2010	Batterieladeanlagen für Elektrofahrzeuge, Richtlinien zur Schadensverhütung

4.3.2 Literatur, Firmenbroschüren, Internetveröffentlichungen

BÖG 1	Böge, A.; Handbuch Maschinenbau: Grundlagen und Anwendungen der Maschinenbau-Technik
BRA 1	Braun, M.; Linsel, P.; Furmans, K.: 24-Volt-Antriebstechnik in der Stetigfördertechnik; KIT (Karlsruher Institut für Technologie) / IFL (Institut für Fördertechnik und Logistiksysteme)
BUC 1	Buchta, H.; Die Grundelemente der Fördertechnik; Stetigförderer; In dhf 2 / 73 ff
DEN 1	Dena (Deutsche Energie-Agentur), Ratgeber: Fördertechnik für Industrie und Gewerbe; Initiative EnergieEffizienz
FM 1	FM, Das Logistik-Magazin, 5 /2014; „Königliche Rollen; TGW präsentiert mit der Kingdrive-Technologie neue Möglichkeiten in der –Fördertechnik“; Verlag Industrie und Logistik GmbH
FML 1	Lehrstuhl fml an der TUM; Kompendium (Internetveröffentlichung)
GUD 2	Gudehus, Timm: Logistik 2, Netzwerke, Systeme, Lieferketten
HÖG 1	Höger, W.: elektrische Maschinen und Antriebe, Grundlagen; FH München, SS 2002
HOM 1	Prof. ten Hompel, Heidenblut, V.; Taschenbuch der Logistik, Internetveröffentlichung unter www.logipedia.de
HOM 2	Prof. ten Hompel, M.; Chisu, R.; Nettsträter, A.; Roidl, M.; Das Internet der Dinge in der Intralogistik; Wandlungsfähige Materialflusssysteme in der Praxis; wt Werkstattstechnik online, Jahrgang 100 (2010) H. 3
HUF 1	Hebezeuge und Fördermittel: Andreas Trenkle, Mario Epp, Thomas Stoll „Sicherheitssteuerung für Fahrerlose Transportsysteme; Starr und sicher oder autonom“; Sonderdruck 1-2 2013
IML 2	Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik IML; Rackracer – Vielseitiges und flexibles Bediengerät für Behälterlager
INT 1	Intralogistics today; Internetveröffentlichung unter http://intralogistics.wordpress.com/2013/05/ der Fa. Gebhardt
INT 2	Interroll; Fördermodule Medium und Heavy; Katalog Feb. 2011
JÜN 4	Jünemann, R., Schmidt, Th.; Materialflusssysteme, Systemtechnische Grundlagen; 2. Auflage; Springer-Verlag Berlin Heidelberg (2000)
KÖN 1	Könemann, Matthias; Follert, Guido; Konzept: Variabler Fährantrieb für Flurförderzeuge; Hebezeuge Fördermittel, Berlin 50 (2010),

MAN 1	Mannesmann Demag; Fördertechnik; Komponenten und Module für Materialflusssysteme; Stückguttransport
MK 1	Mk Fördertechnik; Internetveröffentlichung „mk-group.com“; Katalog 3.0/324 der mk Technology Group / Maschinenbau Kitz GmbH;
MOV 1	Moving 1 / 2012; Herausgeber: Interroll (Schweiz) AG
PFE 1	Pfeifer, Heinz: Grundlagen der Fördertechnik; Viewegs Fachbücher der Technik; 1989
SAA 1	Paletten-Schwerkraftrollenbahn; Internetveröffentlichung der Saar-Lagertechnik
SAL 3	Salin, Sergio; Stapler-Antriebe; Drehstrom macht stark; in Zeitschrift „Fördertechnik“ 1996 zur CeMat 96
WES 1	Wessendorf, M.: Flurförderzeugantriebe, Welchen Stand hat die Drehstromtechnik heute?; in „Hebezeuge und Fördermittel“ 6 / 2002