

2 Materialflusslogistik

2.1 Materialflussfunktionen

Der Begriff des Materialflusses kann zunächst sehr weit gesehen werden. In Anlehnung an die VDI-Richtlinie 3300 ist der Materialfluss die *räumliche, zeitliche und organisatorische Verkettung* aller Vorgänge bei der Gewinnung, Bearbeitung und Verteilung von Gütern innerhalb festgelegter Bereiche. So gesehen, ist aus der Sicht des Unternehmens zwischen einem externen Güterfluss und einem innerbetrieblichen Materialfluss (MF) zu unterscheiden. Die hierfür eingesetzte Technik für den Stück- und Schüttguttransport ergibt sich aus Bild 2.1.

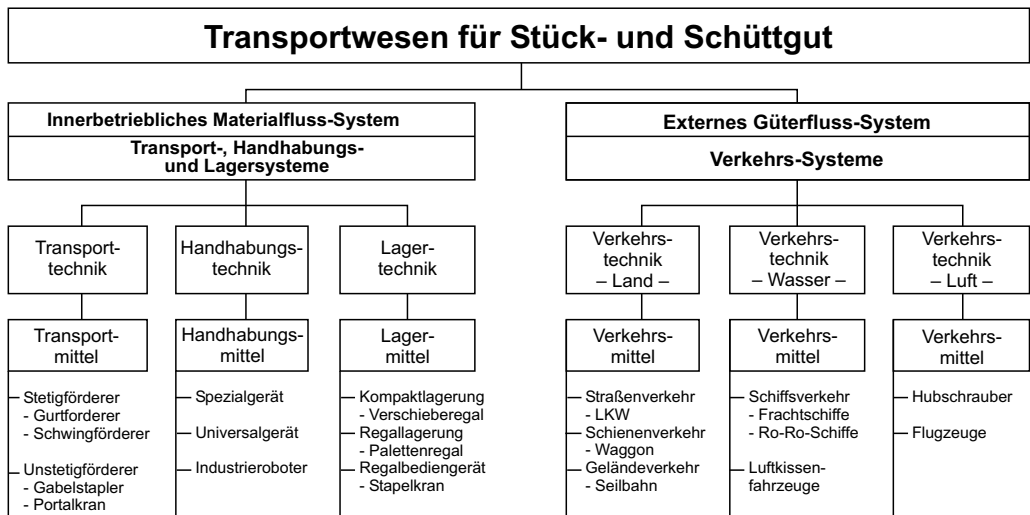


Bild 2.1 Gliederung des Transportwesens

Der Materialfluss umfasst also alle Vorgänge in einem betrieblichen Objektfluss, die mit den Aufgaben der Beschaffung, der Produktion und der Distribution in Zusammenhang stehen. Seine Objekte sind Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe, Halbfabrikate, Fertigprodukte und Werkzeuge. Der Materialfluss hat die Aufgabe, die Fertigungs- und Montageeinheiten zu verknüpfen sowie die Versorgung und Entsorgung zu gewährleisten. Dies geschieht mit Hilfe der Basisfunktionen (Symbole s. Bild 2.4):

- Fertigen mit Bearbeiten und Prüfen
- Bewegen mit Transportieren und Handhaben
- Ruhen mit Lagern und ungewolltem Aufenthalt.

Der Materialfluss entsteht durch eine Aneinanderreihung von Vorgängen zur Erzielung des Endproduktes z. B. Bearbeiten – Handhaben – Prüfen – Transportieren – Montieren – Lagern – Verladen. Die physische Ausprägung des innerbetrieblichen Materialflusses ist zu erkennen z. B. an den eingesetzten Transport- und Lagersystemen, die des externen Güterflusses an der

eingesetzten Verkehrstechnik. Die ganzheitliche Betrachtungsweise des Materialflusses in seinen administrativen, dispositiven und operativen Ebenen ist die Aufgabe der Materialflusslogistik (vgl. Bild 1.3). Sie besteht in der physischen und informativen Bereitstellung des Materials im Rahmen des innerbetrieblichen Materialflusses (s. auch Bild 2.3).

Die **Materialflussteuerung** kann nach dem Bring- oder Holprinzip (Beispiel 2.15) durchgeführt werden. Beim *Bringprinzip* (Pushprinzip) wird das Material vom Beschaffungs- oder Produktionslager den Produktionsstellen *bedarfsgesteuert* durch Transportarbeiter und/oder Transportmittel gebracht, beim *Holprinzip* (Pullprinzip) müssen sich die Werker der Fertigungs- und Montagestellen die benötigten Materialien *verbrauchsgesteuert* selber von den entsprechenden Lagerbereichen abholen. Bei dem Pullprinzip wird das Ein-Behälter-System und das Zwei-Behälter-System unterschieden. Beim *Ein-Behälter-System* (Kanban-System s. Beispiel 2.4) ist jedem Behälter eine Materialkarte zugeordnet, die dem leeren Behälter entnommen wird und als Anforderungs- oder Bestellkarte für einen neuen vollen Behälter dient.

Beim *Zwei-Behälter-System* werden von jedem Material zwei Behälter an der Arbeitsstelle oft nach dem Prinzip eines Durchlaufagers hintereinander aufgestellt. Ist der erste Behälter leer, wird durch seinen Rücktransport mit der beiliegenden Materialkarte ein neuer Behälter der Verbrauchsstelle zugeführt. Die Verbrauchsstelle kann ohne Unterbrechung mittels des zweiten Behälters weiterarbeiten.

2.2 Unterteilung, Einteilung

Die Verkehrsanbindung eines Grundstücks an den Beschaffungs- und Absatzmarkt eines Unternehmens über Stadt-, Regional- und Bundesstraßen, Eisenbahnen und Flughäfen ist ausschlaggebend für die Auswahl von Verkehrsmitteln zum Transport von Beschaffungsgütern und für die Distribution der Unternehmenserzeugnisse zum Kunden. Die Verkehrsanbindung ist auch ein wichtiger Standortfaktor und dient der Standortfindung (s. Kap. 12.10.3). Der externe Güterfluss kann unterteilt werden in einen

- lokalen,
- regionalen und
- überregionalen Bereich.

Der innerbetriebliche Materialfluss, d. h. der Materialtransport innerhalb der Betriebs- und Grundstücksgrenzen, kann unterteilt werden in den

- *betriebsinternen Bereich:*
dieser Bereich ist zuständig für die funktionsgerechte Gestaltung des Bauleitplans (s. Beispiel 12.2) eines Grundstücks, für die zweckmäßige Zuordnung von Gebäuden inklusive Lagerbereichen nach materialflusstechnischen Gesichtspunkten, für die Festlegung der Verkehrswege auf dem Grundstück, für die Trennung von Material- und Personalfluss und für die Transporte zwischen Hallen und Gebäuden.
- *gebäudeinterner Bereich:*
dieser beschäftigt sich mit der Abteilungszuordnung, z. B. in Hallen und Gebäuden, mit dem materialflussgerechten Einrichtungslayout der Abteilungen und mit den erforderlichen Umschlag-, Transport-, Lager- und Kommissioniersystemen (s. Bild 2.16 und 2.18).

- *Arbeitsplatzbereich:*

dieser Bereich hat die Aufgaben, den Arbeitsplatz nach materialflusstechnischen, ergonomischen und physiologischen Gesichtspunkten zu gestalten, Handhabungssysteme auszuwählen, Arbeitsabläufe zu optimieren und eine Humanisierung des Arbeitsplatzes zu erreichen (Bild 9.16, 9.17, 11.11 und 12.35).

Das Materialflusssystem übernimmt die Ver- und Entsorgung der Produktion durch Erfüllung der Funktionen Transportieren, Umschlagen, Lagern und Kommissionieren, und zwar für

- den Werkstückfluss: Werkstücke, Montageteile, Fertigwaren
- den Werkzeugfluss: Werkzeuge, Vorrichtungen, Prüfmittel
- Hilfsstoffe, Späne, Abfälle.

Somit ist das Materialflusssystem einzubinden in das Produktionssystem (Bild 2.2).

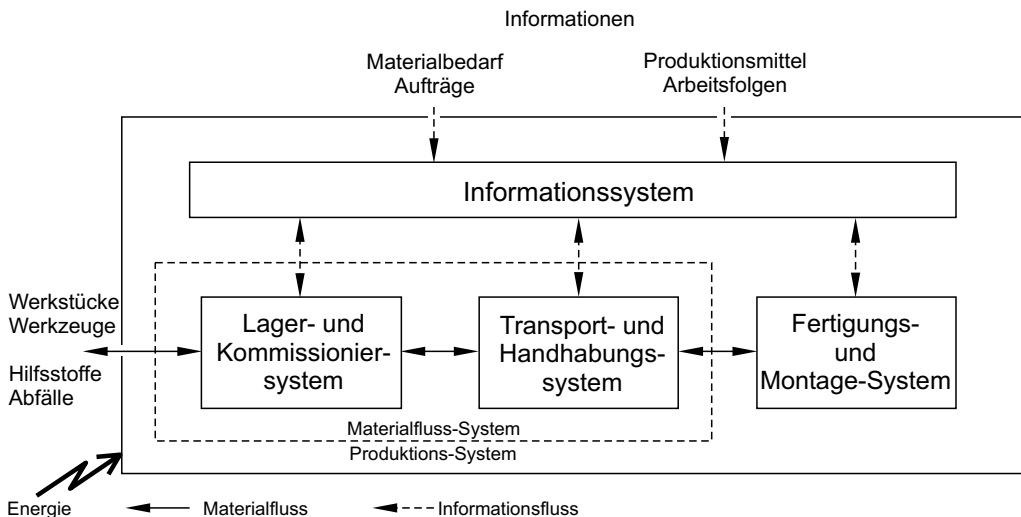


Bild 2.2 Integrale Betrachtung des Produktionssystems

Es stellt ein Element der rechnerunterstützten Fertigung CAM (Computer Aided Manufacturing) dar. CAM wiederum ist integriert als ein Baustein in CIM (Computer Integrated Manufacturing).

CIM kann als eine mögliche Realisierungsform der Produktionslogistik angesehen werden, somit wird auch verständlich, dass der Materialfluss bzw. die Materialflusslogistik Querschnittsaufgaben zu erfüllen hat.

Eine Prozessdarstellung der administrativen, informatorischen und physischen Vorgänge im Produktionssystem gelingt durch die zeitliche Gegenüberstellung von Informations-, Beleg-Daten- und Materialfluss. Ein Beispiel hierfür zeigt Bild 2.3. Ein horizontaler Schnitt vermittelt, welche Informationen die EDV benötigt oder abgibt, wer zur selben Zeit einen Beleg erhält, druckt oder bereitstellt, und welche Funktionen oder Tätigkeiten im Materialfluss ausgeführt werden.

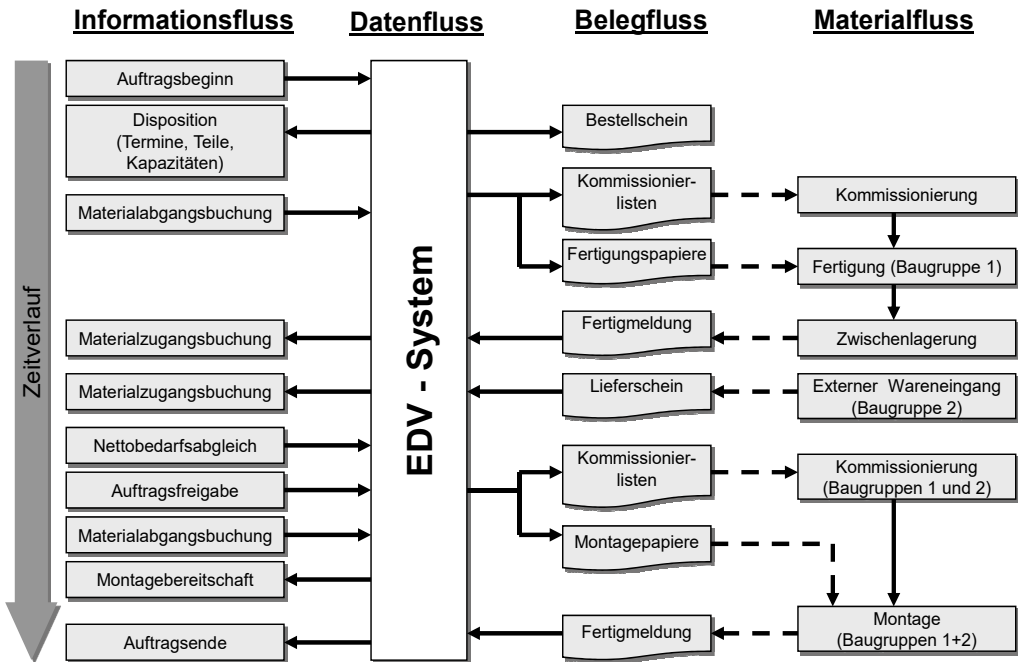


Bild 2.3 Prozessdarstellung von Material-, Informations-, Daten- und Belegfluss; in weiteren Spalten können Zeiten der Tätigkeiten, Verantwortlichkeiten usw. eingegeben werden.

2.3 Komponenten des Materialflusses

Der *innerbetriebliche* Materialfluss umfasst sämtliche Materialbewegungen innerhalb eines abgeschlossenen Bereiches. Er lässt sich beschreiben durch seine

- technische und räumliche
- quantitative
- zeitliche und organisatorische Komponente.

2.3.1 Technische und räumliche Komponente

Die technische und räumliche Ausprägung eines Materialflusses ist zu erkennen an den vorhandenen Lager-, Kommissionier-, Umschlag- und Transportmittel. Um einen Materialfluss analysieren, beschreiben und beurteilen zu können, wird er grafisch mit abstrakten, einfachen, allgemeinen oft geometrischen Grundstrukturen (Bild 2.4) dargestellt. In der Praxis ist in den Unternehmen meist eine Kombination der Grundelemente vorhanden.

Die tatsächliche Linienführung und Ausprägung des Materialflusses richtet sich nach einer Reihe von Faktoren und ist von einer Vielzahl von Größen abhängig. Diese Faktoren und Größen sind gegebene, unternehmensspezifische, beeinflussbare oder nicht beeinflussbare Einflussfaktoren (Bild 2.5). In der Praxis wirken diese Faktoren und Größen nicht einzeln, sondern in ihrer Kombination. Sie haben je nach Unternehmen und Situation unterschiedlich großen Einfluss und Auswirkung auf den Materialfluss und damit auf die MF-Kosten.

Die technische und räumliche Komponente des Materialflusses wird durch ingenieurmäßige Planungen ermittelt, verbessert und optimiert.

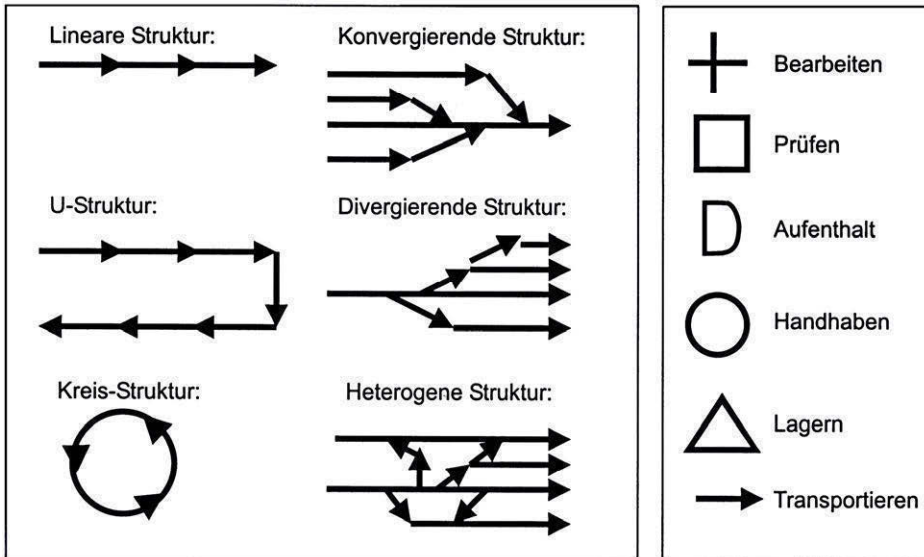


Bild 2.4 Grundstrukturen und Symbole des Materialflusses

2.3.2 Quantitative Komponente

Die quantitative Darstellung des Materialflusses geschieht durch die Angabe der Transportgutströme als Volumenstrom \dot{V} , Massenstrom \dot{m} und Stückstrom \dot{m}_{St} . Dabei ist vom Transportgut als Stück- oder Schüttgut (Kap. 3.1) auszugehen und zwischen stetig und unstetig arbeitenden Transportmitteln zu differenzieren.

1 Transportgutstrom Stetigförderer \dot{V}

1.1 Schüttguttransport

z. B. Sandtransport mit Gurtförderer (s. Kap. 5.2.2 ff.)

- Volumenstrom \dot{V} $\dot{V} = 3.600 A v$ (m³/h) (2.1)

- Massenstrom \dot{m} $\dot{m} = \dot{V} \Phi_S$ (t/h) (2.2)

A m² Gutquerschnitt

v m/s Transportgeschwindigkeit

Φ_S t/m³ Schüttdichte der Bewegung

z. B. Mehtransport mit Gurtbecherwerk (s. Kap. 5.4.2 ff.)

- Volumenstrom \dot{V} $\dot{V} = 3.600 V f v / a$ (m³/h) (2.3)

V m³ Füllvolumen eines Behälters (Bechers)

f Füllgrad eines Bechers

a m (mittlerer) Abstand der Behälter (Becher)

EINFLUSSFAKTOR	Auswirkungen auf MF durch	1	2	3
GRUNDSTÜCK:	– Standort: Gewerbe-, Industriegebiet – Grundstücksform: rechteckig			X
GEBÄUDE:	– Gebäudeform: Geschossbau, Halle – Gebäudeeigenschaften – Stützenraster, – Deckentragfähigkeit		X	X
FERTIGUNG:	– Fertigungsprinzip – Werkstätten-, Verrichtungsprinzip – Insel-, Gruppenprinzip – Fließ-/Baustellenprinzip – Produkt: Sortiment, Stückzahl – Fertigungsart: Einzel-, Losgrößenfertigung; externe Werkbank	X	X	X
TRANSPORT:	– Transportgut: Stückgut, Ladeinheit – Transportmittel – Stetig-, Unstetigförderer – Transportweg: Linienführung, – Transportgutstrom: m , m_{St}	X	X	
LAGER:	– Lagergut: Lagereinheit – Lagerart: Boden-, Regallagerung – Lagertyp: Paletten-, Durchlaufregal	X	X	
STEUERUNG:	– Zentral/Dezentral – Automatisierungsgrad – Datenübertragung; EDV	X	X	
ABLAUFORGANISATION:	– Administrative Vorgaben – Dispositive Vorgaben – Strategien		X	
ZUORDNUNG:	– Gebäudezuordnung – Abteilungszuordnung – Arbeitsmittelzuordnung		X	

Bild 2.5 Einflussfaktoren auf den Materialfluss und deren Beeinflussbarkeit;
Spalte 1: kurzfristig, Spalte 2: mittelfristig, Spalte 3: langfristig beeinflussbar

1.2 Stückguttransport z. B. Pakettransport mittels Gurtförderer

- Massenstrom \dot{m} $\dot{m} = 3.600 \, m \, v / a$ (t/h) (2.4)

- Stückstrom \dot{m}_{St} $\dot{m}_{St} = 3.600 \, v / a$ (St/h) (2.5)

a m (mittlerer) Abstand des Stückgutes (Pakete)

v m/s Transportgeschwindigkeit

m t (durchschnittliche) Masse des Einzelstückes (Paketes)

2 Transportgutstrom Unstetigförderer

2.1 Stückguttransport

z. B. Palettentransport mit Gabelstapler im Lager (Ein-/Auslagerung)

- Massenstrom eines Fahrzeugs \dot{m} $\dot{m} = 60 \dot{m}_e / t_s$ (t/h) (2.6)

- Stückstrom eines Fahrzeugs \dot{m}_{St} $\dot{m}_{St} = 60 / t_s$ (St/h) (2.7)

t_s min mittlere Spielzeit für ein Einfachspiel (s. Kap. 9.7)
 \dot{m}_e t (durchschnittliche) Masse einer Transporteinheit

2.2 Fahrzeuganzahlberechnung (s. Kap. 9.7)

Anzahl Fahrzeuge z für gegebene Schüttgut/Stückgut-Transportaufgabe:

$$\dot{m}_{Sch} = \dot{m} n \quad m_{StSch} = m_{St} n \quad (2.8)$$

$$z = \sum \dot{m} / \dot{m}_{Sch} = \sum \dot{m}_{St} / \dot{m}_{StSch} \quad (2.9)$$

n	h/Schicht	Anzahl Stunden einer Arbeitsschicht
\dot{m}_e	t	(durchschnittliche) Masse einer Transporteinheit
t_s	min	(mittlere) Spielzeit (Be-, Entlade- und Fahrzeit)
$\sum \dot{m}$	t/Schicht	gesamter Massenstrom in einer Schicht
$\sum \dot{m}_{St}$	St/Schicht	gesamter Stückstrom in einer Schicht
\dot{m}	t/h	Massenstrom eines Fahrzeuges pro Stunde
\dot{m}_{Sch}	t/Schicht	Massenstrom eines Fahrzeuges pro Schicht
\dot{m}_{St}	St/h	Stückstrom eines Fahrzeuges pro Stunde
\dot{m}_{StSch}	St/Schicht	Stückstrom eines Fahrzeuges pro Schicht
z		Anzahl Fahrzeuge z. B. Stapler

Beispiel: 420 Paletten sollen bei Einfachspiel mit Gabelstapler ein- und ausgelagert werden (Schichtdauer: 7 Stunden; Einfachspiel: 3 Minuten). Wie viele Stapler z werden benötigt?

Berechnung: $\dot{m}_{St} = 60 : 3 = 20$ Pal/h entspricht $\dot{m}_{StSch} = 20 \times 7 = 140$ Pal/Schicht;
 $z = 420 : 140 = 3$ Stapler

2.3.3 Zeitliche und organisatorische Komponente

Ausdruck für die zeitliche und organisatorische Komponente des Materialflusses ist z. B. die Größe der Auftragsdurchlaufzeit, die sich in der Fertigung zusammensetzt aus

- Auftragszeit (= Bearbeitungszeit einschließlich Rüst- und Verteilzeit)
- Kontrollzeit; Warte- und Liegezeit; Transportzeit.

Die Warte- und Liegezeit macht in der Regel bis zu 85 % der Auftragsdurchlaufzeit aus und unterteilt sich in

- arbeitsablaufbedingte Liegezeit
- Lagerungszeit
- störungsbedingte Liegezeit
- durch den Menschen bedingte Liegezeit.

Auf die arbeitsablaufbedingte Liegezeit entfallen ca. 75 % der Warte- und Liegezeit.

Es gilt, diese Zeitanteile zu reduzieren z. B. durch organisatorische Maßnahmen wie montage-synchrone Fertigung oder die Kombination von produktionssynchroner Beschaffung und montagesynchroner Fertigung. Eine Reduzierung der Auftragsdurchlaufzeit bewirkt:

- Senkung der Herstellkosten
- Erhöhung der Produktivität
- Verringerung des gebundenen Umlaufvermögens
- Verringerung des Personalbedarfs für Transport und Lageraufgaben
- Zunahme des Kapitalumschlags
- Verbesserung der Kapitalrendite
- Erhöhung der Maschinenausnutzung
- Schnellere Marktbeförderung
- Verkürzung der Lieferzeiten.

Eine exakte umfassende Betrachtung der Auftragsdurchlaufzeit (ADLZ) umfasst sowohl administrative Zeiten wie z. B. die Zeiten in der Arbeitsvorbereitung und im Betriebsbüro als auch Materialflusszeiten. Die ADLZ beginnt mit dem Auftragseingang und endet mit dem Eintreffen der Waren beim Kunden. Eine Reduktion der ADLZ wird erreicht durch Umwandlung von nicht wertschöpfenden Zeiten in wertschöpfende. Vor allem die Reduzierung von Schnittstellen z. B. durch prozessorientierte Fertigung bringt erhebliche Verbesserung; oft beträgt die Schnittstellenzeit zwischen 2 Abteilungen einen Arbeitstag (Beispiele 2.14; 2.19; Kap. 2.5.3.2).

2.4 Materialflussskosten

Die Bedeutung des Materialflusses ist an den innerbetrieblichen Materialflussskosten abzulesen, die je nach Branche und Produkt einen Anteil von 50 % und mehr an den Selbstkosten erreichen können. In der betrieblichen Kostenrechnung werden die Materialflussskosten nur unzureichend erfasst. Eine Aufteilung der Materialflussskosten kann nach vier Hauptkostenarten erfolgen:

- Materialflussbedingte Personalkosten
- Betriebsmittelkosten der Transportmittel- und Lagereinrichtungen
- Materialflussbedingte Raum- und Wegekosten
- Materialflussbedingte Kapitalbindungskosten.

Die innerbetrieblichen Materialflussskosten ergeben sich u. a. auf Grund der Einflussfaktoren (s. Bild 2.5) auf den Materialfluss. Wird eine Kostenuntersuchung nach diesen Kostenarten durchgeführt, so ergeben sich mit hinreichender Genauigkeit die tatsächlich in einem Betrieb anfallenden Materialflussskosten. Die in den Betriebsabrechnungen aufgeführten Transportkosten erfassen meist nur einen Teil der wirklichen Materialflussskosten. So werden Verlustzeiten durch mangelhafte Transportverhältnisse, Zwischenlagerkosten, Transportarbeitskosten durch Facharbeiter usw. nicht erfasst. Die Bedeutung und die Beurteilung des Materialflusses werden nur dann richtig erkannt, wenn alle vom Materialfluss verursachten Kosten zu ermitteln sind.

2.5 Materialflussuntersuchung

Unter den Begriffen Materialflussuntersuchung, Materialflussanalyse, Materialfluss-Ablaufanalyse oder Materialfluss-IST-Aufnahme auch Schwachstellenanalyse ist die Erfassung des Transportvorgangs und -ablaufs sowie alle gewollten und ungewollten Lagerungen aller Materialien des innerbetrieblichen Bereiches des Unternehmens zu verstehen.

Die Abläufe des Materialflusses werden durch Beobachtungen vor Ort erhoben und erfassen Personal, Material, Fläche, Transport- und Lagerungsmittel, die am Materialfluss beteiligt sind.

2.5.1 Ursachen

Auslösende Momente für eine innerbetriebliche Materialflussuntersuchung sind z. B.:

- Mechanisierung und Automatisierung des Transport- und/oder Lagerbereichs
- geringe Auslastung der Transportmittel
- hohe Transport- und Lagerkosten
- veraltete Transport- und Lagertechniken
- Erweiterung der Produktionsmenge und des Produktspektrums
- Engpässe, Unfälle, Störungen, hohe Auftragsdurchlaufzeiten
- hohe Personalkosten, umständliche Ablauforganisation

Solche Ursachen (s. auch Beispiel 12.1) zwingen zu einer Untersuchung und Bewertung der vorhandenen Verhältnisse und lösen Materialflussoptimierungen und -planungen aus.

2.5.2 Ziel, Aufgabe, Vorgehensweise

Das Ziel jeder Materialflussuntersuchung ist das Erkennen von Schwachstellen, das Auffinden ihrer Ursachen sowie das Ermitteln und Aufteilen der Materialflusskosten, um danach durch Planung einen optimalen Materialfluss mit minimierten Materialflusskosten zu erreichen.

Um die Zuordnung der einzelnen Produktionsabteilungen oder den richtigen Standort des Lagers im Betrieb zu ermitteln, um die Fragen zu klären, welches Transportmittel für eine anstehende Transportaufgabe auszuwählen, wie die Auftragsdurchlaufzeiten zu verkleinern, wie Unfälle und Ausfälle im Transportbereich zu vermeiden, wie die Raumnutzung zu verbessern oder die Auslastung der Transportmittel zu vergrößern sind, dafür liefert eine Materialflussuntersuchung die entsprechenden Basisdaten. Die Aufgabe der Materialflussuntersuchung besteht im Gewinnen von Informationen und Daten zur Beurteilung und Planung des Materialflusses. Es sind u. a. zu ermitteln (s. Kap. 12.2):

- Daten des Produktsortimentes: z. B. Artikelstruktur
- Daten des Transport- und Lagergutes
 - Merkmale, Eigenschaften nach Bild 3.2; Transporteinheiten, Lagereinheiten
 - Transportgutströme nach Kap. 2.3.2, Transportfrequenz (Bild 2.7)
 - Transportorganisation, -Steuerung, Verwaltung der Bestände
- Daten der Transport- und Lagerhilfsmittel: nach Kap. 3.1.4; Handling (s. Beispiel 3.2)
- Informationsdaten
 - Materialflusssteuerung (s. Kap. 2.1)
 - Lagerverwaltungssystem (s. Kap. 13.3)
 - Datenübertragung (s. Kap. 13.2)
 - Auftragsdurchlaufzeiten (s. Bild 2.23)
- Daten der Transportmittel und Lagerarten
 - Kapazitäten, Leistungen, Durchsatz, Auslastung, Verfügbarkeit (s. Beispiel 12.5)
 - Flächen- und Raumgrößen, Höhen
 - Geschwindigkeiten, Wege; Kommissioniersystem, Kommissionierzeiten, -leistung
 - Lagergrößen, -kapazität, -umschlag, -organisation, -steuerung

- Daten der Betriebswirtschaft
 - Betriebskosten (Personalkosten, Instandhaltung)
 - Materialflussskosten, Lagerhaltungskosten (Kapitalbindungskosten s. Kap. 9.6)
- Daten der Gebäude und Hallen, des Grundstückes

Die Vorgehensweise der Materialflussuntersuchung geschieht nach Bild 12.5.

2.5.3 Erfassen des Materialflusses

Die Erfassung der Materialflusssdaten kann *direkt* (s. Bild 12.8) vor Ort erfolgen oder *indirekt* im Büro (statistische Analyse) über Betriebsunterlagen wie Fertigungspläne, Lagerkarteien, Kostenstellenverzeichnisse, EDV-Dateien. In der Praxis werden beide Methoden nebeneinander verwendet, um den Zeitaufwand für die Analyse zu reduzieren.

Nach der Art und der Aussagefähigkeit der vorliegenden Daten, nach dem Ziel, was mit diesen Daten erreicht werden soll, müssen die Erfassungsmethoden ausgewählt werden. Einfachste, aber effektivste Hilfsmittel sind Erhebungsbogen, Fragelisten, Tabellen oder Formulare. Bei der Aufstellung und Entwicklung solcher Listen muss der Materialflussplaner sich immer folgende W-Fragen stellen:

1. *Warum* wird transportiert oder gelagert? (Notwendigkeit des Transportes oder des Lagers)
2. *Was* und *wie viel* wird bewegt und gelagert? (Stückgut, Schüttgut, Fertigwaren, Rohstoffe, Abfall, Volumen- oder Massenstrom, Stückzahl, Volumen, Gewicht)
3. *Woher* und *wohin* wird transportiert? (vom Lager zur Fertigung, vom Wareneingang zum Lager, vom Arbeitsplatz zum nächsten Arbeitsplatz)
4. *Womit* und *wie* wird bewegt oder gelagert? (mit Hebezeugen, mit Stetigförderern, mit Flurförderzeugen, in gebündelter, gestapelter, palettierter Form, durch Lager- oder Transportarbeiter, Fach- oder Hilfsarbeiter)
5. *Wann* und *wie lange* wird transportiert oder gelagert? (Uhrzeit, Dauer)

Zur Erfassung der Zustandsdaten des Materialflusses können Kurzzeit- oder Daueraufnahmen durchgeführt werden. Um verbindliche Aussagen und Daten für eine anstehende Materialflussuntersuchung zu erhalten, muss die Untersuchung des IST-Zustandes nach unterschiedlichen Gesichtspunkten erfolgen, z. B. in Form von Ablaufstudien, von Auslastungs- oder Kostenstudien. MF-Aufnahmeverfahren sind z. B.

- Multimomentaufnahmen
- Gantt-Balkendiagramm
- VON-NACH-Matrix
- Erhebungsbogen.

2.5.3.1 Multimomentaufnahmen

Um Zeit- oder Mengenanteile von betrieblichen Vorgängen wie Auslastung von Werkzeugmaschinen oder Transportmitteln, von Arbeitskräften oder von Flächenbelegungen zu ermitteln, um Werkstoffliegezeiten, Transportwege oder den Personaleinsatz zu bestimmen, dient die Multimomentaufnahme, bei dem zwischen dem *Multimomentzeitmessverfahren* und dem *Multimomenthäufigkeitsverfahren* zu unterscheiden ist.

Es handelt sich um ein statistisches Verfahren, das durch Stichprobenbeobachtungen z. B. die Zeitanteile erfasst. Wenn die geforderte Genauigkeit bei einer Untersuchung nicht zu groß ist und die ermittelten Zeitanteile der einzelnen Vorgänge nicht zu klein sind (ab 2 %), ist das Multimoment-Verfahren einfach, schnell und wirtschaftlich.

Nach Festlegung des Zieles, des Beobachtungsobjektes, der zu beobachtenden Tätigkeiten und der Eignungsprüfung des Verfahrens für die gestellte Aufgabe, geschieht der Ablauf der Untersuchung (s. auch REFA Standardprogramm Multimomentaufnahme) durch:

- Festlegung des Beobachtungsweges
- Bestimmung der Rundgangszeit durch Probeaufnahmen
- Ermittlung der erforderlichen Beobachtungszahl N mit Hilfe der Multimomentformel.

$$N = [3,84 p (100 - p)] / f^2 \quad \text{Anzahl der Beobachtungen} \quad (2.10)$$

3,84 Faktor für eine statistische Sicherheit von 95 %

p in % Anteil einer Teilgröße an der Gesamtheit der ermittelten Größen
 $p = [n (\text{Beobachtungen je Größe}) / N (\text{Gesamtbeobachtungen})] 100$

f in % Streumaß (absolute Streuung) von n in Bezug auf N

Für die Praxis können als Anhaltswerte mit hinreichender Genauigkeit $N = 1.600$ bis 2.500 und f zwischen $\pm 1,0$ % bis $\pm 2,5$ % angenommen werden. Die Gleichung (2.10) gilt streng nur bei normal verteilten Größen: Die Häufigkeitsverteilung muss der Glockenkurve entsprechen.

- Errechnung des Gesamtzeitaufwandes
- Festlegung der Beobachtungszeiten mit Hilfe von Zufallszahlen (Stunden- und Minuten-Zufallszahlen z. B. aus VDI 2492)
- Durchführung der Beobachtungen, Eintragung in Tabelle (Strichlistenform, Beispiel 2.3)
- Ermittlung des prozentualen Anteils p von den Teilgrößen
- Folgerungen, Maßnahmen, Entscheidungen (s. Beispiel 2.2).

Zur Analyse des Tätigkeitsfeldes im Versandbereich eines Lagers wurden für die Neuplanung mit Hilfe des Multimoment-Verfahrens die prozentualen Anteile der einzelnen Tätigkeiten des Lagerpersonals ermittelt und in Tabelle 2.1 dargestellt.

Tabelle 2.1 Zeitanteile im Versandbereich

Tätigkeiten	Zeitanteile p in %
Prüfarbeiten	3
Wege und Transportarbeiten	43
Schreibarbeiten	17
Ein- und Auslagerungen	20
Verteil- und Totzeiten	15
Aufräumarbeiten	2
Summe Versandarbeiten	100

Wege, Transportarbeiten, Ein- und Auslagerungen betragen 63 %, das bedeutet, dass hier eine Neuplanung mit transporttechnischen Maßnahmen einsetzen muss. Zu überlegen ist, ob durch EDV-Einsatz bzw. durch verbesserte Lagerlisten die 17 % Schreibarbeiten reduziert werden

können. Das Multimoment-Verfahren liefert also die Basisdaten für die Planung und den Schwerpunkt für Rationalisierungsmaßnahmen.

2.5.3.2 Gantt-Balkendiagramm

Um die Ablaufprozesse darzustellen, ist das Gantt-Balkendiagramm eine einfache, schnelle und effektive Methode. In Bild 2.6 ist der Prozess des Passivierens von Schweißnähten gezeigt. – Passivieren ist eine Oberflächentechnik zur Erzielung einer Schutzschicht auf einem metallischen Werkstoff zur Reduktion von Korrosion. – Das Diagramm veranschaulicht eine Vergütungszeit von 4 h (= 12 %) und eine Strahlzeit von 8 h (= 24 %). Die Vor- und Nachbereitung ohne Rangierzeit bilden mit 22 h den größten Zeitanteil. Dies ist der Rationalisierungsansatz zur Reduzierung dieses Zeitanteils (s. Beispiel 2.21).

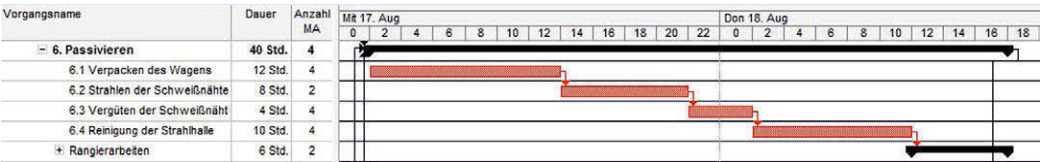


Bild 2.6 Gantt-Balkendiagramm [1]

2.5.3.3 VON-NACH-Matrix

Die VON-NACH-Matrix oder auch Materialflussmatrix genannt, dient der Aufnahme von Transportfrequenzen (Anzahl Transporteinheiten pro Zeiteinheit zwischen Quellen und Senken und umgekehrt), Transportgewichten, Transportvolumen, Transportwegen, Transportkosten oder Transportmittel. Eine quadratische Matrix liegt vor, wenn alle Quellen auch gleichzeitig Senken sind (Bild 2.7).

Lfd. Nr.	<div>→ NACH</div> <div>↓ VON</div>		WE	F	PL	M	DL	WA	Summe
	1		2	3	4	5	6	7	8
1	Wareneingang	WE		x_1 LE	x_2 LE	x_3 LE			
2	Fertigung	F			x_2 LE	x_5 LE	x_4 LE		
3	Produktionslager	PL		x_6 LE					
4	Montage	M		x_5 LE	x_7 LE		x_8 LE		
5	Distributionslager	DL						x_9 LE	
6	Warenausgang	WA							
7	Summen								

Bild 2.7 VON-NACH-Matrix für Transporte (x_n = Anzahl Transporteinheiten pro Zeiteinheit)

2.5.3.4 Erhebungsbogen

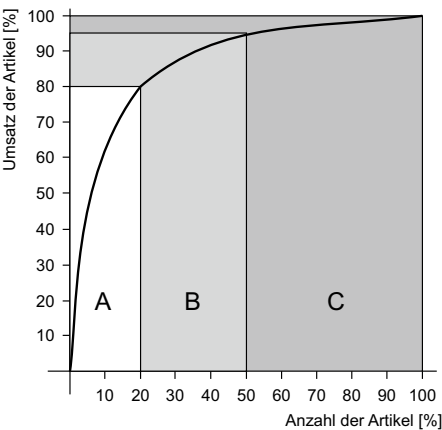
Der vom Bearbeiter einer Materialflussuntersuchung selbst aufgebaute Erhebungsbogen ist ein schriftliches Hilfsmittel, das für die Datenerfassung speziell auf den Beobachtungsgegenstand zugeschnitten ist. So können z. B. in einem Erhebungsbogen für Flurförderzeuge Daten zu erheben sein wie z. B. Kostenstelle, Bezeichnung, Typ, Hersteller, Baujahr, Bauart, Anzahl, Antriebsart, Tragfähigkeit, Hubhöhe, Fahr- und Hubgeschwindigkeit, Eigengewicht, Flächenbelastung, Abmessungen, Wenderadius, Arbeitsgangbreite, Auslastung, Betriebs- und Reparaturkosten pro Jahr, Einsatzbereich usw. Je nach der Aufgabenstellung werden nur bestimmte Größen benötigt, sodass ein spezieller Erhebungsbogen entsteht (Bild 2.8).

Firma:			PROJEKT: Transportmittelloptimierung							Blatt-Nr.: von Blättern		
Abteilung: Bearbeiter:			Analyse: Erfassung von Flurförderzeugen							Datum:		
Lfd. Nr.	Fahrzeug- typ Inv.-Nr.	Her- steller	Baujahr	Trag- fähig- keit [t]	Stapel- höhe [m]	Lade- fläche [m²]	Zug- kraft [t]	Beanspru- chungs- grad [%]	Aus- lastung [%]	Einsatz- zeit [h]	Stand- ort	Bemer- kungen
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1												
2												

Bild 2.8 Erhebungsbogen zur Erfassung von Flurförderzeugen

2.5.4 Auswerten und Darstellen der Materialflussaufnahmen

Das Ziel der Auswertung besteht darin, die Fülle der ermittelten Daten und Informationen zu ordnen, zusammenzufassen, nach bestimmten Gesichtspunkten zu gliedern oder zu klassifizieren. Nach Möglichkeit sollten hierfür Programme der EDV genutzt werden, dafür ist z. B. der verwendete Erhebungsbogen auf die EDV-Bedingungen zuzuschneiden. Eine Auswertungsmethode stellt die *ABC-Analyse* (Bild 2.9) dar.



Die aufgenommenen Daten werden nach irgendeinem Kriterium wie Umsatz, Gewinn, Transportkosten, Fläche in Abhängigkeit von Produkten oder Produktgruppen dargestellt (Klassifikation der Produkte oder Produktgruppen). Dabei ordnet man sie sinnvoll in abnehmender oder aufsteigender Weise und nimmt die Eintragungen in Prozent vor.

Bild 2.9 Diagramm einer ABC-Analyse

Aus der prozentualen Darstellung des Umsatzanteiles bezogen auf die jeweilige Artikelgruppe (Artikel) entsprechen nach Bild 2.9 der Gruppe A 20 % der Artikel, die 80 % des Umsatzes umfassen, der Gruppe B 30 % der Artikel mit 15 % Umsatzanteil und der Gruppe C 50 % der Artikel, die nur noch mit 5 % am Umsatz beteiligt sind. Artikel der Gruppe A haben in der Regel eine hohe Umschlagshäufigkeit, die Gruppen B und C eine geringere. Die ABC-Analyse bietet also auch Rückschlüsse auf die für die Artikel zu verwendenden Lagersysteme und den vorzusehenden Mechanisierungsgrad.

Sortimentsanteile z. B. in groß-, mittel- und kleinvolumige Artikel lassen sich mit der ABC-Analyse bestimmen.

Auch die ausgewerteten Materialflussaufnahmen stellen oft eine unübersichtliche Datenmenge dar. So ist es sinnvoll, diese Daten durch *grafische Darstellung* visuell sichtbar wiederzugeben (s. Kap. 12.9.5). Ziel der Darstellung der Materialflussaufnahmen ist, eine *sichtbare* positive und negative Kritik des vorgefundenen Zustandes leichter zu ermöglichen.

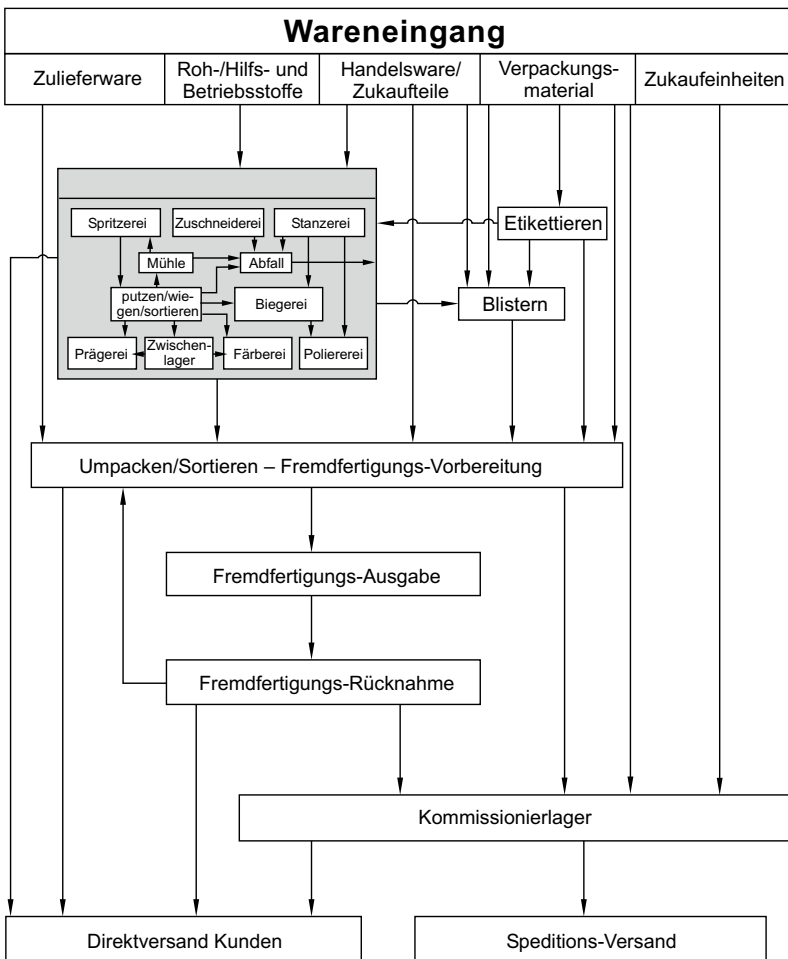


Bild 2.10 Qualitativer Materialflussablaufplan eines Versandhandelsunternehmens mit kleiner Kunststoffgegenstandsproduktion

Dabei hängt die Wahl der Darstellung von der Zielsetzung der Untersuchung, vom Materialflussplaner selbst und vom Empfänger der Ausarbeitung ab. Die farbliche Gestaltung spielt eine wichtige Rolle, um die unterschiedlichen Betriebsbereiche, die verschiedenen Materialflusstrome oder Besonderheiten besser hervortreten zu lassen. Darstellungsformen (s. Bild 12.14) sind Tabellen, Diagramme, Zeichnungen, Ablaufpläne, Klebepläne, Flach- und Raummodelle. Die grafische Darstellung hat den Vorteil der Übersichtlichkeit und gewährleistet ein schnelles Aufnehmen des Wesentlichen. Besonders häufig werden qualitative (Bild 2.10) und/oder quantitative (Bild 2.14) Darstellungen benutzt.

2.5.5 Wertstromdesign

Ein Verfahren zur Darstellung des MF- und Informationsflusses über die gesamte Wertschöpfungskette ist das Wertstromdesign, um nicht-wertschöpfenden Prozesse aufzuzeigen. Dieses Verfahren wird z. B. für die Fertigung einer Produktfamilie zur Reduzierung von Beständen und unnötigen Materialbewegungen, zur Verringerung von Durchlaufzeiten, Fertigungsfehlern und Prozessen, Wartezeiten, Transporten und Reparaturen angewandt. Es geht also um die Beseitigung von Verschwendung (Kaizen). Im Wertstromdesign werden die Daten für Material- und Informationsflüsse mittels Symbolen (Bild 2.11) bezeichnet. Es wird – ausgehend von den Kundenwünschen – bei der Analyse vom WA „flussaufwärts“ bis zum Lieferanten analysiert. Von Bedeutung sind die Angaben: Anzahl der Transporte/ZE, Art und Gewicht der Ladeeinheiten, Transportmittel und Transportweg in m.

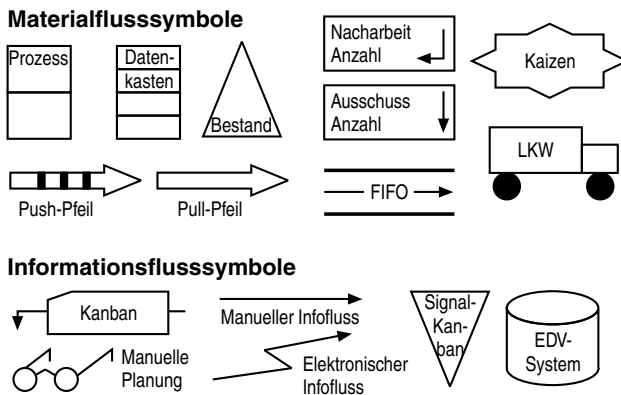


Bild 2.11 Beispiel von Symbolen für Material- und Informationsfluss

Nach dem Gesamtprozess werden die Teilprozesse detailliert. Aus dem Wertstromdesign des IST-Zustandes (Bild 2.12) ergibt sich nach Beseitigung von nicht-wertschöpfenden Zeiten und Beständen das Wertstromdesign des SOLL-Zustandes (Bild 2.13). Bei der Darstellung des Wertstromdesigns wird zusätzlich zum Materialfluss der Informationsfluss abgebildet. Mit dieser Methode wird versucht, zusammengehörende Prozesse optimal zu verknüpfen.

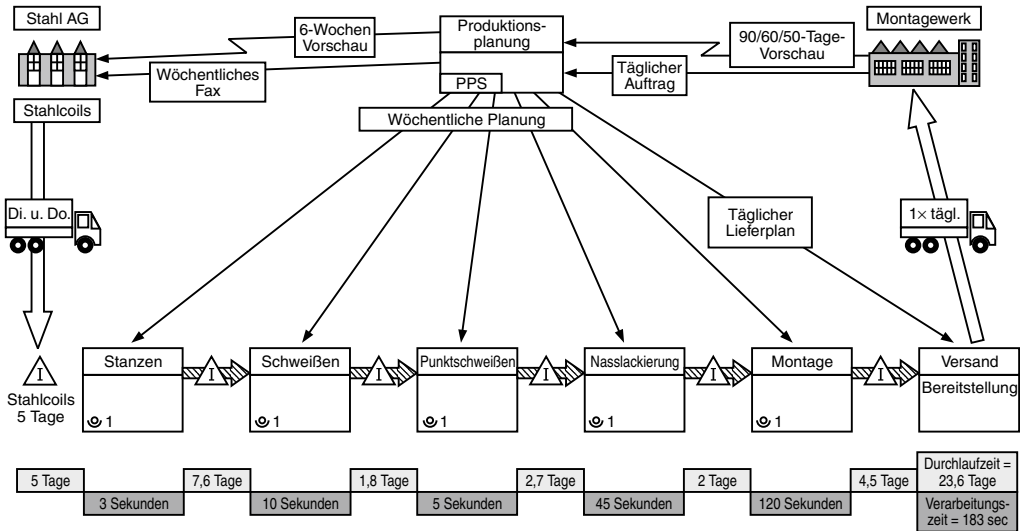


Bild 2.12 Beispiel 1: Darstellung des IST-Zustandes der Unternehmensprozesse mittels Wertstrom-design (www.awf.de)

2.5.6 Schwachstellenerkennung, Beurteilung

Die grafische Darstellung erleichtert die Schwachstellenerkennung und Beurteilung der Zustandsanalyse des Materialflusses. So lassen sich Engpässe, Gegenverkehr, Knotenpunkte, ungewollte Lagerung usw. leicht erkennen. Kennzahlen werden zur Diskussion der vorgefundenen Verhältnisse benutzt, sie dienen dazu, betriebliche Vorgänge und Daten vor und nach der Materialflussplanung und während einer Materialflussuntersuchung zu vergleichen, zu beurteilen und den Erfolg einer Planung zu dokumentieren (s. Kap. 1.5.1 / Bild 12.29). Aus der Fülle möglicher Materialfluss-Kennzahlen sind zu nennen:

- Handarbeit zur Maschinenarbeit
- Materialflusskosten zur Auftragsdurchlaufzeit (entspricht dem Durchlaufleistungsgrad)
- Lagerkosten zur Lagernutzfläche
- Anzahl Lagereingänge zur Zeiteinheit.

Weitere Kennzahlen:

- Flächen-, Raum- und Höhennutzungsgrad (s. Kap. 9.7)
- Lagerfläche zur Fertigungsfläche; Verkehrsfläche zur Lagerfläche
- Personalkosten im MF-Bereich zu den Belegschaftskosten
- Arbeitskräfte im Materialfluss zur Gesamtbelegschaft
- Wert der Lagerbestände zum Kapital.

Nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten sind die Ergebnisse der Materialflussuntersuchung zu bewerten. Beurteilungskriterien können sein:

- Zuordnung der Gebäude zu den Abteilungen; bauliche Gestaltung der Gebäude
- Durchlaufzeit von Material und Belegen; Auslastung von Anlagen + Transportmitteln
- Kosten im Transportbereich; im Lager und im MF gebundenes Kapital

- Erweiterungsmöglichkeit; Flexibilität der Gebäude
- Übersichtlichkeit der Transportverhältnisse; Transporte durch Facharbeiter
- Abmessen und Zustand der Verkehrsflächen; Mechanisierungs-/Automatisierungsgrad.

Die um die Schwachstellengrößen bereinigten Daten stellen das IST-Datenprofil des Materialflusses dar (s. Bild 12.5). Oft ergeben sich während der Materialflussuntersuchung und noch vor der Materialflussplanung Lösungsansätze, die in einem vorläufigen Maßnahmenkatalog zusammengefasst werden.

2.6 Materialflussplanung

2.6.1 Planungsdaten, Ziele, Gestaltungsgrundsätze

Nach der Materialflussuntersuchung muss die Entscheidung gefällt werden, ob eine Materialflussplanung durchgeführt werden soll. Diese Entscheidung lässt oft auf sich warten, so dass ein mehr oder weniger großer Zwischenzeitraum entsteht.

So ist es notwendig, zu Beginn der Materialflussplanung die in der Materialflussuntersuchung aufgenommenen Daten nochmals zu überprüfen. Das IST-Datenprofil muss nach der Prüfung auf das SOLL-Datenprofil gebracht werden. Diese SOLL-Daten sind mit geschätzten oder prognostizierten Werten auf die Zukunft ausgerichtete IST-Daten. Sie entsprechen den in die Realisierung umzusetzenden SOLL-Planungsdaten (s. Kap. 12.5.2).

Die Zielsetzung jeder Materialflussplanung ist ein Materialfluss mit minimierten Kosten. Es ist eine technisch funktionelle, wirtschaftliche und organisatorisch einfache Lösung zu erarbeiten. Dem Materialflussplaner helfen bei der Lösungssuche Gestaltungsgrundsätze wie z. B.

- Vermeiden von Handtransporten; Flexibilität der Lösung anstreben
- Erweiterungsrichtung vorsehen, Zukunftsgrößen bedenken
- Transporte sinnvoll mechanisieren oder automatisieren und auslasten
- Flächen- und Raumnutzung erhöhen
- Kreuzungen und Gegenverkehr im Materialfluss vermeiden
- zweckmäßige Transporteinheit bilden nach dem Grundsatz
Fertigungseinheit = Transporteinheit = Lagereinheit
- kurze Wege, hohe Transportgeschwindigkeiten, ausgelastete Transportmittel anstreben
- nach Möglichkeit Schwerkraft ausnützen
- vor- und nachgeschaltete MF-Linien beachten (Anschlussgrößen an externen Transport)
- kurze Auftragsdurchlaufzeiten anstreben
- Lager möglichst vermeiden, Lagerflächen einsparen
- Transport mit Fertigung verknüpfen (z. B. Kühlen, Erwärmen, Mischen, Sortieren).

Ganz entscheidend für die Lösung einer Materialflussplanung ist die Art der Planung, ob eine Neugestaltung auf der grünen Wiese (Betriebsverlagerung) oder eine Umplanung des Materialflusses mit einer Vielzahl von Beschränkungen zu erarbeiten ist. Randbedingungen im Geschossbau sind z. B. Raumhöhe, Bodenbelastbarkeit, Stützenabstand, Abmessungen und Tragfähigkeit der Aufzüge.

Der Materialfluss hat höchste Bedeutung für Fabrik-, Transport-, Lager- oder Rationalisierungsplanung. Er darf nicht für sich alleine geplant werden, sondern ist zusammen ganzheitlich zu sehen mit dem

- *Informationsfluss*: Dieser umfasst alle Kommunikationen in mündlicher und schriftlicher Form zwischen den Betriebsangehörigen mittels Telefon, Fax, Rohrpost, Boten oder E-Mail.
- *Personenfluss*: Dieser umfasst die Wege der Beschäftigten und Besucher eines Unternehmens in zeitlicher und räumlicher Abhängigkeit von und zum Werkseingang (Parkplatz) und auf dem Werksgelände.
- *Energiefluss*: Dieser umfasst die Versorgung der einzelnen Betriebsteile mit der benötigten Energieart und -menge wie Gas, Wasser, Elektrizität, Dampf, Druckluft usw.

2.6.2 Vorgehensweise

Der Ablauf der Materialflussplanung kann in den Schritten geschehen (vgl. Kap. 12.5):

- SOLL-Planungsdaten mit Randbedingungen und Restriktionen erarbeiten
- Idealplan für den Funktionsablauf entwickeln
- Alternative Lösungssysteme mit Transport- und Lagersystemen planen
- Grobkosten zusammenstellen
- Alternativen bewerten und optimale Alternative bestimmen
- Layout der ausgewählten Alternative darstellen.

Je nach Umfang ist zwischen Grob- und Feinplanung zu unterscheiden. Eine detaillierte Layoutdarstellung kann gleichzeitig Ausschreibungsunterlage für Anbieter sein. Der genannte Ausschreibungs- und Ausführungsvorgang bis zur Inbetriebnahme und Übernahme der Materialflussanlage ergibt sich aus Kap. 12.6. Die Planungsphase des Materialflusses kann konventionell und/oder rechnerunterstützt erfolgen.

2.6.2.1 Konventionelle Materialflussplanung

Sie erfolgt nach der im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Vorgehensweise als statische Planung (VDI 2498; Bild 12.3; Vorgehensweise zur Findung von Systemalternativen).

2.6.2.2 Rechnergestützte Materialflussplanung

Für umfangreiche und komplexe Materialflussbeziehungen mit vielen Randbedingungen kann das Layout eines Materialflusssystems z. B. einer Fertigungswerkstatt als räumliche Anordnung der Betriebsmittel und der Flächengrößen mit Hilfe eines PCs und bei entsprechender Software erstellt werden, wenn Flächengrößen, Flächenformen der Betriebsmittel bekannt und die Transportmatrix (s. Bild 2.7) vorhanden sind (s. Kap. 12.10.5, Materialflusssimulation s. Kap. 12.9.3.2).

Unter solchen Voraussetzungen hat eine Materialflussplanung mit Rechnerunterstützung große Vorteile, da einmal die notwendigen umfangreichen Rechenoperationen z. B. beim Dimensionieren und beim Kalkulieren sowie zum anderen die aufwändigen zeichnerischen Darstellungen von Layoutalternativen in kurzer Zeit ausgeführt werden können. Der Rechner vermeidet Planungsfehler, reduziert teure Planungszeiten und erhöht die Planungsqualität. Allerdings kostet das erstmalige Erstellen z. B. durch Toolaufbau der Objekte viel Zeit, oft werden 3-dimensionale Darstellungen verwendet, um z. B. eine Fahrt eines beladenen Staplers zu simulieren (s. Beispiel 2.13 und Kap. 12.9.3.2, Beispiel 12.25).

2.6.2.3 Materialflusssimulation

Die MF-Simulation wird zum Nachweis einer umfangreichen MF-Planung mit dem Ziel eingesetzt, die Leistungsfähigkeit einer MF-Planung und deren Alternativen rechnerunterstützt zu bestimmen, Schwachstellen zu ermitteln und Vorgabedaten zu überprüfen.

2.7 VDI-Richtlinien

2339	Zielsteuerungen für Förder- und Materialflusssysteme	05.99
2492	Multimomentaufnahmen im Materialfluss	06.68
2498	Vorgehen bei einer MF-Planung Bl. 1 und 2	08.11
2523	Projektmanagement für logistische Systeme MF- und Lagertechnik	07.93
2689	Leitfaden für Materialflussuntersuchungen	01.74/05.10
2693/1	Investitionsrechnung bei MF-Planungen mit Hilfe dynamischen Rechnungen	1.96
3628	Automatisierte MF-Systeme; Schnittstellen zwischen den Funktionsebenen	10.96
3634	Mengenmessungen im Materialfluss	06.91
3961	Planung der MF-Steuerungen in Fertigungsbetrieben	09.89

2.8 Beispiele und Fragen

■ Beispiel 2.1:

Es soll ermittelt werden, wie viele Belegsendungen (Briefe, Faxe, Lieferscheine, Auftrags-scheine, E-Mails usw.) pro Tag zwischen den Abteilungen eines Betriebes verteilt werden.

Lösung: Die Aufnahme der Daten geschieht mittels der VON-NACH-Matrix (Tabelle 2.2). Die Abteilungen werden als Kriterien in waagerechter und senkrechter Richtung eingetragen und die entsprechende Anzahl der Sendungen eingeschrieben. Hier gehen z. B. vom Schreib-zimmer 1 Sendung zur Werkstatt, 10 Sendungen zum Archiv und 15 zur Buchhaltung. Dage-gen erhält das Schreibzimmer 3 Sendungen vom Labor, 2 von der Werkstatt, 3 vom Archiv und 25 von der Buchhaltung. Eine gute Kontrollmöglichkeit bieten die horizontalen und verti-kalen Gesamtsummen, die übereinstimmen müssen.

Tabelle 2.2 VON-NACH-Matrix für Belegsendungen pro Tag (Verwaltung)

<div>Nach</div> <div>Von</div>	Labor	Werkstatt	Archiv	Kaufmännisches Büro	Schreibzimmer	Summe
Labor		0	4	0	3	7
Werkstatt	0		0	7	2	9
Archiv	0	0		10	3	13
Kaufmännisches Büro	2	7	5		25	39
Schreibzimmer	0	1	10	15		26
Summe	2	8	19	32	33	94

■ Beispiel 2.2: Durchführung einer Multimomentaufnahme

Die zeitliche Auslastung von 20 Pressen in einem Betrieb mit kleiner Losgrößenfertigung soll kontrolliert und insbesondere in Erfahrung gebracht werden, welche Ursachen die Unterbrechungen haben. Die *mittlere* Auslastung *aller* Pressen ist zu bestimmen.

Lösung: Diese Aufgabe wird nach Eignungsprüfung über das Multimoment-Verfahren gelöst. Am besten geht man so vor, dass eine Aussagegenauigkeit des zu beobachtenden Mittelwertes festgelegt und rückwärts auf die Anzahl der erforderlichen Aufnahmen geschlossen wird. Den Ergebnisanteil muss man nach Erfahrung schätzen und nach erfolgter Aufnahme korrigieren. Für kleinere Ergebnisanteile 1 % bis 5 %, die noch dazu einer erhöhten Genauigkeit bedürfen, wird eine große Anzahl von Beobachtungen erforderlich, was mit höheren Kosten und längerer Aufnahmedauer verbunden ist. In den kleinen Ergebnisanteilen liegt auch die Grenze des Verfahrens.

Vorgehensweise:

1. Bestimmung der erforderlichen Beobachtungszahl N (Gleichung (2.10)) nach geschätztem Ergebnisanteil für die einzelnen Tätigkeiten und nach sinnvoll geschätztem Streumaß f gemäß Tabelle 2.3 (Ergebnis: maximales N).
2. Ermittlung des Gesamt-Zeitaufwandes für die Multimomentaufnahmen (Beobachtungen). Nach festgelegtem Rundgangsweg ergeben Probenrundgänge eine mittlere Dauer von $t_R = 15$ Minuten. Die Anzahl der erforderlichen Rundgänge R für $N = 2.380$ Beobachtungen und $n = 20$ Pressen beträgt.

Tabelle 2.3 Art und Anzahl der zu beobachtenden Tätigkeiten

Tätigkeit	Zeitanteil \bar{p} geschätzt	Streumaß \bar{f} gewünscht	Zahl der Beobachtungen N	
Produktion	$\bar{p}_1 = 55 \%$	$\pm 2,0 \%$	2.380	größter N-Wert
Unterbrechung:				
Einrichten	$\bar{p}_2 = 10 \%$	$\pm 1,5 \%$	2.540	
Reparatur	$\bar{p}_3 = 5 \%$	$\pm 1,5 \%$	810	
Material fehlt	$\bar{p}_4 = 5 \%$	$\pm 1,0 \%$	1.830	
Personal fehlt	$\bar{p}_5 = 15 \%$	$\pm 1,5 \%$	2.180	
undefinierbar	$\bar{p}_6 = 10 \%$	$\pm 1,5 \%$	1.540	

Die gesamte Beobachtungszeit ist dann

$$R = \frac{N}{n} = \frac{2.380}{20} = 120 \text{ Rundgänge}$$

$$R \cdot t_R = 120 \cdot 15 \text{ Minuten} = 30 \text{ Stunden}$$

Für einen Beobachter wären bei 10 Rundgängen pro Tag 12 Tage erforderlich. Die Beobachtungszeiten werden aus allgemeinen Zufallstabellen (Zufalls-Studentafel, Zufalls-Minutentafel VDI 2492) entnommen.

3. Aufnahme und Auswertung: Ein Multimoment-Beobachtungsbogen (Beispiel 2.3) erfasst in Form einer Strichliste pro Tag bei allen Rundgängen die Tätigkeiten jeder Presse und kann gleichzeitig zur Auswertung benutzt werden. Die einzelnen Ergebnisanteile p erhält man aus der Anzahl der Beobachtungen je Tätigkeit dividiert durch die Gesamtzahl der Beobachtungen in Prozent. Diese Prozentsätze entsprechen auch den Zeitanteilen der betreffenden Tätigkeiten. Das tatsächliche Streumaß f (absolute Streuung) wird jetzt für die wirkliche Beobachtungszahl N und den ermittelten Ergebnisanteil p durch Auflösen der Formel 2.10 nach f errechnet.

$$p = \frac{n'}{N} \cdot 100$$

In Tabelle 2.4 werden die geschätzten und ermittelten Anteile gegenübergestellt, das ergibt für das aufgeführte Beispiel eine effektive Produktionszeit aller 20 Pressen bei einer statistischen Sicherheit von 95 % von $p_1 \pm f_1 = 57,4 \pm 1,98$, also einen Bereich von 55,4 % bis 59,4 %.

Tabelle 2.4 Ergebnisse der Multimoment-Aufnahmen bei $N = 2.380$ Beobachtungen (Ausschnitt)

Tätigkeit	Zeitanteil p		Streumaß f	
	geschätzt	ermittelt	gewünscht	erreicht
Produktion	55 %	57,4 %	$\pm 2,0$ %	$\pm 1,98$ %
Einrichten	10 %	12,4 %	$\pm 1,5$ %	$\pm 1,32$ %
Reparatur	5 %	6,7 %	$\pm 1,5$ %	$\pm 1,00$ %
Material fehlt	5 %	4,2 %	$\pm 1,0$ %	$\pm 0,8$ %
Personal fehlt	15 %	17,1 %	$\pm 1,5$ %	$\pm 1,51$ %
undefinierbar	10 %	2,2 %	$\pm 1,5$ %	$\pm 0,6$ %
Summe	100 %	100 %	—	—

■ Beispiel 2.3: Beobachtungsbogen

Entwerfen Sie einen Beobachtungsbogen für eine Multimoment-Aufnahme in Anlehnung an das Beispiel 2.2 für 5 Pressen. Die Aufnahme soll in Strichlistenform durchgeführt werden. Die Ergebnisanteile p sind über den Erhebungsbogen auszurechnen.

Lösung: s. Tabelle 2.5

Tabelle 2.5 Beobachtungsbogen für Multimoment-Aufnahmen

Beobachtungsbogen Nr.: 1							Beobachter: Meyer	
Untersuchungsaufgabe: Auslastung von Pressen								
Anzahl der Rundgänge: 12							Beobachtungstag: 4.3.04	
Lfd. Nr.	Vorgänge	Beobachtungsobjekte					Summe $1 - 5 \triangleq n'$	$p = \frac{n'}{N}$ %
		Presse 1	Presse 2	Presse 3	Presse 4	Presse 5		
1	Produktion	### /	###	### //	### ////	### /	33	55
2	Einrichten	/	///	//			6	10
3	Reparatur			/		///	4	7
4	Material fehlt				///		3	5
5	Personal fehlt	###	//	//			9	15
6	undefinierbar		//			///	5	8
	Summe	12	12	12	12	12	$60 = N$	100

■ Beispiel 2.4: Kanban-Steuerung

Welche Elemente/Komponenten gehören zu einer Kanban-Steuerung?

Lösung: Die Kanban-Steuerung orientiert sich am Verbrauch und ermöglicht eine Reduzierung der bereitgestellten Bestände. Ziel ist, die Wertschöpfungskette kostenoptimal zu steuern, den Planungsaufwand und Kapitalbindung zu reduzieren ohne zusätzliche Transporte und Gewährleistung der Lieferbereitschaft.

Artikel-Nummer: 742-746-02		Produktionskanban: P
Kanban:	Artikel-Beschreibung: Bundbuche, präpariert	Menge/Ladeneinheit: 1000 (ca. 84 Stück/KLT)
Kanban-Nummer: (in Gesamtzahl) 1/3		Ladeneinheit: 12 KLT 6428 auf Euro-Palette
Meldeneige: 2		Pufferlager: (z.B. bei 100% Lagerplatz) 102/3/1
Regelkette-Nr.: 3		
produzierende Stelle: Präparation		

Bild 2.14 Transport-Kanban

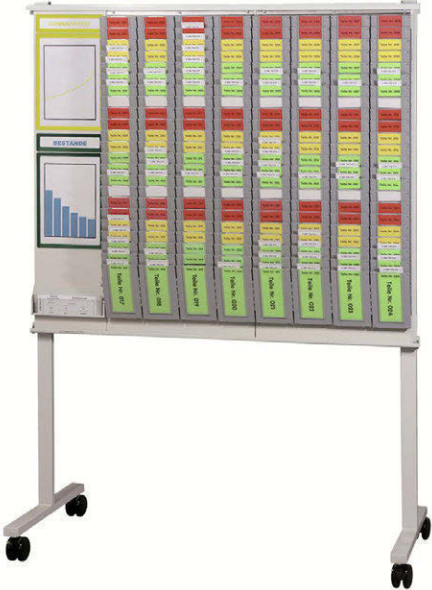
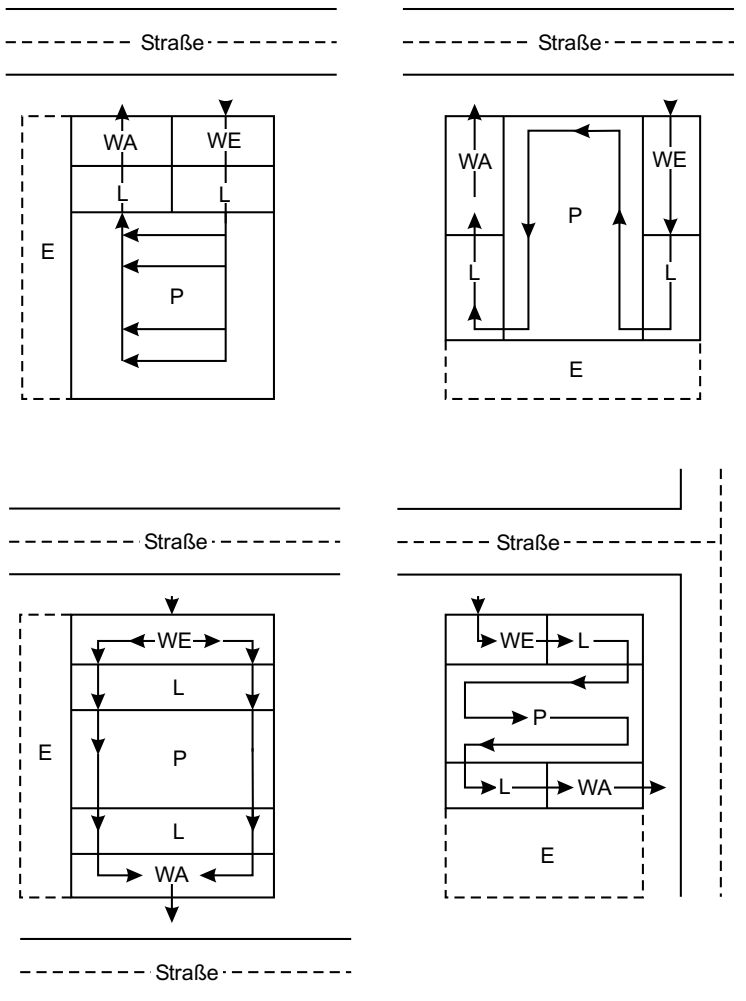


Bild 2.15 Kanban-Board (www.orgatex.com)

Elemente sind (Bild 2.14 und 2.15):

- Die Kanban-Karte z. B. der Transport-Kanban mit Angaben wie Artikel-Nr.; Identitätskennung; Quelle – Senke; Nr. der Kanban-Karte; Arbeitsanweisung; Qualitätsangaben; Füllmenge des Behälters
- Kanban-Board: Informationen, Statistiken
- Kanban-Einstecktafel

■ Beispiel 2.5: Materialflussformen



Legende: Gebäudeinterner MF: Abteilungszuordnung
 WE: Wareneingang WA: Warenausgang
 L: Lager P: Produktion E: Erweiterung

Bild 2.16 Materialflussablauf in Abhängigkeit der Zuordnung von Grundstück und Verkehrsanbindung

Es sind mögliche Materialflussstrukturen zu skizzieren für ein Industrieunternehmen in Abhängigkeit der Lage des Grundstücks zur Straßen-(Schienen-)anbindung. Die Erweiterungsrichtung ist mit anzugeben.

- a: Grundstück liegt an einer Straße
- b: Grundstück liegt an dem Schnittpunkt zweier Straßen
- c: Grundstück liegt zwischen zwei Straßen.

Der Ablauf des Materialflusses in Fertigung und Montage ist jeweils zu strukturieren.

Lösung: s. Bild 2.16

■ Beispiel 2.6: Quantitativer Materialfluss-Ablaufplan

Gegeben ist aus einer MF-Untersuchung die Transportfrequenz zwischen den Abteilungen eines Industriebetriebes durch die erstellte VON-NACH-Matrix (Tabelle 2.6). Gesucht ist der dazugehörige MF-Ablaufplan.

Lösung: Das Ergebnis der Untersuchung ist Bild 2.11.

Tabelle 2.6 Transportfrequenz in t/Tag eines Betriebes aufgelistet in einer VON-NACH-Matrix

Lfd. Nr.	NACH \ VON	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	Wareneingang		3,5	4,5											
2	Gusslager				3,5										
3	Rohteilelager				4,5										
4	Kommissionierung					4,5	2,5	1							
5	Zuschnitt						1,5	3							
6	Schlosserei							2,5							
7	Mach. Fertigung						1,5		8						
8	Montage-Lager									3	3	S		2	
9	Vormontage								3						
10	E-Werkstatt														
11	Hauptmontage												8		
12	Lackierung													8	
13	Verpackung														8
14	Versand														

■ Beispiel 2.7: VON-NACH-Matrix

Bei der Analyse einer Fabrikplanung soll der Personenfluss zwischen den Abteilungen grafisch dargestellt werden.

Lösung: Der Personenfluss wird mit Hilfe einer VON-NACH-Matrix in Dreiecksform wiedergegeben (Bild 2.17).

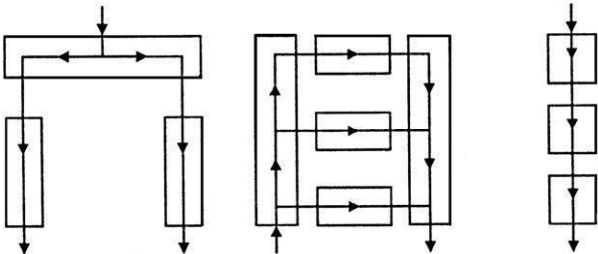


Bild 2.19
Materialflussorientierte Hallen-
zuordnung

■ **Beispiel 2.10: Materialfluss-Darstellung**

Im Bild 2.10 wurde der MF eines Handelsunternehmens mit eigener Kunststoffproduktion und Fremdfertigung von Montageteilen als quantitativer MF-Ablaufplan dargestellt. Für eine Planung kann es sinnvoll sein, den Materialfluss nach *funktionellen* Gesichtspunkten aufzubauen, z. B. um Abteilungen mit gleichen Funktionen zusammenzulegen. Es ist der MF in einen MF mit funktionaler Gliederung umzuformen.

Lösung: Die Gliederung des MF-Ablaufplanes geschieht in Spalten entsprechend den Funktionen: WE/WA, Lager, Kommissionieren, Fertigung, Fremdfertigung. Die Tätigkeiten werden wie in einem EDV-Diagramm mit Abfragen eingesetzt und verbunden.

■ **Beispiel 2.11: IST-Datenbeurteilung**

Die ABC-Analyse gestattet, zwei abhängige Größen miteinander zu vergleichen. Durch welche Möglichkeit kann die Zahl der gleichzeitig zu vergleichenden Abhängigkeiten vergrößert werden?

Lösung: Der Aufbau einer ABC-XYZ-Analyse (Bild 2.20) in Matrixform ermöglicht die Eingruppierung z. B. von Artikeln mit ganz bestimmten Merkmalen. Das Gesamtspektrum der Artikel wird in „Felder“ unterteilt, wobei sich dann Schwerpunkte analysieren.

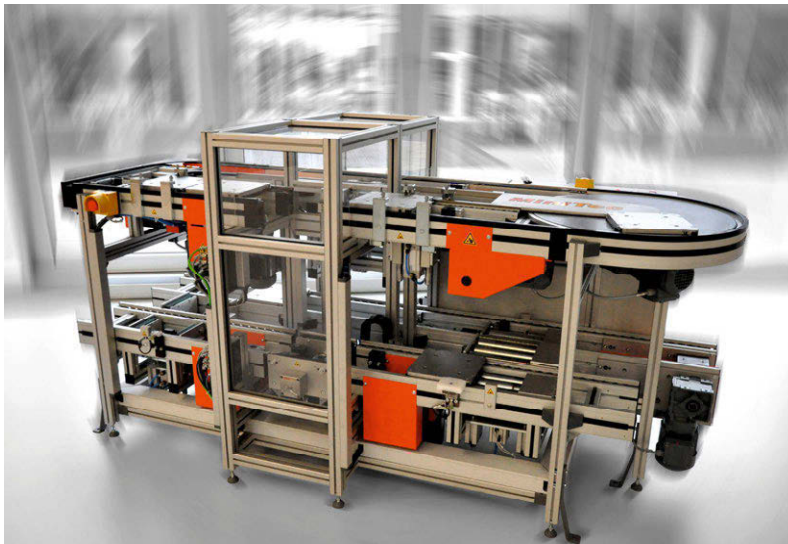
	A	B	C
X	hoher Verbrauchswert (VW) hohe Vorhersagegenauigkeit (VG) stetiger Verbrauch (V)	mittlerer VW hohe VG stetiger V	niedriger VW hohe VG stetiger V
Y	hoher VW mittlere VG halbstetiger V	mittlerer VW mittlere VG halbstetiger V	niedriger VW mittlere VG halbstetiger V
Z	hoher VW niedrige VG stochastischer V	mittlerer VW niedrige VG stochastischer V	niedriger VW niedrige VG stochastischer V

Bild 2.20 ABC-XYZ-Analyse

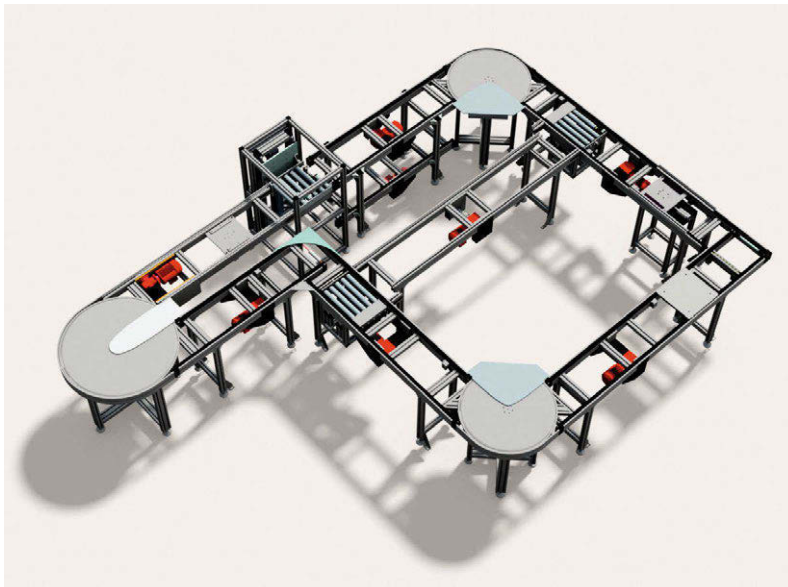
■ Beispiel 2.12: Materialfluss im Montagebereich

Der Materialfluss im Arbeitsplatzbereich ist gekennzeichnet durch eine physiologische, ergonomische und psychologische Gestaltung der technischen und organisatorischen Arbeits- und Transportmittel. Als vorteilhaft hat sich das Prinzip der taktunabhängigen Verkettung mit Werkstückträgern erwiesen. Die Anordnung der Arbeitsplätze spielt dabei eine große Rolle. So sind linienförmige, karreeartige und unsymmetrische Materialflusstrukturen zu unterscheiden. Welche Strukturen gibt es bei Montageförderern?

Lösung: Bild 2.21 vermittelt mögliche MF-Strukturen im Montagebereich, aufgebaut aus Elementen zu einer Gesamtanlage.



a)



b)

Bild 2.21

a) Kompakte Montageanlage mit horizontal und vertikal umlaufenden Wandertischen
 b) Montagegesamtanlage mit Werkstückträger, Quertransport, Drehteller, Lift, Band- und Kettenförderer, Vereinzeler, Hebe- und Positionsvorrichtung
 (www.minitec.de)

Die Mitnahme eines Werkstückträgers kann erfolgen durch:

- Eingurt-Förderer: Werkstückträger wird auf einer Seite von einem angetriebenen Gurt mitgenommen, auf der anderen Seite über eine nicht angetriebene Röllchenstrecke abgetragen.
- Doppelgurt-Förderer: Werkstückträger wird auf beiden Seiten von je einem schmalen Gurt angetrieben.
- Staurollenkettenträger: Werkstückträger läuft auf zwei angetriebenen Staurollenkettenträgern.
- Staurollenförderer: Werkstückträger läuft auf Staurollenförderer mit einstellbarer Rutschkupplung, Antrieb über Kette und Kettenrad (an Montageplätzen wegen Stoppen und Verändern des Werkstückträgers Benutzung von Stummelrollen).
- Elektropaletten-Bodenbahn: motorisch angetriebenes Fahrzeug in Profilrahmenkonstruktion mit 4 Laufradsätzen in Schienen laufend (Stromabnehmer gleiten über Schleifleitungen der Fahrschiene); Spurbreiten 500 bis 2.000 mm bis 1.000 kg Traglast; Aufbau und Einzelheiten s. VDI 4422, Einsatz für Paletten- oder entsprechenden Stückguttransport.

■ Beispiel 2.13: Rechnergestützte Materialflussplanung

Wo liegen die Anwendung einer rechnergestützten Materialflussplanung, wie ist die Vorgehensweise, welche Voraussetzungen müssen erfüllt sein und wie muss die Software aufgebaut sein?

Lösung: Eine rechnergestützte Planung wird angewandt bei

- komplexen Materialflusssystemen, um die Abhängigkeiten zu erfassen
- hohem Rechenaufwand, um Planungszeit zu sparen und die Planungsqualität zu erhöhen
 - großer Anzahl möglicher Alternativen, um in kurzer Zeit visuelle Layoutdarstellungen – auch dreidimensional – zu erhalten
 - häufig wiederkehrenden Berechnungen, da der Rechner Routinearbeiten in kürzester Zeit erledigt.

Die Vorgehensweise der rechnergestützten Planung kann grob dargestellt werden. Zunächst muss das Anforderungsprofil festgelegt sein, dann führt der Rechner aus:

- die Auswahl der Systemalternativen
- die Dimensionierung und Kalkulation des Systems
- die Auswahl der Anordnungsalternativen
- die Darstellung der Planungsergebnisse.

Hierauf baut die Beurteilung der Planungsergebnisse auf. Ist sie noch unbefriedigend, beginnt der Rechner iterativ von vorne mit den bereits berechneten Daten eine weitere Optimierung. Voraussetzung zum rechnergestützten Planen ist die Aufstellung und Verabschiedung eines Anforderungsprofils mit vorgegebenen Basisdaten, Kennzahlen und Restriktionen.

Die Software für solch ein Materialfluss-Planungssystem muss modular aufgebaut sein, einmal um Teilaufgaben zu lösen, zum anderen um durchgängig und ganzheitlich eine Planungsaufgabe erfüllen zu können. Dabei ist es wichtig, dass jedes Modul in Form von Tools Systembibliotheken enthält, um jederzeit auf Elemente und Stammdaten zurückgreifen zu können. So z. B., um bei einer Transportstrecke bestehend aus verschiedenen Transportmitteln die maximale Leistung jedes Elementes zu errechnen und das schwächste Glied aufzuzeigen.

■ Beispiel 2.14: Auftragsdurchlaufzeit

- a) Wie kann die durch die Analyse ermittelte und durch die Planung berechnete Reduzierung der Auftragsdurchlaufzeit ADLZ grafisch dargestellt werden?
- b) Aus welchen Komponenten setzt sich die ADLZ mit welchen ungefähren prozentualen Werten bei Industriebetrieben zusammen?

Lösung: a) s. Bild 2.22 / b) s. Bild 2.23 und mit Wertstromdesign s. Bild 2.13

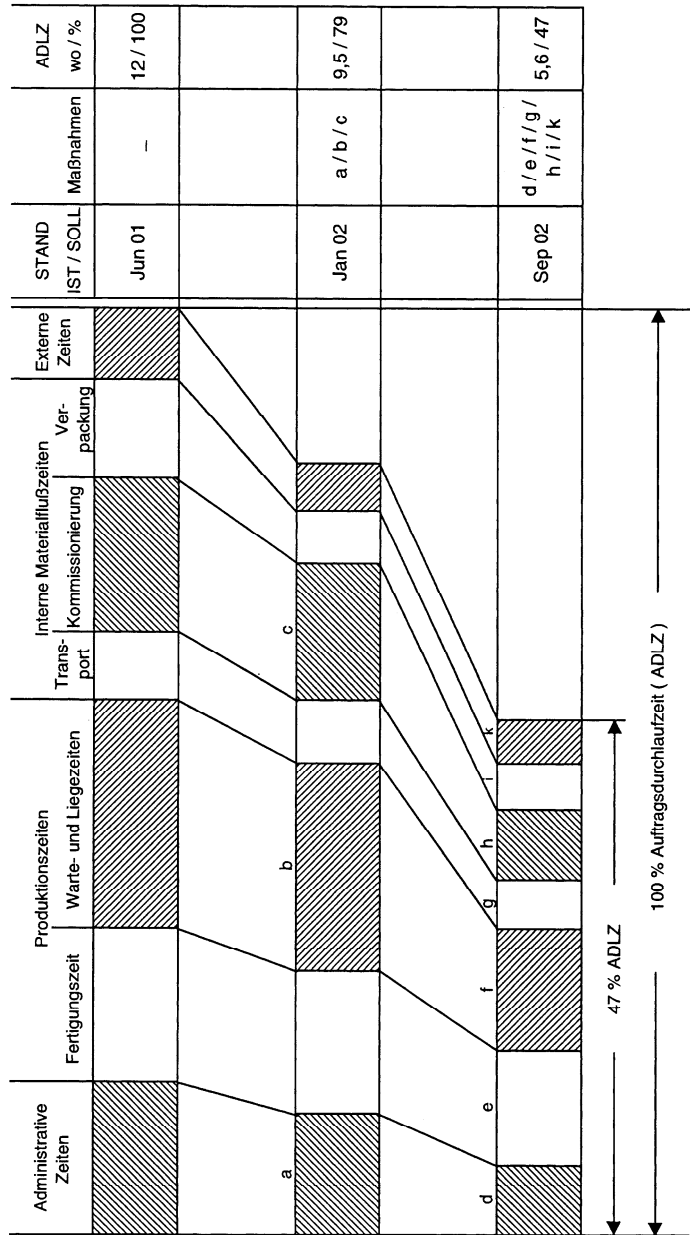


Bild 2.22 Darstellung der IST-SOLL-Auftragsdurchlaufzeit in Abhängigkeit durchgeführte Verbesserungsmaßnahmen

- Legende:
- In Klammern sind die prozentualen Einsparungen bezogen auf die ADLZ angegeben a (5 %); Zusammenlegung von Abteilungen.
 - b (10 %): Einführung von Fertigungssteuerung;
 - c (5 %): Reduzierung von Tot- und Basiszeiten beim Kommissionieren, Einführung von artikelorientierter Kommissionierung;
 - d (3 %): Optimierung des Belegwesens, Änderung der Ablauforganisation;
 - e (5 %): Einführung von CNC-Maschinen;
 - f (10 %): Einführung von prozessorientierter Fertigung und von Gruppenarbeit;
 - g (2 %): Folge von f: optimale Zuordnung;
 - h (10 %): Änderung der Lagerart und Kommissionierung nach dem Prinzip „Ware zum Mann“;
 - i (2 %): Optimierung der Verpackung durch Teilautomatation;
 - k (2 %): neue Verträge mit Spediteuren

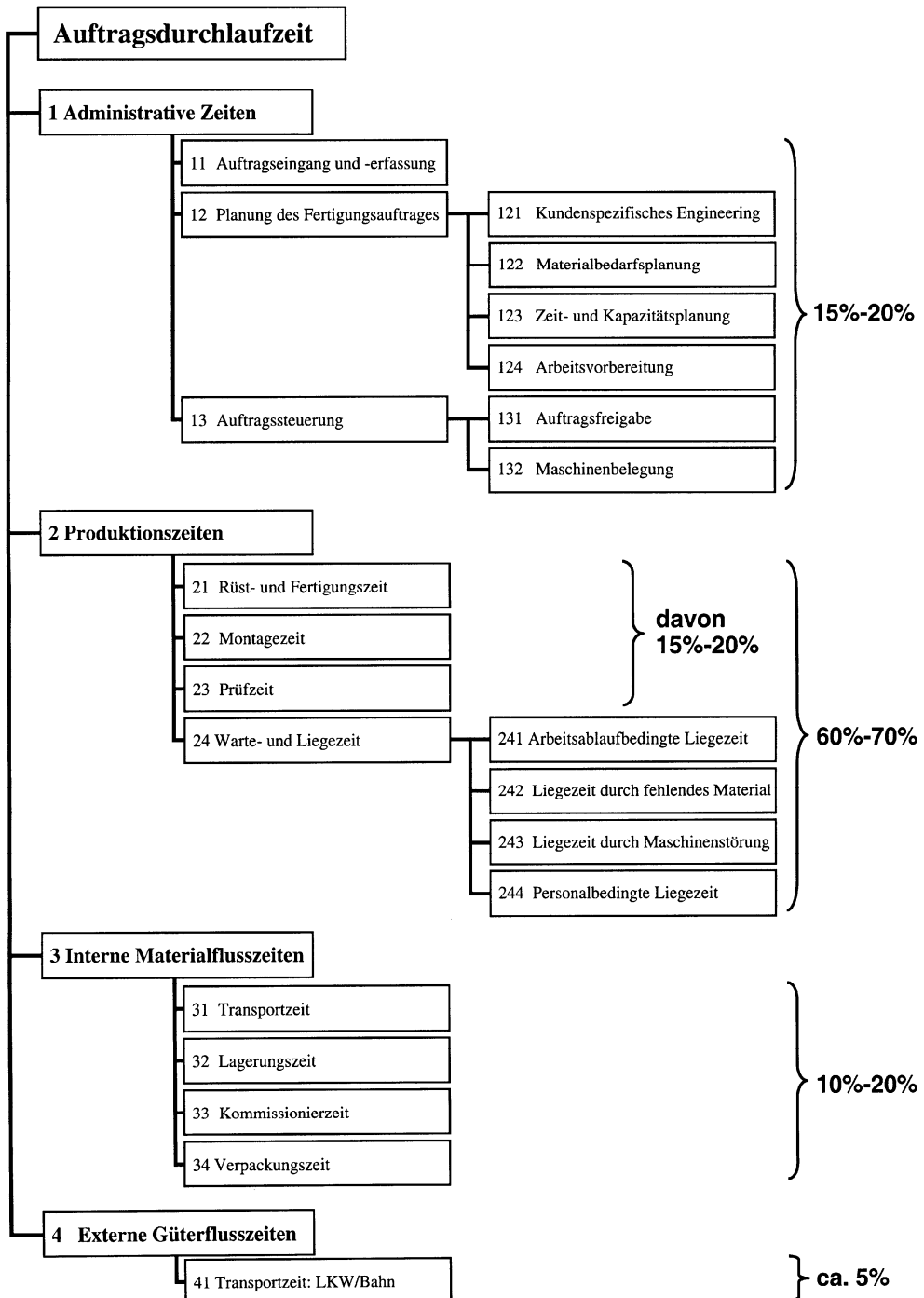


Bild 2.23 Komponenten der Auftragsdurchlaufzeit (ADLZ)

■ Beispiel 2.15: Materialbereitstellung /Materialflusssteuerung

Welche Materialbereitstellungsarten(-strategien) werden im Materialfluss eingesetzt?

Lösung: Die Art der Materialflusssteuerung ist abhängig von der Fertigungs-/Montageart. Als MF-Steuerungsarten kommen zum Einsatz *verbrauchsgesteuerte* und *bedarfsgesteuerte* Verfahren nach dem Hol-(Pull-)prinzip und Bring-(Push-)prinzip (s. Kap. 2.1), wie z. B. das Kanban-System und das PPS-System. Den Unterschied zwischen Push- und Pullprinzip zeigt Bild 2.24. Bei Push-Prozessen werden die Warenströme von einem PPS-Tool gesteuert, bei Pull-Prozessen zieht der nachgelagerte Arbeitsplatz bzw. der Kunde.

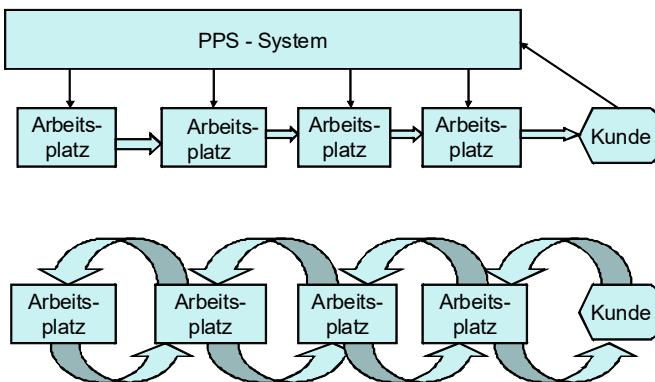


Bild 2.24 Links: Unterschied von Push-Prozessen (oben) und Pull-Prozessen (unten)
Rechts: Effekte beim Push- und Pull-Prozess

Die JIT-Beschaffung verfolgt die Ziele, das Material bedarfs- und zeitgerecht aber möglichst spät zu beschaffen, Liegezeiten zu vermeiden und erst bei der Bedarfsmeldung mit der Produktion zu beginnen. Um die Bildung von Lagerbeständen zu vermeiden, wird das Pullprinzip eingeführt, ein Vertreter ist das Kanban-System (s. Beispiel 2.4).

Das JIS-Prinzip (Just in Sequence) ist die zeit- und mengengenaue Anlieferung von Teilen an eine Montagelinie, lagerfrei, lässt höchstens eine produktionsnahe Zwischenpufferung zu. Allerdings erfordern die häufigen Materialabrufe eine Standardisierung der Abrufvorgänge, da sonst die bestellfixen Kosten ansteigen und die Kostenvorteile des JIS vernichtet würden.

C-Teile werden in der Regel in einem Lager disponiert und bei Bedarf in größeren Einheiten an die Verbrauchsstelle gebracht.

■ Beispiel 2.16: Materialfluss mit Stetig- und Unstetigförderern

Anwendungsbeispiele mit Stetig- und Unstetigförderern für Tauchlackierungsanlagen sind in Bildform darzustellen.

Lösung: Tauchlackierungsanlagen können verschieden aufgebaut sein, z. B. im Bild 2.25a als Takt-Tauchanlage mit einem Power & Free-Förderer, im Bild 2.25b als Durchlauftauchanlage mit einem Kreisförderer (s. Kap. 5.3.3) oder im Bild 2.25c als Takt-Tauchanlage mit der Elektrohängebahn EHB (s. Kap. 6.3).

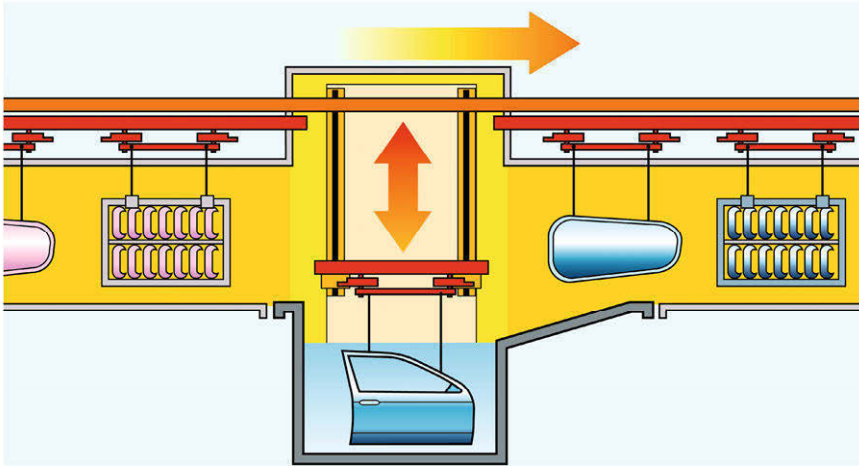


Bild 2.25a Schema einer Takt-Tauchanlage mit einem Power & Free-Förderer (www.eisenmann.com)

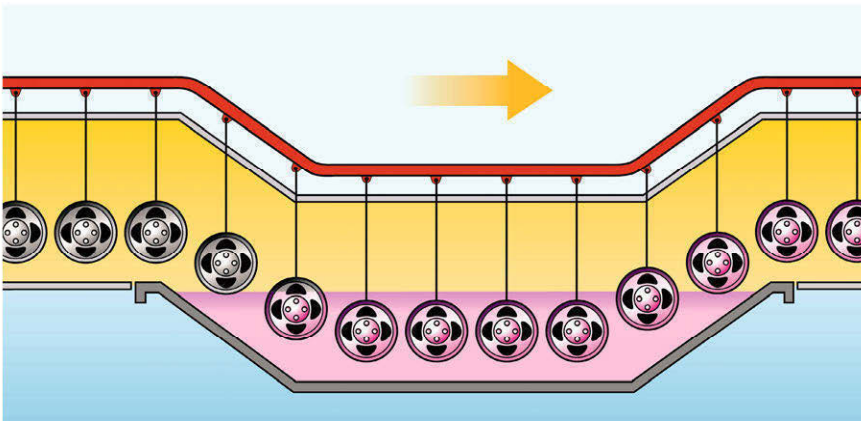


Bild 2.25b Schema einer Durchlauf-Tauchanlage mit einem Kreisförderer (www.eisenmann.com)

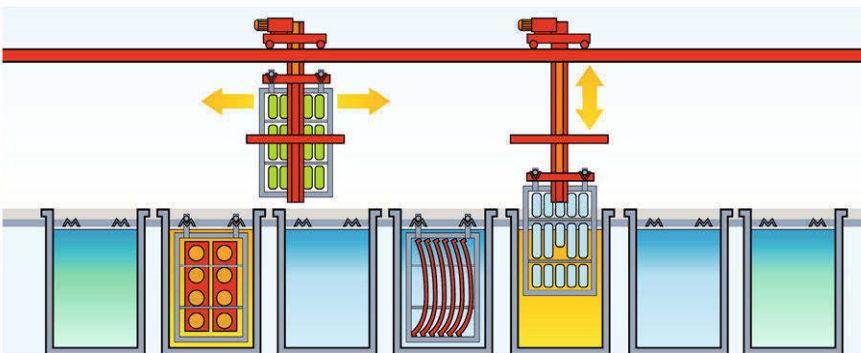


Bild 2.25c Schema einer Takt-Tauchanlage mit einer Elektrohängebahn als Beschickungsautomat (www.eisenmann.com)

■ Beispiel 2.17: Materialfluss mit Stetigförderern

Es ist der Fahrkurs einer Power-&-Free-Förderanlage für eine Holzlackierungsanlage in Draufsichtdarstellung für Großfensterelemente zu skizzieren.

Lösung: s. Bild 2.26

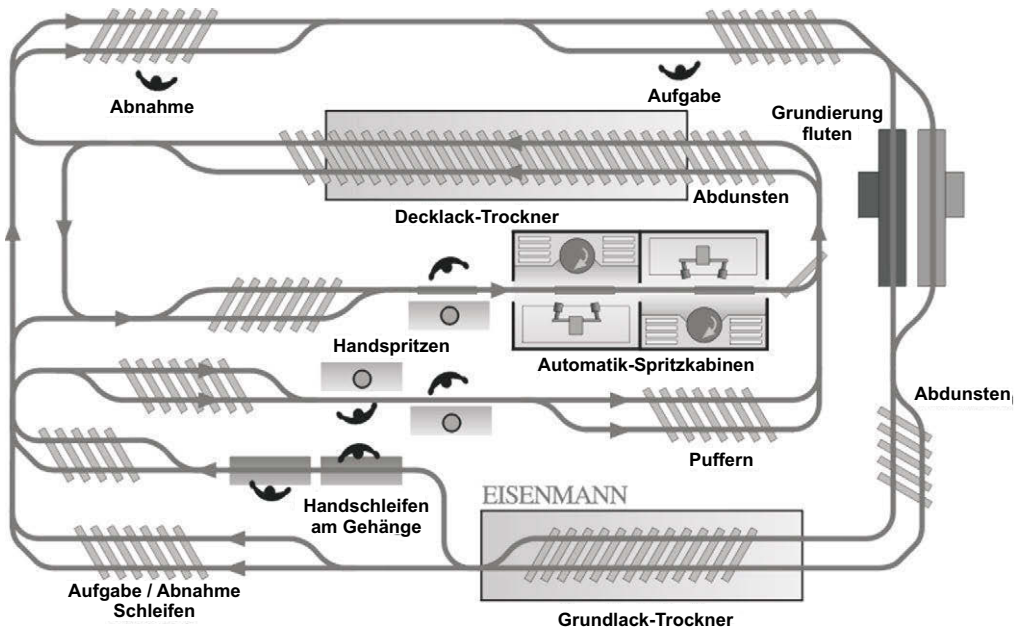


Bild 2.26 Fahrkurs einer Power-&-Free-Förderanlage für eine Fensterlackierungsstraße
(www.eisenmann.com)

■ Beispiel 2.18: Prozessdarstellung

Wie wird ein Prozess definiert und wie kann er grafisch dargestellt werden?

Lösung a: Prozesse stellen aufeinander folgende Abläufe und aufeinander wirkende Vorgänge und Tätigkeiten zum Transport, Lagerung, Fertigung dar und beschreiben Informationen, Operationen sowie Entscheidungen. Zu unterscheiden sind Kern-, Haupt- und Teilprozesse. Nach ihrer Fristigkeit können Prozesse in lang-, mittel und kurzfristig unterteilt werden.

Lösung b: Prozesse können nach unterschiedlichen Gesichtspunkten und in verschiedenen Formen dargestellt werden, s. Bild 2.3, Bild 2.13, Bild 2.6; Beispiele 12.18 und 12.19.

Der Prozess z. B. einer Katalogerstellung wird in 5 Einzelgrößen unterteilt; diese werden in der Tabelle 2.7 zusammengestellt und sind im Einzelnen:

- Klasse: Angabe der Klasse durch Symbole
- Zeitaufwand: Angabe der Dauer in Minuten oder Stunden
- Tätigkeiten: verbale Beschreibung
- Organisationseinheit/Werkzeug
- Verantwortlichkeit: Abteilung oder Mitarbeiter.

Tabelle 2.7 Prozesschart der Analyse einer Katalogerstellung

Tätigkeiten	Bearbeitung	Weiterleitung	Prüfung	Aufenthalt	Verzögerung	Durchlaufzeit [min]	Wartezeit [min]	Bearbeitungszeit [min]	Prozess: Häufigkeit: 1x pro Saison Kosten: 25 € / Stunde Verantwortlich: Herr x Datum: 05.04.2002 10:20 Uhr Beschreibung der einzelnen Tätigkeiten	Werkzeug				Durchführender						
										Mail mit Anhang	Free Hand	Adobe Fotoshop	Fotomuster	Produktentw.-team	Abteilungsleiter	Design-Studio	Fotograf	Layoulerin		
1	+	+	+	+	+	0		600	Versand von Fotomustern ins Design-Studio	●			●	●						
2	+	+	+	+	+	600		3000	Weiterleitung der Muster-Kommentare an das Design-Studio	●			●	●						
3	+	+	+	+	+	3600	4800		Erstellung von Zeichnungen im Design-Studio		●						●			
4	+	+	+	+	+	8400			Erhalt der Katalogzeichnungen	●		●		●						
5	+	+	+	+	+	8400		1800	Kontrolle der Zeichnungen					●	●					
6	+	+	+	+	+	10200		600	ggf. Änderungen dem Design-Studio mitteilen	●						●				
7	+	+	+	+	+	10800		450	Rückerhalt der Fotomuster vom Design-Studio				●	●						
8	+	+	+	+	+	11250			Aufnahme der Fotomuster				●	●						
9	+	+	+	+	+	11250		540	Absprache mit Fotografen über Aufnahmen				●	●	●		●			
10	+	+	+	+	+	11790		300	Fotografieren für den Katalog				●		●		●			
11	+	+	+	+	+	12090		0	Erhalt der Fotografien vom Fotografen						●					
12	+	+	+	+	+	12090		480	Auswahl der Fotos						●					
13	+	+	+	+	+	12570		5	Weiterleiten der Fotografien und Zeichnungen an Layoulerin			●		●						
14	+	+	+	+	+	12575		0	Bündelung und Abgabe an Druckerei									●		
Summe (min)						12575	4800	7775	Anzahl Katalogstellungen p.a.										2	
Stunden						209,6	80	129,6	Mitarbeiter Kosten p.a.										ca. 6.000,- €	
Arbeitstage						26,2	10	16,2	Kosten einer Katalogerstellung										ca. 3.000,- €	
Beispielhafte Darstellung eines Prozesses zur Katalogerstellung																				

■ Beispiel 2.19: Auftragsdurchlaufzeit, Umlaufbestand/Darstellung ADLZ

A) Wie verringern sich der Umlaufbestand und damit die kalkulatorischen Zins-Umlaufbestandskosten des Materialflusses, wenn die Auftragsdurchlaufzeit z. B. durch Rationalisierung im WE, Kommissionierung und Qualitätssicherung um 2,5 Tage reduziert wird? Der durchschnittliche Umlaufbestand beträgt z. B. 1,4 Mio. € und die durchschnittliche Auftragsdurchlaufzeit (ADLZ-Zyklus) sind 10 Tage; kalkulatorischer Zinssatz: 8 %.

Lösung: Der durchschnittliche Umlaufbestand/ADLZ-Zyklus ergibt sich zu 140 T€/Tag. Eine Verkürzung der ADLZ um 2,5 Tagen verringert die Zins-Bestandskosten um 28.000 €.

Berechnung: Verringerung Umlaufbestandskosten um: $1,4 \text{ Mio. €} \times 0,25 = 350 \text{ T€}$
 Verringerung Zins-Bestandskosten um: 2,5 Tage sind 25 % des ADLZ-Zyklus, 8 % von 350.000 € = 28.000 €/a oder
 $1.400.000 \text{ €} \times 0,08 = 112.000 \text{ €/a}$; Verringerung um 25 %:
 $112.000 \text{ €/a} \times 0,25 = 28.000 \text{ €/a}$.

B) Darstellung ADLZ: **Lösung:** Bild 2.27; s. auch Bilder 2.22 und 2.23

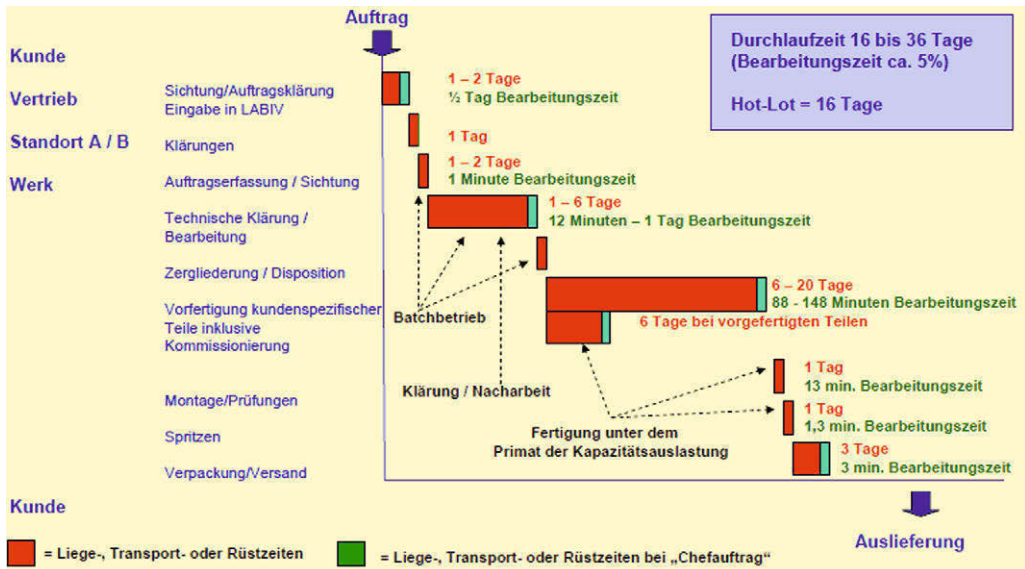


Bild 2.27 ADLZ mit Anteilen von Bearbeitungs- und Liegezeiten bei der Auftragsabwicklung (www.awf.de)

■ Beispiel 2.20: Materialflusssimulation

Was ist unter Materialflusssimulation zu verstehen?

Lösung: Die MF-Simulation wird zum Nachweis einer umfangreichen MF-Planung mit dem Ziel eingesetzt, die Leistungsfähigkeit einer MF-Planung und deren Alternativen zu bestimmen, Schwachstellen zu ermitteln und Vorgabedaten zu überprüfen. Vorgehensweise s. Kap. 12.9.3.2.

■ Beispiel 2.21: Auftragsdurchlaufzeit

Es ist die ADLZ von der Be- und Entladung eines Lkw mit Paletten-Ladeeinheiten darzustellen.

Lösung: Bild 2.28

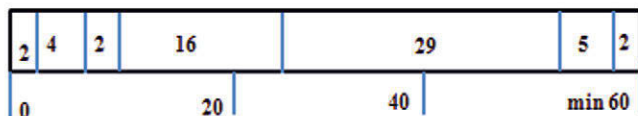


Bild 2.28 Zusammenstellung der Auftragsdurchlaufzeiten zur Be- und Entladung eines Lkws
Legende von links, Zeitanteile in Minuten: Spureinfahrt Lkw – 2; Öffnung Lkw – 4; Wartezeit – 2; Entladung – 16; Beladung – 29; Schließen Lkw – 5 und Spurausfahrt – 2

Fragen

1. Wie lässt sich der Materialfluss (MF) definieren?
2. Was ist unter dem Bring- und Holprinzip (Push- und Pullprinzip) zu verstehen?
3. Wie kann die MF-Steuerung erfolgen?
4. Wie lässt sich das MF-System unterteilen?
5. Wie ist das MF-System im CIM einzugliedern?
6. Wie lässt sich der MF beschreiben?
7. Die Transportgutströme (Volumen-, Massen- und Stückstrom) sind zu definieren.
8. Wie setzen sich die MF-Kosten zusammen?
9. Auslösende Momente für eine MF-Untersuchung sind aufzuzeigen.
10. Wie ist die Vorgehensweise einer MF-Untersuchung?
11. Mit welchen Methoden und Verfahren werden MF-Untersuchungen durchgeführt?
12. Welche Größen sind bei einer MF-Untersuchung zu ermitteln?
13. Wie ist ein Gantt-Balkendiagramm aufgebaut?
14. Wie ist die VON-NACH-Matrix aufgebaut und wofür wird sie eingesetzt?
15. Welche grafischen Darstellungen werden zur Beurteilung des MF benutzt?
16. Welche Kennzahlen dienen zur Beurteilung und zum Vergleich des MF?
17. Wie ist die Definition eines Prozesses und wie kann er unterteilt werden?
18. Welche Zielsetzung hat die MF-Planung?
19. Worum handelt es sich und wozu dient der Wertstoffdesign?

Transport- und Lagerlogistik

Systematik, Planung, Einsatz und Wirtschaftlichkeit

Martin, H.

2016, XV, 567 S. 506 Abb. in Farbe., Softcover

ISBN: 978-3-658-14551-4