

# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung, Zielsetzung und Vorgehensweise

Logistik als Querschnittsdisziplin sichert Wettbewerbsvorteile auch in sich weiter verschärfenden Märkten. In dieser Funktion ist sie in den letzten Jahren immer stärker in den Blickpunkt von Wirtschaft und Wissenschaft gerückt. Ablesbar ist dies an zahlreichen neuen Studienmöglichkeiten, Forschungsgebieten und einer Höherpositionierung logistischer Stellen in der Hierarchie von Unternehmen.

Ein Teilgebiet der Logistik ist die Kommissionierung. Aus einer Gesamtmenge von Stückgütern, dem Sortiment, werden Teilmengen auftragsbezogen zusammengestellt. Kommissioniersysteme werden in zahlreichen Wirtschaftszweigen verwendet. Logistiksysteme sind auch ohne Kommissionierung denkbar. Jedoch gewährleisten sie in der Industrie den Produktionsnachschub, im Handel arbeitet die Kommissionierung zwischen Lieferant und Händler und im Dienstleistungsbereich werden beispielsweise im Service Ersatzteile kommissioniert.

Die Kommissionierung gilt daher als eines der bedeutendsten Teilgebiete der Logistik, auch weil sie am personalintensivsten ist (vgl. /Alicke2001/). Der Anteil menschlicher Arbeit ist selbst in einem Hochlohnland, wie Deutschland, vergleichsweise groß. Automatisierung (Automaten und Roboter) wird nach wie vor selten eingesetzt. Auf absehbare Zeit wird daher die Dominanz der manuellen Kommissionierung bestehen bleiben.

Die Anforderungen an Kommissioniersysteme ändern sich. Dimensionierung und Auslegung werden zunehmend schwieriger. Kommissioniersysteme wurden in der Vergangenheit und auch überwiegend in der Gegenwart auf Basis gemittelter Bestands- und Bewegungswerte geplant. Für die Dimensionierung werden diese Werte linear hochgerechnet. Diese Art der Planung hat schon lange ihre Grenzen erreicht und kann die tatsächlich vorhandenen Anforderungen an Kommissioniersysteme auch nicht annähernd befriedigen.

Die Einflüsse der Ablauforganisation sind zu berücksichtigen. Auch sich verändernde wirtschaftliche Rahmenbedingungen werden nicht hinreichend berücksichtigt. Neue Kundenanforderungen wie Änderungen des Sortiments und dessen Gängigkeit, kleinere Auftragsgrößen, kürzere Durchlaufzeiten bei gleichzeitig größerem Durchsatz<sup>1</sup>, höherer Termintreue und gleichzeitig steigenden Schwankungen der Nachfrage, die nicht mehr nur saisonale, sondern auch tagesbezogene Ausprägungen besitzen, verändern die Anforderungen an Kommissioniersysteme in entscheidendem Maße. Diese dynamischen Aspekte rücken bei Planung, Betrieb und Optimierung von Kommissioniersystemen immer mehr in den Vordergrund und dürfen nicht länger vernachlässigt werden.

---

<sup>1</sup> Der Begriff „Durchsatz“ in der vorliegenden Arbeit entspricht dem Begriff des Mengendurchsatzes aus /Gudehus2000b/. (vgl. Kapitel 1.3.3)

Durch die zunehmend stärker werdenden Schwankungen gewinnt die Flexibilität des Konzeptes des Kommissioniersystems an Bedeutung. Stark automatisierte Lösungen mit einem entsprechend hohen Investitionsaufwand erfordern eine hohe, möglichst kontinuierliche Auslastung, wenn sie auch wirtschaftlich erfolgreich sein sollen. In konventionellen Kommissioniersystemen kann durch den Mehr- und Mindereinsatz von Personal besser auf schwankende Anforderungen reagiert werden. Diese Art der Kommissioniersysteme ist somit auch in Zukunft von hoher Bedeutung.

Weiter steigende Personalkosten, die schon jetzt einen überproportionalen Anteil haben, zwingen jedoch zu einer weitreichenden Optimierung aller betroffenen Prozesse (vgl. /Alicke2001/).

Seit gut 30 Jahren werden Überlegungen angestellt, wie sich Kommissioniersysteme optimieren lassen. Allen Untersuchungen der Vergangenheit ist jedoch zumindest implizit gemeinsam, dass sie die genannten dynamischen Aspekte vernachlässigen oder gänzlich negieren und überwiegend mit statischen Mittelwerten deterministisch an Optimierungsüberlegungen herangehen. Hinzu kommt, dass die verwendeten Kenngrößen und Mittelwerte einer kontinuierlichen Veränderung unterliegen. Somit müssen Optimierungsmethoden, die noch vor einigen Jahren eine gute Wirkung hatten, heute nicht unbedingt zielführend sein.

Die vorliegende Arbeit leistet einen Beitrag, diesen neuen, sich ständig verändernden Anforderungen gerecht zu werden. Sie befasst sich mit der Analyse und der Optimierung von konventionellen, d.h. durch manuelle Arbeit geprägten, Kommissioniersystemen am Beispiel von Weiterreichsystemen<sup>2</sup>.

Im Fokus steht daher die Frage, wie zugleich steigender als auch erheblich mehr schwankender Durchsatz mit vertretbarem Aufwand realisiert werden kann. Nur wenn Kommissioniersysteme dies leisten, werden sie Kundenanforderungen erfüllen und wirtschaftlich zu betreiben sein.

Der Durchsatz von Kommissioniersystemen wird durch eine Vielzahl von Einflussgrößen bestimmt. In bisherigen Arbeiten wurden die Einflussgrößen nur auszugsweise beschrieben. Um darzustellen, welche Einflussgrößen auf den Durchsatz von konventionellen Kommissioniersystemen von Bedeutung sind, werden diese in Kapitel 2 dargestellt und strukturiert. Die Basis hierfür bildet eine Literaturstudie, ergänzt durch Beobachtungen und Untersuchungen der Praxis und eigene Überlegungen.

Das Maß der Kundenzufriedenheit wird wesentlich bestimmt durch die Termintreue<sup>3</sup>. Diese ist eng gekoppelt an den zu erreichenden Durchsatz.

---

<sup>2</sup>Ein Weiterreichsystem besteht aus Subsystemen, in denen Teile eines Auftrags abgearbeitet werden. Die Subsysteme sind miteinander verbunden, der Auftrag wird nach Teilfertigstellung weitergereicht. Ein Weiterreichsystem für die Kommissionierung besteht aus Kommissionierzonen, die wiederum in einzelne Stationen unterteilt sind. Die Kommissionierzonen und -stationen können in Schleifen angeordnet werden, um Aufträge bei zu hoher Auslastung einer Zone zunächst einer anderen zuzuführen. Nach einem Kreisen kann dann die zuvor blockierte Zone bzw. Station angesteuert werden. Die Reihenfolge der Auftragsbearbeitung spielt i.d.R. keine Rolle. Ursprünglich wurde dieses System im Buch- und Pharmagroßhandel verwendet. Heute finden sich Anwendungsbeispiele jedoch in allen Branchen.

<sup>3</sup>Die Termintreue wird repräsentiert durch den Anteil der Aufträge an den Gesamtaufträgen, die eine vorgegebene Soll-Zeit nicht überschreiten.

Unter Bezugnahme der genannten dynamischen Aspekte werden dann exemplarisch tiefergehende Untersuchungen durchgeführt. Es wird gezeigt, wie sich die Modifikation von Parametern auf den Durchsatz und die Termintreue von Kommissioniersystemen auswirkt.

In Kapitel 3 wird untersucht, welche Auswirkungen der Einsatz von mehr oder weniger Mitarbeitern in einer Kommissionierzone hat. Positive und negative Wirkungen auf den Durchsatz des Kommissioniersystems und die Pickleistung pro Kommissionierer und Periodeneinheit sollen erkannt und abgeschätzt werden können. Abgeleitet werden Regeln für die organisatorische Gestaltung von Kommissionierzonen.

In Kapitel 4 werden mögliche Strategien der Auftragssteuerung im Hinblick auf die Steigerung von Durchsatz und Termintreue betrachtet. Es wird untersucht, ob und in welchem Maße Strategien hierfür geeignet sind.

## 1.2 Definitionen

Kommissioniersysteme, deren Elemente und Begriffe, werden in /VDI3590/ definiert. An dieser Stelle werden die wichtigsten Definitionen dargestellt. Hierzu zählen:

- Kommissionierung
- Elemente des Kommissioniersystems

### 1.2.1 Kommissionierung

Kommissionieren hat das Ziel, aus einer Gesamtmenge von Gütern (Sortiment) Teilmengen auf Grund von Anforderungen (Aufträge) zusammenzustellen (vgl. /VDI3590/).

### 1.2.2 Elemente des Kommissioniersystems

Ein Kommissioniersystem besteht nach /VDI3590/ aus drei Elementen:

- Informationssystem  
Notwendige Elemente für das Informationssystem sind der Auftrag, die Kommissionierliste und die Position. Der Auftrag enthält mindestens die Informationen, die zur Durchführung des Kommissioniervorganges benötigt werden. Die Kommissionierliste ist die informationstechnische Verknüpfung der Auftragsdaten mit den spezifischen Daten des Kommissioniersystems. Die Position ist eine Zeile der Kommissionierliste mit den für den Kommissioniervorgang notwendigen Informationen wie Artikelnummer, Entnahmemenge und Entnahmeort.
- Materialflusssystem  
Das Materialflusssystem besteht ebenfalls aus mehreren Teilsystemen (vgl. Abbildung 1). Hierzu zählen Bereitstellsystem, Transportsystem, Entnahmesystem, Sammelsystem und Rücktransportsystem.
  - Bereitstellsystem  
Das Bereitstellsystem stellt die Entnahmeeinheiten zur Kommissionierung bereit. Es kann zum Entnahmesystem werden.
  - Transportsystem  
Das Transportsystem verbindet die verschiedenen Systeme untereinander.

- **Entnahmesystem**  
Aus dem Entnahmesystem werden die Entnahmeeinheiten kommissioniert.
- **Sammelsystem**  
Das Sammelsystem verbindet mehrere Entnahmeeinheiten zu einer Sammeleinheit.
- **Rücktransportsystem**  
Das Rücktransportsystem sorgt für den Rücktransport von nicht mehr benötigten Materialflusseinheiten zur weiteren Lagerung.

Innerhalb dieser Teilsysteme werden verschiedene Materialflusseinheiten bewegt und gebildet:

- **Lagereinheit**  
In der Lagereinheit werden die zu kommissionierenden Artikel gelagert. Sie kann zur Bereitstellereinheit werden.
- **Transporteinheit**  
Mit der Transporteinheit wird das Bereitstellensystem ver- und entsorgt.
- **Beschickungseinheit**  
Mit der Beschickungseinheit wird der jeweilige Bereitstellort nachgefüllt. Sie ist in vielen Fällen identisch mit der Lager- bzw. Transporteinheit.
- **Bereitstellereinheit**  
Die Bereitstellereinheit entspricht derjenigen Menge eines Artikels, die für das Entnahmesystem angeboten wird.
- **Entnahmeeinheit**  
Die Entnahmeeinheit ist die kleinste Menge, die durch einen Zugriff an Artikeln entnommen wird.
- **Sammeleinheit**  
Die Sammeleinheit entspricht derjenigen Einheit, die durch Entnahmevorgänge entsteht.
- **Versandeinheit**  
Die Versandeinheit entsteht durch das Zusammenfassen einer oder mehrerer Sammeleinheiten.

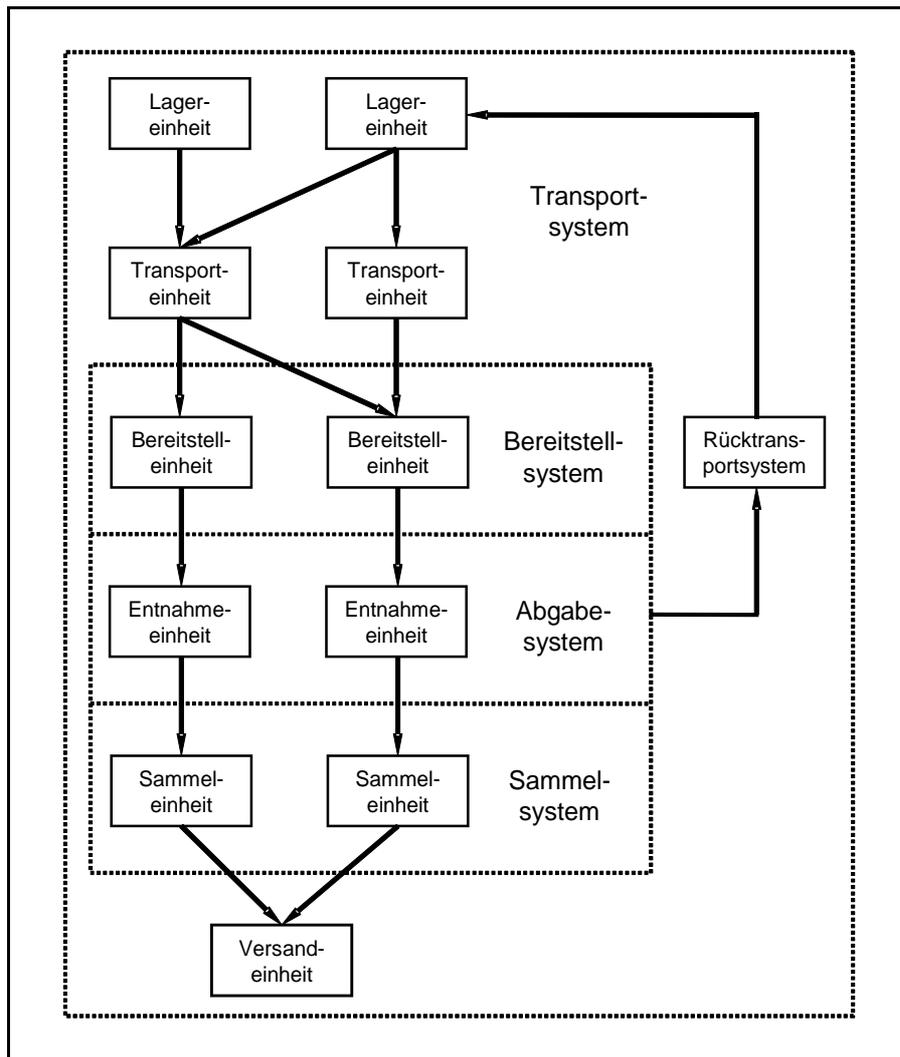


Abbildung 1 Materialflusssystem (beispielhaft)

- **Organisationssystem**  
Die Organisation eines Kommissioniersystems gliedert sich nach /VDI3590/ in folgende Teilsysteme:
  - **Aufbauorganisation**  
Die Aufbauorganisation wird durch die Eigenschaften der Artikel bestimmt. Hierzu zählen beispielsweise physikalische Eigenschaften und mengenmäßiger Umschlag. Artikel mit ähnlichen Eigenschaften werden in Zonen gruppiert. Beachtet werden müssen dabei auch gesetzliche Vorschriften, wie beispielsweise die Lebensmittelverordnung /LMHV/, das Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen /ChemG/ und die Gefahrstoffverordnung /GefStoffV/.
  - **Ablauforganisation**  
Die Ablauforganisation bestimmt den Auftragsdurchlauf durch das Kommissioniersystem, das auch aus mehreren Teilsystemen bestehen kann.
  - **Betriebsorganisation**  
Die Betriebsorganisation befasst sich mit der zeitlichen Reihenfolge der Kommissionieraufträge. Berücksichtigt werden müssen Auftragsgröße,

Personaleinsatz, maximale Auftragsdurchlaufzeit und besondere Kundenwünsche.

Diese Definitionen sind nicht die in Wirtschaft und Wissenschaft gebräuchlichen. Nach /Schwab1998/ werden Ablauf- und Aufbauorganisation folgendermaßen charakterisiert:

- **Aufbauorganisation**  
Die Aufbauorganisation ist durch statische Beziehungen zwischen ihren Elementen gekennzeichnet. Elemente können hierbei beispielsweise Unternehmensführung, Vertrieb, Entwicklung, Produktion, Finanzen oder Personal sein.
- **Ablauforganisation**  
Die optimale Koordination der für die Produktentstehung nötigen Teilprozesse (Vertrieb, Beschaffung, Produktion, o.Ä.) wird als Ablauforganisation bezeichnet.

### 1.3 Anforderungen an Kommissioniersysteme

Die Konzeption von Kommissioniersystemen leitet sich aus den Anforderungen ab. /Gudehus2000/ gliedert diese folgendermaßen:

- Sortimentsanforderungen
- Auftragsanforderungen
- Durchsatzanforderungen
- Bestandsanforderungen

#### 1.3.1 Sortimentsanforderungen

Nach /Gudehus2000b/ spezifizieren sich die Sortimentsanforderungen aus Breite und Beschaffenheit der zu kommissionierenden Artikel, der zugehörigen Art der Bereitstellung und der Art der Entnahmeeinheiten:

- |   |                    |
|---|--------------------|
| ● Artikelanzahl $N_S$ des Sortiments                                      |                    |
| ● Beschaffenheit der Artikeleinheiten                                     | [AE]               |
| wie Abmessungen $l_{AE}, b_{AE}, h_{AE}$                                  | [mm]               |
| wie Volumen $v_{AE}$  | [l/AE]             |
| wie Masse $g_{AE}$  | [kg/AE]            |
| wie Form, Sperrigkeit, Haltbarkeit, Wertigkeit, Gefahren- und Brandklasse |                    |
| ● Beschaffenheit der Bereitstellereinheiten                               | [BE]               |
| wie Kapazität $C_{BE}$  | [AE/BE oder EE/BE] |
| Abmessungen $l_{BE}, b_{BE}, h_{BE}$                                      | [mm]               |
| Volumen $v_{BE}$  | [l/BE]             |
| Masse $g_{BE}$  | [kg/BE]            |
| ● Beschaffenheit der Entnahmeeinheiten                                    | [EE]               |
| wie Inhalt $C_{EE}$   | [AE/EE]            |
| wie Abmessungen $l_{BE}, b_{BE}, h_{BE}$                                  | [mm]               |
| wie Volumen $v_{EE}$  | [l/EE]             |
| wie Masse $g_{EE}$  | [kg/EE]            |

### 1.3.2 Auftragsanforderungen

Nach /Wiese1989/ zählen die Auftragsanforderungen zu den wichtigsten Charakteristika von Kommissioniersystemen. Sie spezifizieren nach /Gudehus2000b/ Anzahl, Inhalt und Struktur der Aufträge:

- Art der Kommissionieraufträge [KAuf]
- Auftragsdurchsatz  $\lambda_{KAuf}$  [PE=Jahr, Tag, Stunde] [KAuf/PE]
- Auftragspositionen pro Auftrag  $n_{Pos}$  [Pos/KAuf]
- Entnahmemenge pro Position  $m_{EE}$  [EE/Pos]
- Versandeinheiten [VE]
- mit Kapazität  $C_{VE}$  [AE/VE oder EE/VE]
- mit Abmessungen  $l_{VE}, b_{VE}, h_{VE}$  [mm]
- mit Volumen  $V_{VE}$  [l/VE]
- mit Masse  $g_{VE}$  [kg/VE]
- Zulässige Auftragsdurchlaufzeit  $T_{KAufmax}$  [h]

Von Bedeutung sind weiterhin zwei Kennzahlen, die sich aus der Auftragsmenge und dem mittleren Volumen und Masse der Entnahmeeinheiten ergeben:

- Durchschnittliches Auftragsvolumen:  $\bar{V}_A = \bar{n}_{Pos} + \bar{m}_{EE} + \bar{v}_{EE}$  [l/KAuf] (1.1)
- Durchschnittliche Auftragsmasse:  $\bar{G}_A = \bar{n}_{Pos} + \bar{m}_{EE} + \bar{g}_{EE}$  [kg/KAuf] (1.2)

### 1.3.3 Durchsatzanforderungen

Nach /Gudehus2000b/ lassen sich die Durchsatzforderungen aus dem Auftragsdurchsatz, der Auftragsstruktur und den Sortimentsdaten errechnen. Dabei ist von besonderer Bedeutung:

- Volumendurchsatz:  $\lambda_V = V_A \lambda_{KAuf}$  [l/PE] (1.3)
- Mengendurchsatz
  - Positionen:  $\lambda_{Pos} = n_{Pos} \lambda_{KAuf}$  [Pos/PE] (1.4)
  - Entnahmeeinheiten:  $\lambda_{EE} = m_{EE} \lambda_{Pos}$  [EE/PE] (1.5)
  - Articleinheiten:  $\lambda_{AE} = C_{EE} \lambda_{EE}$  [AE/PE] (1.6)
- Ladeeinheitendurchsatz
  - Bereitstelleinheiten:  $\lambda_{BE} = \lambda_{EE} / C_{BE}$  [BE/PE] (1.7)
  - Versandeinheiten:  $\lambda_{VE} = \lambda_{EE} / C_{BE} + \lambda_{KAuf} (C_{VE} - 1) / 2C_{VE}$  [VE/PE] (1.8)

### 1.3.4 Bestandsanforderungen

Die Bestände sind so zu gestalten, dass eine Kommissionierung bei kostenoptimalem Nachschub ohne Unterbrechung möglich ist (vgl. /Gudehus2000b/). Daraus ergeben sich folgende Regeln:

- Im Kommissioniersystem muss mindestens die Menge an Artikeln vorrätig sein, die für die Kommissionierung für einen bestimmten Zeitraum benötigt wird. Beachtet werden müssen dabei Zeiten für die Wiederbeschaffung.
- Übersteigt der Gesamtbestand eines Artikels den Mindestbestand, so sollte nur so viel im Kommissionierbereich gelagert werden, dass es zu keinen Behinderungen des Kommissioniervorganges kommt.