

Diplomarbeit

Entwicklung und Darstellung eines dynamischen
lagerlogistischen Kennzahlenreports für die
Geschäftsführung eines Handelsunternehmens
sowie Erhebung des Optimierungspotentials in der
Lagerverwaltung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines Diplom-Ingenieurs (Dipl.-Ing. oder DI) unter der Leitung von

Assistant Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Thomas Fabian Trautner

(Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien)

Dipl.-Ing. Gernot Pöchgraber, BSc.

(Institut für Fertigungstechnik und Photonische Technologien)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Rainer Gerstbauer, BSc.

Matrikelnummer: 01127459

Wien, im Juni 2023

Rainer Gerstbauer

Ich nehme zur Kenntnis, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass die vorliegende Arbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen von mir selbstständig erstellt wurde. Alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, sind in dieser Arbeit genannt und aufgelistet. Die aus den Quellen wörtlich entnommenen Stellen, sind als solche kenntlich gemacht.

Das Thema dieser Arbeit wurde von mir bisher weder im In- noch Ausland einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt. Diese Arbeit stimmt mit der von den Begutachterinnen/Begutachtern beurteilten Arbeit überein.

Ich nehme zur Kenntnis, dass die vorgelegte Arbeit mit geeigneten und dem derzeitigen Stand der Technik entsprechenden Mitteln (Plagiat-Erkennungssoftware) elektronisch-technisch überprüft wird. Dies stellt einerseits sicher, dass bei der Erstellung der vorgelegten Arbeit die hohen Qualitätsvorgaben im Rahmen der geltenden Regeln zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis „Code of Conduct“ an der TU Wien eingehalten wurden. Zum anderen werden durch einen Abgleich mit anderen studentischen Abschlussarbeiten Verletzungen meines persönlichen Urheberrechts vermieden.

Wien, im Juni 2023

Rainer Gerstbauer

Danksagung

Allen voran danke ich meiner Familie, insbesondere meinen Eltern, die mich während meines Studiums immer unterstützten.

Ebenso möchte ich diese Möglichkeit nützen, um mich bei Thomas Trautner und Gernot Pöchgraber für die exzellente wissenschaftliche Betreuung bei dieser Arbeit zu bedanken.

Kurzfassung

In dieser Diplomarbeit wird die Lagerlogistik eines Handelsunternehmens, welches medizintechnische Produkte an ihre Kunden vertreibt, betrachtet. Zur Steuerung und Kontrolle des Lagerbetriebs sollen der Geschäftsführung des Unternehmens ausgewählte Kennzahlen in einem Kennzahlenreport monatlich zur Verfügung gestellt werden. Zusätzlich sollen Optimierungspotenziale im Lagerbetrieb des Unternehmens aufgezeigt werden, sodass ein wirtschaftlich sinnvoller Betrieb des Lagers auch in Zukunft gegeben ist.

Dazu wird der IST-Stand der Lagerlogistik im Unternehmen, durch die Befragung von Mitarbeitern des Unternehmens, die geometrische Vermessung des Lagers und die Verwendung von Daten, welche in der Datenbank des verwendeten ERP-Systems gespeichert sind, erhoben. Aufbauend auf den Anforderungen der Geschäftsführung wird ein Kennzahlensystem entwickelt. Die monatliche Datenaktualisierung des Kennzahlensystems wird dabei durch programmierte VBA-Programmcodes und ein erstelltes Formelgerüst in Microsoft Excel weitestgehend automatisiert. Ausgewählte Kennzahlen des Kennzahlensystems werden schließlich in einem Kennzahlenreport in Form eines Dashboards visualisiert und der Geschäftsführung übermittelt. Unter Einbeziehung des Stands der Technik in der Lagerlogistik und des IST-Stands der Lagerlogistik im Unternehmen wird der SOLL-Stand der Lagerlogistik des Unternehmens erarbeitet. Dabei werden Optimierungen der Lagerprozesse, des Lagerlayouts und der Lagerplatzbelegung im Kommissionierlager ausgearbeitet. Die Lagerplatzbelegung im Kommissionierlager orientiert sich dabei an einer, durch eine kombinierte ABC/XYZ-Analyse bestimmten, Kategorisierung der gelagerten Artikel.

Mit dem entwickelten Kennzahlensystem können der Geschäftsführung des Unternehmens die wesentlichen Kennzahlen der Lagerlogistik in einer übersichtlichen Darstellung präsentiert werden. Aufgrund der entwickelten Automatisierungen kann die monatliche Aktualisierung des Kennzahlensystems mit moderatem Aufwand durchgeführt werden. Durch den ausgearbeiteten SOLL-Stand werden für das Unternehmen realistisch umsetzbare Konzepte erarbeitet, die dennoch eine wesentliche Verbesserung in der Lagerlogistik des Unternehmens bewirken können.

Abstract

This thesis examines the warehouse logistics of a trading company that distributes medical technology products to its customers. For the control and management of the warehouse operation, selected performance indicators should be provided to the management of the company in a monthly performance indicator report. In addition, optimization potentials in the warehouse operations of the company should be identified to ensure an economically viable operation of the warehouse in the future.

To accomplish this, the current state of the warehouse logistics in the company will be analysed by surveying company employees, measuring the warehouse geometry, and using data stored in the database of the ERP system being used. Based on the requirements of the management, a performance indicator system will be developed. The monthly data update of the performance indicator system is largely automated through programmed VBA code and a created formula framework in Microsoft Excel. Selected performance indicators from the performance indicator system are finally visualized and displayed in a dashboard and conveyed to the management. Considering the state of the art in warehouse logistics and the current state of the company's warehouse logistics, the target state of the company's warehouse logistics is developed. For this purpose, optimizations of the warehouse processes, warehouse layout, and storage space allocation in the order picking area will be elaborated. The storage space allocation in the order picking area is based on a categorization of stored items determined through a combined ABC/XYZ analysis.

The developed system enables the company's management to view the essential performance indicators of the warehouse operations in a clear and concise manner. Due to the developed automations, the monthly updating of the performance indicator system can be carried out with moderate effort. The developed target state provides the company with realistic and implementable concepts that can significantly improve the company's warehouse logistics.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen und Stand der Technik	2
2.1	Grundlagen der Lagerlogistik	2
2.1.1	Aufgaben und Grundtypen eines Lagers	2
2.1.2	Grundfunktionen der Lagerlogistik	2
2.1.3	Subsysteme eines Lagers	4
2.2	Lagersysteme, Fördertechnik und Kommissionierung	6
2.2.1	Bodenlagerung	7
2.2.2	Regallagerung	8
2.2.3	Fördertechnik in der Lagerlogistik	10
2.2.3.1	Stetigförderer	10
2.2.3.2	Unstetigförderer	11
2.2.4	Kommissionierung	14
2.2.4.1	Bereitstellung des Lagerguts	15
2.2.4.2	Abgabe des Lagerguts	15
2.2.4.3	Methoden der Kommissionierung	16
2.2.4.4	Kommissioniertechniken	16
2.3	Lagerorganisation	17
2.3.1	Lagerplatzvergabe	17
2.3.2	Auslagerungsstrategien	18
2.3.3	Analysemethoden zur Kategorisierung des Warenportfolios	19
2.3.3.1	ABC-Analyse	19
2.3.3.2	XYZ-Analyse	19
2.3.3.3	Kombinierte ABC/XYZ-Analyse	20
2.3.4	Kennzahlen in der Lagerlogistik	20
2.3.4.1	Basisdaten	21
2.3.4.2	Kennzahlen	22
2.3.5	Informationssysteme in der Lagerlogistik	23
2.3.6	Datenerfassung von Objekten	24
2.4	Prozessmodellierung	27
2.5	Digitale Transformation der Lagerlogistik	29

2.5.1	Definition von Industrie 4.0	29
2.5.2	Anwendungen in der Lagerlogistik.....	30
3	Zielsetzung und methodisches Vorgehen	33
3.1	Zielsetzung dieser Arbeit.....	33
3.2	Methodik.....	33
3.2.1	Erhebung des IST-Stands	33
3.2.2	Entwicklung eines Kennzahlensystems	34
3.2.3	Ableitung eines SOLL-Stands.....	37
4	Erhebung des Lagerlogistik IST-Stands	38
4.1	Aufteilung des Lagers und gegebene Infrastruktur.....	38
4.2	Waren sortiment	41
4.3	Prozesse in der Lagerlogistik	43
4.3.1	Warenannahme und Identifikation	43
4.3.2	Einlagerung	43
4.3.3	Kommissionierung	44
4.3.4	Versand	45
4.3.5	Flussdiagramme der Lagerprozesse	46
5	Entwicklung eines Kennzahlensystems.....	50
5.1	Datenbasis und Kennzahlen	50
5.1.1	Lagerabgangsdaten.....	50
5.1.2	Lagerbestandsdaten	52
5.1.3	Lieferantendaten.....	54
5.1.4	Gesamtlagerdaten	55
5.2	Aufbereitung des ERP-Lagerberichts	56
5.3	Verarbeitung der Daten	65
5.4	Kennzahlenreport in Form eines Dashboards	79
5.5	Bereitstellung des Kennzahlenreports.....	83
6	SOLL-Stand und Entwicklungsprognose.....	84
6.1	Einsatz von Opto-elektronischen Verfahren	84
6.1.1	Lagerplatzkennzeichnung durch Barcodes	84
6.1.2	Warenannahme und Identifikation	85
6.1.3	Einlagerung	86

6.1.4 Kommissionierung	87
6.2 Optimierung des Lagerlayouts	88
6.3 Optimierung des Lagerplatzes im Kommissionierlager	90
7 Zusammenfassung und Ausblick	92
Literaturverzeichnis	94
Abbildungsverzeichnis.....	98
Tabellenverzeichnis.....	100
Anhang.....	101

Abkürzungsverzeichnis

BPMN	Business Process Model and Notation
CSV	Comma Separated Values
EDI	Electronic Data Interchange
eEPK	erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette
EPK	Ereignisgesteuerte Prozesskette
ERP	Enterprise Resource Planning
FEFO	First Expired First Out
FIFO	First In First Out
FTF	Fahrerlose Transportfahrzeuge
FTS	Fahrerloses Transportsystem
LIFO	Last In First Out
MDE	Mobile Datenerfassung
RFID	Radio-Frequency Identification
VBA	Visual Basic for Applications
VDI	Verein Deutscher Ingenieure
WCS	Warehouse Control System
WLAN	Wireless Local Area Network
WMS	Warehouse Management System

1 Einleitung

Durch die Nutzung eines Kennzahlensystems in der Lagerlogistik wird eine Grundlage geschaffen, den Lagerbetrieb eines Unternehmens hinsichtlich seiner Leistung objektiv zu beurteilen. Aufbauend auf den Kennzahlenwerten, welche im Kennzahlensystem aufbereitet werden, können Entscheidungen getroffen werden, welche einen wirtschaftlichen Lagerbetrieb ermöglichen. Zudem werden durch die Kontrolle der Kennzahlenwerte die Prozesse in der Lagerlogistik transparenter. Auf Veränderungen von Kennzahlenwerten kann umgehend mit geeigneten Maßnahmen reagiert werden. Dadurch können die Effizienz in der Lagerlogistik gesteigert und die Kosten der Lagerhaltung gesenkt werden. Durch eine gesenkte Fehlerrate wird zusätzlich eine hohe Kundenzufriedenheit, durch die Einhaltung von Lieferterminen und Liefergenauigkeit, ermöglicht. Vergleicht man Kennzahlenwerte mit den Werten von vergangenen Quartalen oder Jahren, können langfristige Trends abgeleitet und entsprechende strategische Anpassungen durchgeführt werden.

Durch die Bereitstellung der Kennzahlen eines Kennzahlensystems kann, wie beschrieben, der wirtschaftliche Betrieb eines Lagers begünstigt werden. Voraussetzung dafür ist jedoch eine passende Infrastruktur des Lagers und die effiziente Durchführung von Lagerprozessen. Dies wird durch eine stetige Anpassung an den Stand der Technik der Lagerlogistik und die Durchführung von geeigneten Optimierungen erreicht. Neben etablierten Methoden zur Optimierung eines Lagers, wie der Anpassung des Lagerlayouts, des Lagerorts eines Artikels oder der verwendeten Lagertechnik, sind auch digitale Methoden und Technologien zur Optimierung der Lagerlogistik, zu berücksichtigen. Beispielsweise werden durch den Einsatz von ERP-Systemen die Informations- und Materialflüsse eines Lagers digital gesteuert. Dadurch wird das Erreichen der sechs Ziele des logistischen Denkens und Handelns nach Jünemann [1], die richtige Menge, der richtigen Objekte, am richtigen Ort, zum richtigen Zeitpunkt, in der richtigen Qualität, zu den richtigen Kosten zur Verfügung zu stellen, entscheidend unterstützt. Auch die manuelle Arbeit in der Lagerlogistik wird durch digitale Methoden und Technologien wesentlich verändert. So können, z. B. durch die Nutzung von Geräten zur mobilen Datenerfassung (MDE) oder den Einsatz von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS), Ein- und Auslagerungsprozesse oder die Kommissionierung unterstützt werden. Allgemein lässt sich festhalten, dass durch die Einführung von digitalen Methoden und Technologien bewährte manuelle Arbeitsabläufe adaptiert oder sogar vollständig automatisiert werden. Wird die Einführung geeigneter Optimierungen in den Lagerlogistikprozess nicht vollzogen oder wird auf, für das jeweilige Unternehmen, falsche Methoden und Technologien gesetzt, können die Auswirkungen den langfristigen wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens maßgeblich negativ beeinflussen.

2 Grundlagen und Stand der Technik

2.1 Grundlagen der Lagerlogistik

2.1.1 Aufgaben und Grundtypen eines Lagers

In einem Lager werden Güter bevorratet, welche bei Bedarf zu einem späteren Zeitpunkt zur Verfügung stehen sollen. Die grundlegenden Aufgaben eines Lagers sind nach Wehking [2] die Bevorratung, Pufferung und Verteilung im Materialflusssystem.

Die Einteilung von Lagern in Lagergrundtypen kann unter verschiedensten Kriterien durchgeführt werden. Führt man eine Beurteilung nach der allgemeinen Funktion des Lagers durch, so lassen sich die Lagergrundtypen Beschaffungslager, Produktionslager, Ersatzteilelager und Distributionslager unterscheiden [3]. Das Beschaffungslager ist ein, in produzierenden Unternehmen, der Produktion vorgeschaltetes Lager und dient der Versorgung der Produktion mit ausreichend Gütern, um die Fertigungsaufträge erfüllen zu können. Im Produktionslager werden Produktionsschwankungen durch vorhandene Pufferbestände ausgeglichen. In einem Ersatzteilelager werden, für den Geschäftsbetrieb eines Unternehmens, notwendige Ersatzteile bevorratet. Distributionslager werden für die Verteilung von Waren an Kunden genutzt. Neben der zeitlichen Bevorratung werden die Ladeeinheiten, unter einer Ladeeinheit versteht man die Kombination von Ladehilfsmittel (z. B. Palette), Ladesicherungsmittel (z. B. Umwickelung mit Kunststoff) und dem eigentlichen Ladegut, in Distributionslagern gewöhnlich aufgeteilt.

2.1.2 Grundfunktionen der Lagerlogistik

Um die Erfüllung der in Unterpunkt 2.1.1 genannten Aufgaben eines Lagers zu gewährleisten, etablierten sich bestimmte Grundfunktionen der Handhabung von Lagergut in der Lagerlogistik. Diese Grundfunktionen sind nach ten Hompel et al. [4] Warenannahme, Identifikation, Einlagern, Auslagern, Kommissionieren und Versand. In Abbildung 1 werden diese unter Einbeziehung des Materialflusses im Lager grafisch dargestellt.

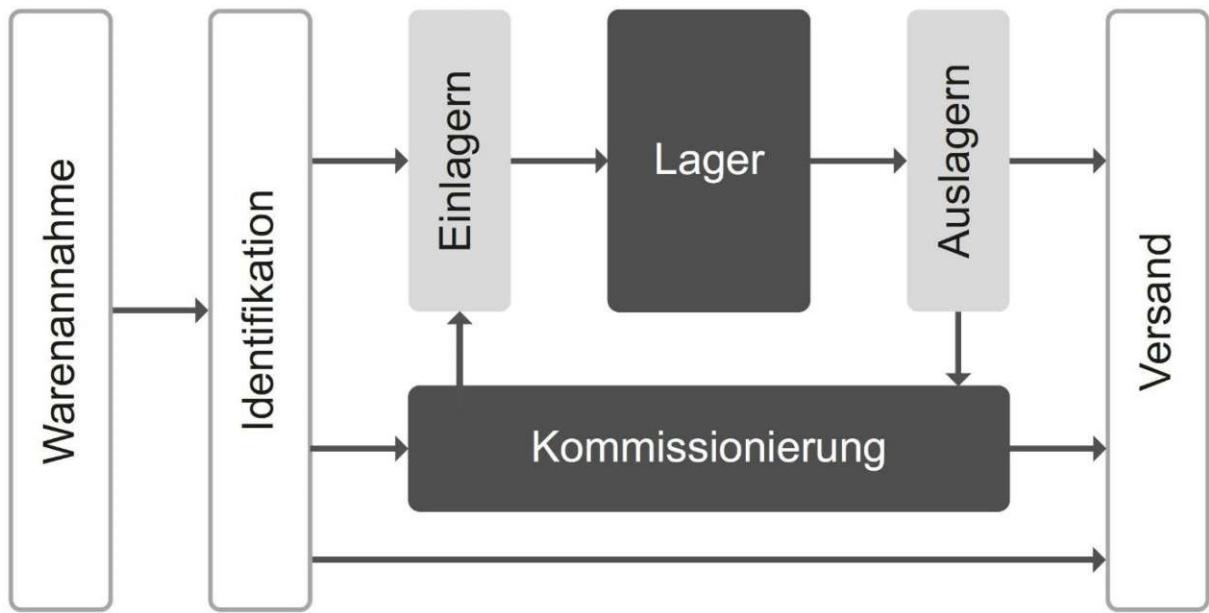


Abbildung 1: Grundfunktionen unter Einbeziehung des Materialflusses [4]

Warenannahme und Identifikation

Bei der Warenannahme und Identifikation wird mit Hilfe von Lieferschein und Bestelldaten überprüft, ob die angelieferte Ware der bestellten Ware entspricht, ob die Lieferung vollständig ist und ob die Ware unbeschädigt ist. In Spezialfällen sind zusätzliche Untersuchungen der angelieferten Ware durchzuführen. Erfüllt die angelieferte Ware alle Kriterien, werden die Daten der Lieferung in das Lagerverwaltungssystem eingetragen und der Lagerbestand der einzelnen Artikel entsprechend angepasst. Werden die Kriterien der Vollständigkeit oder Unversehrtheit nicht erfüllt, wird fallspezifisch oder gemäß der Leitlinie des jeweiligen Unternehmens entschieden, ob die angelieferte Ware vollständig, teilweise oder gar nicht angenommen wird.

Abhängig vom Lagerbestand der angelieferten Ware und den offenen Bestellaufträgen des Unternehmens wird die angelieferte Ware eingelagert oder direkt für offene Bestellaufträge bereitgestellt.

Einlagern

Unter der Einlagerung versteht man den Transport der angelieferten Artikel vom Wareneingang an den jeweiligen Lagerplatz inklusive der ordnungsgemäßen Platzierung der Artikel an diesem. Der Transport und die Platzierung sind abhängig von den gegebenen Förder- und Lagersystemen.

Lagern

Das eigentliche Lagern der Artikel im Lager wird von ten Hompel et al. [4] nicht zu den Grundfunktionen der Lagerlogistik gezählt. Martin [5] gibt das Lagern indes als Funktion des Lagers, gleichwertig dem Ein- und Auslagern, an.

Auslagern

Die Auslagerung von Artikeln erfolgt meist im Zuge der Kommissionierung aufgrund von offenen Bestellaufträgen. Zudem kommt es zu Auslagerungen in Verbindung mit anschließender Einlagerung, wenn der Lagerort der Artikel innerhalb des Lagers verändert wird. Der Auslagerungsprozess ist wie der Einlagerungsprozess abhängig von den gegebenen Förder- und Lagersystemen.

Kommissionierung

Die Kommissionierung ist ein zentraler Bestandteil der Lagerlogistik. Man versteht darunter die Zusammenstellung einzelner Artikel aus dem Lager aufgrund von Bestellaufträgen. Die Kommissionierung kann dabei auf verschiedenste Arten durchgeführt werden. Auf die Möglichkeiten der Durchführung der Kommissionierung wird in Unterpunkt 2.2.4 näher eingegangen.

Versand

Beim Versand wird die Zusammenstellung der Artikel auf Richtigkeit überprüft. Anschließend werden die Artikel verpackt und verschnürt. Die fertig zusammengestellten Bestellaufträge werden anschließend adressiert und an einem vorbestimmten Ort abgestellt, von wo sie, in der Regel, durch einen beauftragten Logistikdienstleister abgeholt und an den Kunden überliefert werden.

2.1.3 Subsysteme eines Lagers

Abgeleitet von den Grundfunktionen ergeben sich bestimmte Bereiche, welche in den meisten Lagern vorzufinden sind. Diese Bereiche sind Wareneingang, Einheitenlager, Kommissionierlager und Warenausgang.

Wareneingang

Im Wareneingang werden die Grundfunktionen Warenannahme und Identifikation durchgeführt. Der Wareneingang fungiert zusätzlich als Puffer für die Waren in der Zeit zwischen der Kontrolle der angelieferten Ware und der Freigabe und anschließenden Einlagerung. Diese Zeitspanne kann abhängig von den durchzuführenden Prüfungen, z. B. chemische Untersuchungen der Ware, über einen Tag dauern und muss bei der Dimensionierung des Wareneingangs berücksichtigt werden [5].

Einheitenlager

Dem Einheitenlager können die Grundfunktionen Einlagern, Lagern und Auslagern zugeordnet werden. Die primäre Aufgabe des Einheitenlagers ist die Zeitüberbrückung, also das Lagern der Artikel. Die Ladeeinheit der Artikel wird dabei in der Regel zwischen der Ein- und Auslagerung nicht verändert.

Kommissionierlager

In einem Kommissionierlager werden mit Einlagern, Lagern und Auslagern die gleichen Grundfunktionen wie in einem Einheitenlager durchgeführt. Einheitenlager und Kommissionierlager unterscheiden sich jedoch in ihrer Aufgabe voneinander. In einem Kommissionierlager werden die gelagerten Artikel für die Kommissionierung von Bestellaufträgen bereitgestellt. Die Artikel im Kommissionierlager werden nicht als Ladeeinheit bevoorraet. Es erfolgt eine vom jeweiligen Unternehmen bzw. Artikel abhängig Aufteilung in kleinere Einheiten. Nach [6] kann die Aufteilung einer Ladeeinheit bis zu einer Verkaufseinheit folgend beschrieben werden:

- Eine Ladeeinheit kann in Einheiten zur Auftragsvorbereitung unterteilt werden. Als Einheit zur Auftragsvorbereitung versteht man die kleinste Einheit, die einem Händler bei einer Bestellung von einem produzierten Unternehmen geliefert werden kann.
- Durch eine weitere Unterteilung der Einheit zur Auftragsvorbereitung in Liefereinheiten soll eine Vertriebsoptimierung erreicht werden.
- Eine Liefereinheit kann wiederum in Verkaufseinheiten unterteilt werden. Eine Verkaufseinheit ist die kleinste Einheit, die der Endkunde im Einzelhandel erwerben kann.

Exemplarisch könnte eine Verkaufseinheit eine Packung mit 50 Büroklammern sein, eine Liefereinheit vier Verkaufseinheiten der Büroklammern und eine Einheit zur Auftragsvorbereitung ein Karton mit 64 Verkaufseinheiten der Büroklammern sein. Die mögliche Aufteilung der Ladeeinheit wird in Abbildung 2 exemplarisch dargestellt.

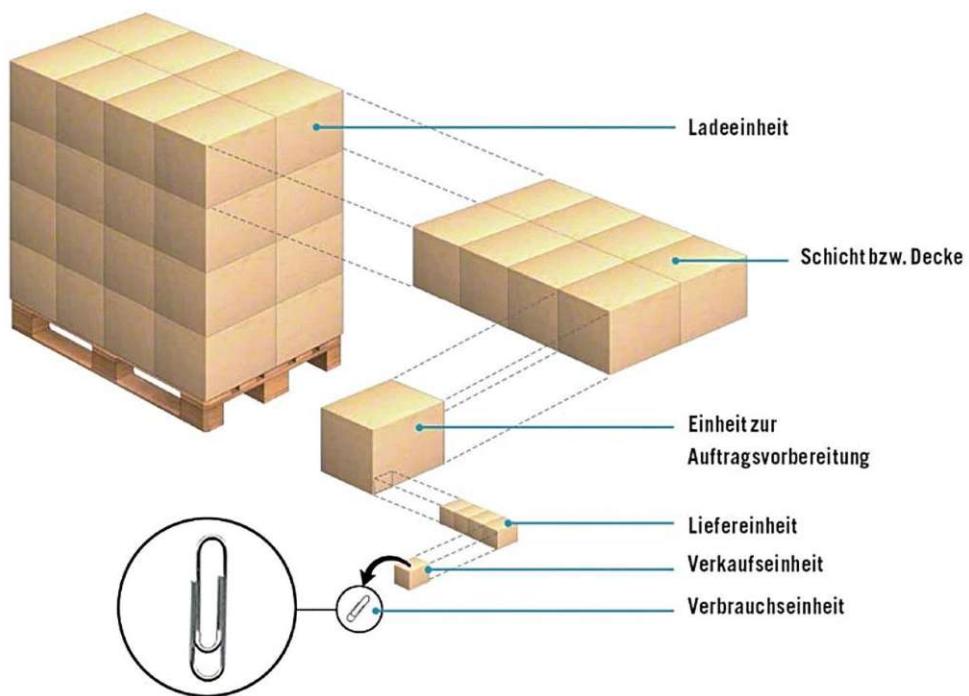


Abbildung 2: Ladeeinheit im Verlauf des logistischen Lebenszyklus [6]

Warenausgang

Im Warenausgang wird die Grundfunktion Versand durchgeführt. Der Warenausgang muss ausreichend groß dimensioniert sein, um die Verpackung der Artikel der einzelnen Bestellaufträge und die anschließende Bereitstellung der Ware zu gewährleisten [5].

2.2 Lagersysteme, Fördertechnik und Kommissionierung

Neben der Einteilung nach ihrer allgemeinen Funktion können Lager auch nach den verwendeten Lagersystemen zur Lagerung des Lagerguts eingeteilt werden. Abbildung 3 zeigt eine mögliche Einteilung von Lagersystemen nach ten Hompel und Schmidt [7] und gibt deren jeweilige Vorteile an.

Die Lagertechnik wird dabei zwischen Bodenlagerung und Regallagerung unterschieden. Bei der Bodenlagerung wird das Lagergut direkt am Boden gelagert und wenn möglich gestapelt. Bei der Regallagerung wird das Lagergut in unterschiedlichsten Arten von Regalen gelagert.

Zusätzlich kann man zwischen der verwendeten Lagerform unterscheiden. Bei der Blocklagerung wird das Lagergut in blockförmigen Gebilden gelagert, bei der Zeilenlagerung wird darauf geachtet, dass durch die Bildung von Arbeitsgängen auf jeden Lagerplatz zugegriffen werden kann.

Abhängig davon, ob das Lagergut zwischen Ein- und Auslagerung auf seinem initialen Lagerort verbleibt, wird des Weiteren zwischen statischer und dynamischer Lagerung unterschieden.

Merkmal	Ausprägungsformen	Beschreibung	gängige Zielsetzungen
Lagertechnik	Bodenlagerung	Ladegut wird unmittelbar auf dem Boden gelagert, ggf. gestapelt	große Mengen weniger Artikel kostengünstig lagern
	Regallagerung	Ladegut wird in Regalen gelagert, zumeist auf einem Ladehilfsmittel.	Direktzugriff auf große Artikelanzahl, hohe Flächennutzung
Lagerform	Blocklagerung	Lagergüter werden unmittelbar über-, hinter und nebeneinander gelagert.	hohe Raumnutzung und geringe Bedienwege
	Zeilenlagerung	Ladegüter werden über- und hintereinander gelagert; zwischen Regalflächen bestehen Bedienwege.	Direktzugriff auf größere Artikelanzahl
Lagerort	Statisches Lagersystem	Lagergut verbleibt zwischen Ein- und Auslagerung am selben Ort, d.h. es führt keine Ortsveränderung durch	kostengünstige Lagertechnik, geringe Beanspruchung des Lagergutes
	Dynamisches Lagersystem	Ladeeinheiten werden nach der Einlagerung bewegt. Ein-/Auslagerung am selben Ort ist dennoch möglich	geringe Bedienwege, Direktzugriff trotz hoher Volumennutzung

Abbildung 3: Einteilung von Lagersystemen [7]

2.2.1 Bodenlagerung

Bei der Bodenlagerung wird das Lagergut mit dem Lagerhilfsmittel oder ohne das Lagerhilfsmittel an einem Ort im Lager direkt auf dem Boden, bzw. bei gegebener Stapelfähigkeit auch übereinander, abgestellt. Die Bodenlagerung ist die einfachste und älteste Form der Lagertechnik [4]. Abhängig von der Anordnung des Lagerguts wird zwischen Bodenblocklagerung und Bodenzeilenlagerung unterschieden.

Ten Hompel et al. [4] führt zur Bodenblocklagerung und Bodenzeilenlagerung das Folgende aus:

Bodenblocklager

Durch die Anordnung des Lagerguts in Form eines Blockes, direkt neben-, hinter- und übereinander, lässt sich ein hoher Raumnutzungsgrad bei der Bodenblocklagerung (Abbildung 4) realisieren. Nachteilig ist jedoch, dass kein direkter Zugriff auf alle Säulen des Blockes möglich ist. Diese Lagertechnik ist daher lediglich dann praktikabel, wenn die Auslagerungsstrategie LIFO (Last In First Out), siehe Unterpunkt 2.3.2, angewendet werden kann.

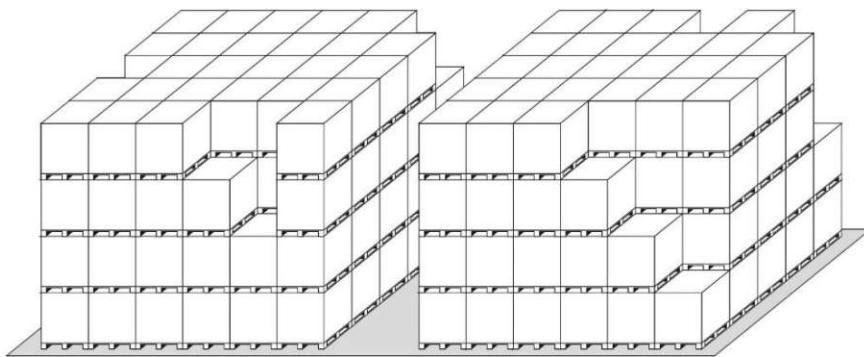


Abbildung 4: Bodenblocklagerung [4]

Bodenzeilenlager

Bei der Bodenzeilenlager (Abbildung 5) wird durch eine veränderte Anordnung des Lagerguts der Zugriff auf die Lagerplätze verbessert, da jede Säule direkt an einem Arbeitsgang liegt. Als Konsequenz sinkt der Raumnutzungsgrad bzw. steigt die Anzahl der Lagerplätze, welche problemlos erreicht werden können.

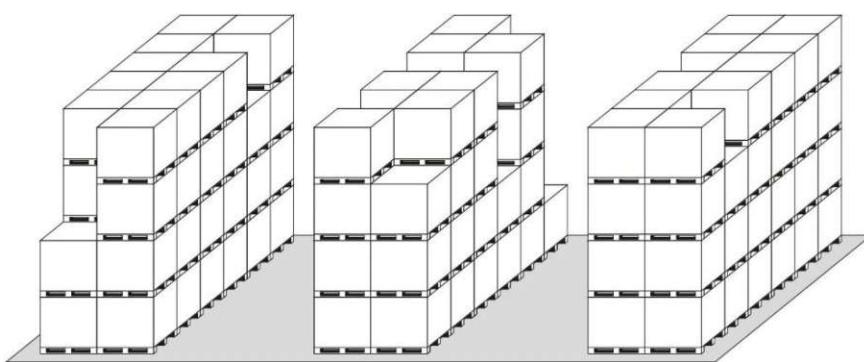


Abbildung 5: Bodenzeilenlagerung [4]

2.2.2 Regallagerung

Ten Hompel et al. [4] nennt die folgenden Gründe für eine Verwendung von Regallagerung:

Beim Einsatz von Regallagerung wird eine verbesserte Flächennutzung des Lagers erreicht, da die Raumdimension Höhe mit Regalen besser genutzt werden kann. Vor allem bei nicht stapelbarem Lagergut empfiehlt sich die Regallagerung aufgrund einer erhöhten Effizienz. Zusätzlich kann dem Lagergut durch die Lagerung in Regalen ein eindeutiger Lagerort zugewiesen werden.

Palettenregal

Palettenregale (Abbildung 6) sind zumeist aus Stahl- oder Aluminiumprofilen mit gängigen Feldbreiten zwischen 2,70 und 3,60 Metern ausgeführt [3]. Die Höhe der Regalfelder sollte bei Palettenregalen abhängig vom Lagergut festgelegt werden, um einen guten Volumennutzungsgrad zu erreichen [3].

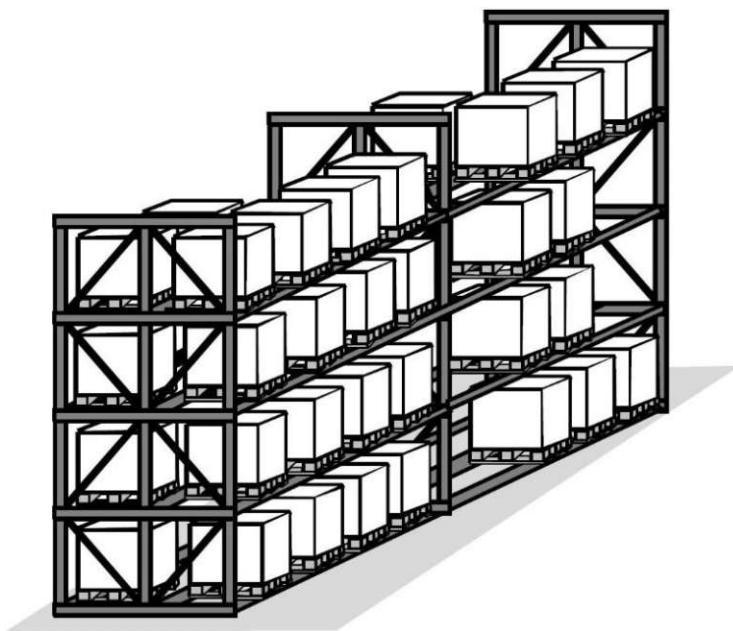


Abbildung 6: Palettenregallagerung [3]

Fachbodenregal

Fachbodenregale finden bevorzugten Einsatz als Kommissionierlager für Kleinteile, da auf jeden Lagerplatz direkt zugegriffen werden kann [3].

Ten Hompel et al. [4] führt zu Fachbodenregalen das Folgende aus:

Bei Fachbodenregalen (Abbildung 7) findet die Lagerung des Lagerguts auf Fachböden in mehreren Ebenen statt. Angepasst an die gängige Handbedienung von Fachbodenregalen, beträgt die Höhe der Regale bis zu zwei Meter. Höhere Fachbodenregale werden durch den Einsatz von Hilfsmitteln bedient. In

Fachbodenregalen werden in der Regel eine große Anzahl verschiedener Artikel bzw. jeweils kleine und mittlere Mengen pro Artikel gelagert.

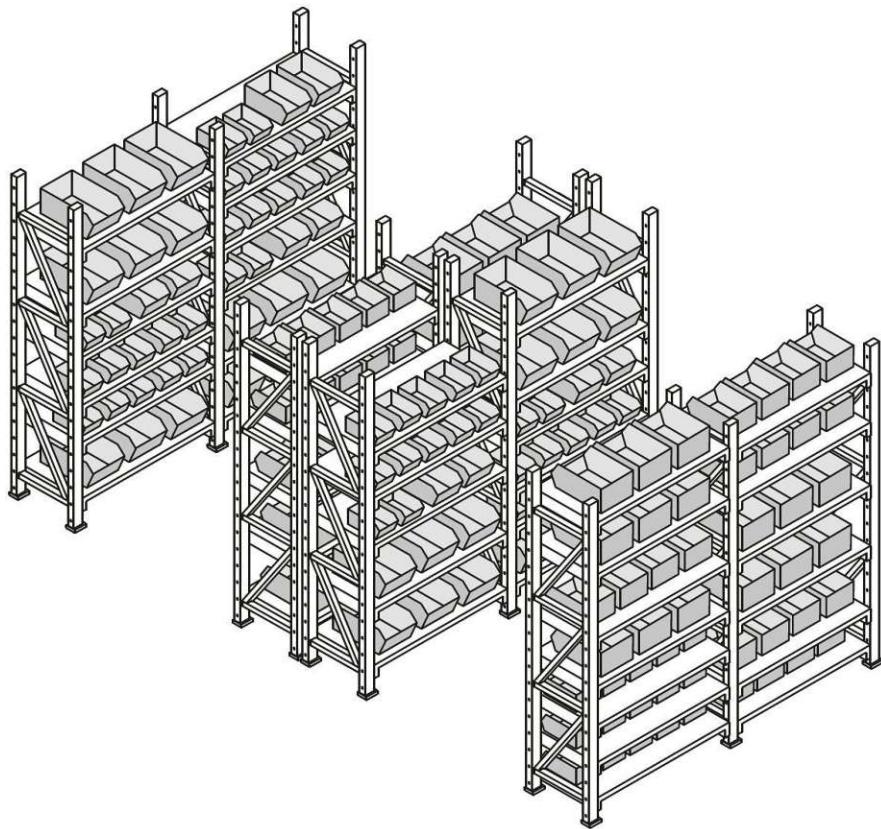


Abbildung 7: Fachbodenregallagerung [4]

Behälterregal

Für die Lagerung mit Behälterregalen (Abbildung 8) kommen einheitliche Behälter als Ladehilfsmittel und auf deren Größe ausgerichtete Regale zur Verwendung [3]. Die Ein- und Auslagerung kann aufgrund der seitlichen Begrenzung des Lagerguts durch den Behälter in der Regel schneller vollzogen werden [3].

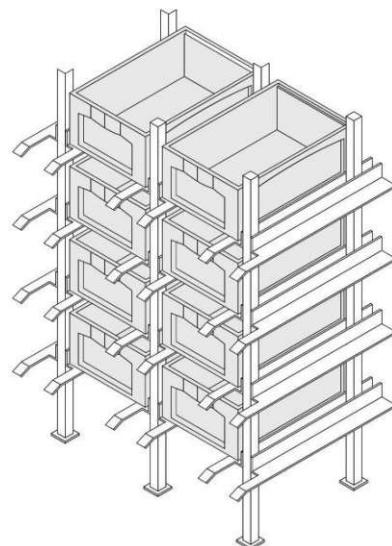


Abbildung 8: Behälterregallagerung [4]

Ten Hompel et al. [4] gibt bzgl. der Verwendung von Behälterregalen das Folgende an:

Bei der Lagerung von kleinen Artikeln oder geringen Mengen von Artikeln empfiehlt sich, aufgrund einer besseren Raumnutzung durch die Verwendung kleinerer Ladeeinheiten, der Einsatz eines Behälterregals anstelle eines Palettenregals. Eingesetzt werden Behälterregale typischerweise für die zur Lagerung von Artikeln in geringer Menge und bei großer Anzahl verschiedener Artikel.

2.2.3 Fördertechnik in der Lagerlogistik

Fördertechnik in der Lagerlogistik wird für den Transport von Fördergütern innerhalb des Lagers verwendet. Zusätzlich zum Transport können durch Fördermittel die Funktionen zusammenführen, stauen bzw. puffern, vereinzeln und verteilen durchgeführt werden [3].

Die verwendeten Fördermittel lassen sich abhängig von der Stetigkeit des Fördervorgangs in Stetig- und Unstetigförderer unterteilen. Während die Fördermittel der Gruppe der Stetigförderer einen kontinuierlichen Förderstrom erzeugen, kommt es bei der Gruppe der Unstetigförderer zu einem unterbrochenen Förderstrom.

2.2.3.1 Stetigförderer

Stetigförderer zeichnen sich durch einen stetigen Förderstrom aus. Die vorgegebene Förderrichtung des Fördermittels wird dabei permanent beibehalten [3]. Bei der Beförderung können gleichzeitig mehrere Fördergüter, in entsprechenden Abständen zueinander, transportiert werden. Das Fördermittel kann durch die gewählte Linienführung an die Gegebenheiten des Lagers angepasst werden.

Durch den Einsatz von Stetigförderern können Arbeitsabläufe automatisiert und hohe Förderleistung erreicht werden. Eine hohe Förderleistung wird dabei durch die stets beibehaltene Förderrichtung und den daraus resultierenden Entfall von Leerwegen des Fördermittels entgegen dem Förderstrom erreicht [3].

Rollenförderer

Rollenförderer gehören zu der Gruppe der Stetigförderer und bestehen aus nacheinander angeordneten frei drehbaren Tragrollen, welche mit Hilfe einer Tragkonstruktion befestigt werden.

Ten Hompel et al. [4] führt zu Rollenförderern nachfolgendes aus:

Rollenförderer können sowohl mit als auch ohne Antrieb eingesetzt werden. Bei Rollenförderern ohne Antrieb werden die Fördergüter durch die Nutzung von Höhenunterschieden gefördert. Bei der Nutzung von angetriebenen Rollenförderern übernehmen die Rollenbahnen sowohl die Tragfunktion als auch die Antriebsfunktion. Der Antrieb der Rollenbahnen erfolgt dabei kraft- oder formschlüssig über, mit Hilfe von Elektromotoren bewegten, Riemen oder Ketten, mit typischen

Fördergeschwindigkeiten von 0,3 bis 1,0 Meter pro Sekunde. In Abbildung 9 wird eine angetriebene Rollenbahn schematisch dargestellt.

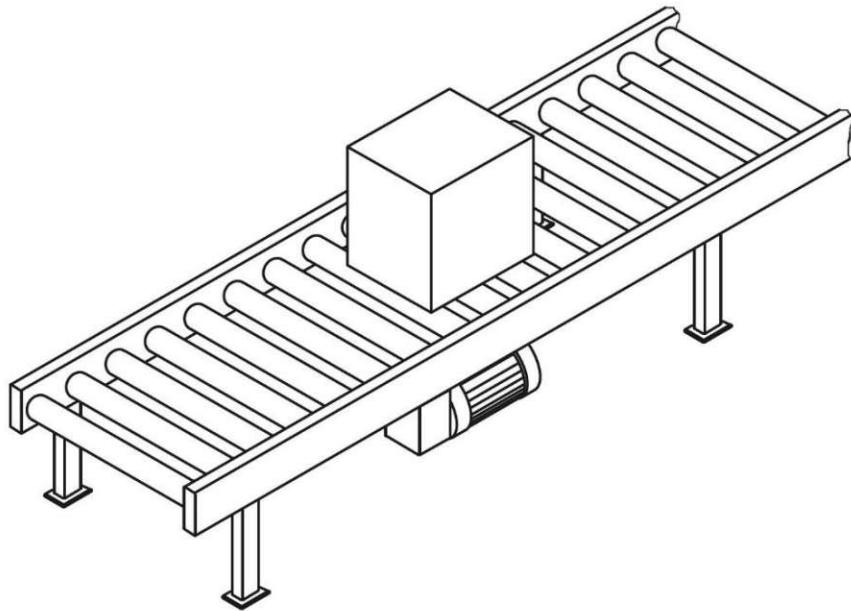


Abbildung 9: Angetriebene Rollenbahn [4]

2.2.3.2 Unstetigförderer

Unstetigförderer sind unstetig arbeitende Fördermittel, welche sich im Gegensatz zu Stetigförderer durch einen unterbrochenen Förderstrom kennzeichnen. Der Förderprozess setzt sich aus sogenannten Arbeitsspielen zusammen. Ein Arbeitsspiel ist ein dem Förderprozess zugehöriger wiederkehrender Ablauf. Ein Arbeitsspiel setzt sich gewöhnlich aus Last- und Leerspiel zusammen. Der Zeitbedarf für das Lastspiel ist der produktive Anteil des Arbeitsspiels, das Leerspiel, z. B. die Leerfahrt vom Lagerort zurück zum Wareneingang bei einem Einlagerungsprozess, ist der unproduktive Anteil des Arbeitsspiels. Der Zeitbedarf für das Leerspiel trägt wesentlich dazu bei, dass die Förderleistungen von Unstetigförderern ein bis zwei Größenordnungen unter jenen von Stetigförderern liegen [3].

Vorteile von Unstetigförderern sind die hohe Anpassungsfähigkeit an verschiedenste Förderaufgaben und die Möglichkeit der Aufnahme und Abgabe der Fördergüter an nahezu jedem Ort des Lagers.

Handhubwagen und Plattformwagen

Handhubwagen und Plattformwagen sind manuell betriebene Fördermittel. Sie eignen sich für den Einsatz bei kurzen Förderstrecken und beschränktem Gewicht des Förderguts. Da die notwendige Leistung für den Transport des Förderguts vom Bediener des Fördermittels aufgebracht werden muss, sollte die Förderstrecke im Idealfall eben sein und einen möglichst geringen Rollwiderstand aufweisen. Bei der Förderung mittels Handhubwagen wird das Fördergut in der Regel samt Ladehilfsmittel

(Palette) transportiert. In Abbildung 10 werden Darstellungen eines Handhubwagens bzw. Plattformwagens gezeigt.



Abbildung 10: (a) Handhubwagen [8] und (b) Plattformwagen [9]

Frontgabelstapler, Schubmaststapler und Schmalgangstapler

Unter dem Begriff Stapler werden motorisch betriebene Fördermittel, welche sich auf der Bodenebene bewegen und mit einem Hubgerüst Hubbewegungen durchführen können, zusammengefasst. Im Folgenden wird näher auf die Bauarten Frontgabelstapler, Schubmaststapler und Schmalgangstapler eingegangen.

Beim Frontgabelstapler (Abbildung 11) erfolgt die Aufnahme des Förderguts über zwei an einem Hubgerüst befestigten Gabeln an der Front des Fördermittels. Um ein Kippen zu verhindern, sind am Heck des Frontgabelstaplers Gegengewichte verbaut. Der Antrieb erfolgt mittels Verbrennungsmotoren oder Elektromotoren. Frontgabelstapler werden mit Drei- oder Vierradfahrwerken ausgeführt. Vorteil eines Dreiradfahrwerks ist ein reduzierter Wendekreis des Staplers. Nachteilig ist die geringere Standstabilität im Vergleich zu einem Stapler mit Vierradfahrwerk.



Abbildung 11: Frontgabelstapler mit (a) Dreirad- [10] und (b) Vierradfahrwerk [11]

Schubmaststapler (Abbildung 12) nehmen das Fördergut mittels Hubgerüst zwischen den beiden Radarmen in der Front des Staplers auf. Beim Schubmaststapler kann das Hubgerüst zusätzlich in Längsrichtung des Staplers bewegt werden. Das Hubgerüst wird dabei zwischen den Radarmen des Schubmaststaplers nach vorn und hinten bewegt. Bei der Aufnahme oder Abgabe des Förderguts wird das Hubgerüst vom Schwerpunkt des Staplers weg verschoben, für den Transport wird das Hubgerüst zum Schwerpunkt des Staplers hinverschoben. Der Lastschwerpunkt des Förderguts auf den Radarmen liegt dabei beim Transport ca. auf Höhe der Vorderräder [12]. Dadurch wird zum einen ein geringerer Wendekreis des Staplers erreicht, zum anderen wird die Standsicherheit des Staplers erhöht. Zusätzlich ist beim Schubmaststapler, im Vergleich zum Frontgabelstapler, ein geringeres Gegengewicht im Stapler nötig.



Abbildung 12: Schubmaststapler in drei Ansichten [13]

Mit Schmalgangstaplern kann man in Arbeitsgängen, welche nur wenig breiter als der eigentliche Stapler sind, arbeiten. Es gibt zwei verschiedene Kategorien von Schmalgangstaplern. Bei Staplern der ersten Kategorie wird die Kabine des Staplers samt dem Bediener mit dem Hubgerüst angehoben, bei der zweiten Kategorie wird die Kabine des Staplers nicht mit angehoben. Die Stapler der ersten Kategorie eignen sich für die Kommissionierung von Lagergut. Die sogenannten Schwenkschubstapler sind der zweiten Kategorie zuzuordnen. Schwenkschubstapler können die Gabel am Hubgerüst um jeweils 90 Grad nach links und rechts zur Längsrichtung des Staplers drehen. In Abbildung 13 sind die Gabeln um 90 Grad nach rechts in der ersten Ansicht bzw. um 90 Grad nach links in der zweiten Ansicht gedreht. Diese Ausführung des Staplers wird auch als Dreiseitenstapler bezeichnet. Beispielsweise wird bei der Auslagerung von Lagergut aus einem Regal die Gabel des Staplers um 90 Grad zum Regal gedreht und in Gabellängsrichtung zum Regal verschoben. Nachdem die Gabel richtig positioniert ist, wird das Lagergut angehoben und die Gabel wieder in Gabellängsrichtung zurückverschoben. Nach der Entnahme des Förderguts aus dem Regal wird die Gabel wieder zurückgedreht und in Mittelstellung gebracht. Aufgrund der in der Regel geringen Arbeitsgangbreite bei der Verwendung von Schmalgangstaplern werden diese zur Verhinderung von Kollisionen in den Arbeitsgängen durch ein Leitsystem geführt. Gängige Methoden der Führung von Schmalgangstaplern in Arbeitsgängen sind mechanisch Leitsysteme, durch die Anbringung von Schienen, oder magnetische Leitsysteme, durch die Verlegung von Induktionsdrähten.



Abbildung 13: Schmalgangstapler in zwei Ansichten (Dreiseitenausführung) [14]

2.2.4 Kommissionierung

Bei der Kommissionierung werden Artikel aus dem Lager, aufgrund eines Bestellauftrags, ausgelagert und zusammengeführt. Im Auftrag sind die Artikel und die

Menge der jeweiligen Artikel eindeutig festgelegt. Abhängig vom Lagergrundtyp können den Aufträgen Produktionsprozesse oder der Bedarf eines Kunden zugrunde liegen. Nach der Richtlinie VDI 3590 Blatt 1 [15] hat Kommissionieren „*das Ziel, aus einer Gesamtmenge von Gütern (Sortiment) Teilmengen auf Grund von Anforderungen (Aufträge) zusammenzustellen.*“

2.2.4.1 Bereitstellung des Lagerguts

Die Bereitstellung des Lagerguts bei der Kommissionierung kann statisch oder dynamisch erfolgen. Nach ten Hompel et al. [4] wird dadurch bestimmt, ob das zu kommissionierende Lagergut „*zur Durchführung einer Entnahme fördertechnisch bewegt werden muss*“. Es wird also unterschieden, ob das Lagergut für die Entnahme am Lagerplatz verbleibt oder ob es zu einem Kommissionierplatz befördert wird.

Ferner wird nach ten Hompel et al. [4] zwischen einer zentralen und dezentralen Bereitstellung unterschieden: „*Bei der zentralen Bereitstellung findet die Entnahme an einem räumlich festen Punkt, bei der dezentralen Entnahme an verschiedenen räumlichen Punkten statt.*“

Für die vier resultierenden Kategorien gibt ten Hompel et al. [4] die folgenden Beispiele an:

- Statisch und dezentral: Bereitstellung in Fachbodenregalen
- Statisch und zentral: Bereitstellung in einem Kommissioniernest (U-förmige Lageranordnung, in deren Mitte sich die kommissionierende Person befindet)
- Dynamisch und dezentral: Bereitstellung an der Regalfront eines automatisierten Lagersystems
- Dynamisch und zentral: Bereitstellung an zentralem Übergabeort eines automatisierten Lagersystems

2.2.4.2 Abgabe des Lagerguts

Die Abgabe des Lagerguts kann nach ten Hompel et al. [4] ebenfalls in diese vier Kategorien unterteilt werden. Während für die Unterscheidung in zentrale und dezentrale Abgabe die gleiche Logik wie bei der Bereitstellung angewendet wird, unterscheidet man, abhängig davon, ob die Abgabe des Lagerguts auf eine unbewegte Sammeleinrichtung oder auf einen Stetigförderer erfolgt, zwischen statischer und dynamischer Abgabe [4].

Beispiele für die dezentrale Abgabe des Lagerguts sind nach ten Hompel et al. [4] die Techniken Pick-to-Box (statisch) und Pick-to-Belt (dynamisch).

Pick-to-Box

Bei der Pick-to-Box Abgabe werden die im Zuge der Kommissionierung entnommenen Artikel in einen vom Kommissionierer mitgeführten Behälter gelegt. In der Regel werden bei der Kommissionierung mehrere Behälter, welche auf einem Wagen transportiert werden, mitgeführt.

Pick-to-Belt

Bei der Abgabe Pick-to-Belt werden die Artikel vom Lagerplatz auf ein stetiges Fördermittel gelegt. Dieses verläuft parallel zur Regalfront und ist in der Regel angetrieben [4]. Die Sortierung der Artikel gemäß den einzelnen Kommissionieraufträgen erfolgt zu einem späteren Zeitpunkt.

2.2.4.3 Methoden der Kommissionierung

Bei der Kommissionierung wird zwischen auftragsorientierter und artikelorientierter Kommissionierung unterschieden. Bei der auftragsorientierten Kommissionierung werden die einzelnen Kommissionieraufträge separat bearbeitet. Anders ist die Vorgehensweise bei der artikelorientierten Kommissionierung. Dabei werden in einem ersten Schritt die Artikel mehrerer Kommissionieraufträge gesammelt, in einem zweiten Schritt werden die Artikel gemäß den jeweiligen Einzelaufträgen sortiert. Die auftragsorientierte Kommissionierung ist ebenfalls als einstufige Kommissionierung bekannt, die artikelorientierte Kommissionierung wird auch als zweistufige Kommissionierung bezeichnet.

Des Weiteren kann man die Kommissionierung parallel oder seriell ausführen. Bei der parallelen Kommissionierung wird der Kommissionierungsvorgang in verschiedenen Lagerzonen parallel ausgeführt, bei der seriellen Kommissionierung wird der Kommissionierauftrag sukzessive abgearbeitet. Sowohl die auftragsorientierte als auch die artikelorientierte Kommissionierung können parallel oder seriell ausgeführt werden [5].

2.2.4.4 Kommissioniertechniken

Kommissioniertechniken lassen sich prinzipiell zwischen der Kommissionierung mit Beleg und der beleglosen Kommissionierung unterscheiden. Bei der Kommissionierung mit Beleg, z. B. Pick-by-Paper, werden dem Kommissionierer die notwendigen Daten für die Kommissionierung auf einem physischen Beleg zur Verfügung gestellt. Bei der beleglosen Kommissionierung, z. B. Pick-by-Scan, werden dem Kommissionierer die notwendigen Daten für die Kommissionierung auf elektronischem Wege mit Hilfe von entsprechenden Hilfsgeräten zur Verfügung gestellt.

Pick-by-Paper

Bei dieser Kommissioniertechnik erfolgt die Kommissionierung mittels einer Kommissionierliste, genannt Pickliste, bei welcher die notwendigen Informationen auf einem Papierzettel vorzufinden sind. Die kommissionierende Person sucht den auf der Pickliste angegebenen Lagerplatz auf und entnimmt die auf der Pickliste angegebene Menge des Artikels. Nach der Entnahme wird die entsprechende Position auf der Pickliste mit einem Stift gekennzeichnet. Der gleiche Vorgang wird bei der jeweils nächsten Position der Pickliste durchgeführt, solange bis alle Positionen der Pickliste bearbeitet wurden.

Pick-by-Scan

Statt auf einer Pickliste werden die Daten des Kommissionierauftrags bei Pick-by-Scan auf einer MDE ausgegeben. MDEs sind in der Regel mit Bildschirm und Tastatur oder Touchscreen und einem Barcodescanner ausgestattet. Über z. B. Bluetooth oder WLAN wird eine direkte Verbindung der MDE zur Lagerverwaltungssoftware hergestellt. Auf dem Bildschirm der MDE werden Lagerplatz, Artikel und Menge des Artikels ausgegeben. Anders als bei der Kommissionierung mit Pickzettel müssen bei der Kommissioniertechnik Pick-by-Scan zumindest die Artikel bzw. idealerweise auch die Lagerplätze mit einem Identifikationsträger, z. B. Barcode (siehe Unterpunkt 2.3.6), versehen seien. Bei der Kommissionierung wird der Barcode des Lagerplatzes und des Artikels mit der MDE gescannt, der Artikel entnommen und dessen Entnahme auf der MDE bestätigt. Nach diesem Schema werden alle Positionen des Kommissionierauftrags bearbeitet.

Durch die Verbindung zur Lagerverwaltungssoftware kann der Artikelbestand sofort aktualisiert werden, wodurch keine nachträgliche Datenaktualisierung, wie bei der Kommissioniertechnik Pick-by-Paper, notwendig ist. In Abbildung 14 wird eine mögliche Ausführung einer MDE dargestellt. Der Scavorgang wird durch eine Taste am Griff der MDE durch den Kommissionierer ausgelöst.



Abbildung 14: MDE [16]

2.3 Lagerorganisation

Die Lagerorganisation besteht aus Ablauf-, Aufbau- und Informationsorganisation, mit dem Ziel, die Bereitstellungs-, Steuerungs- und Sicherheitsaufgaben zu erfüllen [5]. Durch eine optimierte Lagerorganisation werden Lieferbereitschaft und Wirtschaftlichkeit eines Lagers gewährleistet.

2.3.1 Lagerplatzvergabe

Durch die Strategie bei der Lagerplatzvergabe wird festgelegt, ob das Lagergut an einem vordefinierten Lagerplatz bzw. in einer vordefinierten Lagerzone oder an einem

beliebigen freien Lagerplatz eingelagert wird. Die Strategie der Lagerplatzvergabe wird u. a. durch die physische Beschaffenheit des Lagerguts, die betriebstechnisch optimale Lageroperation und sicherheitstechnische Aspekte bestimmt [7].

Feste Lagerplatzordnung

Bei der festen Lagerplatzordnung wird ein Artikel an einem bestimmten, fest zugeordneten Lagerplatz eingelagert. Diese Strategie der Lagerplatzvergabe wird bei einem großen Lagersortiment mit kleinen Stückzahlen pro Artikel und geringem Artikelvolumen angewandt [5].

Freie Lagerplatzordnung

Bei dieser Strategie kann ein Artikel an einem beliebigen freien Lagerplatz eingelagert werden. Durch die Anwendung der freien Lagerplatzordnung kann gegenüber der festen Lagerplatzordnung eine bessere Ausnutzung der zur Verfügung stehenden Lagerfläche erreicht werden [5]. Jedoch sind bei dieser Strategie ein höherer Organisationsaufwand und eine eindeutige Kennzeichnung der einzelnen Lagerplätze notwendig [5].

Bildung von Lagerzonen

Bei der Bildung von Lagerzonen werden Artikel nach festgelegten Kriterien beurteilt und dadurch einer Lagerung in einer gewissen Lagerzone zugewiesen. Eine Kategorisierung der Artikel kann durch verschiedene Analysemethoden durchgeführt werden. Auf konkrete Analysemethoden wird in Unterpunkt 2.3.3 näher eingegangen. Nach der Kategorisierung der Artikel mit Hilfe der Analysemethoden können beispielsweise Artikel, welche häufig umgeschlagen werden, an Lagerplätzen in geeigneten Lagerzonen gelagert werden.

2.3.2 Auslagerungsstrategien

Auch die Auslagerung von Lagergut kann nach verschiedenen Strategien erfolgen. Die Auswahl der Strategie wird u. a. durch das verwendete Lagersystem oder die Art des Artikels beeinflusst.

FIFO (First In First Out)

Bei der Auslagerungsstrategie FIFO wird jener Artikel zuerst ausgelagert, welcher auch als Erstes eingelagert wurde. Dadurch wird sichergestellt, dass ein Artikel nicht zu lange im Lager verweilt.

LIFO (Last In First Out)

Bei der Auslagerungsstrategie LIFO wird jener Artikel zuerst ausgelagert, welcher als letztes eingelagert wurde. Die Möglichkeit der Auslagerungsstrategie LIFO wird entscheidend durch die Haltbarkeit der Artikel beeinflusst. In der Regel ist die LIFO-Auslagerung bei Artikeln mit Verfallsdatum nicht zielführend.

FEFO (First Expired First Out)

Die Auslagerungsstrategie FEFO ist bei der Lagerung von Artikeln mit Ablaufdatum relevant. Die Auslagerung orientiert sich dabei nicht nach dem Einlagerungszeitpunkt, sondern nach dem Ablaufdatum des jeweiligen Artikels.

2.3.3 Analysemethoden zur Kategorisierung des Waren sortiments

Durch den Einsatz von ABC- und XYZ-Analysen können Artikel eines Lagers anhand bestimmter Kriterien bewertet und klassifiziert werden. Dadurch kann u. a. eine Priorisierung bei der Lagerplatzbelegung durchgeführt werden.

2.3.3.1 ABC-Analyse

Durch eine ABC-Analyse werden Artikel anhand definierter Kriterien in die drei Kategorien A, B und C unterteilt. Die ABC-Analyse ermöglicht das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen, Aktivitäten auf Bereiche von hoher wirtschaftlicher Bedeutung zu lenken und die Effizienz von getätigten Maßnahmen durch einen zielgerechten Einsatz zu erhöhen [17]. Elementare Bestandteile einer ABC-Analyse sind die Festlegung der Klassifizierungskriterien, die Auswertung dieser Kriterien bei allen Artikeln, die Festlegung von Grenzwerten für die Kategorien A, B und C und die Zuordnung der Artikel in die entsprechende Kategorie.

Eine klassische Anwendung der ABC-Analyse ist die Beurteilung des Mengen- und Wertanteils eines Artikels. Durch diese Kriterien können jene Artikel in einem Lager ermittelt und klassifiziert werden, welche einen geringen Mengenanteil, aber hohen Wertanteil des gesamten Bestands ausmachen. Diese Artikel würden der Klasse A zugeordnet werden. Die drei Kategorien dieser Kriterien werden folgend beschrieben:

- A: geringer mengenmäßiger Anteil, hoher wertmäßiger Anteil
- B: mittlerer mengenmäßiger Anteil, mittlerer wertmäßiger Anteil
- C: hoher mengenmäßiger Anteil, geringer wertmäßiger Anteil

Ziel dieser Ausführung der ABC-Analyse ist es folglich, Artikel nach deren Wertanteil bzw. Mengenanteil bzgl. des Gesamtwerts bzw. der Gesamtmenge zu klassifizieren. Ist das Ziel, eine Optimierung der Lagerplatzvergabe zu erreichen, sind die Lagerabgänge der Artikel ein geeignetes Klassifizierungskriterium für die ABC-Analyse. Dadurch soll erreicht werden, dass Artikel mit hohem Lagerumschlag identifiziert und an geeigneten Lagerplätzen positioniert werden.

2.3.3.2 XYZ-Analyse

Im Allgemeinen ist die Kategorisierung mittels ABC-Analyse nicht ausreichend, um differenzierte Entscheidungen über die Behandlung des jeweiligen Artikels treffen zu können [4]. Eine zusätzliche Möglichkeit der Bestandsanalyse ist durch die XYZ-Analyse gegeben. Bei dieser wird z. B. der Verlauf der Lagerabgänge ausgewertet. Daraus ergibt sich, ob die Lagerabgänge des betrachteten Artikels konstant (X),

schwankenden (Y) oder sporadisch (Z) sind. Folglich verfügen X-Artikel über eine hohe, Y-Artikel über eine mittlere und Z-Artikel über eine geringe Vorhersagegenauigkeit.

2.3.3.3 Kombinierte ABC/XYZ-Analyse

Durch eine Kombination der beiden Analysemethoden ABC- und XYZ-Analyse können die Artikel eines Lagers präzise klassifiziert werden. Bei einer Kombination ergeben sich neun mögliche Kategorien. Diese werden in Form einer Matrix in Abbildung 15 dargestellt. Bei dieser Darstellung in Abbildung 15 wird mit der ABC-Analyse die Zugriffshäufigkeit analysiert. Durch die kombinierte Anwendung von ABC- und XYZ-Analyse können erhebliche Rationalisierungspotenziale aufgedeckt werden [4].

Kombination der Analyseverfahren				
Zugriffshäufigkeit				
	A	B	C	
Vorhersagegenauigkeit	X	Hohe Zugriffshäufigkeit Hohe Vorhersagegenauigkeit	Mittlere Zugriffshäufigkeit Hohe Vorhersagegenauigkeit	Niedrige Zugriffshäufigkeit Hohe Vorhersagegenauigkeit
	Y	Hohe Zugriffshäufigkeit Mittlere Vorhersagegenauigkeit	Mittlere Zugriffshäufigkeit Mittlere Vorhersagegenauigkeit	Niedrige Zugriffshäufigkeit Mittlere Vorhersagegenauigkeit
	Z	Hohe Zugriffshäufigkeit Niedrige Vorhersagegenauigkeit	Mittlere Zugriffshäufigkeit Niedrige Vorhersagegenauigkeit	Niedrige Zugriffshäufigkeit Niedrige Vorhersagegenauigkeit

Abbildung 15: Kombination von ABC- und XYZ-Analyse [4]

2.3.4 Kennzahlen in der Lagerlogistik

Bei der Bestimmung von systembeschreibenden Kenngrößen wird nach ten Hompel und Schmidt [7] zwischen Basisdaten und Kennzahlen unterschieden. Ten Hompel und Schmidt [7] geben die folgenden Definitionen für Basisdaten bzw. Kennzahlen an:

„Basisdaten werden als Absolutzahlen bezeichnet und ergeben sich aus unmittelbarer Messung, Zählung, Summation oder Differenz bestimmter Einheiten, oder sie werden als Stammdaten erfasst und übernommen. Gleichzeitig stellen sie die durch ein System zu leistenden Anforderungen und Basisinformationen dar.“

„Kennzahlen sollen aussagekräftige und verdichtete Informationen zur Bewertung und zum Vergleich der Effizienz von Prozessen und Systemen liefern. Dabei kommen sowohl Absolutzahlen als auch Relativzahlen, d. h. in ein Verhältnis gesetzte Zahlen bzw. Daten, zur Anwendung.“

Nach Reichmann et al. [18] werden Kennzahlen „*als jene Zahlen betrachtet, die quantitativ erfassbare Sachverhalte in konzentrierter Form erfassen.*“ Nach dieser Definition werden auch Basisdaten als Kennzahlen angesehen [7]. Auf die Klassifizierung von Basisdaten nach ten Hompel und Schmidt [7] wird nachfolgend eingegangen.

2.3.4.1 Basisdaten

Basisdaten werden nach ten Hompel und Schmidt [7] in die Gruppen Stammdaten, Bestandsdaten, Bewegungsdaten und sonstige Systemdaten eingeteilt. Beispiele für wesentliche Basisdaten nach Ten Hompel und Schmidt [7] werden in Abbildung 16 dargestellt.

Artikelstammdaten	Bestandsdaten	Bewegungsdaten	sonstige Systemdaten
Artikelnummer Bezeichnung Artikelgewicht Artikellänge Artikelbreite Artikelhöhe Mengeneinheit Art Ladeeinheit Beladungsfaktor (Packmenge/ Ladeeinheit) Greifeinheit (Packmenge/ Entnahmeeinheit) Sperrkennzeichen ABC Klassifikation Chargennummer Gewicht/Entnahmeeinheit Gewicht/Ladeeinheit Mandant Verfallkennzeichen Restlaufzeit Sortereignung	Artikelanzahl Gesamtbestand Durchschnittsbestand Mindestbestand/Artikel Anz. LE/Artikel verfügbarer Bestand	Wareneingänge/d Warenausgänge/d Einlagerungen/d Auslagerungen/d Mengenumschlag/a Umlagerungen/d Aufträge/d Aufträge pro Artikel Positionen/Auftrag Positionen/d Zugriffe/Positionen Auftragseingang/h Auftragsdurchlaufzeit Materialdurchlaufzeit Auftragszahl/Auftragsart Doppelspielanteil/d Kompletteinheiten/d	Auftragsarten Ladeeinheitenstammdaten Verpackungsstammdaten Lagerkapazität Flächenrestriktionen Raumrestriktionen Flächen-/Volumennutzungsgrad Anzahl LE/Artikel Anzahl Mitarbeiter/Bereich Krankenstand Betriebskosten (Personal, Energie, Wartung) Investitionskosten (Austausch) Wertumschlag/a Produktivität

h = Stunde d = Tag a = Jahr

Abbildung 16: Wesentliche Basisdaten [7]

Ten Hompel und Schmidt [7] führen zu Basisdaten das Folgende aus:

- In den Stammdaten sind alle wesentlichen Informationen über die grundlegenden Eigenschaften von Artikeln, Ladehilfsmitteln etc. enthalten.
- Bestandsdaten beinhalten Informationen zur gelagerten Menge von Artikeln zu einem Zeitpunkt oder über eine gewisse Zeitperiode. Bestandsdaten sind von besonderer Relevanz für die Sicherung der Lieferfähigkeit.

- Durch die Bewegungsdaten werden alle bedeutenden physischen Lagerprozesse, u. a. Wareneingangs-, Warenausgangs oder Kommissionierprozesse, abgebildet.
- Unter sonstige Systemdaten entfallen u. a. Flächen- und Raumstrukturdaten, Personalstrukturdaten, Kostendaten und Ladeeinheit- und Verpackungsstammdaten.

2.3.4.2 Kennzahlen

Nach Reichmann et al. [18] sind die wichtigsten Elemente einer Kennzahl der Informationscharakter, die Quantifizierbarkeit und die spezifische Form der Information. Unter Informationscharakter wird verstanden, dass durch die Kennzahl wichtige Informationen und Sachverhalte beurteilt werden können, die Eigenschaft der Quantifizierbarkeit einer Variable bringt zum Ausdruck, dass man die Sachverhalte und Zusammenhänge auf einem metrischen Skalenniveau messen kann und durch die spezifische Form soll es möglich sein, komplizierte Strukturen und Prozesse auf vereinfachte Weise darstellen zu können [18].

Allgemein lässt sich festhalten, dass Kennzahlen einen schnellen und aussagekräftigen Überblick über systemrelevante Prozesse ermöglichen sollen.

Wannenwetsch [19] gibt u. a. die nachfolgenden Beispiele für Lagerkennzahlen aus der betrieblichen Praxis an:

- Sicherheitskoeffizient (Verhältnis zwischen dem Sicherheitsbestand und dem durchschnittlichen Lagerbestand)
- Durchschnittliche Wiederbeschaffungszeit (Zeitspanne zwischen dem Bestellvorgang und der Verfügbarkeit eines Artikels)
- Lagerreichweite (Anzahl an Zeiteinheiten, welche der Lagerbestand eines Artikels ausreicht)
- Umschlagshäufigkeit (Anzahl der Entnahmen des Lagerbestandes eines Artikels je Zeiteinheit)

Kennzahlensystem

Werden mehrere Kennzahlen in systematischer Form zusammengeführt, spricht man von einem Kennzahlensystem. Nach Reichmann et al. [18] wird unter Kennzahlensystem „*im Allgemeinen eine Zusammenstellung von Kennzahlen verstanden, wobei die einzelnen Kennzahlen in einer sachlich sinnvollen Beziehung zueinander stehen, einander ergänzen oder erklären und insgesamt auf ein gemeinsames übergeordnetes Ziel ausgerichtet sind.*“

Die Abbildung eines betrachteten Realsystems durch ein Kennzahlensystem wird nach Reichmann et al. [18] in zwei Schritten durchgeführt. Im ersten Schritt (erste Reduktionstufe) werden aus dem Realsystem relevante Sachverhalte ausgewählt und quantitativ erfasst, im zweiten Schritt (zweite Reduktionsstufe) werden die für den

jeweiligen Kennzahlensystemanwender bedeutsamen Kennzahlen ausgewählt [18]. Dieser Zusammenhang zwischen einem Realsystem und einem Kennzahlensystem wird in Abbildung 17 dargestellt.

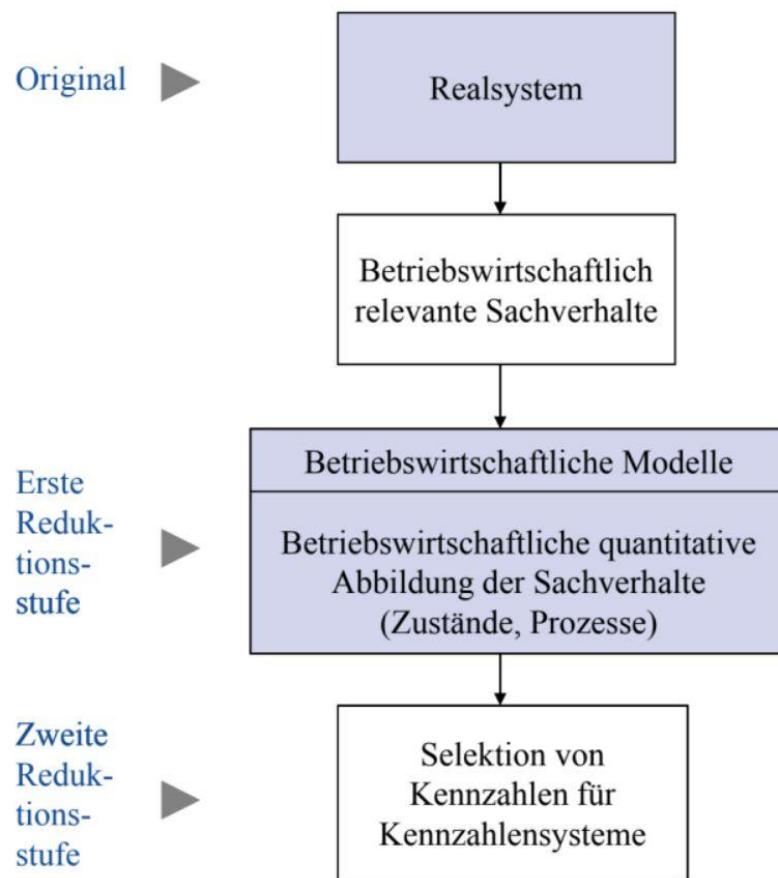


Abbildung 17: Zusammenhang zwischen Realsystem zu Kennzahlensystem [18]

2.3.5 Informationssysteme in der Lagerlogistik

Informationssysteme dienen der Steuerung und Optimierung von Materialflüssen und logistischen Prozessen [20]. Zu den operativen Aufgaben eines Informationssystems zählen das Erfassen, Speichern, Verarbeiten und Ausgeben von Daten für die Steuerung und Überwachung von Material- und Informationsfluss [21]. Unter Daten werden nummerische, alphanumerische oder binäre Werte verstanden, welche in Relation zu einem Bezugssystem zu Informationen werden [22].

In Abbildung 18 wird eine Übersicht der wesentlichen Informationssysteme zur Steuerung der Supply-Chain-Prozesse in der Unternehmenslogistik gegeben.

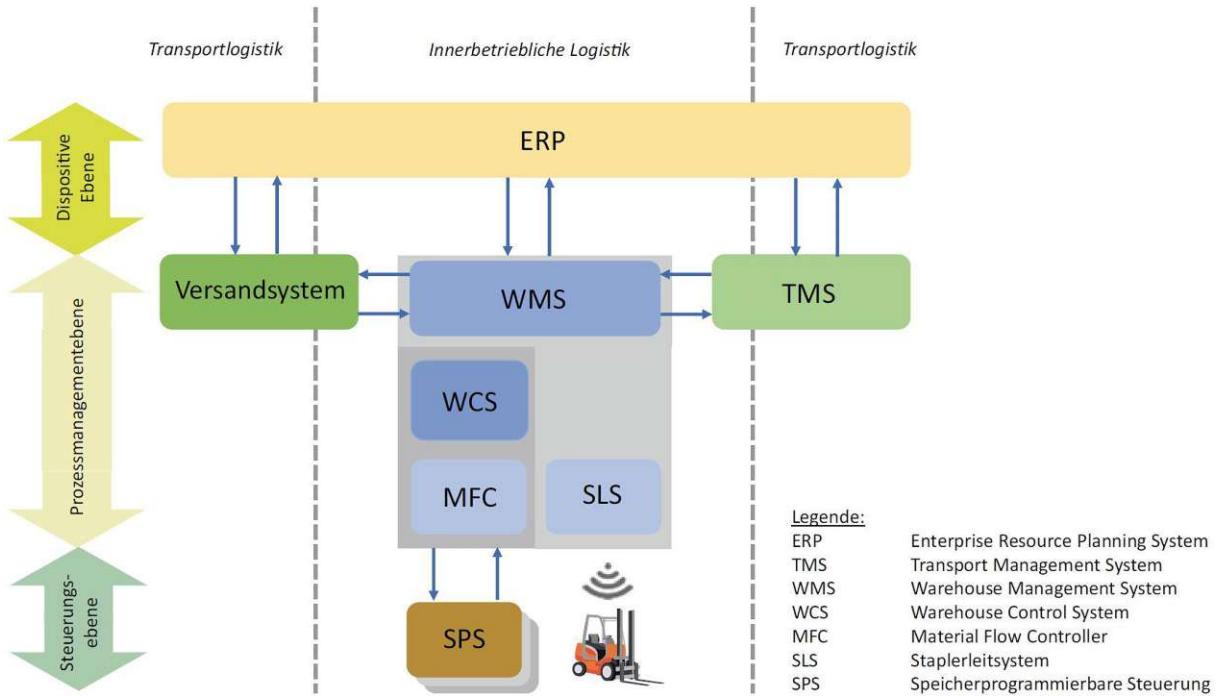


Abbildung 18: Informationssysteme in der Unternehmenslogistik [22]

In der Abbildung 18 ist ersichtlich, dass ein überlagertes ERP-System als zentrales System fungiert. ERP-Systeme sind in der Regel modular aufgebaut und ermöglichen es einem Unternehmen vorhandene Ressourcen möglichst effizient einzusetzen. Mit einem ERP-System können alle Kerngeschäftsprozesse eines Unternehmens in einem zentralen System abgebildet werden. In einem ERP-System werden in der Regel auch die Stammdaten eines Unternehmens zentral gepflegt und über Schnittstellen an andere Informationssysteme übertragen [23]. Ein System, an welches Daten von einem ERP-System übertragen werden können, ist ein Warehouse Management System (WMS).

Ein WMS ist ein Informationssystem zur Verwaltung von Lagerbeständen und Lagerprozessen. Die in einem ERP-System zentral gepflegten Artikelstammdaten werden in einem WMS mit lagerspezifischen Daten, welche direkten Einfluss auf die Handhabung des Lagerguts haben, ergänzt [23]. Da sowohl im ERP-System als auch im WMS die Lagerbestände verwaltet werden, ist auf die notwendige Synchronität der beiden Datenführungen, bei der Auslegung der Datenschnittstelle, zu achten [23].

Ein wichtiges Subsystem eines WMS ist ein Warehouse Control System (WCS), welches für die Steuerung von Förder- und Lagersystemen und die Verarbeitung von Daten aus Hilfsgeräten, wie MDEs oder Wiegesystemen, verwendet wird [23].

2.3.6 Datenerfassung von Objekten

Damit Daten in einem Informationssystem verarbeitet werden können, müssen diese zuerst erfasst werden. Beispielsweise müssen in der Lagerlogistik bei der Einlagerung von Artikeln die entsprechenden Artikel- und Lagerplatzdaten, für eine weitere

Verarbeitung im Informationssystem, erfasst werden. Die Datenerfassung kann dabei auf verschiedene Arten erfolgen. Nachfolgend wird auf opto-elektronische Verfahren und Sender-Empfänger-Systeme näher eingegangen.

Opto-elektronische Verfahren

Nach Bauer et al. [24] war die Verwendung von Barcodes im Jahr 2019 immer noch die meistgenutzte Methode für die Kennzeichnung von Objekten im logistischen Umfeld. Barcodes können dabei in verschiedenen Formen zum Einsatz kommen. Gängige Ausführungen sind Varianten von 1D-Barcodes und 2D-Barcodes. Der 1D-Barcode ist ein Code, der aus einer Abfolge von Strichen und Lücken unterschiedlicher Breite besteht. In Abbildung 19 wird eine mögliche Ausführung eines 1D-Barcodes in Form des GS1-128 Barcodes dargestellt.



Abbildung 19: 1D-Barcode Variante: GS1-128 [25]

Bei einem 2D-Barcode werden die Daten in zwei Dimensionen dargestellt. Dadurch kann mit einem 2D-Barcode eine größere Menge an Daten als mit einem 1D-Barcode gespeichert werden. Eine Variante eines 2D-Barcodes, die GS1-Datamatrix, wird in Abbildung 20 mit Erklärungen zum Aufbau dargestellt.

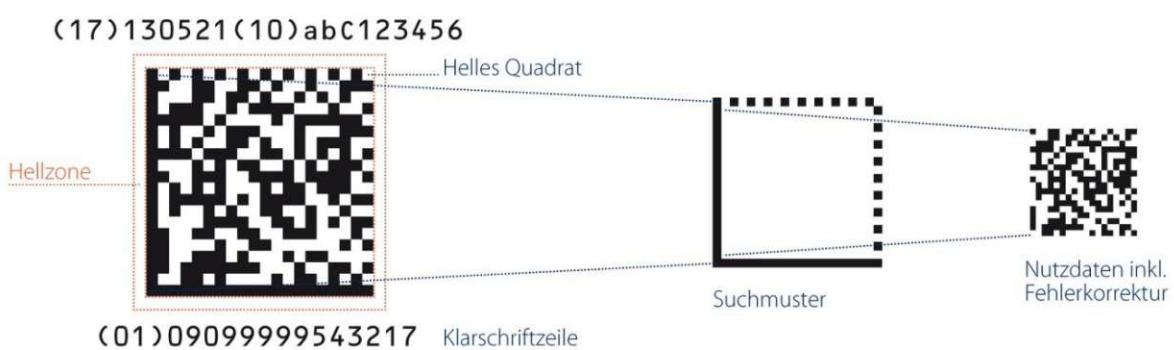


Abbildung 20: 2D-Barcode Variante: GS1-Datamatrix [26]

Ein Barcode kann durch eine sogenannte Klarschriftzeile (siehe Abbildung 19 und Abbildung 20), welche die im Barcode verschlüsselten Daten für den Menschen lesbar darstellt, ergänzt werden. In der Regel wird ein Barcode jedoch mit Hilfe eines opto-elektronischen Verfahrens eingelesen. Bei der opto-elektronischen Identifikation von

Barcodes können eine Vielzahl unterschiedlicher Lesegeräte verwendet werden. Eine Möglichkeit ist die Identifikation mittels Laserscanner. Die Funktionsweise eines Laserscanners kann nach Arnold und Furmans [27] folgend beschrieben werden:

- Ein mit einem Laser erzeugter Lichtstrahl wird mit sehr hoher Geschwindigkeit vielfach über den Barcode geführt, welcher den Laserstrahl abhängig von der Sequenz von dunklen Strichen und hellem Hintergrund reflektiert.
- Durch die verschiedenen Strichdicken bzw. Abstände zwischen den Strichen entsteht eine spezifische Reflexion, welche auf einen Detektor im Laserscanner trifft. Der Detektor bildet in weitere Folge eine elektrische Impulsfolge aus der Reflexion.
- Die elektrische Impulsfolge wird schließlich in ein binäres Signal umgewandelt, welches decodiert werden kann und es ermöglicht, die im Barcode gespeicherten Daten auszuwerten.

Laserscanner können für die Identifikation von 1D-Barcodes eingesetzt werden, jedoch muss die Identifikation von 2D-Barcodes durch 2D-Systeme, z. B. mit kamerabasierten Lesegeräten, durchgeführt werden [28]. Dabei wird der Barcode für eine Identifikation in das Sichtfeld der Kamera des Lesegerätes gebracht. Anschließend wird der Barcode durch eine entsprechende Software vom System lokalisiert und entschlüsselt. In der Regel können mit kamerabasierten Lesegeräten auch 1D-Barcodes identifiziert werden [28].

Sender-Empfänger-Systeme

Alternativ zur opto-elektronischen Identifikation von Objekten mit Hilfe von Barcodes kann die Datenerfassung mit Hilfe von Sender-Empfänger-Systemen erfolgen. Dabei werden Daten mit Hilfe von elektromagnetischen Feldern übertragen. Die Daten des Objekts, welches erfasst werden soll, werden dabei von einem am Objekt befestigten Transponder an ein Lesegerät übermittelt. Dieses Lesegerät ist in der Regel mit dem verwendeten Informationssystem verbunden, wodurch die Daten unmittelbar übertragen und verwendet werden können.

Vorteile von Sender-Empfänger-Systemen gegenüber opto-elektronischen Verfahren sind u. a., dass die Objekte für die Identifizierung nicht ausgerichtet werden müssen und keine direkte Sichtverbindung zwischen dem Empfängergerät und dem Sender bestehen muss. Zusätzlich sind Sender-Empfänger-Systeme unempfindlich gegenüber einer etwaigen Verschmutzung des Identifikationsträgers.

Auf ein in der Logistik etabliertes Sender-Empfänger-System, die Radio-Frequency Identification (RFID), wird in Unterpunkt 2.5.2 näher eingegangen.

2.4 Prozessmodellierung

Bevor eine grafische Prozessdarstellung im Rahmen der Prozessmodellierung durchgeführt werden kann, ist es erforderlich den betrachteten Prozess zunächst durch eine entsprechende Prozessdokumentation exakt zu erfassen und zu dokumentieren. Nach Brecht-Hadraschek und Feldbrügge [29] lässt sich ein Prozess als „*eine Kette von zusammenhängenden Aktivitäten, die gemeinsam einen Kundennutzen schaffen*“ definieren. Der Prozess kann unternehmensübergreifend, abteilungsübergreifend oder personenübergreifenden sein, es gilt jedoch stets, dass der Kunde eines Prozesses einen Output, z. B. eine Information oder eine gelieferte Ware, erhält [29]. Allgemein kann festgehalten werden, dass durch einen Prozess ein Output aus einem Input gebildet wird.

Im Zuge der Modellierung werden die Aktivitäten vom Input bis zum Output eines Prozesses in entsprechender Anordnung grafisch dargestellt. Die Modellierung des Prozesses kann dabei in verschiedenen Modellierungssprachen durchgeführt werden. Durch die Anwendung einer bestimmten Modellierungssprache wird eine für die Modellierung des Prozesses festgelegte Darstellungsform vorgegeben.

Flussdiagramm

Das Flussdiagramm mit der nach DIN 66001 [30] genormten Symbolik ist eine mögliche Darstellungsform für Prozesse. Nach Wilhelm [31] wird aus einem Flussdiagramm ersichtlich, welche Prozessschritte den Input in den Output überführen, die Art und Weise wie die einzelnen Prozessschritte miteinander verbunden sind und damit welche Folgebeziehung zwischen ihnen bestehen und welche Informationen für die Durchführung der Prozessschritte benötigt werden. Der grundsätzliche Aufbau eines Flussdiagramms ist nach Wilhelm [31]:

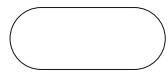
- Die Prozessschritte werden gemäß ihrer logischen bzw. zeitlichen Abfolge von oben nach unten angegeben.
- Ganz oben wird der prozessauslösende Input angegeben bzw. ganz unten wird das Ergebnis nach dem Ende des Prozesses, der Output, angegeben.
- Dokumente und Daten links von einem Prozessschritt sind notwendig, um den Prozessschritt auszuführen bzw. Dokumente und Daten rechts von einem Prozessschritt sind nach der Ausführung des Prozessschrittes vorhanden.

Vorteilhaft an einem Flussdiagramm ist nach Wilhelm [31], dass dieses einfach zu erstellen ist und bei entsprechender Ausführung vom Betrachter sofort verstanden wird, wie der Prozess verläuft und worum es im Wesentlichen geht.

Laukemann [32] bewertet die Anforderungen an Modellierungssprachen mit den Kategorien sehr schlecht, schlecht, neutral, gut und sehr gut. Beim Flussdiagramm werden nach Laukemann [32] Verständlichkeit und Einfachheit als sehr gut, Flexibilität und Zeitaufwand als gut, Genauigkeit und Kompaktheit als neutral und Vollständigkeit

als schlecht bewertet. (Anm.: Laukemann [32] verwendet die in der DIN 66001 [30] verwendete Bezeichnung Programmablaufplan anstatt Flussdiagramm.)

Eine Auswahl der nach DIN 66001 [30] genormten Symbolik samt Erläuterungen kann der Abbildung 21 entnommen werden.



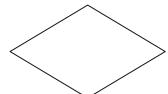
Grenzstelle: Mit einem Rechteck mit abgerundeten Ecken werden der Anfang (Input) und das Ende (Output) des Prozesses dargestellt.



Prozessschritt: Mit einem Rechteck wird ein Prozessschritt dargestellt.



Verbindung: Mit einem Strich werden die Abfolge des Prozesses und die Beziehungen zwischen Prozessschritten und Dokumenten bzw. Daten festgelegt. (Der Pfeil wird bei Abweichungen von den Vorzugsrichtungen von links nach rechts bzw. von oben nach unten eingesetzt.)



Verzweigung: Mit einer Raute wird eine Verzweigung dargestellt. Bei dieser wird überprüft ob eine Bedingung erfüllt wird. Die beiden Ausgänge werden dementsprechend mit ja oder nein gekennzeichnet.



Dokument: Mit einem Rechteck mit einer geschwungenen Unterseite wird ein Dokument dargestellt.



Daten: Mit einem Parallelogramm werden allgemeine Daten dargestellt.



Verbindungsstelle: Mit einem Kreis werden Verbindungsstellen dargestellt. Diese werden angewendet wenn sich die Darstellung des Flussdiagrammes über mehr als eine Seite erstreckt.

Abbildung 21: Symbolik nach DIN 66001 [30] mit Erläuterungen

Business Process Model and Notation (BPMN)

Die BPMN ist ebenfalls eine mögliche Darstellungsform für Prozesse. Der aktuelle Standard dieser Modellierungssprache ist unter der Bezeichnung BPMN 2.0 bekannt. Grafische Elemente, welche bei der BPMN verwendet werden, sind unterteilt in Ablaufelemente, Verbindungselemente, Pools und Schwimmbahnen und Artefakte.

Die Ablaufelemente umfassen Aktivitäten (Rechtecke mit abgerundeten Ecken), Ereignisse (Kreise) und Gateways (Rauten). Durch die Verbindungselemente wird die Reihenfolge und der Fluss der Elemente in der Darstellung festgelegt. Pools und Schwimmbahnen werden verwendet, um die Organisationsstruktur und die Rollen von Prozessbeteiligten festzulegen. Pools (z. B. ein Unternehmen) repräsentieren, welche Organisationseinheit für einen dargestellten Prozess verantwortlich ist. Mit Schwimmbahnen (z. B. eine Abteilung eines Unternehmens) werden spezifische

Rollen innerhalb einer Organisationseinheit dargestellt. Mit Artefakten werden zusätzliche Informationen, z. B. Datenobjekte, im Prozess dargestellt.

Bei der BPMN werden nach Laukemann [32] Genauigkeit, Vollständigkeit, Verständlichkeit, Einfachheit, Flexibilität, Zeitaufwand und Kompaktheit als gut bewertet.

Ereignisgesteuerte Prozesskette (EPK)

Mit der EPK ist eine weitere Möglichkeit der Darstellungsform von Prozessen gegeben. Die grundlegenden Elemente eines EPK-Modells sind Funktion (Rechteck mit abgerundeten Ecken), Ereignis (Sechseck) und Operator (Kreis mit Symbol).

Unter Funktionen versteht man Aktivitäten, welche im Rahmen des Prozesses durchgeführt werden. Ereignisse entsprechen Zuständen, welche eine Aktivität auslösen bzw. durch eine Aktivität erzeugt werden. Zusätzlich zu Ereignissen und Funktion können Prozesse bei EPK-Modellen mit Hilfe von Operatoren (z. B. UND-Operator) dargestellt werden.

Eine erweiterte Version der EPK ist durch die erweiterte Ereignisgesteuerte Prozesskette (eEPK) gegeben. Dabei können abgebildete Funktion zusätzlich mit Informationsobjekten und ausführenden Einheiten verbunden werden.

Bei der EPK werden nach Laukemann [32] Verständlichkeit und Einfachheit als sehr gut, Genauigkeit, Vollständigkeit, Flexibilität und Zeitaufwand als gut und Kompaktheit als schlecht bewertet.

2.5 Digitale Transformation der Lagerlogistik

Die digitale Transformation in der Industrie macht auch vor der Logistik bzw. der Lagerlogistik nicht halt. Verfahren wie die bereits erwähnte Kommissionierung mit Hilfe einer MDE sind nur ein erster Schritt auf dem Weg. Im Folgenden wird auf den Begriff Industrie 4.0 und auf ausgewählte Anwendungen in der Lagerlogistik eingegangen.

2.5.1 Definition von Industrie 4.0

Industrie 4.0 ist ein im deutschen Sprachraum weitgehend etablierter Begriff für die digitale Transformation der Industrie. Dieser wurde nach Kagermann et al. [33] im Jahr 2011 auf der Hannover Messe etabliert. Roth [34] definiert Industrie 4.0 folgend:

„Industrie 4.0 umfasst die Vernetzung aller menschlichen und maschinellen Akteure über die komplette Wertschöpfungskette sowie die Digitalisierung und Echtzeitauswertung aller hierfür relevanten Informationen, mit dem Ziel die Prozesse der Wertschöpfung transparenter und effizienter zu gestalten, um mit intelligenten Produkten und Dienstleistungen den Kundennutzen zu optimieren.“

Schmelzpfenning und Krämer [35] geben im Kontext von Industrie 4.0 zwei wichtige Rollen an, welche der Mensch, in der Logistik bzw. Lagerlogistik übernehmen wird. Einerseits übernimmt der Mensch die Kontrollfunktion über größtenteils autonom arbeitende technische Komponenten und greift nur bei Ausnahmesituationen in den Prozess ein, andererseits wird der Mensch, durch die Ausführung von Prozessen, welche nicht vollständig automatisierbar sind, ein Teil des autonomen Systems [35].

2.5.2 Anwendungen in der Lagerlogistik

Datenerfassung mit RFID-Systemen

Der prinzipielle Aufbau eines RFID-Systems wird in Abbildung 22 dargestellt. Bei diesen Systemen werden Daten von einem am Objekt angebrachten RFID-Transponder, welcher aus einem Mikrochip, einer Antenne und gegebenenfalls aus einer Energieversorgung (siehe unten) besteht, an ein RFID-Lesegerät, welches mit einem Informationssystem verbunden ist, übermittelt [36]. Der Datenaustausch zwischen Transponder und Lesegerät erfolgt dabei über ein elektromagnetisches Feld, welches vom Lesegerät aufgebaut wird.

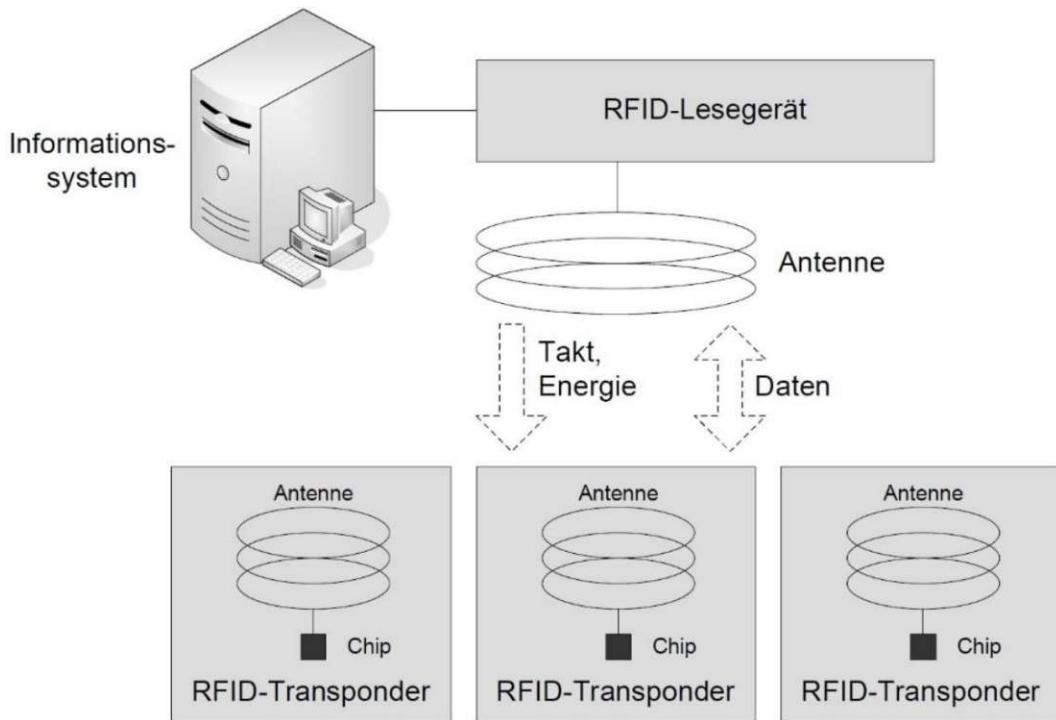


Abbildung 22: RFID-System [36]

RFID-Transponder werden zwischen passiven Transpondern, ohne eigener Energieversorgung, und aktiven Transpondern, mit eigener Energieversorgung, unterschieden. Bei passiven Transpondern wird die Energie für den Betrieb des Transponders aus dem elektromagnetischen Feld des Lesegeräts gewonnen, bei aktiven Transpondern wird die Energie aus einer eigenen Energieversorgung, z. B. einer integrierten Batterie, gewonnen.

Pick-by-Vision Kommissionierung

Bei der Kommissionierung mit einem Pick-by-Vision-System wird der Kommissionierungsvorgang durch den Einsatz einer Datenbrille (Abbildung 23) unterstützt. Datenbrillen bestehen aus den drei Hauptkomponenten Recheneinheit, Anzeige und Trägereinheit und können durch zusätzliche Hardware, u. a. Kamera oder Bewegungssensoren, ergänzt werden [37]. Durch Datenbrillen wird es ermöglicht, die reale visuelle Wahrnehmung des Brillenträgers durch die Einblendung von Zusatzinformationen zu erweitern. Die dahinterstehende Technologie wird als Augmented Reality bezeichnet.



Abbildung 23: Datenbrille mit integrierter Kamera [38]

Im konkreten Fall der Kommissionierung werden dem Kommissionierer die für den Kommissionierprozess relevanten Daten, Lagerplatz, Artikel und Menge des Artikels, über die Datenbrille zur Verfügung gestellt. Die Datenbrille bezieht die Daten durch eine Verbindung, z. B. über WLAN oder Bluetooth, zur Lagerverwaltungssoftware. Der Scan eines Barcodes kann mit einer in der Datenbrille integrierten Kamera durchgeführt werden. Der Kommissionierer kann während des Kommissionierungsvorgangs mit der Datenbrille z. B. über Sprachanweisungen oder durch die Berührung einer bestimmten Stelle der Datenbrille interagieren. Ein wesentlicher Vorteil beim Einsatz von Pick-by-Vision-Systemen bei der Kommissionierung ist, dass der Kommissionierer, im Vergleich zu Pick-by-Scan-Systemen mit MDEs, beide Hände für den Kommissionierungsvorgang nutzen kann.

Automatisierte Regallager

Die Automatisierung von Lagersystemen kann durch die Implementierung verschiedenster Systeme erreicht werden. Im Unterschied zu nicht automatisierten Lagersystemen, bei denen das Lagergut manuell aus dem Lagersystem entnommen werden muss, kann ein automatisiertes Lagersystem Lagergut automatisch in das Lagersystem einlagern oder aus dem Lagersystem entnehmen und bereitstellen.

Eine Möglichkeit, ein Regallager zu automatisieren, ist durch den Einsatz von Shuttle-Systemen. Eine wesentliche Eigenschaft von Shuttle-Systemen ist die Trennung von

horizontalem und vertikalem Transport [4]. Für den vertikalen Transport werden Lifte eingesetzt, der horizontalen Transport und die Aufnahme und Abgabe des Lagerguts wird von den Shuttle-Fahrzeugen übernommen [4]. Shuttle-Systeme können in die beiden Varianten Systeme mit Behälterlift und Systeme mit Fahrzeuglift unterschieden werden [2]. Bei Systemen mit Behälterlift wird das Lagergut durch die Lifte vertikal transportiert und in der entsprechenden Lagerebene mit Hilfe von Übergangsfächern an das Shuttle-Fahrzeug übergeben oder vom Shuttle-Fahrzeug aufgenommen [39]. Bei Systemen mit Fahrzeugliften ist das Shuttle-Fahrzeug fähig, die verschiedenen Lagerebenen, durch Verwendung des Liftes, zu wechseln [39]. Somit muss, im Gegensatz zum Behälterlift-System, nicht jede Lagerebene mit einem Shuttle-Fahrzeug ausgestattet sein [39]. Zusätzlich zum Wechsel der Ebene, bei der Verwendung von Shuttle-Systemen mit Fahrzeugliften, können Gangwechsel, durch die Verwendung von Quergängen, von beiden Systemen durchgeführt werden [2].

Automatisierte Fördermittel

Eine weitere Möglichkeit, die Automatisierung in einem Lager zu erhöhen, ist durch den Einsatz von FTSs für den Transport von Lagergut gegeben. Durch den Einsatz von FTSs wird ein kontinuierlicher Lagerbetrieb bei gleichzeitiger Reduzierung der Abhängigkeit vom Personal erreicht. Beim Einsatz von FTSs werden flurgebundene Unstetigförderer, diese werden als Fahrerlose Transportfahrzeuge (FTF) bezeichnet, automatisch entlang vorgegebenen Linien gelenkt. FTFs können in verschiedenen Formen ausgeführt sein. Mögliche Ausführungen sind Schepper bzw. Wagen für Transportvorgänge oder Stapler für Stapel- und Transportvorgänge [4].

Ten Hompel et al. [4] führt bzgl. der Führung von FTFs das Folgende aus:

Die Führung von FTFs kann durch die Verwendung von realen oder virtuellen Leitlinien erfolgen. Bei der Verwendung von realen Leitlinien werden die FTFs z. B. mit Hilfe eines induktiven Führungssystems, durch im Boden verlegte stromdurchflossene Leitdrähte, gesteuert. Dieses Führungssystem wurde auch bis zur Jahrtausendwende bei der Mehrheit der eingesetzten FTFs verwendet. Gegenwärtig wird auf Führungssysteme mit virtuellen Leitlinien, mehrheitlich mittels Lasertriangulation, gesetzt. Bei Führungssystemen mit Lasertriangulation werden die Fahrzeuge mit Hilfe von Laserstrahlen, welche durch einen am FTF montierten Laserscanner erzeugt werden, gesteuert. Diese Laserstrahlen werden von entlang des vorgegebenen Weges angeordneten Reflektoren reflektiert und in weiterer Folge mittels Winkel- und/oder Laufzeitmessung ausgewertet.

3 Zielsetzung und methodisches Vorgehen

3.1 Zielsetzung dieser Arbeit

Das in dieser Arbeit betrachtete Handelsunternehmen distribuiert medizintechnische Produkte als Zwischenhändler bzw. selbst patentierte medizinische Produkte vom Standort des Lagers an ihre Kunden. Um eine wirtschaftliche Lagerhaltung zu gewährleisten, ist die Bestimmung von Lagerkennzahlen notwendig. Deshalb soll für die Lagerlogistik des Unternehmens ein Kennzahlensystem entwickelt werden. Darin soll die Auswertung von Kennzahlen, welche für den Betrieb des Lagers von Bedeutung sind, erfolgen. Zusätzlich soll durch die Bestimmung von Grenzwerten für bestimmte Kennzahlen eine bessere Einordnung der Kennzahlenwerte ermöglicht werden. Die monatliche Aktualisierung der Werte des Kennzahlensystems soll weitestgehend automatisiert erfolgen. Ausgewählte Ergebnisse des monatlich ausgewerteten Kennzahlensystems sollen der Geschäftsführung in Form eines Kennzahlenreports zur Verfügung gestellt werden. Dieser Kennzahlenreport soll der Geschäftsführung zur Steuerung und Kontrolle des Lagerbetriebs dienen. Für die monatliche Bereitstellung des Kennzahlenreports an die Geschäftsführung soll eine geeignete Vorgehensweise entwickelt werden.

Ausgehend von den Ergebnissen einer IST-Analyse, dem IST-Stand, sollen Möglichkeiten zur Verbesserung der Lagerlogistik des Unternehmens ermittelt werden. Diese Optimierungspotenziale bilden in ihrer Gesamtheit den SOLL-Stand der Lagerlogistik. Die sich durch eine Einführung des SOLL-Stands ergebenden Verbesserungen sollen anhand des IST-Stands der Lagerlogistik bewertet werden.

3.2 Methodik

3.2.1 Erhebung des IST-Stands

Zu Beginn wird die Erhebung des IST-Stands der Lagerlogistik durchgeführt. Dazu werden folgende Erhebungsmethoden angewendet:

- Befragung von Mitarbeitern des Unternehmens zu den Abläufen und Gegebenheiten in der Lagerlogistik
- Geometrische Vermessung des Lagers und die Sichtung von Bauplänen
- Aufnahme von Daten aus der Datenbank des ERP-Systems und Dokumenten des Lagerbetriebs

Durch die Kombination dieser Methoden kann ein umfassendes Bild des Zustands der Lagerlogistik im Unternehmen gewonnen werden. Die erhobenen Daten werden nach der Erhebung für die weitere Verwendung aufbereitet.

Dabei wird ein digitaler Grundriss des Lagerplans mit Hilfe von Microsoft Visio erstellt. In diesen Lagerplan werden ebenfalls die Bereiche des Lagers und die verwendeten Lagersysteme eingezeichnet. Weitere Erkenntnisse bzgl. Kommissionierung, Lagerplatzvergabe etc. werden tabellarisch zusammengefasst.

Um Aufschlüsse über das vorhandene Waren sortiment zu erhalten, werden jene 522 Artikel, welche zum Zeitpunkt der Erhebung des IST-Stands gelagert waren, mittels ABC-Analyse, XYZ-Analyse und einer kombinierten ABC/XYZ-Analyse kategorisiert. Durch die im Zuge der kombinierten ABC/XYZ-Analyse erhaltene Kategorisierung der Artikel, können Rückschlüsse über das Waren sortiment getroffen werden. Außerdem kann durch die erhaltene Kategorisierung eine optimierte Lagerplatzbelegung der Artikel durchgeführt werden.

Die wesentlichen Prozesse in der Lagerlogistik des Unternehmens werden mit Hilfe von Flussdiagrammen mit der nach DIN 66001 [30] genormten Symbolik dargestellt. Die Prozessschritte der darzustellenden Prozesse laufen stets sequenziell ab. Für die Ausführung der dargestellten Prozesse sind nicht mehrere prozessbeteiligte Mitarbeiter erforderlich. Zusätzlich sind die darzustellenden Prozesse durch eine Aufteilung in Warenannahme und Identifikation, Einlagerung, Kommissionierung und Versand nicht zu lange und komplex. Mit der Darstellungsform Flussdiagramm können die Prozesse der Lagerlogistik des Unternehmens aus genannten Aspekten ausreichend detailliert dargestellt werden. Zusätzlich überzeugt die Darstellungsform Flussdiagramm aufgrund ihrer nach Laukemann [32] sehr guten Verständlichkeit und Einfachheit. (siehe Unterpunkt 2.4)

3.2.2 Entwicklung eines Kennzahlensystems

Nach der erfolgten Aufnahme des IST-Stands soll ein Kennzahlensystem für die Lagerlogistik, welches der Geschäftsführung als monatliche Kontrollübersicht dient, entwickelt werden. Zu Beginn werden die Anforderungskriterien an das Kennzahlensystem mit der Geschäftsführung des Unternehmens festgelegt. Dabei werden folgende Anforderungskriterien für das Kennzahlensystem bestimmt:

- Bereitstellung von Lagerabgangsdaten der Artikel und deren zeitliche Entwicklung
- Bereitstellung von Lagerbestandsdaten der Artikel und Daten, welche das Bestandsmanagement der Artikel erleichtern
- Bereitstellung von Daten, welche die Entwicklung des gesamten Lagers wiedergeben

Auswahl der Kennzahlen

Aufbauend auf den beschriebenen Anforderungskriterien an das Kennzahlensystem und den zur Verfügung stehenden Datenquellen werden Kennzahlen für das

Kennzahlensystem ausgewählt. Auf die ausgewählten Kennzahlen wird nachfolgend eingegangen.

- Lagerabgänge pro Monat

Die Lagerabgänge pro Tag werden nach ten Hompel und Schmidt [7] unter der Bezeichnung Warenausgänge/d zu den Bewegungsdaten gezählt. (siehe Abbildung 16) Bei der in diesem Kennzahlensystem gebildeten Kennzahl werden die Lagerabgänge pro Monat gebildet, da die Daten im Kennzahlensystem monatlich aktualisiert werden.

- Durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf, sechs und drei Monaten

Aufbauend auf den Lagerabgängen pro Monat werden Kennzahlen für die Durchschnittswerte der Lagerabgänge pro Monat für die vergangen zwölf, sechs und drei Monate gebildet. Durch die Bildung von Durchschnittswerten von mehreren Monaten für die Lagerabgänge pro Monat können etwaige monatliche Ausreißer abgeschwächt werden.

- Trend der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat

Mit den gebildeten Durchschnittswerten der Lagerabgänge pro Monat wird die Kennzahl Trend der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat gebildet. Diese Kennzahl wurde durch Überlegungen zu der, mit der Geschäftsführung festgelegten, Darstellung der zeitlichen Entwicklung der Lagerabgangsdaten entwickelt. Dabei wird den Artikeln, abhängigen von den Werten der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat, ein Trend (z. B. sinkend) zugewiesen.

- Durchschnittlicher Lagerbestand in den letzten zwölf Monaten

Der durchschnittliche Lagerbestand wird nach ten Hompel und Schmidt [7] unter der Bezeichnung Durchschnittsbestand zu den Bestandsdaten gezählt. (siehe Abbildung 16) Bei der im Kennzahlensystem gebildeten Kennzahl wird der durchschnittliche Lagerbestand der letzten zwölf Monaten gebildet.

- Aktueller Lagerbestand

Der aktuelle Lagerbestand wird nach ten Hompel und Schmidt [7] unter der Bezeichnung verfügbarer Bestand ebenfalls zu den Bestandsdaten gezählt. (siehe Abbildung 16)

- Lagerumschlag pro Monat (durchschnittlich und aktuell) und Lagerreichweite in Monaten (durchschnittlich und aktuell)

Mit den Kennzahlen aktueller Lagerumschlag pro Monat und aktuelle Lagerreichweite in Monaten werden Kennzahlen dargestellt, welche sowohl die aktuell durchschnittlichen Lagerabgänge als auch den aktuellen Lagerbestand eines Artikels berücksichtigen. Mit den Kennzahlen durchschnittlicher

Lagerumschlag pro Monat und durchschnittliche Lagerreichweite in Monaten werden Kennzahlen für die Beurteilung der Werte der aktuellen Kennzahlen bereitgestellt. Wannenwetsch [19] gibt die Umschlagshäufigkeit und die Lagerreichweite als Beispiele für Lagerkennzahlen aus der betrieblichen Praxis an. (siehe Unterpunkt 2.3.4.2)

- Lieferrhythmus des Artikels in Monaten, unterer und oberer Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten

Diese Kennzahlen wurden durch Überlegungen zu der Bildung von Grenzwerten für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten entwickelt. Die Überlegung dahinter ist, dass der untere Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten dem Lieferrhythmus des Artikels in Monaten entspricht und der obere Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten initial mit dem dreifachen Wert des Lieferrhythmus des Artikels in Monaten festgelegt wird.

- Fazit

Die Kennzahl Fazit wurde entwickelt, um einen schnellen Überblick darüber zu geben, ob die aktuelle Lagerreichweite in Monaten des Artikels sich innerhalb der festgelegten Grenzwerte befindet.

- Lagerbestand, Lagerabgänge und Kapitalbindung für das Gesamtlager

Da auch die Bereitstellung von Kennzahlen, welche das gesamte Lager abbilden, mit der Geschäftsführung festgelegt wurden, werden der Lagerbestand, die Lagerabgänge und die Kapitalbindung für das Gesamtlager als Kennzahlen für das Kennzahlensystem ausgewählt.

Aufbereitung, Verarbeitung und Visualisierung der Daten und Bereitstellung des Kennzahlenreports

In weiterer Folge wird eine Abfolge von Automatisierungen entwickelt, um den Aufwand der monatlichen Erstellung des Kennzahlenreports zu minimieren. Dadurch kann erreicht werden, dass eine Vielzahl von Bearbeitungsschritten von den Rohdaten bis zum fertigen Kennzahlenreport mit geringem Aufwand erledigt werden kann.

Dabei wird mit Hilfe von VBA-Programmcodes, welche in Microsoft Excel angewendet werden können, eine größtenteils automatisierte Aufbereitung der vom ERP-System monatlich generierten Lagerberichte erreicht.

Die aufbereiteten Daten des ERP-Lagerberichts werden in weiterer Folge mit Lieferantendaten und Lagerabgangsdaten der Artikel in einer Excel-Arbeitsmappe zusammengeführt. In dieser Arbeitsmappe wird das Kennzahlensystem gebildet. Die monatliche Datenaktualisierung wird durch ein erstelltes Grundgerüst in der Arbeitsmappe und die Anwendung von Excel-Formeln größtenteils automatisiert vollzogen. Zusätzlich wird in dieser Arbeitsmappe der Kennzahlenreport in Form eines

Dashboards gebildet. Dabei werden die Kennzahlen für das gesamte Lager in Form von Diagrammen präsentiert. Die Kennzahlen für die einzelnen Artikel werden in tabellarischer Form zur Verfügung gestellt.

Abschließend wird eine Methode für die monatliche Bereitstellung des Kennzahlenreports an die Geschäftsführung entwickelt. Dafür wird Microsoft Sharepoint verwendet. Dadurch wird die Bereitstellung der Excel-Arbeitsmappe an die Geschäftsführung durch eine zentrale Speicherung vereinfacht.

3.2.3 Ableitung eines SOLL-Stands

Aufbauend auf dem IST-Stand des Unternehmens und dem Stand der Technik in der Lagerlogistik soll ein SOLL-Stand der Lagerlogistik des Unternehmens abgeleitet werden. Bei der Ausarbeitung des SOLL-Stands wird auch die Umsetzungsmöglichkeit der Optimierung im Unternehmen einbezogen. Die sich ergebenden Verbesserungen bei einer Anwendung der Optimierungskonzepte werden anhand des IST-Stands beurteilt.

Konkret wird auf den Einsatz von opto-elektronischen Verfahren für die Datenerfassung von Objekten durch die Verwendung von Barcodes eingegangen. Durch eine Anwendung dieses Verfahrens sollen die Prozesse Warenannahme und Identifikation, Einlagerung und Kommissionierung wesentlich vereinfacht werden. Zusätzlich soll die Transparenz erhöht und die Fehleranfälligkeit reduziert werden.

Außerdem wird ein optimiertes Layout des Lagers erarbeitet. Einerseits werden die Lagersysteme und die Anordnung der Lagersysteme optimiert, sodass die zur Verfügung stehenden Lagerplätze im Einheiten- und Kommissionierlager gesteigert werden können. Andererseits soll durch eine Umstrukturierung der Lagerbereiche der Lagerbetrieb vereinfacht werden.

Abschließend sollen die Ergebnisse der kombinierten ABC/XYZ-Analyse genutzt werden, um eine optimierte Lagerplatzbelegung im Kommissionierlager zu erreichen. Dabei werden die Lagerplätze des Kommissionierlagers, abhängig von ihrer Distanz zum Arbeitsbereich, in Lagerzonen eingeteilt. Die Artikel werden Lagerplätzen in jenen Lagerzonen zugewiesen, sodass sich ein durchschnittlicher Kommissionievorgang, aufgrund der reduzierten Wegzeiten der Mitarbeiter, verkürzt.

4 Erhebung des Lagerlogistik IST-Stands

4.1 Aufteilung des Lagers und gegebene Infrastruktur

Das Lager des betrachteten Unternehmens lässt sich zu der Kategorie der Distributionslager zählen. Vom Standort werden Waren von verschiedenen Lieferanten bezogen und entsprechend den Bestellaufträgen der Kunden kommissioniert und versandt. Die Mitarbeiter können das Lager direkt vom angeschlossenen Bürogebäude erreichen. Die Anlieferung bzw. Abholung von Ware wird über ein Rolltor im Bereich des Wareneingangs bzw. -ausgangs ermöglicht.

In Abbildung 24 wird der, anhand von Vermessungsdaten und Zuhilfenahme des Bauplans des Lagers, erstellte Lagerplan abgebildet. Das Lager lässt sich in die Bereiche Wareneingang (Bereich 1), Warenausgang (Bereich 1), Arbeitsbereich (Bereich 2), Einheitenlager (Bereich 3), Kommissionierlager (Bereich 4) und den Abstellbereich für die Fördermittel (Bereich 5) unterteilen. Der Wareneingang und der Warenausgang des Lagers befinden sich auf der gleichen Fläche des Lagers.

Die verwendeten Lagertechniken werden aus der Legende der Abbildung 24 ersichtlich. Im Einheitenlager wird Regallagerung durch die Verwendung von Palettenregalen eingesetzt. Im Kommissionierlager werden verschiedene Lagertechniken eingesetzt. Zum einen wird Bodenzeilenlagerung im violett gekennzeichneten Bereich angewendet, zum anderen wird Regallagerung eingesetzt. Bei der Regallagerung werden hauptsächlich Fachbodenregale eingesetzt. Zusätzlich werden Behälterregale und Schränke zur Lagerung im Kommissionierlager verwendet.

Im Arbeitsbereich werden Teiltätigkeiten der Warenannahme und Identifikation, der Kommissionierung und des Versands ausgeführt. Bei der Warenannahme und Identifikation können die Daten der Lieferung am Standrechner im ERP-System verbucht werden. Bei der Kommissionierung werden die Artikel, gemäß den Bestellaufträgen, zu den Tischen des Arbeitsbereichs gebracht und zusammengestellt. Beim Versand können die Pakete an der Waage gewogen werden, an den Tischen verpackt und am Standrechner im ERP-System verbucht bzw. dem Logistikdienstleister durch EDI (Electronic Data Interchange) die notwendigen Daten übermittelt werden. Dabei werden die Daten in die entsprechenden Felder einer grafischen Benutzeroberfläche eingetragen und anschließend direkt an den Logistikdienstleister übermittelt.

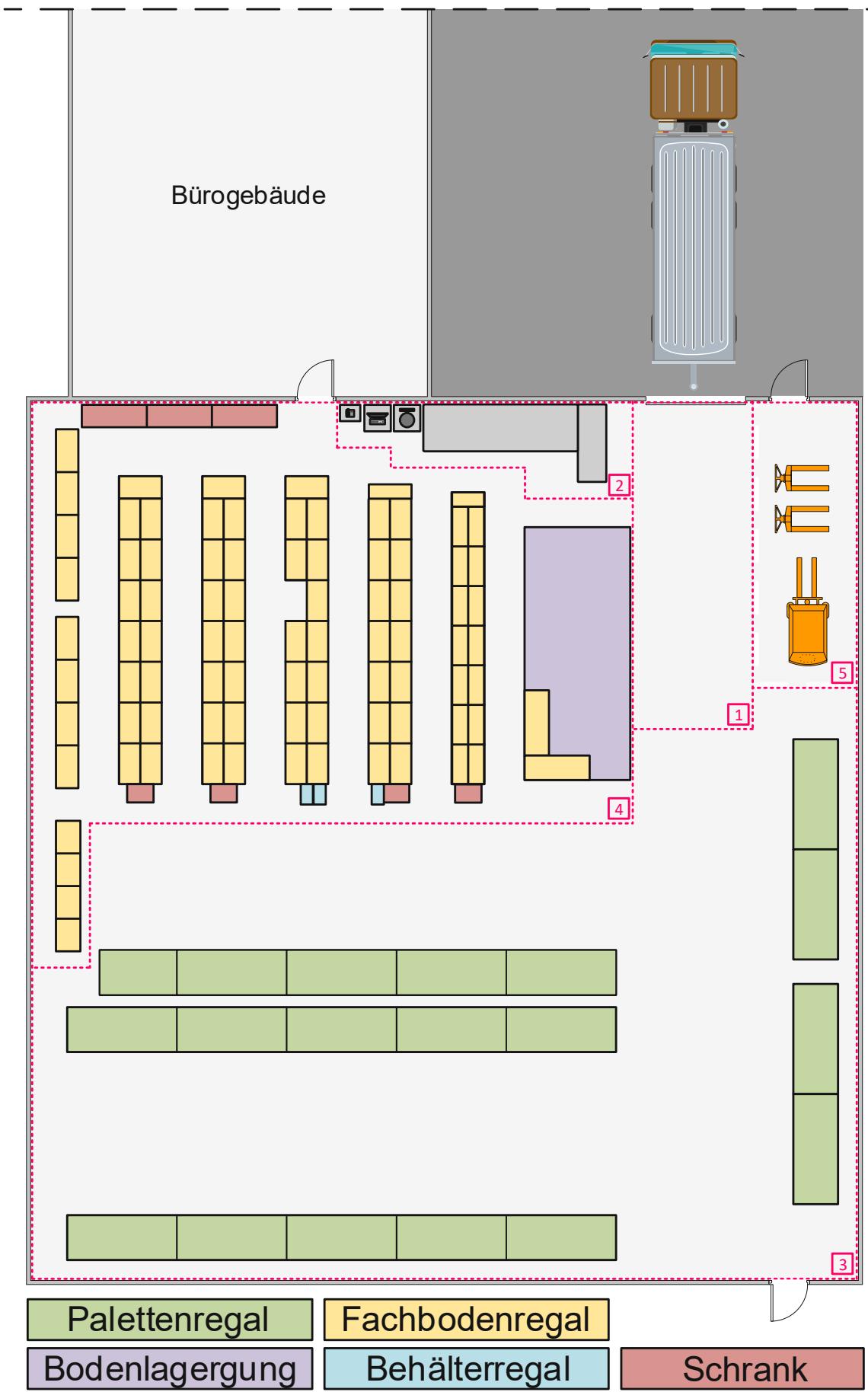


Abbildung 24: Lagerplan mit eingezeichneten Lagerbereichen

In der nachfolgenden Tabelle 1 werden weitere Erkenntnisse der Analyse des IST-Stands der Lagerlogistik angegeben.

Tabelle 1: IST-Stand Auswertung

Betrifft	IST-Stand
Lagertechniken	Einheitenlager: Palettenregallagerung Kommissionierlager: Fachbodenregallagerung, Behälterregallagerung, Schranklagerung und Bodenzeilenlagerung
Fördertechnik	Es werden ausschließlich Unstetigförderer eingesetzt.
Fördermittel	Zur Förderung werden ein Frontgabelstapler, zwei Handhubwagen und sechs Plattformwagen eingesetzt.
Kommissionierung	Bereitstellung: Statisch und dezentral Abgabe: Statisch und dezentral (ohne Hilfsmittel oder bei Bedarf mit Handhubwagen)
Kommissioniermethode	Auftragsorientierte serielle Kommissionierung
Kommissioniertechnik	Pick-by-Paper
Lagerplatzvergabe	Einheitenlager: Freie Lagerplatzordnung Kommissionierlager: Feste Lagerplatzordnung
Auslagerungsstrategie	Einheitenlager: FEFO Kommissionierlager: FEFO
Informationssystem	Einsatz der ERP-Software Odoo.
Datenerfassung	Es werden keine elektronischen Hilfsmittel zur Datenerfassung eingesetzt. D. h. die Daten werden visuell erfasst und mit einem Stift notiert oder auf einer Liste entsprechend gekennzeichnet.

4.2 Warendsortiment

ABC-Analyse

Die ABC-Analyse wurde mit dem Hintergrund eine Optimierung der Position des Lagerplatzes eines Artikels zu erreichen durchgeführt. Daher wurde als Klassifizierungskriterium die durchschnittlichen Lagerabgänge des Artikels pro Monat in den letzten zwölf Monaten gewählt. Dabei wurden folgende Grenzwerte für die Kategorien A, B und C gewählt:

- A: ≥ 40 durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat
- B: >10 und <40 durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat
- C: ≤ 10 durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat

Bei der Bestimmung der Grenzwerte wurden initial gebräuchliche Grenzwerte in der Literatur recherchiert. Darauf aufbauend wurde versucht, die Grenzwerte für die Kategorien so festzulegen, dass mit der durchgeführten ABC-Analyse eine sinnvolle Kategorisierung des Warendsortiments gewährleistet wird.

Für die Berechnung der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat eines Artikels wurden Lagerabgangslisten des Unternehmens, welche die Anzahl der Lagerabgänge der Artikel für jeden Monat beinhalteten, verwendet. Die Durchschnittswerte wurden jeweils aus den Werten der vergangenen zwölf Monate gebildet. Die durchgeführte ABC-Analyse mit den gewählten Grenzwerten ergab, dass von 522 Artikeln

- 45 Artikel (rund 8,6 Prozent) der Kategorie A,
- 82 Artikel (rund 15,7 Prozent) der Kategorie B,
- und 395 Artikel (rund 75,7 Prozent) der Kategorie C

zugeordnet werden können.

XYZ-Analyse

Um die Artikel des Lagers auch nach dem Verlauf der Lagerabgangszahlen zu bewerten, wurde zusätzlich zur ABC-Analyse eine XYZ-Analyse durchgeführt.

Bei der durchgeführten XYZ-Analyse wurden als Klassifizierungskriterium die Anzahl der Monate mit Lagerabgängen aus dem Lager in den letzten zwölf Monaten verwendet. Dabei wurden folgende Grenzwerte für die Kategorien X, Y und Z gewählt:

- X: ≥ 6 Monate mit Lagerabgängen aus dem Lager in den letzten zwölf Monaten
- Y: >2 und <6 Monate mit Lagerabgängen aus dem Lager in den letzten zwölf Monaten
- Z: ≤ 2 Monate mit Lagerabgängen aus dem Lager in den letzten zwölf Monaten

Die Bestimmung der Grenzwerte bei der durchgeführten XYZ-Analyse wurde wiederum nach derselben Vorgehensweise wie bei der Bestimmung der Grenzwerte bei der ABC-Analyse durchgeführt.

Auch bei der XYZ-Analyse konnten die Daten für die Auswertung aus den Lagerabgangslisten des Unternehmens gewonnen werden. Die Auswertung ergab, dass von 522 Artikeln

- 226 Artikel (rund 43,3 Prozent) der Kategorie X,
- 82 Artikel (rund 15,7 Prozent) der Kategorie Y,
- und 214 Artikel (rund 41,0 Prozent) der Kategorie Z

zugeordnet werden können.

Kombinierte ABC/XYZ-Analyse

Durch die Kombination der durchgeführten ABC- bzw. XYZ-Analyse werden die Artikel schließlich in neun Kategorien, welche sich von den gewählten Klassifizierungskriterien der ABC- und XYZ-Analyse ableiten, eingeteilt. Die Auswertung ergab, dass von 522 Artikeln

- 45 Artikel (rund 8,6 Prozent) der Kategorie AX,
- 0 Artikel (0 Prozent) der Kategorie AY,
- 0 Artikel (0 Prozent) der Kategorie AZ,
- 73 Artikel (rund 14,0 Prozent) der Kategorie BX,
- 8 Artikel (rund 1,5 Prozent) der Kategorie BY,
- 1 Artikel (rund 0,2 Prozent) der Kategorie BZ,
- 108 Artikel (rund 20,7 Prozent) der Kategorie CX,
- 74 Artikel (rund 14,2 Prozent) der Kategorie CY,
- und 213 Artikel (rund 40,8 Prozent) der Kategorie CZ,

zugeordnet werden können. Aus den sich ergebenden Artikelanzahlen der einzelnen Kategorien lassen sich Rückschlüsse über das Waren sortiment treffen.

Betrachtete man Artikel, welche in der Kategorie A vertreten sind, so wird ersichtlich, dass diese alle der Kategorie X zugeordnet sind. Auch Artikel, welche der Kategorie B zugeordnet sind, werden größtenteils der Kategorie X zugeordnet. Daraus lässt sich schließen, dass Artikel, deren durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat mittlere bis hohe Werte aufweisen, in der Regel auch konstant aus dem Lager des Unternehmens entnommen werden und daher eine hohe Vorhersagegenauigkeit aufweisen.

Des Weiteren fällt auf, dass rund dreiviertel der Artikel des Waren sortiments der Kategorie C zugeordnet werden. Artikel der Kategorie C weisen lediglich niedrige Werte bei den durchschnittlichen Lagerabgängen pro Monat vor. Die hohe Anzahl an Artikeln der Kategorie C ist darin begründet, dass das betrachtete Unternehmen seine Kunden ganzheitlich mit Artikeln beliefern will, um das Unternehmen für den Kunden attraktiver zu machen. Dadurch werden Artikel im Waren sortiment auch behalten, wenn diese nur geringe durchschnittliche Lagerabgangswerte vorweisen. Bei der Betrachtung des Verlaufs der Lagerabgangszahlen der Artikel der Kategorie C lässt sich kein eindeutiger Trend ableiten. Ungefähr 46 Prozent der Artikel der Kategorie C

werden den Kategorien X und Y zugeordnet und damit konstant bzw. schwankend aus dem Lager entnommen. Diese Artikel besitzen eine hohe bzw. mittlere Vorhersagegenauigkeit. Ungefähr 54 Prozent der Artikel der Kategorie C werden der Kategorie Z zugeordnet. Diese Artikel werden sporadisch aus dem Lager entnommen und besitzen somit lediglich eine niedrige Vorhersagegenauigkeit.

Eine übersichtliche Interpretation der neun Kategorien kann der Einteilung in Abbildung 15 entnommen werden. Durch die Zuordnung der Artikel in die jeweils entsprechende Kategorie kann in weiterer Folge die Lagerplatzbelegung optimiert werden. Auf mögliche Optimierungen wird in Unterpunkt 6.3 näher eingegangen.

4.3 Prozesse in der Lagerlogistik

Im Folgenden wird auf die wesentlichen Prozesse in der Lagerlogistik des Unternehmens eingegangen. Diese sind die Warenannahme und Identifikation, die Einlagerung, die Kommissionierung und der Versand.

Anders als in der Norm DIN 66001 [30] empfohlen, werden Pfeile bei Verbindungslinien nicht nur bei Abweichungen von den Vorzugsrichtungen, sondern für ein besseres Verständnis bei allen Verbindungslinien angegeben. Der von Wilhelm [31] angegebene Grundsatz bzgl. dem Aufbau eines Flussdiagramms, die Prozessschritte von oben nach unten anzuordnen, konnte bei den erstellten Flussdiagrammen, aufgrund des Auftretens mehrerer Verzweigungen, nicht vollständig durchgeführt werden.

4.3.1 Warenannahme und Identifikation

Der Prozess der Warenannahme und Identifikation beginnt mit der vom Logistikdienstleister abgestellten Ware im Wareneingangsbereich des Lagers. Die angelieferte Ware wird im Anschluss bzgl. Schäden, Vollständigkeit, Charge und Ablaufdatum kontrolliert. Die Ergebnisse der Überprüfungen werden mit Hilfe eines Stifts auf dem Lieferschein dokumentiert. Bei Annahme der Lieferung werden die angelieferte Anzahl, die zugehörige Charge und das Ablaufdatum der Artikel im ERP-System verbucht. Falls die Lieferung nicht angenommen wird, wird diese retourniert. Somit ist der Prozessoutput entweder eine erfolgreich abgeschlossene Warenannahme und Identifikation oder eine nicht angenommene und retournierte Lieferung. Der entsprechende Prozess wird in Abbildung 25 dargestellt.

4.3.2 Einlagerung

Der Einlagerungsprozess startet damit, dass angelieferte Artikel für die Einlagerung in das Lagersystem bereitstehen. Zuerst wird überprüft, ob die angelieferten Artikel aufgrund von offenen Bestellungen sofort benötigt werden und gegebenenfalls bereitgestellt. Die restlichen einzulagernden Artikel werden, wenn vorhanden, wieder

in den Prozess integriert. Im nächsten Prozessschritt wird überprüft, ob jene Artikel, welche für die Einlagerung bereitstehen, noch ausreichend im Kommissionierlager eingelagert sind. Abhängig davon teilt sich der Prozess in zwei Prozesszweige.

Falls das Kommissionierlager noch ausreichend befüllt ist, werden die Artikel ausschließlich im Einheitenlager eingelagert. Dabei wird wiederum überprüft, ob Artikel, welche für die Einlagerung bereitstehen, bereits im Einheitenlager eingelagert sind. Sollte dies der Fall sein, wird die Einlagerung abhängig vom Ablaufdatum der bereits eingelagerten Artikel und der Artikel, welche eingelagert werden sollen, vollzogen. Sollten im Einheitenlager keine Artikel mehr gelagert sein, können die Artikel, welche eingelagert werden sollen, ohne Sortierung eingelagert werden.

Wenn das Kommissionierlager jedoch nicht mehr ausreichend befüllt ist, wird der zweite Prozesszweig neuerlich in zwei Prozesszweige, abhängig davon, ob die Artikel, welche für die Einlagerung bereitstehen, im Einheitenlager gelagert sind, unterschieden.

Sind im Einheitenlager noch Artikel eingelagert, werden jene Artikel in das Kommissionierlager eingelagert, welche ein früheres Ablaufdatum besitzen. Wenn die im Einheitenlager eingelagerten Artikel ein früheres Ablaufdatum besitzen, so wird das Kommissionierlager mit diesen Artikeln unter Berücksichtigung des Ablaufdatums befüllt. Die angelieferten Artikel werden abhängig vom Ablaufdatum im Einheitenlager eingelagert. Sollten jedoch die Artikel, welche eingelagert werden sollen, ein früheres Ablaufdatum besitzen, wird das Kommissionierlager mit diesen Artikeln unter Berücksichtigung des Ablaufdatums befüllt. Die restlichen Artikel werden, wenn vorhanden, im Einheitenlager vor den bereits eingelagerten Artikeln gelagert.

Sind im Einheitenlager keine Artikel eingelagert, wird zuerst überprüft, ob Artikel im Kommissionierlager eingelagert sind. Sollten auch im Kommissionierlager keine Artikel mehr gelagert sein, können die Artikel ohne Sortierung im Kommissionierlager eingelagert werden. Wenn jedoch im Kommissionierlager noch Artikel gelagert sind, werden die einzulagernden Artikel abhängig vom Ablaufdatum vor oder hinter den bereits im Kommissionierlager eingelagerten Artikeln positioniert. In beiden Fällen werden die restlichen Artikel, wenn vorhanden, im Einheitenlager gelagert.

Der Output aller Prozesszweige ist ein erfolgreich abgeschlossener Einlagerungsprozess. Der Einlagerungsprozess wird in Abbildung 26 dargestellt.

4.3.3 Kommissionierung

Der Kommissionierprozess beginnt damit, dass Artikel aus dem Lager, aufgrund eines Bestellauftrags eines Kunden, kommissioniert werden sollen. Im ersten Prozessschritt wird der Auftrag im ERP-System verbucht. Das ERP-System generiert einen Lieferschein, welcher in weiterer Folge ausgedruckt wird. Der Lieferschein gibt dem Kommissionierer die notwendigen Informationen für die Durchführung des

Kommissionierauftrags vor. Der Kommissionierer sucht den Lagerplatz der zu kommissionierenden Artikel im Kommissionierlager auf. Nachdem Abgleich von Artikelbezeichnung und Charge entnimmt er die entsprechende Menge an Artikeln vom Lagerplatz. Dieser Vorgang wird wiederholt, bis alle Artikel des Bestellauftrags kommissioniert sind. Anschließend werden die Artikel in den Arbeitsbereich transportiert und für den Versand bereitgestellt. Das Ergebnis des Kommissionierprozesses ist ein abgeschlossener Kommissionierauftrag. Der Kommissionierprozess wird in Abbildung 27 dargestellt.

4.3.4 Versand

Der Versandprozess beginnt damit, dass die Artikel eines kommissionierten Bestellauftrags im Arbeitsbereich des Lagers bereitgestellt sind. Die Artikel werden daraufhin in ein Transportpaket bzw. bei Bedarf in mehrere Transportpakete inklusive des Lieferscheines abgelegt. Bei diesem Vorgang wird die korrekte Zusammenstellung des Bestellauftrags nochmals kontrolliert. Die Pakete werden für einen sicheren Transport mit Polstermaterial ausgefüllt. Anschließend werden die Pakete mittels Waage gewogen. Das Gewicht der Pakete, die Kundennummer des Unternehmens, die Lieferscheinnummer und die Paketanzahl werden am Standrechner im Arbeitsbereich mittels EDI an den Logistikdienstleister übermittelt. Danach können die Pakete mit Klebeband verschlossen und mit dem generierten Versandaufdruck beklebt werden. Mittels Plattformwagen werden die Pakete in den Warenausgang transportiert und verbleiben dort, bis sie an den Logistikdienstleister übergeben werden. Somit ist das Ergebnis des Versandprozesses, dass die Artikel eines Bestellauftrags korrekt verpackt und adressiert an den Logistikdienstleister übergeben worden sind. Der Versandprozess wird in Abbildung 28 dargestellt.

4.3.5 Flussdiagramme der Lagerprozesse

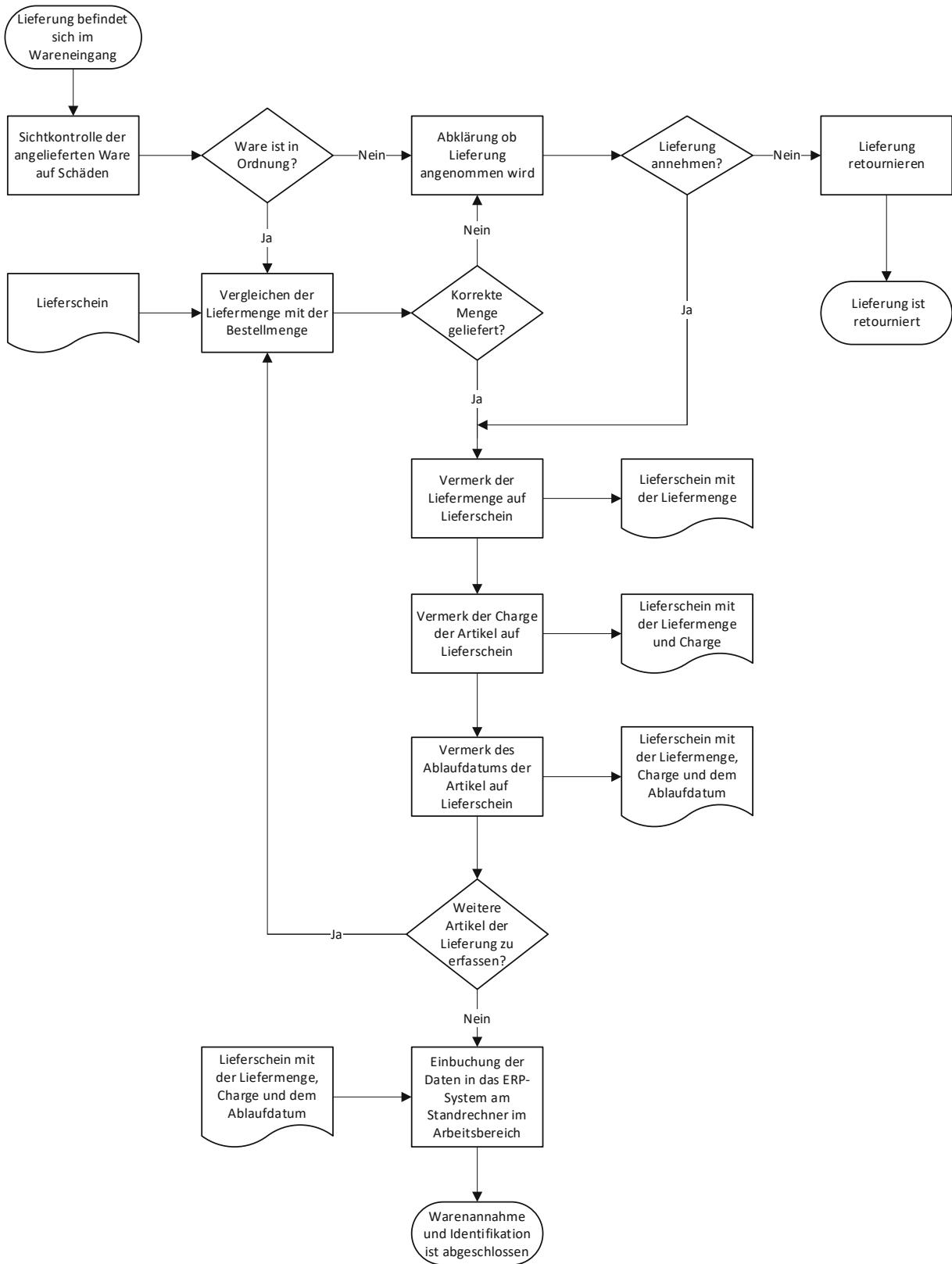


Abbildung 25: Prozessabbildung Warenannahme und Identifikation

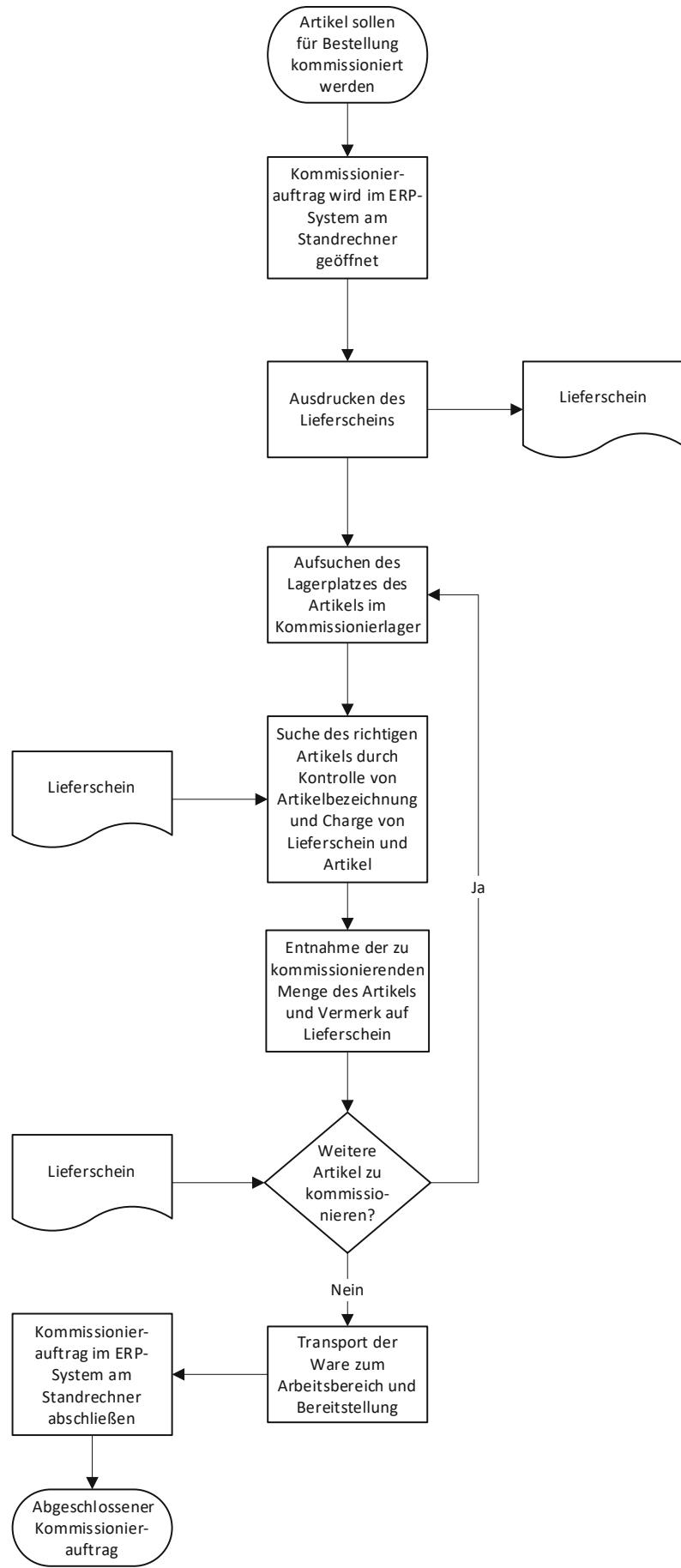


Abbildung 27: Prozessabbildung Kommissionierung

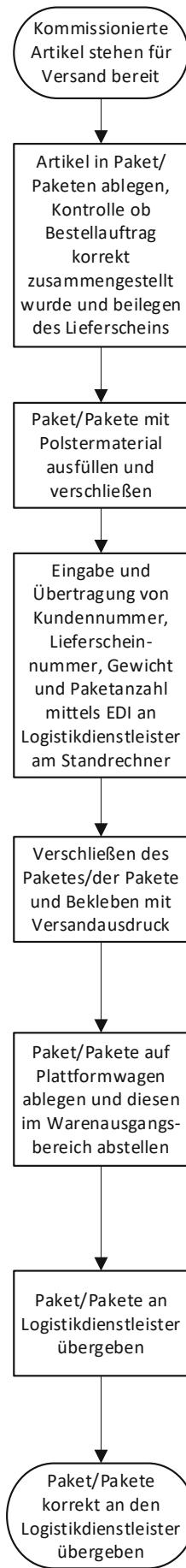


Abbildung 28: Prozessabbildung Versand

5 Entwicklung eines Kennzahlensystems

In diesem Kapitel wird detailliert auf die Entwicklung eines Kennzahlensystems für die Lagerlogistik des betrachteten Unternehmens eingegangen. Der aus dem Kennzahlensystem resultierende Kennzahlenreport soll der Geschäftsführung als monatliche Kontrollübersicht dienen.

Die Entwicklung des Kennzahlensystems lässt sich in die Schritte, Bildung einer Datenbasis, Festlegung der Kennzahlen, Aufbereitung der Daten, Verarbeitung der Daten, Visualisierung und Bereitstellung der Daten unterteilen.

5.1 Datenbasis und Kennzahlen

Die Datenbasis für das Kennzahlensystem wird aus mehreren Datenquellen gebildet. Zum einen werden für alle Lieferanten des Unternehmens Listen geführt, welche die Lagerabgänge jener Artikel, welche der jeweilige Lieferant an das Unternehmen liefert, angeben. Durch diese, von den Mitarbeitern des Unternehmens erstellten und geführten Lagerabgangslisten, können für die vergangenen Jahre die Lagerabgänge pro Monat der jeweiligen Artikel ermittelt werden.

Daten zu den Lieferanten des Unternehmens werden aus einer Lieferantenliste, in welcher alle Lieferanten und deren Lieferrhythmus angeführt werden, gewonnen.

Zusätzlich wird ein durch die ERP-Software monatlich erstellter Bericht des Lagerbestands als Datenquelle verwendet. Dieser automatisch generierte Bericht gibt u. a. den Lagerbestand und den Anschaffungspreis für alle gelagerten Artikel im betrachteten Monat wieder.

Nachfolgend werden die ausgewählten Kennzahlen des Kennzahlensystems detailliert beschrieben. Dabei wird eine Beschreibung, die Berechnungsformel und der für die Berechnung der Kennzahl notwendige Input angegeben.

Die ausgewählten Kennzahlen werden zur besseren Übersicht in die Kategorien Lagerabgangsdaten, Lagerbestandsdaten, Lieferantendaten und Gesamtlagerdaten eingeteilt.

5.1.1 Lagerabgangsdaten

Lagerabgänge pro Monat

Beschreibung: Es werden die Lagerabgänge pro Monat für alle gelagerten Artikel dargestellt.

Input: Lagerabgangslisten des Unternehmens

Durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf, sechs und drei Monaten

Beschreibung: Es werden die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat für alle gelagerten Artikel der letzten zwölf, sechs und drei Monate dargestellt.

Input: Lagerabgänge pro Monat

Berechnung:
$$\frac{\sum \text{Lagerabgänge der betrachteten Monate}}{\text{Anzahl der betrachteten Monate}} \quad (1)$$

Trend der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat

Beschreibung: Abhängig von den Werten der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat der letzten zwölf, sechs und drei Monaten wird ein Trend für die Lagerabgänge abgeleitet. Dabei wird folgende Logik angewendet:

- Steigender Trend: Die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat der letzten drei Monate sind höher als die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat der letzten sechs Monate und die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat der letzten sechs Monate sind höher als die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat der letzten zwölf Monate.
- Sinkender Trend: Die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat der letzten drei Monate sind niedriger als die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat der letzten sechs Monate und die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat der letzten sechs Monate sind niedriger als die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat der letzten zwölf Monate.
- Kein Trend: Werden weder die Bedingungen für einen steigenden Trend noch die Bedingungen für einen sinkenden Trend erfüllt, wird kein Trend für den jeweiligen Artikel abgeleitet.

Input: Durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat der letzten zwölf, sechs und drei Monate

5.1.2 Lagerbestandsdaten

Durchschnittlicher Lagerbestand in den letzten zwölf Monaten

Beschreibung: Es wird der durchschnittliche Lagerbestand aller gelagerten Artikel der letzten zwölf Monate dargestellt.

Input: ERP-Lagerbericht

Berechnung:
$$\frac{\text{Anfangslagerbestand} + \sum \text{Lagerbestände in den letzten zwölf Monaten}}{13} \quad (2)$$

Durchschnittlicher Lagerumschlag pro Monat

Beschreibung: Es wird der durchschnittliche Lagerumschlag pro Monat aller gelagerten Artikel dargestellt. Dieser wird aus den Werten der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf Monaten und dem durchschnittlichen Lagerbestand in den letzten zwölf Monaten gebildet. Der durchschnittliche Lagerumschlag pro Monat gibt an, wie oft der durchschnittliche Lagerbestand eines Artikels innerhalb eines durchschnittlichen Monats aus dem Lager entnommen wird.

Input: Durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf Monaten und durchschnittlicher Lagerbestand in den letzten zwölf Monaten

Berechnung:
$$\frac{\text{Durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf Monaten}}{\text{Durchschnittlicher Lagerbestand in den letzten zwölf Monaten}} \quad (3)$$

Durchschnittliche Lagerreichweite in Monaten

Beschreibung: Es wird die durchschnittliche Lagerreichweite in Monaten aller gelagerten Artikel dargestellt. Diese ergibt sich aus dem Kehrwert des durchschnittlichen Lagerumschlags pro Monat. Die durchschnittliche Lagerreichweite gibt an, wie viele durchschnittliche Monate es dauert, bis der durchschnittliche Lagerbestand aus dem Lager entnommen wurde.

Input: Durchschnittlicher Lagerumschlag pro Monat

Berechnung: $(\text{Durchschnittlicher Lagerumschlag pro Monat})^{-1}$ (4)

Aktueller Lagerbestand

Beschreibung: Es wird der aktuelle Lagerbestand der gelagerten Artikel dargestellt.

Input: ERP-Lagerbericht

Aktueller Lagerumschlag pro Monat

Beschreibung: Es wird der aktuelle Lagerumschlag pro Monat aller gelagerten Artikel dargestellt. Dieser wird aus den Werten der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten drei Monaten und dem aktuellen Lagerbestand gebildet. Der aktuelle Lagerumschlag pro Monat gibt an, wie oft der aktuelle Lagerbestand eines Artikels innerhalb eines aktuell durchschnittlichen Monats aus dem Lager entnommen wird.

Input: Durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat in den letzten drei Monaten und aktueller Lagerbestand

Berechnung:
$$\frac{\text{Durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat}}{\text{Aktueller Lagerbestand}} \quad (5)$$

Aktuelle Lagerreichweite in Monaten

Beschreibung: Es wird die aktuelle Lagerreichweite in Monaten aller gelagerten Artikel dargestellt. Diese ergibt sich aus dem Kehrwert des aktuellen Lagerumschlags pro Monat. Die aktuelle Lagerreichweite gibt an, wie viele aktuell durchschnittliche Monate es dauert, bis der aktuelle Lagerbestand aus dem Lager entnommen wurde.

Input: Aktueller Lagerumschlag pro Monat

Berechnung: $(\text{Aktueller Lagerumschlag pro Monat})^{-1}$ (6)

5.1.3 Lieferantendaten

Lieferrhythmus des Artikels in Monaten

Beschreibung: Es wird der Lieferrhythmus des jeweiligen Lieferanten des Artikels in Monaten dargestellt.

Input: Lieferantenliste

Unterer Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten

Beschreibung: Es wird der untere Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite des Artikels in Monaten dargestellt. Der untere Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten entspricht dem Lieferrhythmus des Artikels in Monaten.

Input: Lieferrhythmus des Artikels in Monaten

Oberer Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten

Beschreibung: Es wird der obere Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite des Artikels in Monaten dargestellt. Der obere Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten wird initial mit dem dreifachen Wert des Lieferrhythmus des Artikels in Monaten festgelegt und kann bei Bedarf, durch die Anwender des Kennzahlensystems, entsprechend den Erkenntnissen aus dem Geschäftsbetrieb des Unternehmens angepasst werden.

Input: Lieferrhythmus des Artikels in Monaten

Fazit

Beschreibung: Aufbauend auf den Werten der aktuellen Lagerreichweite in Monaten, den Grenzwerten für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten und den Werten durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat in den letzten drei Monaten bzw. aktueller Lagerbestand wird ein Fazit generiert und ausgegeben. Dieses soll den Anwender des Kennzahlensystems bei der Entscheidungsfindung bzgl. Lagerbestands- und Lagerabgangsfragen unterstützen.

Input: Aktuelle Lagerreichweite in Monaten, unterer Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten, oberer Grenzwert für die

aktuelle Lagerreichweite in Monaten, durchschnittliche Lagerabgänge pro Monat in den letzten drei Monaten und aktueller Lagerbestand

5.1.4 Gesamtlagerdaten

Zusätzlich werden für das gesamte Lager die kumulierten Werte für den Lagerbestand in Einheiten, die Lagerabgänge in Einheiten pro Monat und die Kapitalbindung in Euro für die Verwendung im Kennzahlensystem aufbereitet.

Lagerbestand für das Gesamtlager

Beschreibung: Es wird der Lagerbestand in Einheiten für das gesamte Lager für den jeweils betrachteten Monat dargestellt.

Input: ERP-Lagerbericht

Berechnung:
$$\sum \text{Lagerbestände aller gelagerten Artikel im betrachteten Monat} \quad (7)$$

Lagerabgänge für das Gesamtlager

Beschreibung: Es werden die Lagerabgänge in Einheiten für das gesamte Lager für den jeweils betrachteten Monat dargestellt.

Input: Lagerabgangslisten des Unternehmens

Berechnung:
$$\sum \text{Lagerabgänge aller Artikel im betrachteten Monat} \quad (8)$$

Kapitalbindung im Gesamtlager

Beschreibung: Es wird die Kapitalbindung im gesamten Lager für den jeweils betrachteten Monat dargestellt.

Input: ERP-Lagerbericht

Berechnung:
$$\sum \text{Anschaffungspreise aller gelagerten Artikel im betrachteten Monat} \quad (9)$$

5.2 Aufbereitung des ERP-Lagerberichts

Der von der ERP-Software monatlich generierte Bericht des Lagerbestands muss zunächst für die weitere Verarbeitung der Daten bei der Bildung des Kennzahlensystems aufbereitet werden. Da dieser Vorgang jeden Monat durchgeführt werden muss, wurde ein entsprechender VBA-Programmcode programmiert. Dieser VBA-Programmcode kann in Microsoft Excel angewendet werden. Dadurch kann der Vorgang der monatliche Datenaktualisierung größtenteils automatisiert vollzogen werden kann.

Ausgangspunkt ist eine von der ERP-Software bezogene Datei im Format CSV. Diese wird nach dem Download in einer für das jeweilige Jahr angelegten Excel-Arbeitsmappe geöffnet. Diese Arbeitsmappe ist vom Dateiformat XLSM. Eine Arbeitsmappe vom Dateiformat XLSM ermöglicht die Speicherung und Anwendung von VBA-Programmcodes in Microsoft Excel. In dieser Arbeitsmappe ist für jeden Monat des Jahres ein Arbeitsblatt angelegt. Der ERP-Lagerbericht des jeweiligen Monats wird im entsprechenden Arbeitsblatt importiert. Die importierten Tabellen bestehen aus den Spalten:

- A: Lager (Zugeordneter Lagertyp des Artikels)
- B: Warenobergruppe (Zugeordnete Warenobergruppe des Artikels)
- C: Warenuntergruppe (Zugeordnete Warenuntergruppe des Artikels)
- D: Artikel (Fünfstellige Artikelnummer und Artikelbezeichnung des Artikels)
- E: Artikelanzahl (Anzahl der zum Stichtag gelagerten Artikel)
- F: Anschaffungspreis (Anschaffungspreis der zum Stichtag gelagerten Artikel)

Mit dem erstellten VBA-Programmcode soll nun eine adaptierte Tabelle mit den Spalten Artikelnummer, Artikel, Artikelanzahl und Anschaffungspreis generiert werden.

Der erstellte VBA-Programmcode kann entweder in einer persönlichen Makroarbeitsmappe hinterlegt oder in einem Modul in der Arbeitsmappe des jeweiligen Jahres abgespeichert werden. Der Programmcode besteht aus sieben Subroutinen, welche in VBA-Programmcodes durch das Wort „Sub“ gekennzeichnet werden. Die programmierten Subroutinen werden nachfolgend näher erklärt.

Subroutine „Lagerbestand_transformieren“

Mit dieser Subroutine (Abbildung 29) werden die sechs Subroutinen mit Hilfe von Call-Anweisungen aufgerufen. Dadurch können die programmierten Subroutinen in nur einem Schritt, durch das Aufrufen dieser Subroutine, auf die Daten des importierten ERP-Lagerberichts angewendet werden. Ohne diese Subroutine müssten die einzelnen Subroutinen nacheinander in der richtigen Reihenfolge vom Anwender aufgerufen werden.

```

Sub Lagerbestand_transformieren()

Call Muster_loeschen
Call Artikelnummer_extrahieren
Call Zeichen_loeschen
Call Artikelnummer_aussortieren
Call Leere_Zeilen_loeschen
Call Doppelte_zusammenlegen

End Sub

```

Abbildung 29: Subroutine „Lagerbestand_transformieren“

Subroutine „Muster_loeschen“

Der von der ERP-Software generierte Bericht enthält auch eingelagerte Musterartikel. Musterartikel sind Artikel, welche den Kunden des Unternehmens kostenfrei zur Verfügung gestellt werden, um diese in Zukunft, bei entsprechendem Bedarf, vertreiben zu können. Diese Musterartikel werden für die weitere Verarbeitung der Datentabelle aussortiert. Dies wird durch die Subroutine „Muster_loeschen“ (Abbildung 30) erreicht.

```

Sub Muster_loeschen()

Dim Zeile As Long
Dim ZeileMax As Long

ZeileMax = Cells(Rows.Count, 1).End(xlUp).Row

For Zeile = ZeileMax To 2 Step -1

If InStr(1, LCase(Range("A" & Zeile)), "muster") <> 0 Then _
Rows(Zeile).Delete

If InStr(1, LCase(Range("B" & Zeile)), "muster") <> 0 Then _
Rows(Zeile).Delete

If InStr(1, LCase(Range("C" & Zeile)), "muster") <> 0 Then _
Rows(Zeile).Delete

If InStr(1, LCase(Range("D" & Zeile)), "muster") <> 0 Then _
Rows(Zeile).Delete

Next Zeile

End Sub

```

Abbildung 30: Subroutine „Muster_loeschen“

Da die Musterartikel nicht einheitlich angelegt wurden, jedoch zumindest in einer der Spalten Lager, Warenobergruppe, Warenuntergruppe oder Artikel den Wortteil „muster“ enthalten, werden diese vier Spalten (A, B, C und D) jeder Zeile nach dem Suchbegriff „muster“ durchsucht. Mit der LCase-Funktion wird der Text im Suchbereich

in Kleinbuchstaben konvertiert. Dadurch wird eine Übereinstimmung unabhängig von Groß- und Kleinschreibung sichergestellt.

Durch die InStr-Funktion wird ein Wert ungleich null ausgegeben, wenn der Suchbegriff im Suchbereich enthalten ist. Wenn ein Rückgabewert ungleich null zurückgegeben wird, also wenn der Suchbegriff „muster“ in der Zeile gefunden wurde, wird die Zeile und somit der Artikel aus der Tabelle gelöscht. Dieses Verfahren wird mit Hilfe einer for-Schleife von der letzten bis zur zweiten Zeile der Tabelle angewendet. Die Schleife beginnt ihren Durchlauf mit der letzten Zeile der Tabelle. Dadurch werden beim Löschen einer Zeile die Zeilennummern der verbleibenden Zeilen nicht geändert, wodurch sich ein geringeres Risiko für etwaige Fehler ergibt.

Subroutine „Artikelnummer_extrahieren“

Aus der von den Musterartikeln bereinigten Tabelle werden die Artikelnummern aus der Spalte Artikel (D) extrahiert. Die Artikelnummer, mit welcher ein Artikel eindeutig identifiziert werden kann, soll aus der in der Spalte Artikel (D) angegebenen Kombination von Artikelnummer und Artikelbezeichnung ausgefiltert und in eine eigene Zelle kopiert werden. Der Großteil der Artikelnummern ist in Form einer fünfstelligen Zahl gegeben. Jedoch gibt es auch Ausnahmen, welche durch eine inkonsistente Anlegung der Artikel im ERP-System vorzufinden sind. Insgesamt sind Artikelnummern mit einem prinzipiellen Aufbau der Form „12345“, „12345/123“ und „12345 (12345)“ zu berücksichtigen.

Zunächst werden die Variablen „ObjektRegEx1“, „ObjektRegEx2“ und „ObjektRegEx3“ als Objekte deklariert, wodurch die Variable auf die Methoden und Eigenschaften des Objekts zugreifen kann. In weiterer Folge wird eine Instanz der Regexp-Klasse, welche für die Verwendung von regulären Ausdrücken in VBA verwendet wird, erstellt und den Variablen zugewiesen. Mit der Hilfe von regulären Ausdrücken kann, durch den Abgleich des regulären Ausdrucks mit den Zeichen einer Zeichenfolge, nach bestimmten Mustern in einem definierten Bereich gesucht werden.

Die drei möglichen Schemata der Artikelnummer wurden bereits dargestellt. Zusätzlich werden alle drei möglichen Schemata der Artikelnummer im ERP-Lagerbericht standardmäßig mit einer eckigen Klammer begonnen und beendet. Dieser Umstand wird in die regulären Ausdruckmuster integriert, da die zu durchsuchenden Kombinationen von Artikelnummer und Artikelbezeichnung auch fünfstellige Zahlen beinhalten könnten und es dadurch zu falschen Suchergebnissen kommen könnte.

- [12345]

Es soll nach einer öffnenden eckigen Klammer, gefolgt von fünf Ziffern, gefolgt von einer schließenden eckigen Klammer gesucht werden. Das entsprechende reguläre Ausdruckmuster ist `\[\d{5}\]` und wird durch das Objekt „ObjektRegEx1“ repräsentiert.

- [12345/123]

Es soll nach einer öffnenden eckigen Klammer, gefolgt von fünf Ziffern, gefolgt von einem Schrägstrich, gefolgt von drei Ziffern, gefolgt von einer schließenden eckigen Klammer gesucht werden. Das entsprechende reguläre Ausdruckmuster ist `\[\d{5}\]\d{3}\]` und wird durch das Objekt „ObjektRegEx2“ repräsentiert.

- [12345 (12345)]

Es soll nach einer öffnenden eckigen Klammer, gefolgt von fünf Ziffern, gefolgt von einem Leerzeichen, gefolgt von einer öffnenden runden Klammer, gefolgt von fünf Ziffern, gefolgt von einer schließenden runden Klammer, gefolgt von einer schließenden eckigen Klammer gesucht werden. Das entsprechende reguläre Ausdruckmuster ist `\[\d{5}\]\s\(\d{5}\)\]` und wird durch das Objekt „ObjektRegEx3“ repräsentiert.

Nach diesen drei Ausdruckmustern wird mit Hilfe einer for-Schleife von der zweiten bis zur letzten Zeile der Tabelle in der Spalte Artikel (D) gesucht. Dabei werden die Ergebnisse der Suche in den Variablen „ObjektMatch1“, „ObjektMatch2“ und „ObjektMatch3“, welche vom Typ Objekt sind, gespeichert. Diese Match-Objekte können u. a. die Anzahl der Übereinstimmungen bei der Suche mit dem Ausdruckmuster im Suchbereich zurückgeben. Dies wird bei der if-Anweisung genutzt, da bei einer Übereinstimmung ein Wert größer null mit der Count-Eigenschaft des Match-Objekts zurückgegeben wird. Durch „ObjektMatch1(0)“ wird die erste Übereinstimmung des in „ObjektRegEx1“ definierten regulären Ausdruckmusters im Suchbereich, also die gesuchte Artikelnummer, zurückgegeben. Analoges gilt für „ObjektMatch2(0)“ und „ObjektRegEx2“ bzw. „ObjektMatch3(0)“ und „ObjektRegEx3“.

Die Übereinstimmungen werden nachfolgend in eine neue Spalte Artikelnummer (I) kopiert. Sollte keine Übereinstimmung bei der Suche mit den regulären Ausdrucksmustern erzielt worden sein, wird der Text „[Artikel ohne Artikelnummer]“ in der entsprechenden Zeile der Spalte Artikelnummer (I) ausgegeben. In die Spalten J, K und L werden die, der ausgetesteten Artikelnummer, zugehörigen Spalten Artikel (D), Artikelanzahl (E) und Anschaffungspreis (F) kopiert.

Somit ergibt sich eine neue Tabelle in den Spalten I, J, K und L mit den für die weitere Verarbeitung des ERP-Lagerberichts nötigen Daten. Die entsprechende Subroutine wird in Abbildung 31 dargestellt.

```

Sub Artikelnummer_extrahieren()

Dim Zeile As Long
Dim ZeileMax As Long
Dim ObjektRegEx1 As Object
Dim ObjektMatch1 As Object
Dim ObjektRegEx2 As Object
Dim ObjektMatch2 As Object
Dim ObjektRegEx3 As Object
Dim ObjektMatch3 As Object

Set ObjektRegEx1 = CreateObject("vbscript.regexp")
Set ObjektRegEx2 = CreateObject("vbscript.regexp")
Set ObjektRegEx3 = CreateObject("vbscript.regexp")

ObjektRegEx1.Pattern = "\[\d{5}\]"
ObjektRegEx2.Pattern = "\[\d{5}\]\/\d{3}\]"
ObjektRegEx3.Pattern = "\[\d{5}\]\s\(\d{5}\)\]"

ZeileMax = Range("D" & Rows.Count).End(xlUp).Row

For Zeile = 2 To ZeileMax

Set ObjektMatch1 = ObjektRegEx1.Execute(Range("D" & Zeile).Value)
Set ObjektMatch2 = ObjektRegEx2.Execute(Range("D" & Zeile).Value)
Set ObjektMatch3 = ObjektRegEx3.Execute(Range("D" & Zeile).Value)

If ObjektMatch1.Count > 0 Then
Range("I" & Zeile).Value = ObjektMatch1(0)

ElseIf ObjektMatch2.Count > 0 Then
Range("I" & Zeile).Value = ObjektMatch2(0)

ElseIf ObjektMatch3.Count > 0 Then
Range("I" & Zeile).Value = ObjektMatch3(0)

Else
Range("I" & Zeile).Value = "[Artikel ohne Artikelnummer]"

End If

Next Zeile

Range("D:D").Copy Range("J:J")
Range("E:E").Copy Range("K:K")
Range("F:F").Copy Range("L:L")

Range("I1").Value = "Artikelnummer"

End Sub

```

Abbildung 31: Subroutine „Artikelnummer extrahieren“

Subroutine „Zeichen_loeschen“

Bei den ausgefilterten Artikelnummern bzw. dem Text „[Artikel ohne Artikelnummer]“ sollen mit dieser Subroutine (Abbildung 32) die eckigen Klammern zu Beginn und am

Ende gelöscht werden. Dazu wird die Variable „rng“ als Range-Objekt definiert. Dem Range-Objekt wird der Bereich der Spalte Artikelnummer (I) von der zweiten Zeile bis zur letzten Zeile der Spalte zugewiesen.

Mit einer for-Schleife wird über jede Zelle des zuvor definierten Bereichs iteriert. Dabei wird jeder Zellbereich der Schleifenvariable "Zelle" zugewiesen, wodurch der Inhalt der Zelle der aktuellen Iteration bearbeitet werden kann. Durch die Right-Funktion wird eine bestimmte Anzahl von Zeichen vom rechten Ende einer Zeichenfolge zurückgegeben. Die Left-Funktion gibt wiederum eine bestimmte Anzahl von Zeichen vom linken Ende einer Zeichenfolge zurück. Die Syntax der Funktionen ist Right (Argument 1, Argument 2) bzw. Left (Argument 1, Argument 2). Das erste Argument gibt die Zeichenkette, von der die Zeichen extrahiert werden sollen, an. Das zweite Argument gibt die Anzahl der zurückzugebenden Zeichen an. Wird nun unter Verwendung der Len-Funktion, welche die Anzahl der Zeichen in einer Zeichenfolge zurückgibt, die Anzahl der Zeichen der Zeichenfolge sowohl bei der Right- als auch bei der Left-Funktion um ein Zeichen gekürzt, werden das erste und letzte Zeichen, in diesem Fall die eckigen Klammern, gelöscht.

```
Sub Zeichen_loeschen()

Dim rng As Range
Set rng = Range("I2:I" & Cells(Rows.Count, "I").End(xlUp).Row)

Dim Zelle As Range

For Each Zelle In rng.Cells

Zelle = Right(Zelle, Len(Zelle) - 1)
Zelle = Left(Zelle, Len(Zelle) - 1)

Next Zelle

End Sub
```

Abbildung 32: Subroutine „Zeichen_loeschen“

Subroutine „Artikelnummer_aussortieren“

Als Kontrollmechanismus wird die Tabelle im nächsten Schritt in zwei Tabellen aufgeteilt. In der ersten Tabelle, in den Spalten N, O, P und Q, werden alle Artikel ausgegeben, welchen keine Artikelnummer zugewiesen werden konnte. In der zweiten Tabelle, in den Spalten S, T, U und V, werden jene Artikel ausgegeben, welche eine korrekte Artikelnummer aufweisen. Dadurch kann sofort erkannt werden, ob alle Artikel korrekt erkannt wurden, da die erste Tabelle in der Regel leer bleiben sollte.

Dies wird wieder durch den Einsatz einer for-Schleife erreicht, welche von der zweiten bis zur letzten Zeile der Spalte I iteriert. Mit einer if-Anweisung wird geprüft, ob in der jeweiligen Zelle in der Spalte I der Begriff „Artikel ohne Artikelnummer“ steht. Sollte dies der Fall sein, wird die Zeile in die Spalten N, O, P und Q kopiert, wenn das nicht

der Fall ist, also wenn in der Zelle der Spalte I eine korrekte Artikelnummer steht, so wird die Zeile in die Spalten S, T, U und V kopiert. Die entsprechende Subroutine wird in Abbildung 33 dargestellt.

```
Sub Artikelnummer_aussortieren()

Dim Zeile As Long
Dim ZeileMax As Long

ZeileMax = Range("I" & Rows.Count).End(xlUp).Row

For Zeile = 2 To ZeileMax

If Cells(Zeile, "I") = "Artikel Ohne Artikelnummer" Then

Cells(Zeile, "N") = Cells(Zeile, "I")
Cells(Zeile, "O") = Cells(Zeile, "J")
Cells(Zeile, "P") = Cells(Zeile, "K")
Cells(Zeile, "Q") = Cells(Zeile, "L")

Else

Cells(Zeile, "S") = Cells(Zeile, "I")
Cells(Zeile, "T") = Cells(Zeile, "J")
Cells(Zeile, "U") = Cells(Zeile, "K")
Cells(Zeile, "V") = Cells(Zeile, "L")

End If

Next Zeile

Cells(1, "N").Value = "Artikelnummer"
Cells(1, "O").Value = "Artikel"
Cells(1, "P").Value = "Artikelanzahl"
Cells(1, "Q").Value = "Anschaffungspreis"

Cells(1, "S").Value = "Artikelnummer"
Cells(1, "T").Value = "Artikel"
Cells(1, "U").Value = "Artikelanzahl"
Cells(1, "V").Value = "Anschaffungspreis"

End Sub
```

Abbildung 33: Subroutine „Artikelnummer_aussortieren“

Subroutine „Leere_Zeilen_loeschen“

Werden Artikel ohne korrekte Artikelnummer aussortiert, entstehen dadurch wiederum in beiden Tabellen leere Zeilen. Diese werden mit dieser Subroutine (Abbildung 34) eliminiert. Dazu werden mit einer for-Schleife die Zeilen beider Tabellen von der letzten bis zur zweiten Zeile durchlaufen. Wie bei der Subroutine „Muster_loeschen“ beginnen die for-Schleifen mit der jeweils letzten Zeile der Tabelle aus beschriebener Begründung. Mit einer if-Anweisung wird überprüft, ob in der betrachteten Zeile die

Zelle in der Spalte N bzw. S leer ist. Sollte dies der Fall sein, wird die jeweilige Zeile der Tabelle gelöscht und die Zeilen darunter werden nach oben verschoben.

```
Sub Leere_Zeilen_loeschen()

Dim Zeile As Long
Dim ZeileMax1 As Long
Dim ZeileMax2 As Long

ZeileMax1 = Range("N" & Rows.Count).End(xlUp).Row

For Zeile = ZeileMax1 To 2 Step -1

If Cells(Zeile, "N").Value = "" Then

Cells(Zeile, "N").Delete Shift:=xlUp
Cells(Zeile, "O").Delete Shift:=xlUp
Cells(Zeile, "P").Delete Shift:=xlUp
Cells(Zeile, "Q").Delete Shift:=xlUp

End If

Next Zeile

ZeileMax2 = Range("S" & Rows.Count).End(xlUp).Row

For Zeile = ZeileMax2 To 2 Step -1

If Cells(Zeile, "S").Value = "" Then

Cells(Zeile, "S").Delete Shift:=xlUp
Cells(Zeile, "T").Delete Shift:=xlUp
Cells(Zeile, "U").Delete Shift:=xlUp
Cells(Zeile, "V").Delete Shift:=xlUp

End If

Next Zeile

End Sub
```

Abbildung 34: Subroutine "Leere_Zeilen_loeschen"

Subroutine „Doppelte_zusammenlegen“

Die siebente und letzte Subroutine addiert die Artikelanzahl und den Anschaffungspreis von Artikeln, falls diese mehrfach in der Tabelle vorkommen. Dies ist nötig, da Artikel in der ERP-Software einem entsprechenden Lagertyp zugeordnet werden, wenn diese eine gewisse Zeitspanne zu ihrem Ablaufdatum unterschreiten. Dadurch werden gegebenenfalls Artikelanzahl und Anschaffungspreis eines Artikels in mehrere Zeilen im ERP-Lagerbericht aufgeteilt. Die jeweiligen Artikel können jedoch trotzdem als normaler Lagerartikel angesehen werden und sollen daher ebenfalls berücksichtigt werden. Dazu wird die Tabelle in den Spalten S, T, U und V aufsteigend nach den Artikelnummern in Spalte S geordnet. Danach wird die Tabelle mit einer for-

Schleife von der letzten bis zur zweiten Zeile durchlaufen. Dabei wird wiederum mit der letzten Zeile begonnen, da Zeilen gelöscht werden, falls ein Artikel mehrfach vorkommt. Dies wird mit einer if-Anweisung überprüft. Mit dieser wird kontrolliert, ob die jeweils betrachtet Zelle der Artikelnummer in Spalte S mit der Artikelnummer der darüberliegenden Zelle übereinstimmt. Wenn dies der Fall ist, werden die Artikelanzahlen in der Spalte U und die Anschaffungspreise in der Spalte V in der darüberliegenden Zeile addiert und die betrachtete Zeile wird gelöscht. Nach diesem Schema werden mit der for-Schleife alle Zeilen von der letzten bis zur zweiten Zeile der Tabelle durchlaufen, wodurch alle mehrfach vorkommenden Artikel in einer Zeile zusammengefasst werden.

```
Sub Doppelte_zusammenlegen()

Dim ZeileMax As Long
Dim Zeile As Long

ZeileMax = Cells(Rows.Count, "S").End(xlUp).Row

Range("S2:V" & ZeileMax).Sort Key1:=Range("S2"),
Order1:=xlAscending, Header:=xlGuess, OrderCustom:=1,
MatchCase:=False, Orientation:=xlTopToBottom

For Zeile = ZeileMax To 2 Step -1

If Cells(Zeile, "S").Value = Cells(Zeile - 1, "S").Value Then

Cells(Zeile - 1, "U").Value = Cells(Zeile - 1, "U").Value + _
Cells(Zeile, "U").Value
Cells(Zeile - 1, "V").Value = Cells(Zeile - 1, "V").Value + _
Cells(Zeile, "V").Value

Cells(Zeile, "S").Delete Shift:=xlUp
Cells(Zeile, "T").Delete Shift:=xlUp
Cells(Zeile, "U").Delete Shift:=xlUp
Cells(Zeile, "V").Delete Shift:=xlUp

End If

Next Zeile

End Sub
```

Abbildung 35: Subroutine "Doppelte_zusammenlegen"

Nach der Anwendung der beschriebenen Subroutinen ist der ursprüngliche ERP-Lagerbericht in der angestrebten Form in den Spalten S (Artikelnummer), T (Artikel), U (Artikelanzahl) und V (Anschaffungspreis) des entsprechenden Arbeitsblatts vorzufinden.

5.3 Verarbeitung der Daten

Die aufbereiteten ERP-Lagerberichte werden weiterführend in einer weiteren Excel-Arbeitsmappe mit den Lieferantendaten und den Lagerabgangslisten des Unternehmens zusammengeführt. Diese Arbeitsmappe ist die zentrale Arbeitsmappe, in welcher die Daten des Kennzahlensystems verarbeitetet und schließlich präsentiert werden. Der prinzipielle Aufbau der Arbeitsmappe und die Abhängigkeiten der einzelnen Arbeitsblätter wird in Abbildung 36 dargestellt.

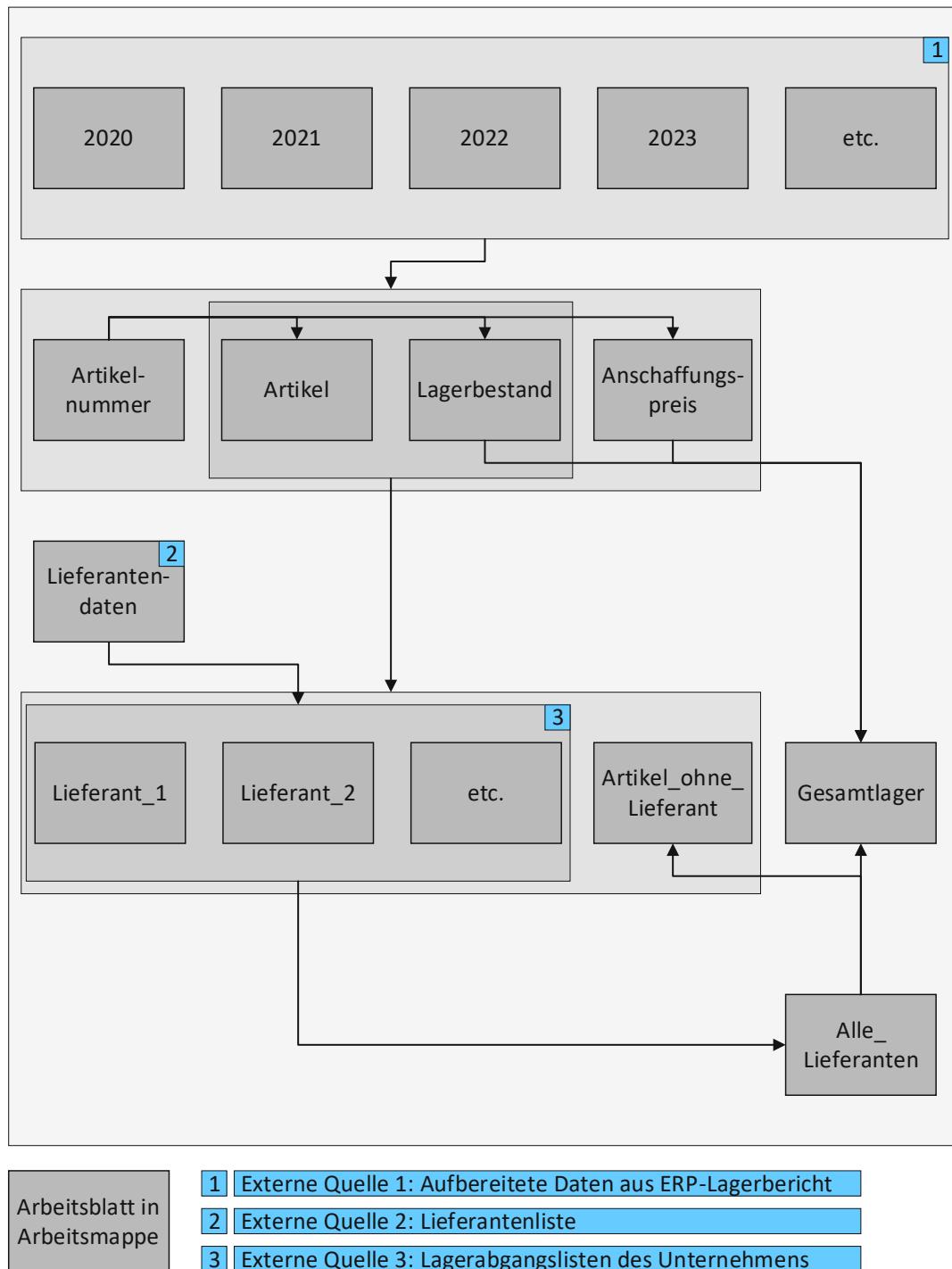


Abbildung 36: Aufbau der Arbeitsmappe

Die aufbereiteten Daten der ERP-Lagerberichte werden automatisch, durch eine erstellte Verlinkung, in das entsprechende Arbeitsblatt „2020“, „2021“, „2022“, „2023“ etc. der Arbeitsmappe kopiert. Der Aufbau der Arbeitsblätter „2020“, „2021“, „2022“, „2023“ etc. wird in Abbildung 37 exemplarisch mit Beispielwerten dargestellt. Die Daten dieser Arbeitsblätter werden anschließend in den Arbeitsblättern „Artikelnummer“, „Artikel“, „Lagerbestand“ und „Anschaffungspreis“ weiterverarbeitet.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Jänner				Februar				
2	Artikelnummer	Artikel	Artikelanzahl	Anschaffungspreis		Artikelnummer	Artikel	Artikelanzahl	Anschaffungspreis
3	10000	Artikel 1	1	100		10000	Artikel 1	1	100
4	10001	Artikel 2	1	100		10001	Artikel 2	1	100
5	10002	Artikel 3	1	100		10002	Artikel 3	1	100
6	10003	Artikel 4	1	100		10003	Artikel 4	1	100
7	10004	Artikel 5	1	100		10004	Artikel 5	1	100
8	10005	Artikel 6	1	100		10005	Artikel 6	1	100
9	10006	Artikel 7	1	100		10006	Artikel 7	1	100
10	10007	Artikel 8	1	100		10007	Artikel 8	1	100
11	10008	Artikel 9	1	100		10008	Artikel 9	1	100
12	10009	Artikel 10	1	100		10009	Artikel 10	1	100
13	10010	Artikel 11	1	100		10010	Artikel 11	1	100
14	10011	Artikel 12	1	100		10011	Artikel 12	1	100
15	10012	Artikel 13	1	100		10012	Artikel 13	1	100
16	10013	Artikel 14	1	100		10013	Artikel 14	1	100
17	10014	Artikel 15	1	100		10014	Artikel 15	1	100
18	10015	Artikel 16	1	100		10015	Artikel 16	1	100
19	10016	Artikel 17	1	100		10016	Artikel 17	1	100
20	10017	Artikel 18	1	100		10017	Artikel 18	1	100

Abbildung 37: Aufbau der Arbeitsblätter „2020“, „2021“, „2022“, „2023“ etc.

Aufbau und Berechnungen der Arbeitsblätter „Artikelnummer“, „Artikel“, „Lagerbestand“ und „Anschaffungspreis“

Das Arbeitsblatt „Artikelnummer“ dient dazu, eine vollständige Auflistung aller Artikelnummern zu erzeugen. Dafür wird die jeweils erste Spalte, der in den Arbeitsblättern „2020“, „2021“, „2022“, „2023“ etc. importierten Tabellen in das Arbeitsblatt „Artikelnummer“ übertragen. In dieser Spalte befinden sich die Artikelnummern der im jeweiligen Monat eingelagerten Artikel. Die verwendete Excel-Formel (10) wird nachfolgend exemplarisch für die erste Artikelnummer des Monats Jänner im Jahr 2020 dargestellt.

= WENN(

ISTLEER(INDIREKT("2020!"&ADRESSE(ZEILE();SPALTE(A1)*5-4))); (10)

"";INDIREKT("2020!"&ADRESSE(ZEILE();SPALTE(A1)*5-4)))

Mit der ADRESSE-Funktion wird eine Zelladresse als Zeichenfolge basierend auf der Zeilen- und Spaltennummer generiert. Bei Formel (10) wird die Zeilennummer mit Hilfe der ZEILE-Funktion ermittelt, welche die aktuelle Zeilennummer der Zelle, in welcher sich Formel (10) befindet, zurückgibt. Die Spaltennummer wird mithilfe der SPALTE-Funktion ermittelt, welche in diesem Fall die Spaltennummer von Zelle A1 zurückgibt. Die Spaltennummer wird dann mit fünf multipliziert und um vier verringert. Diese

Anpassung der Spaltennummer erfolgt, da sich die Artikelnummern der einzelnen Monate in den Spalten eins, sechs, elf etc. des Arbeitsblatts „2020“ (Quelle) befinden und die Artikelnummern der einzelnen Monate im Arbeitsblatt „Artikelnummer“ (Ziel) in den Spalten eins, zwei, drei etc. eingefügt werden sollen. Dadurch wird eine einfache Anpassung der verwendeten Formel (10) für die folgenden Monate gewährleistet. Wie angegeben, wird für den Monat Jänner die Zelle A1 in der SPALTE-Funktion verwendet. Für die Monate Februar und März können somit, durch die Multiplikation mit fünf und der Subtraktion von vier, die Zellen B1 und C1 im Argument der SPALTE-Funktion verwendet werden. Die weiteren Monate können analog gebildet werden.

Durch die INDIREKT-Funktion wird der Inhalt der Zelle, welche durch die beschriebenen Funktionen ermittelt wird, zurückgegeben.

Mit der ISTLEER-Funktion wird der Wahrheitstest der WENN-Funktion durchgeführt, indem geprüft wird, ob die ausgewählte Zelle leer ist. Wenn dies der Fall ist, wird ein leerer String zurückgegeben, wenn die Zelle nicht leer ist, wird der Inhalt der ausgewählten Zelle in jener Zelle zurückgegeben, in welcher Formel (10) angewendet wird.

Somit wird im Arbeitsblatt „Artikelnummer“ eine Tabelle erzeugt, welche alle Artikelnummern, welche in den importierten ERP-Lagerberichten vorkommen, beinhaltet. Zusätzlich werden im Zuge der monatlichen Aktualisierung auch die neuen Artikelnummern hinzugefügt.

Die Artikelnummern werden in weiterer Folge von den Arbeitsblättern „Artikel“, „Lagerbestand“ und „Anschaffungspreis“ verwendet, um eine Indexspalte zu generieren, welche alle Artikelnummern der Tabelle im Arbeitsblatt „Artikelnummer“ genau einmal wiedergibt. Die Indexspalte wird jeweils in der ersten Spalte der Arbeitsblätter eingefügt und durch Formel (11) erzeugt.

$$= \text{SORTIEREN}(\text{EINDEUTIG}(\text{ZUSPALTE}(\text{Artikelnummer! \$A\$3: \$AV\$1000; 1}))) \quad (11)$$

Mit der ZUSPALTE-Funktion werden die Artikelnummern, welche in der Tabelle im Arbeitsblatt „Artikelnummer“, in diesem Fall im Zellbereich A3 bis AV1000, aufgelistet sind, in einer Spalte ausgegeben. Durch die Angabe der Ziffer eins nach dem Zellbereich wird gewährleistet, dass Zellen, in welchen keine Artikelnummer vorhanden ist, ignoriert werden.

Auf die dadurch erzeugte Spalte wird die EINDEUTIG-Funktion angewendet. Dadurch werden alle mehrfach vorkommenden Artikelnummern aus der Spalte entfernt. Somit wird jede vorkommende Artikelnummer genau einmal in der Spalte ausgegeben.

Mit der SORTIEREN-Funktion werden die Artikelnummern anschließend in aufsteigender Reihenfolge sortiert.

Der Spaltenbegrenzung bis AV ist variabel und wird jährlich erweitert. Der Zeilenbereich ist, um Rechenkapazitäten einzusparen, auf tausend Zeilen begrenzt. Sollte dieser Bereich nicht ausreichen, muss dieser in Formel (11) angepasst werden. Die Begrenzung auf tausend Zeilen wird, wenn nötig, auch bei nachfolgenden Formeln angewendet.

Im Arbeitsblatt „Artikel“ wird die Indexspalte daraufhin für die Zuordnung der Artikelbezeichnungen verwendet. Um den Artikelnummern die korrekte Artikelbezeichnung zuzuordnen, wird Formel (12), exemplarisch für die erste Artikelbezeichnung des Monats Jänner im Jahr 2020 dargestellt, angewendet.

$$= \text{WENNFEHLER}(\text{INDEX}('2020'!B3:B1000; \\ \text{VERGLEICH}(\text{Artikel!A4}; '2020'!A3:A1000; 0)); 0) \quad (12)$$

Mit der VERGLEICH-Funktion wird zwischen den Zeilen drei und 1000 der Spalte A des Arbeitsblatts "2020" nach dem Wert in der Zelle A4 des Arbeitsblatts "Artikel" gesucht und die Position des Werts in diesem Bereich zurückgegeben. Durch die Angabe der Ziffer null am Ende der Funktion wird der erste Wert, welcher mit dem Suchwert genau übereinstimmt, zurückgegeben.

Durch die INDEX-Funktion wird jener Wert aus Spalte B des Arbeitsblatts „2020“ zurückgegeben, welcher sich in der gleichen Zeile wie der Wert, welcher mit der VERGLEICH-Funktion in Spalte A im Arbeitsblatt „2020“ gefunden wurde, zurückgegeben.

Die WENNFEHLER-Funktion gibt den Wert null zurück, wenn mit den beschriebenen Funktionen keine Artikelbezeichnung gefunden werden konnte.

Formel (12) wird analog auf den Monat Februar in der Spalte C des Arbeitsblatts „Artikel“ angewendet. Auch die weiteren Monate des Arbeitsblatts „2020“ bzw. der Arbeitsblätter „2021“, „2022“, „2023“ etc. werden analog in den nachfolgenden Spalten ausgewertet. Die dadurch entstehende Tabelle enthält Zeilen mit einer Vielzahl von Duplikaten. Deshalb wird nach der letzten Spalte der Tabelle mit Formel (13) eine Spalte erzeugt, welche alle zumindest in einem Monat vorkommenden Artikelbezeichnungen ausgibt. Formel (13) wird nachfolgend exemplarisch für die erste Zeile der Spalte dargestellt.

$$= \text{INDEX}(B4:AW4; \text{VERGLEICH}(\text{FALSCH}; B4:AW4 = 0; 0)) \quad (13)$$

Mit der VERGLEICH-Funktion wird im Bereich, in diesem Fall B4 bis AW4, in welchem die Artikelbezeichnungen der jeweils zugehörigen Artikelnummer aufgelistet sind, nach Zellen gesucht, welche den durch die WENNFEHLER-Funktion in Formel (12) erzeugten Wert null enthalten. Als Ergebnis wird ein Array zurückgegeben, welches in jeder Zelle im Bereich B4 bis AW4 entweder TRUE, wenn die Zelle den Wert null enthält oder FALSE, wenn die Zelle einen Wert ungleich null enthält. Da

der Suchkriterium-Parameter der VERGLEICH-Funktion auf "FALSCH" gesetzt ist, wird nach dem ersten Wert ungleich Null gesucht. Da der dritte Parameter der VERGLEICH-Funktion null ist, wird nach einem Wert, welcher exakt ungleich null ist, gesucht. Wenn ein Wert gefunden wird, wird die Position der jeweiligen Zelle zurückgegeben.

Durch die INDEX-Funktion wird der Wert der Zelle, welche durch die VERGLEICH-Funktion ermittelt wurde, ausgegeben. Mit der dadurch erhaltenen Spalte wird eine vollständige Auflistung aller Artikelbezeichnungen, ohne Duplikate, ausgegeben.

Die Arbeitsblätter „Lagerbestand“ bzw. „Anschaffungspreis“ verwenden wie erwähnt ebenfalls Formel (11), um eine Indexspalte zu generieren. Auch bei der Zuordnung des Lagerbestands bzw. des Anschaffungspreises zu den entsprechenden Artikelnummern wird eine Formel, welche vom Aufbau identisch zu Formel (12) ist, verwendet. Für das Arbeitsblatt „Lagerbestand“ wird dabei Formel (14) bzw. für das Arbeitsblatt „Anschaffungspreis“ Formel (15) angewendet. Beide Formeln werden wiederum für den Lagerbestand bzw. Anschaffungspreis der ersten Artikelnummer des Monats Jänner im Jahr 2020 dargestellt.

$$= WENNFEHLER(INDEX('2020'!C3:C1000; VERGLEICH(Lagerbestand!$A4; '2020'!$A$3:$A$1000; 0)); 0) \quad (14)$$

$$= WENNFEHLER(INDEX('2020'!D3:D1000; VERGLEICH(Anschaffungspreis!$A4; '2020'!$A$3:$A$1000; 0)); 0) \quad (15)$$

Im Arbeitsblatt „Lagerbestand“ werden zusätzlich der durchschnittliche Lagerbestand der letzten zwölf Monaten und der aktuelle Lagerbestand aller Artikel berechnet bzw. ausgegeben. Um die Zellbereiche für die Berechnungen nicht jeden Monat anpassen zu müssen, wird der jeweils aktuelle Monat mit einer Hilfszeile und Formel (16) bestimmt.

$$= SPALTE(INDEX(B1:AW1; VERGLEICH(WAHR; B1:AW1 = 0; 0))) \quad (16)$$

Die Hilfszeile befindet sich in der ersten Zeile des Arbeitsblatts „Lagerbestand“, in diesem Fall im Bereich B1 bis AW1. In dieser Hilfszeile werden die Lagerbestände aller Artikel des jeweiligen Monats summiert. In diesem Fall sind in der Zelle B1 die summierten Lagerbestände aller Artikel des Monats Jänner 2020 bzw. in der Zelle AW1 die summierten Lagerbestände aller Artikel des Monats Dezember 2023 zu finden. Der aktuelle Monat befindet sich zwischen Jänner 2020 und Dezember 2023 und kennzeichnet sich dadurch, dass es die letzte Zelle im Bereich der Hilfszeile ist, welche einen Wert ungleich null enthält.

Mit der VERGLEICH-Funktion wird daher nach der ersten Zelle im Bereich B1 bis AW1 gesucht, welche exakt den Wert null enthält, und die Position dieser Zelle zurückgegeben.

Mit der INDEX-Funktion wird der Wert der Zelle zurückgegeben, welche durch die VERGLEICH-Funktion gefunden wurde.

Die SPALTE-Funktion gibt schließlich die Spaltennummer jener Zelle zurück, welche den durch die INDEX-Funktion zurückgegeben Wert enthält.

Subtrahiert man nun von der mit Formel (16) berechneten Spaltennummer eine Spalte, so erhält man jene Spaltennummer, in welcher die Lagerbestände des aktuellen Monats ausgegeben werden.

Mit Formel (17) wird diese Spaltennummer in die entsprechenden Spaltenbuchstaben umgewandelt.

$$= \text{WECHSELN}(\text{ADRESSE}(1; \text{BU1}; 4); "1"; "") \quad (17)$$

Die bereits ermittelte Spaltennummer befindet sich, in diesem Fall, in der Zelle BU1. Mit der ADRESSE-Funktion wird die Adresse jener Zelle zurückgegeben, welche sich in der ersten Zeile und in jener Spalte, welche durch den Wert in der Zelle BU1 angegeben wird, befindet. Der dritte Parameter der ADRESSE-Funktion ist auf vier gesetzt, wodurch die Rückgabe als absolute Referenz erfolgt.

Durch die WECHSELN-Funktion wird der Text "1" in der Adresse, also die Ausgabe der Zeilennummer durch die ADRESSE-Funktion, durch einen leeren String ersetzt. Somit werden durch die Funktion nur die Spaltenbuchstaben ohne die zugehörige Zeilennummer als Ergebnis ausgegeben.

Für die korrekte Zeilennummer wird eine Hilfsspalte erzeugt, welche die Zeilennummer der jeweiligen Zeile als Wert in der Zelle enthält.

In einer weiteren Spalte können mit Hilfe der TEXTKETTE-Funktion die Spaltenbuchstaben, welche mit Formel (17) bestimmt werden, und die jeweilige Zeilennummer der entsprechenden Zeile als Zeichenfolge ausgegeben werden. In jeder Zeile der so erzeugten Spalte wird jene Zellenbezeichnung als Text ausgegeben, in welcher der Lagerbestand des aktuellen Monats angegeben ist. Durch die Verwendung der INDIREKT-Funktion, welche sich auf die Spalte, in welcher die TEXTKETTE-Funktion angewendet wird, bezieht, kann der aktuelle Lagerbestand für alle Artikel in einer beliebigen Spalte ausgegeben werden.

Der durchschnittliche Lagerbestand der letzten zwölf Monaten wird nach dem gleichen Schema gebildet. Dafür wird die mit Formel (16) erhaltene Spaltennummer um dreizehn subtrahiert, um den Monat, welcher den Anfangsbestand wiedergibt, zu erhalten. Um den Monat, mit welchem die Summation der Lagerbestände beginnt zu erhalten, wird die mit Formel (16) erhaltene Spaltennummer um zwölf subtrahiert. Die somit erhaltenen Spaltennummern werden anschließend nach dem bereits beschrieben Verfahren weiterverarbeitet. Schließlich können mit der INDIREKT-Funktion der korrekte Anfangsbestand und mit der Kombination von SUMME-Funktion

und INDIREKT-Funktion die korrekte Summe der Lagerbestände ausgelesen werden. Somit kann die Berechnung des durchschnittlichen Lagerbestands der letzten zwölf Monaten nach Formel (2) für den aktuellen Monat durchgeführt werden. Die erhaltenen Werte werden wiederum für alle Artikel in einer eigenen Spalte ausgegeben.

Bei der monatlichen Aktualisierung der Arbeitsmappe werden durch die Verwendung der Hilfszeile, Hilfsspalten und Formeln automatisch die korrekten Werte für den aktuellen Lagerbestand und den durchschnittlichen Lagerbestand der letzten zwölf Monate des neuen aktuellen Monats ausgegeben.

Aufbau und Berechnungen der Lieferanten-Arbeitsblätter

Für jeden Lieferanten des Unternehmens wird in der Arbeitsmappe ein eigenes Arbeitsblatt angelegt. Den einzelnen Arbeitsblättern werden jene Artikel zugeordnet, welche vom jeweiligen Lieferanten an das Unternehmen geliefert werden. Der Aufbau der Arbeitsblätter ist dabei für alle Lieferanten identisch.

In der ersten Spalte des Arbeitsblatts sind die Artikelnummern der entsprechenden Artikel eingetragen. Artikel, welche neu in das Waren sortiment aufgenommen werden und daher in der Auflistung der Artikel des jeweiligen Lieferanten noch nicht vorhanden sind, können in der Tabelle problemlos ergänzt werden. In der zweiten Spalte wird der entsprechende Lieferant automatisch eingetragen. Dieser ist zwar für alle Artikel eines Arbeitsblatts gleich, wird aber für eine spätere Zuordnung im Kennzahlenreport benötigt. Die Zuordnung der Artikelbezeichnung zu der jeweiligen Artikelnummer wird in der dritten Spalte, durch Formel (18), durchgeführt.

$$\begin{aligned}
 &= \text{WENNFEHLER}(\text{INDEX}(\text{Artikel! \$AX\$4: \$AX\$1000}; \\
 &\text{VERGLEICH}(\text{Lieferant_1! \$A2}; \text{Artikel! \$A\$4: \$A\$1000}; 0)); \\
 &"\text{Keine Lagerdaten}")
 \end{aligned} \tag{18}$$

Mit der VERGLEICH-Funktion wird die, in diesem Fall, erste Artikelnummer des Lieferanten-Arbeitsblatts „Lieferant_1“ in der Zelle A2, in der ersten Spalte des Arbeitsblatts „Artikel“, in welcher durch Formel (11) eine Indexspalte erzeugt wurde, gesucht. Durch die Festlegung des dritten Parameters auf null wird wiederum nach einer genauen Übereinstimmung gesucht.

Durch die INDEX-Funktion wird die entsprechenden Artikelbezeichnungen jener Artikelnummer, welche mit der VERGLEICH-Funktion bestimmt wird, aus der, in diesem Fall, Spalte AX des Arbeitsblatts „Artikel“ zurückgegeben.

Mit der WENNFEHLER-Funktion wird überprüft, ob ein Fehler bei der Ausführung der VERGLEICH- und INDEX-Funktion auftritt. Wenn kein Fehler auftritt, wird die korrekte Artikelbezeichnung der jeweiligen Artikelnummer in der Zelle, in welcher Formel (18) steht, zurückgegeben. Wenn die Artikelnummer oder die Artikelbezeichnungen nicht gefunden werden sollten, wird der Text "Keine Lagerdaten" zurückgegeben.

Ab der vierten Spalte der Lieferanten-Arbeitsblätter werden unter Einbeziehung der Lagerabgangslisten des Unternehmens die Lagerabgänge des jeweiligen Artikels für jeden Monat beginnend mit Jänner 2020 eingetragen. Zukünftige Lagerabgänge können direkt in das Arbeitsblatt des jeweiligen Lieferanten eingetragen werden, indem eine neue Spalte nach der Spalte des vorhergegangenen Monats eingefügt wird. Da dieser Vorgang für eine größere Anzahl an Lieferanten jeden Monat durchgeführt werden muss, wurde eine Subroutine (Abbildung 38), welche auf die entsprechenden Lieferanten-Arbeitsblätter angewendet werden kann, programmiert. Bei dieser Subroutine muss lediglich der neue Monat für die Bezeichnung in der ersten Zeile der neuen Spalte und die Spalte, vor welcher die neue Spalte eingefügt werden soll, angepasst werden. Dazu wird die Variable „Blatt“ als Variant-Datentyp deklariert. Mit einer for-each-Schleife wird nacheinander jedes Element im Array durchlaufen. Das Array enthält dabei die Bezeichnungen jener Arbeitsblätter, welche bearbeitet werden sollen. In der dargestellten Subroutine soll der Monat September 2022 vor der Spalte A1 in den Arbeitsblättern, welche durch das Array festgelegt werden, eingefügt werden.

```
Sub Neuer_Monat()
    Dim Blatt As Variant
    For Each Blatt In Array("Lieferant_1", "Lieferant_2", _
                           "Lieferant_3", "Artikel_ohne_Lieferant")
        Sheets(Blatt).Columns("A1:A1").Insert
        Sheets(Blatt).Range("A11").Value = "09/2022"
    Next Blatt
End Sub
```

Abbildung 38: Subroutine "Neuer_Monat"

In den ersten drei Spalten, nach den Spalten, in welchen die Lagerabgangsdaten für jeden Monat eingetragen werden, werden die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf, sechs und drei Monaten nach Formel (1) berechnet. Damit die Zellbereiche nach der monatlichen Datenaktualisierung nicht angepasst werden müssen, wird Formel (19) angewendet. In diesem Fall wird Formel (19) für die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf Monaten dargestellt.

$$= \text{SUMME}(\text{BEREICH.VERSCHIEBEN}(AJ2; 0; -12; 1; 12))/12 \quad (19)$$

In der dargestellten Formel (19) befindet sich die Spalte für die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf Monaten, also die erste Spalte nach den Lagerabgangsdaten der einzelnen Monate, in der Spalte AJ. Die Berechnung wird in der gezeigten Formel (19) für den ersten Artikel, welcher sich in der zweiten Zeile befindet, durchgeführt. Mit der BEREICH.VERSCHIEBEN-Funktion wird ein Bezug auf einen Zellbereich zurückgegeben, welcher sich vom Startpunkt AJ2, null Zeilen nach

oben oder unten und zwölf Zeilen nach links erstreckt. Der zurückgegebene Zellenbereich ist eine Zeile hoch und zwölf Spalten breit. Wenn bei der monatlichen Datenaktualisierung eine Spalte, für die Eintragung der Lagerabgänge des neuen Monats, vor der Spalte AJ eingefügt wird, wird die Startspalte des Zellbereichs automatisch angepasst und der Zellbereich berücksichtigt wiederum die korrekten Zellen für die Berechnungen der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat.

Mit der SUMME-Funktion wird die Summe der Werte dieser zwölf Zellen gebildet, welche durch zwölf geteilt wird und somit die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf Monaten in der Zelle, in welcher Formel (19) steht, ausgibt. Die Werte für die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten sechs und drei Monaten werden in den folgenden Spalten nach dem gleichen Prinzip gebildet.

Ausgehend von den Werten für die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf, sechs und drei Monaten wird in der nächsten Spalte ein Trend für die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat abgeleitet. Dabei wird wiederum die in Unterpunkt 5.1.1 beschriebene Logik angewandt. Daraus ergibt sich Formel (20).

$$\begin{aligned}
 &= WENNS(UND(AK2 < AL2; AL2 < AM2); "Steigend"; \\
 &UND(AK2 > AL2; AL2 > AM2); "Sinkend"; \\
 &ODER(UND(AK2 <= AL2; AL2 >= AM2); \\
 &UND(AK2 >= AL2; AL2 <= AM2)); "Kein Trend")
 \end{aligned} \tag{20}$$

In diesem Fall wird die Berechnung des Trends für die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat für den ersten Artikel in der zweiten Zeile durchgeführt. Die Werte für die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat befinden sich, in diesem Fall, in den Spalten AK für die letzten zwölf Monate, AL für die letzten sechs Monate und AM für die letzten drei Monate. Durch die WENNS-Funktion können die drei Bedingungen mit Hilfe von UND- und ODER-Funktionen überprüft werden.

Nach den Berechnungen der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat werden die Werte für den durchschnittlichen Lagerbestand der letzten zwölf Monate und den aktuellen Lagerbestand eingetragen. Dafür werden die entsprechenden Werte der beiden Spalten, welche bereits im Arbeitsblatt „Lagerbestand“ berechnet wurden, in das Arbeitsblatt des jeweiligen Lieferanten übertragen. Dazu wird wiederum eine adaptierte Ausführung der Formel (18) verwendet. Die entsprechende Formel (21) unterscheidet sich lediglich darin, dass die Daten aus der jeweiligen Spalte des Arbeitsblatts „Lagerbestand“, in diesem Fall der Spalte BO, anstatt des Arbeitsblatts „Artikel“ bezogen werden.

$$\begin{aligned}
 &= WENNFEHLER(INDEX(Lagerbestand!BO4:BO1000; \\
 &VERGLEICH(Lieferant_1!$A2; Lagerbestand!$A$4:$A$1000; 0)); \\
 &"Keine Lagerdaten")
 \end{aligned} \tag{21}$$

Damit sind alle Werte für die Bildung des durchschnittlichen Lagerumschlags pro Monat, des aktuellen Lagerumschlags pro Monat, der durchschnittlichen Lagerreichweite in Monaten und der aktuellen Lagerreichweite in Monaten in den Lieferanten-Arbeitsblättern vorhanden.

Die Werte für den durchschnittlichen und aktuellen Lagerumschlag pro Monat werden nach dem Prinzip in Formel (22) gebildet. Diese wird exemplarisch für den ersten Artikel in der zweiten Zeile dargestellt.

$$\begin{aligned}
 &= \text{WENNS}(\text{UND}(AJ2 = 0; AN2 = 0); \text{"Keine Abgänge/Kein Bestand"}; \\
 &AN2 = \text{"Keine Lagerdaten"}; AN2; AJ2 = 0; \text{"Keine Abgänge"}; \\
 &AN2 = 0; \text{"Kein Bestand"}; AJ2/AN2 <> 0; AJ2/AN2)
 \end{aligned} \tag{22}$$

Abhängig davon, ob der durchschnittliche Lagerumschlag pro Monat oder der aktuelle Lagerumschlag pro Monat mit der dargestellten Formel (22) berechnet wird, befinden sich in der Spalte AJ die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf Monaten oder die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten drei Monaten und in der Spalte AN der durchschnittliche Lagerbestand der letzten zwölf Monate oder der aktuelle Lagerbestand.

Mit der WENNS-Funktion werden mehrere Bedingungen geprüft. Wenn die Werte in den Zellen Lagerabgänge pro Monat und Lagerbestand beide null sind, wird der Text „Keine Abgänge/Kein Bestand“ ausgegeben. Wenn lediglich einer der beiden Werte null ist und der andere Wert ungleich null ist, wird der Text „Keine Abgänge“ oder „Kein Bestand“ ausgegeben. Falls durch die Formel (21) der Text „Keine Lagerdaten“ in der Spalte AN ausgegeben wird, wird dieser auch in der Spalte, in welcher der Lagerumschlag pro Monat berechnet wird, zurückgegeben. Sollte keine der beschriebenen Bedingungen eintreffen, wird der Lagerumschlag pro Monat nach Formel (3) für den durchschnittlichen Lagerumschlag pro Monat bzw. Formel (5) für den aktuellen Lagerumschlag pro Monat berechnet.

Die durchschnittliche Lagerreichweite in Monaten bzw. die aktuelle Lagerreichweite in Monaten werden in der jeweils folgenden Spalte des durchschnittlichen Lagerumschlags pro Monat bzw. des aktuellen Lagerumschlags pro Monat gebildet. Dazu werden nach Formel (4) die durchschnittliche Lagerreichweite in Monaten bzw. nach Formel (6) die aktuelle Lagerreichweite in Monaten durch die Bildung der Kehrwerte der jeweiligen Werte des Lagerumschlags pro Monat gebildet. Die entsprechende Formel (23) für die Berechnung der Lagerreichweite in Monaten wird exemplarisch für den ersten Artikel in der zweiten Zeile dargestellt.

$$= \text{WENNFEHLER}((A02)^{(-1)}; A02) \tag{23}$$

In diesem Fall werden die Werte für den Lagerumschlag pro Monat in der Spalte AO des Arbeitsblatts berechnet. Durch die Anwendung der WENNFEHLER-Funktion wird,

bei der Ausgabe einer Zahl in der jeweiligen Zelle des Lagerumschlags pro Monat die entsprechende Lagerreichweite in Monaten berechnet. Wenn jedoch einer der Texte „Keine Abgänge/Kein Bestand“, „Keine Abgänge“, „Kein Bestand“ oder „Keine Lagerdaten“ ausgegeben werden sollte, wird dieser ebenfalls in die Spalte der Lagerreichweite in Monaten übernommen.

In den letzten vier Spalten der Lieferanten-Arbeitsblätter werden die Daten der Lieferanten, welche durch das Arbeitsblatt „Lieferantendaten“ bezogen werden, mit der aktuellen Lagerreichweite in Monaten, den durchschnittlichen Lagerabgängen pro Monat in den letzten drei Monaten und dem aktuellen Lagerbestand kombiniert.

In den ersten drei Spalten werden die im Arbeitsblatt „Lieferantendaten“ zentral für alle Lieferanten gespeicherten Werte für die Lieferrhythmen der Lieferanten und den daraus abgeleiteten Werten für den unteren bzw. oberen Grenzwert der aktuellen Lagerreichweite in Monaten, für die Artikel des jeweiligen Lieferanten bezogen.

Durch die vierte Spalte wird ein Fazit ausgegeben, welches aus den Werten unterer Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten, oberer Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten, aktuelle Lagerreichweite in Monaten, durchschnittliche Lagerabgängen pro Monat in den letzten drei Monaten und aktueller Lagerbestand, generiert wird. Dieses wird mit Formel (24), exemplarisch für den ersten Artikel in der zweiten Zeile dargestellt, erstellt.

$$\begin{aligned}
 &= \text{WENNS}(\text{UND}(\text{AL2} = 0; \text{AQ2} = 0); \text{"Keine Abgänge/Kein Bestand"}; \\
 &\text{AQ2} = \text{Keine Lagerdaten}; \text{AQ2}; \text{AL2} = 0; \text{Keine Abgänge}; \\
 &\text{AQ2} = 0; \text{Kein Bestand}; \text{AS2} < \text{AU2}; \text{Lagerstand zu gering}; \\
 &\text{UND}(\text{AS2} \geq \text{AU2}; \text{AS2} \leq \text{AV2}); \text{Lagerstand innerhalb der Grenzen}; \\
 &\text{AS2} > \text{AV2}; \text{"Lagerstand zu hoch"})
 \end{aligned} \tag{24}$$

Mit der WENNS-Funktion werden mehrere Bedingungen überprüft. Sollten bei der dargestellten Formel (24) die Werte für die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten drei Monaten in Spalte AL und für den aktuellen Lagerbestand in Spalte AQ null sein, wird der Text „Keine Abgänge/Kein Bestand“ ausgegeben. Sollte jeweils nur einer dieser Werte null sein, wird „Keine Abgänge“ bzw. „Kein Bestand“ ausgegeben. Wird in der Spalte für den aktuellen Lagerbestand „Keine Lagerdaten“ durch Formel (21) ausgegeben, wird dieser Text ebenfalls in der Zelle, in welcher Formel (24) steht, ausgegeben.

Sollte die Bildung der aktuellen Lagerreichweite in Monaten in der Spalte AS einen Zahlenwert größer null ergeben, kann die berechnete aktuelle Lagerreichweite des Artikels mit dem unteren Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in der Spalte AU und dem oberen Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in der Spalte AV verglichen werden. Abhängig vom Ergebnis werden die Texte „Lagerstand zu gering“, „Lagerstand innerhalb der Grenzen“ oder „Lagerstand zu hoch“ ausgegeben.

Aufbau und Berechnungen der Arbeitsblätter „Alle_Lieferanten“ und „Artikel_ohne_Lieferant“

Im Arbeitsblatt „Alle_Lieferanten“ werden die Tabellen, welche in den Lieferanten-Arbeitsblättern nach dem beschriebenen Verfahren für alle Lieferanten des Unternehmens erstellt werden, in einer Tabelle zusammengeführt. Dafür wird mit dem Microsoft Excel Add-In Power Query eine Verbindung zu allen Tabellen in den Lieferanten-Arbeitsblättern hergestellt. Die verbundenen Tabellen werden anschließend mit Power Query in einer Tabelle kombiniert. Die so erhaltene Tabelle wird im Arbeitsblatt „Alle_Lieferanten“ ausgegeben.

Wenn sich die Daten in den Tabellen der Lieferanten-Arbeitsblätter ändern, also wenn die Daten eines neuen Monats in die Lieferanten-Arbeitsblätter eingetragen werden, erkennt Power Query automatisch die Änderungen und aktualisiert die Daten in der Tabelle im Arbeitsblatt „Alle_Lieferanten“ sodass diese auf aktuellem Stand ist.

Die Tabelle im Arbeitsblatt „Alle_Lieferanten“ wird weiterführend dazu genutzt, Artikel, welche zwar in der mit Formel (11) erzeugten Spalte aller Artikelnummern enthalten sind, jedoch in keinem der Lieferanten-Arbeitsblätter vorkommen, auszuwerten. Diese Auswertung wird im Arbeitsblatt „Artikel_ohne_Lieferant“ durchgeführt. Die Bestimmung jener Artikel, welche in keinem der Lieferanten-Arbeitsblätter vorkommen, wird mit Hilfe von zwei Hilfsspalten durchgeführt. Dafür werden die Artikelnummern, welche im Arbeitsblatt „Alle_Lieferanten“ ausgegeben werden, mit jenen Artikelnummern der durch Formel (11) erzeugten Indexspalte im Arbeitsblatt „Lagerbestand“ verglichen. Artikelnummern, welche im Arbeitsblatt „Alle_Lieferanten“ nicht vorkommen, werden in der Folge durch Formel (25) in einer Spalte ausgegeben. Zusätzlich wird dabei überprüft, ob der durchschnittliche Lagerbestand in den letzten zwölf Monaten für den jeweiligen Artikel ungleich null ist. Dadurch werden Artikel, welche zwar in der Indexspalte des Arbeitsblatts „Lagerbestand“ angeführt werden, jedoch in den letzten zwölf Monaten nicht im Lager des Unternehmens eingelagerten waren, aussortiert. Dadurch wird gewährleistet, dass Artikel, welche im aktuellen Geschäftsbetrieb nicht gehandelt werden, für die weitere Verarbeitung der Daten nicht berücksichtigt werden. Die angewendete Formel (25) wird exemplarisch für die erste Artikelnummer, welche in der Indexspalte des Arbeitsblatts „Lagerbestand“ in der Zelle A4 vorzufinden ist, dargestellt.

= WENN(UND(ISTFEHLER(SVERWEIS(
*Lagerbestand! \$A4; Alle_Lieferanten! \$A\$2: \$A\$1000; 1; 0));
Lagerbestand! \$B04 <> 0); Lagerbestand! \$A4; ""))*

In der dargestellten Formel wird mit der SVERWEIS-Funktion der Wert in der Zelle A4 im Arbeitsblatt „Lagerbestand“ in der Spalte A des Arbeitsblatts „Alle_Lieferanten“ von der Zeile zwei bis zur Zeile tausend gesucht. Bei einer Übereinstimmung soll der Wert

der ersten Spalte, der Spalte A, zurückgegeben werden. Durch die Angabe des Parameters null wird nach einer genauen Übereinstimmung gesucht.

Mit der ISTFEHLER-Funktion wird überprüft, ob durch die SVERWEIS-Funktion ein Fehlerwert zurückgegeben wird. Wenn die SVERWEIS-Funktion erfolgreich ist, also die Artikelnummer des jeweiligen Artikels im Arbeitsblatt „Alle_Lieferanten“ gefunden hat, gibt die ISTFEHLER-Funktion den Wert FALSCH zurück, andernfalls wird der Wert WAHR zurückgegeben.

Durch die UND-Funktion wird zusätzlich die Bedingung, ob der durchschnittliche Lagerbestand in den letzten zwölf Monaten des betrachteten Artikels in der Spalte BO im Arbeitsblatt „Lagerbestand“ ungleich null ist, überprüft.

Die beschriebenen Funktionen werden von der WENN-Funktion schließlich als Wahrheitstest verwendet. Wenn die Artikelnummer in der Spalte des Arbeitsblatts „Lagerbestand“ nicht in der Auflistung der Artikelnummern des Arbeitsblatts „Alle_Lieferanten“ gefunden werden kann und der durchschnittliche Lagerbestand in den letzten zwölf Monaten in der Spalte BO des Arbeitsblatts "Lagerbestand" ungleich null ist, wird die Artikelnummer in der Spalte A des Arbeitsblatts „Lagerbestand“ in der entsprechenden Zelle zurückgegeben. Andernfalls wird ein leerer String in der entsprechenden Zelle zurückgegeben. Mit Formel (26) werden die leeren Zeilen in der damit erhaltenen Auflistung, in diesem Fall in der Spalte AZ, eliminiert.

$$= \text{FILTER}(\text{AZ2:AZ1000}; \text{AZ2:AZ1000} <> "") \quad (26)$$

Mit der FILTER-Funktion wird die Spalte AZ von der zweiten bis zur tausendsten Zeile nach Zellen durchsucht, welche ungleich einer leeren Zelle sind. Die dadurch erhaltene Auflistung der Artikelnummern ohne leere Zeilen wird in einer neuen Spalte ausgegeben.

Mit dieser Auflistung wird wiederum eine Tabelle erzeugt, welche vom Aufbau identisch zu jener der Lieferanten-Arbeitsblätter ist, und mit den entsprechenden Daten befüllt. Für die somit erhaltene Tabelle im Arbeitsblatt „Artikel_ohne_Lieferant“ wird ebenfalls eine Verbindung mit Power Query erstellt.

Aufbau und Berechnungen des Arbeitsblatts „Gesamtlager“

Das Ziel der bisher beschriebenen Berechnungen ist es, artikelspezifischen Information zu gewinnen und aufzubereiten. Im Arbeitsblatt „Gesamtlager“ werden Berechnungen für die Gesamtheit der Artikel des Lagers durchgeführt. Dabei werden die summierten Werte für die Lagerbestände, Lagerabgänge pro Monat und Kapitalbindung im Lager für jeden Monat berechnet.

Die Daten für die Berechnung der summierten Lagerbestände werden vom Arbeitsblatt „Lagerbestand“ bezogen. Die summierten Lagerbestände werden mit der exemplarisch dargestellten Formel (27) berechnet.

= WENN(SUMME(
Lagerbestand! B\$4: Lagerbestand! B\$1000) > 0; (27)
 SUMME(*Lagerbestand! B\$4: Lagerbestand! B\$1000*); 0)

In diesem Fall befinden sich die Lagerbestände des betrachteten Monats in der Spalte B des Arbeitsblatts „Lagerbestand“. Da Formel (27), entsprechend angepasst, auch für zukünftige Monate in den folgenden Zellen vorformuliert ist, wird mit Hilfe der WENN-Funktion geprüft, ob die Summation der Werte in der jeweiligen Spalte des Arbeitsblatts „Lagerbestand“ einen Wert größer null ergibt. Wenn dies der Fall ist, wird der Wert der Summation ausgegeben, falls nicht, wird der Wert null ausgegeben.

Nach dem gleichen Prinzip wird die Kapitalbindung mit der exemplarisch dargestellten Formel (28) berechnet. Die Daten werden dabei jedoch aus der entsprechenden Spalte des Arbeitsblatts „Anschaffungspreis“ bezogen.

= WENN(SUMME(
Anschaffungspreis! B\$4: Anschaffungspreis! B\$1000) > 0; (28)
 SUMME(*Anschaffungspreis! B\$4: Anschaffungspreis! B\$1000*); 0)

Bei der Berechnung der Lagerabgänge pro Monat werden die Daten aus dem Arbeitsblatt „Alle_Lieferanten“ bezogen. Dabei wird bei der exemplarisch dargestellten Formel (29) berücksichtigt, dass den Spalten, in welchen die Lagerabgänge eines Artikels eingetragen sind, direkt Spalten, in welchen Berechnungen durchgeführt werden, folgen. Deshalb wird die Benennung der Spalten in der ersten Zeile der Tabelle verwendet, um nur jene Spalten zu summieren, in welchen die Lagerabgänge der Artikel eingetragen sind. Die entsprechenden Spalten haben in der ersten Zeile der Spalte einen Text mit identischem Aufbau. Für den Monat Jänner 2020 wird z. B. der Text „01|2020“ in der ersten Zeile der Spalte angegeben.

= WENN(ISTFEHLER(FINDEN("120"; Alle_Lieferanten! D\$1; 1));
 0; SUMME(*Alle_Lieferanten! D\$2: C\$1000*)) (29)

Die gesuchten Lagerabgänge befinden sich in der dargestellten Formel (29) in der Spalte D des Arbeitsblatts „Alle_Lieferanten“. Mit der FINDEN-Funktion wird nach dem Text „120“ in der Zelle D1 des Arbeitsblatts „Alle_Lieferanten“ gesucht. Die Suche wird mit dem ersten Zeichen der Zelle begonnen. Wenn die Spalte D eine korrekte Spalte ist, also eine Spalte, in welcher die Lagerabgänge der Artikel angegeben sind, wird mit der ISTFEHLER-Funktion der Wahrheitswert „FALSCH“ zurückgegeben und die Werte von Zeile zwei bis Zeile tausend der Spalte D werden mit der SUMME-Funktion addiert. Wenn die Spalte D keine Spalte wäre, in welcher die Lagerabgänge der Artikel angegeben werden, also der Text „120“ nicht in der Zelle D1 vorhanden wäre, würde durch die WENN-Funktion der Wert null zurückgegeben werden.

5.4 Kennzahlenreport in Form eines Dashboards

Die berechneten Werte für die einzelnen Artikel bzw. das gesamte Lager werden durch die Verwendung eines Dashboards in übersichtlicher Form dargestellt. Das Dashboard wird direkt in der Arbeitsmappe, in welcher die Daten mit der in Unterpunkt 5.3 beschriebenen Methodik aufbereitet werden, gebildet. In Abbildung 39 wird die Integration des Arbeitsblatts „Dashboard“ in die Arbeitsmappe dargestellt. Die Daten für das Dashboard werden von den Lieferanten-Arbeitsblättern, dem Arbeitsblatt „Artikel_ohne_Lieferant“ und dem Arbeitsblatt „Gesamtlager“ bezogen.

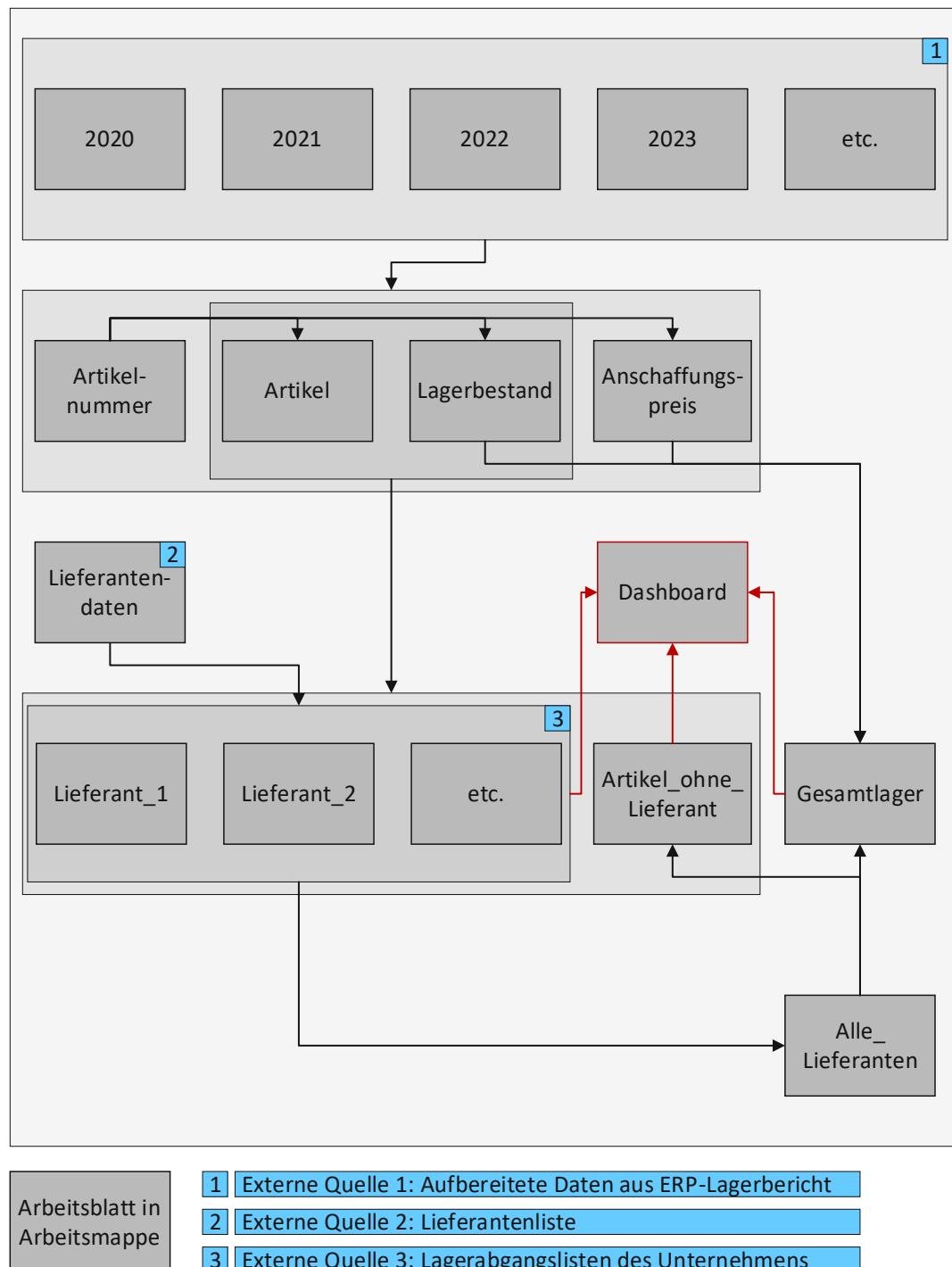


Abbildung 39: Integration des Arbeitsblatts „Dashboard“

Die berechneten Werte für das gesamte Lager werden aus dem Arbeitsblatt „Gesamtlager“ bezogen und mit Hilfe von Balkendiagrammen dargestellt. Dabei werden die Werte für jeden Monat der vergangenen Jahre dargestellt. Ein Ausschnitt des Dashboards wird in Abbildung 40 für das erste Quartal der Jahre 2020, 2021 und 2022 mit Beispielwerten dargestellt.

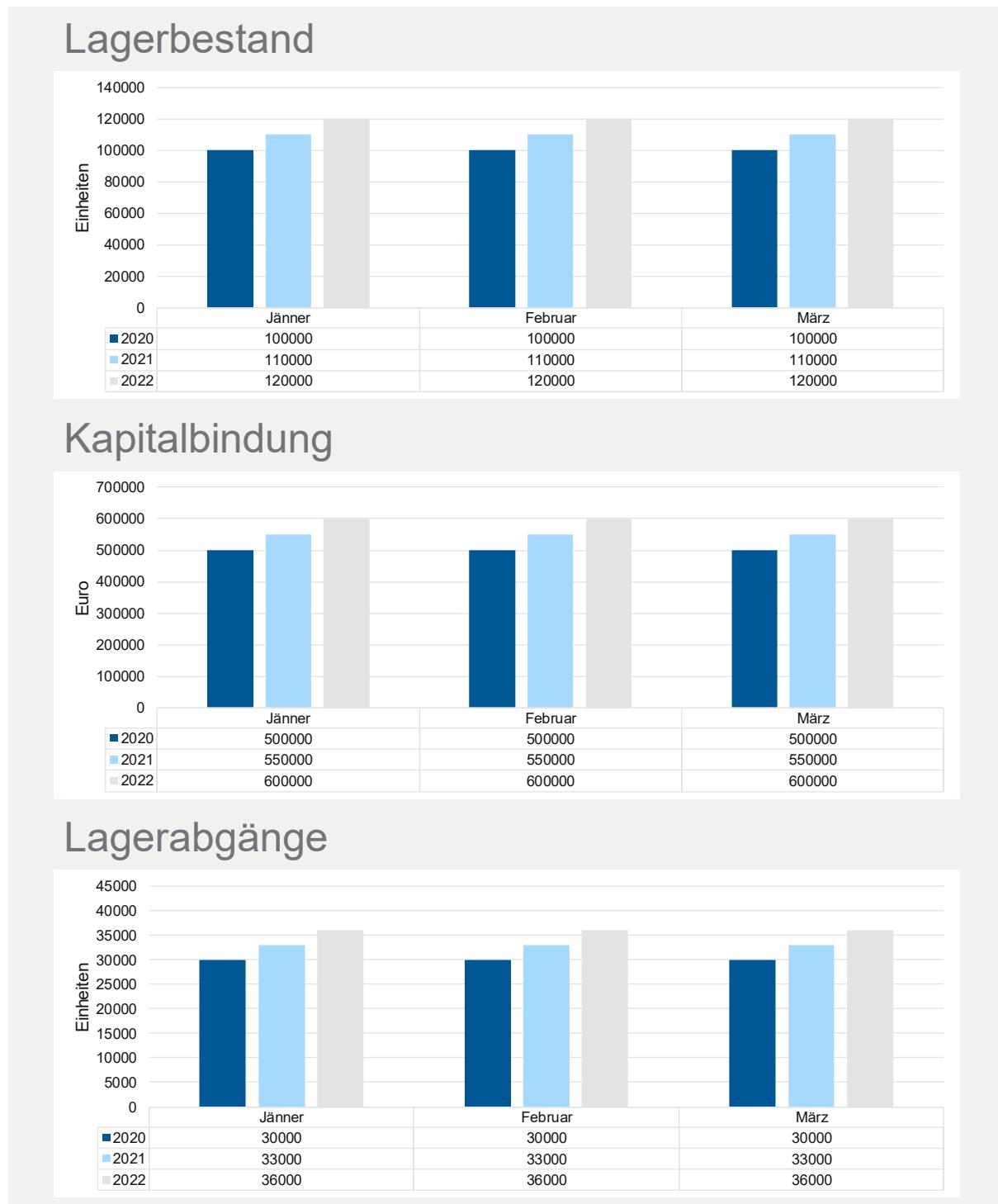


Abbildung 40: Ausschnitt des Dashboards: Werte des gesamten Lagers

Die berechneten artikelspezifischen Werte werden aus den Lieferanten-Arbeitsblättern und dem Arbeitsblatt „Artikel_ohne_Lieferant“ bezogen. Dazu werden die Tabellen der

beiden Arbeitsblätter mit Hilfe von Power Query kombiniert und im Arbeitsblatt „Dashboard“ ausgegeben. In der somit erhaltenen Tabelle im Arbeitsblatt „Dashboard“ werden dadurch alle für den aktuellen Geschäftsbetrieb relevanten Artikel, unabhängig davon, ob dem Artikel ein Lieferant zugewiesen ist oder nicht, ausgegeben. In dieser Tabelle im Arbeitsblatt „Dashboard“ werden ausgewählte Spalten der Tabellen der Lieferanten-Arbeitsblätter bzw. des Arbeitsblatts „Artikel_ohne_Lieferant“ ausgegeben. Die entsprechenden Spalten werden im Power Query Editor ausgewählt und sind, die Artikelnummer, der Lieferant des Artikels, die Artikelbezeichnung, die durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat in den letzten zwölf, sechs und drei Monaten, der Trend der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat, der durchschnittliche Lagerbestand in den letzten zwölf Monaten, der aktuelle Lagerbestand, die aktuelle Lagerreichweite in Monaten, der untere bzw. obere Grenzwert für die aktuelle Lagerreichweite in Monaten und das generierte Fazit. Ein Ausschnitt der erzeugten Tabelle im Arbeitsblatt „Dashboard“ wird in Abbildung 41 mit Beispielwerten dargestellt.

Artikelnummer	Lieferant	Artikel	ØLagerabg./M. ltz. 12 M.	ØLagerabg./M. ltz. 6 M.	ØLagerabg./M. ltz. 3 M.	Lagerabg.-Trend	ØLagerbest. ltz. 12 M.	Akt. Lagerbest.	Akt. LRW in M.	Mindestwert LRW	Maximalwert LRW	Fazit
10001	Lieferant 1	Artikel 1	16,5	19,5	21,0	Steigend	29,8	32	1,5	1	3	Lagerstand innerhalb der Grenzen
10002	Lieferant 1	Artikel 2	4,3	4,8	6,0	Steigend	12,2	4	0,7	1	3	Lagerstand zu gering
10003	Lieferant 1	Artikel 3	33,5	30,5	29,0	Sinkend	76,4	76	2,6	1	3	Lagerstand innerhalb der Grenzen
10004	Lieferant 1	Artikel 4	4,3	4,3	4,0	Kein Trend	10,7	13	3,3	1	3	Lagerstand zu hoch
10005	Lieferant 1	Artikel 5	20,8	23,7	25,3	Steigend	45,3	48	1,9	1	3	Lagerstand innerhalb der Grenzen
10006	Lieferant 2	Artikel 6	4,1	3,9	3,1	Sinkend	3,0	2	0,6	1	3	Lagerstand zu gering
10007	Lieferant 2	Artikel 7	7,0	7,3	9,7	Steigend	18,9	21	2,2	1	3	Lagerstand innerhalb der Grenzen
10008	Lieferant 2	Artikel 8	0,0	0,0	0,0	Kein Trend	3,0	2	Keine Abgänge	1	3	Keine Abgänge
10009	Lieferant 2	Artikel 9	0,0	0,0	0,0	Kein Trend	3,0	0	Keine Abgänge/Kein Bestand	1	3	Keine Abgänge/Kein Bestand
10010	Lieferant 2	Artikel 10	7,5	9,5	11,0	Steigend	14,2	9	0,8	1	3	Lagerstand zu gering
10011	Lieferant 3	Artikel 11	7,3	8,0	6,0	Kein Trend	17,6	14	2,3	1	3	Lagerstand innerhalb der Grenzen
10012	Lieferant 3	Artikel 12	0,3	0,5	0,3	Kein Trend	3,0	0	Kein Bestand	1	3	Kein Bestand
10013	Lieferant 3	Artikel 13	20,5	23,3	24,7	Steigend	43,2	63	2,6	1	3	Lagerstand innerhalb der Grenzen
10014	Lieferant 3	Artikel 14	4,1	3,8	3,3	Sinkend	9,1	3	0,9	1	3	Lagerstand zu gering
10015	Lieferant 3	Artikel 15	2,1	2,3	3,3	Steigend	8,3	6	1,8	1	3	Lagerstand innerhalb der Grenzen

Abbildung 41: Ausschnitt des Dashboards: Tabelle der einzelnen Artikel

Da in dieser Tabelle eine Vielzahl von Artikeln aufgelistet werden, wird durch die Anwendung von Datenschnitten eine Möglichkeit zur Datenfilterung implementiert. Dadurch kann die Tabelle nach dem Lieferanten, nach dem Trend der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat und nach dem generierten Fazit gefiltert werden. Die erstellten Datenschnitte werden in Abbildung 42 dargestellt.

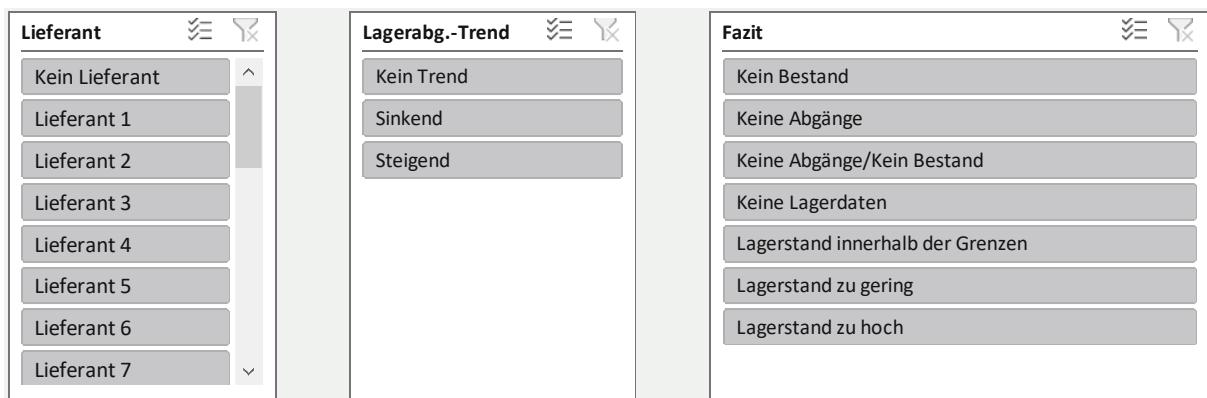


Abbildung 42: Datenschnitte für die Tabelle der einzelnen Artikel

Durch die Anwendung der Datenschnitte können die Artikel der Tabelle schnell nach den vorgegebenen Filterkriterien aussortiert werden. Wird beispielsweise im Datenschnitt Lieferant „Lieferant 1“ und im Datenschnitt Trend der durchschnittlichen Lagerabgänge pro Monat „Steigend“ ausgewählt, werden jene Artikel, welche vom „Lieferant 1“ an das Unternehmen geliefert werden, angezeigt, deren Lagerabgänge in den letzten zwölf Monaten einen steigenden Trend vorweisen. Sollen jene Artikel, welche vom „Lieferant 2“ an das Unternehmen geliefert werden, danach gefiltert werden, ob die aktuelle Lagerreichweite des Artikels unterhalb des festgelegten unteren Grenzwertes liegt, werden im Datenschnitt Lieferant „Lieferant 2“ und im Datenschnitt Fazit „Lagerstand zu gering“ ausgewählt. Werden die beschriebenen Filterungen auf die Tabelle in Abbildung 41 angewendet, werden die in Abbildung 43 und Abbildung 44 dargestellten Tabellen ausgegeben.

Artikelnummer	Lieferant	Artikel	ØLagerabg./M. ltz. 12 M.	ØLagerabg./M. ltz. 6 M.	ØLagerabg./M. ltz. 3 M.	Lagerabg.-Trend	ØLagerbest. ltz. 12 M.	Akt. Lagerbest.	Akt. LRW in M.	Mindestwert LRW	Maximalwert LRW	Fazit
10001	Lieferant 1	Artikel 1	16,5	19,5	21,0	Steigend	29,8	32	1,5	1	3	Lagerstand innerhalb der Grenzen
10002	Lieferant 1	Artikel 2	4,3	4,8	6,0	Steigend	12,2	4	0,7	1	3	Lagerstand zu gering
10005	Lieferant 1	Artikel 5	20,8	23,7	25,3	Steigend	45,3	48	1,9	1	3	Lagerstand innerhalb der Grenzen

Abbildung 43: Filterung nach „Lieferant 1“ und „Steigend“

Artikelnummer	Lieferant	Artikel	ØLagerabg./M. ltz. 12 M.	ØLagerabg./M. ltz. 6 M.	ØLagerabg./M. ltz. 3 M.	Lagerabg.-Trend	ØLagerbest. ltz. 12 M.	Akt. Lagerbest.	Akt. LRW in M.	Mindestwert LRW	Maximalwert LRW	Fazit
10006	Lieferant 2	Artikel 6	4,1	3,9	3,1	Sinkend	3,0	2	0,6	1	3	Lagerstand zu gering
10010	Lieferant 2	Artikel 10	7,5	9,5	11,0	Steigend	14,2	9	0,8	1	3	Lagerstand zu gering

Abbildung 44: Filterung nach „Lieferant 2“ und „Lagerstand zu gering“

5.5 Bereitstellung des Kennzahlenreports

Die Bereitstellung des Kennzahlenreports erfolgt über Microsoft Sharepoint. Die Arbeitsmappen, welche für die Aufbereitung und Verarbeitung bzw. Präsentation der Daten verwendet werden, werden dort auf einer Website gespeichert. Auf diese Website haben alle bei der Bearbeitung des Kennzahlensystems involvierten Mitarbeiter und die Geschäftsführung Zugriff.

Durch die zentrale Speicherung der Arbeitsmappen wird gewährleistet, dass mehrere Mitarbeiter jederzeit an der aktuellen Version der Arbeitsmappen arbeiten können. Änderungen, welche von einem Mitarbeiter an den Arbeitsmappen vorgenommen werden, sind unmittelbar für alle anderen Mitarbeiter sichtbar. Somit wird verhindert, dass verschiedene Versionen der Arbeitsmappen existieren. Auch ein Austausch der Dokumente zwischen den Mitarbeitern, z. B. durch E-Mails, ist folglich nicht notwendig.

Wenn der Kennzahlenreport für den jeweiligen Monat vollständig aufbereitet ist, wird dieser mit der Geschäftsführung geteilt. Dabei wird eine E-Mail mit einem Link zu der Arbeitsmappe an die Geschäftsführung übermittelt.

6 SOLL-Stand und Entwicklungsprognose

Ausgehend von den Ergebnissen der Analyse des IST-Stands werden in diesem Kapitel Optimierungspotenziale für die Lagerlogistik des Unternehmens aufgezeigt. Durch die Optimierungskonzepte sollen eine Steigerung des Automatisierungsgrades und somit eine Reduzierung des Arbeitsaufwands pro Arbeitsprozess durch das Personal, eine Reduzierung der Fehleranfälligkeit und allgemein eine optimierte Nutzung der Lagergegebenheiten erzielt werden.

Nachfolgend werden die Optimierungskonzepte beschrieben. Dazu werden die auftretenden Probleme im Lagerbetrieb im IST-Stand, der erarbeitete SOLL-Stand und die daraus resultierenden Verbesserungen beschrieben.

6.1 Einsatz von Opto-elektronischen Verfahren

6.1.1 Lagerplatzkennzeichnung durch Barcodes

Wie in Unterpunkt 4.1 beschrieben werden zur Lagerung des Lagerguts Palettenregale im Einheitenlager bzw. Fachbodenregale, Behälterregale, Schränke und Bodenlagerung im Kommissionierlager verwendet. Dabei sind weder die Lagerplätze im Einheitenlager noch die Lagerplätze im Kommissionierlager mit einer Kennzeichnung versehen, mit welcher der jeweilige Lagerplatz eindeutig identifiziert werden kann.

Auftretende Probleme im Lagerbetrieb

Durch fehlende Kennzeichnungen an den Lagerplätzen kann der richtige Lagerplatz bei der Einlagerung von Artikeln in das Lager nicht bzw. nicht sofort gefunden werden. Neben dem dadurch entstehenden Zeitverzug, werden die Artikel darüber hinaus möglicherweise an falschen Lagerplätzen eingelagert.

Auch bei der Auslagerung kann die fehlende Kennzeichnung dazu führen, dass der Lagerplatz der gesuchten Artikel nicht bzw. nicht sofort gefunden wird. Dadurch entsteht wiederum ein zeitlicher Mehraufwand.

Zusätzlich kann einem Lagerplatz durch die fehlende Kennzeichnung auch kein Artikel in der Lagerverwaltungssoftware zugewiesen werden. Dadurch ist es schwierig, den Überblick darüber zu behalten, welche Artikel an welchem Lagerplatz eingelagert sind.

Lösungsmöglichkeit und Verbesserungen im Lagerbetrieb

Durch die Anbringung von Barcodes an den einzelnen Lagerplätzen können diese eindeutig gekennzeichnet werden. Dazu wird an jedem Lagerplatz, in einem für die Mitarbeiter gut sichtbaren Bereich, ein Barcode angebracht. Die Lagerplätze werden mit ihrem jeweiligen Barcode im ERP-System verknüpft.

Wird der Barcode eines Lagerplatzes mit einer MDE gescannt, werden die Informationen an das ERP-System übertragen. Das ERP-System identifiziert den jeweiligen Lagerplatz und gibt die gewünschten Informationen bzgl. der eingelagerten Artikel aus. Dadurch kann die Transparenz des Lagerbetriebs erhöht werden, da z. B. die Artikelbezeichnung, der Lagerbestand am Lagerplatz, die Charge und andere artikelspezifische Information im ERP-System hinterlegt sind und für die am Lagerplatz eingelagerten Artikel sofort zur Verfügung stehen.

Auch für die Einlagerung und Kommissionierung von Artikeln ergeben sich Vorteile durch die Applikation von Barcodes an den Lagerplätzen. Auf diese wird in den Unterpunkten 6.1.3 und 6.1.4 näher eingegangen.

6.1.2 Warenannahme und Identifikation

Auftretende Probleme im Lagerbetrieb

Der Prozess der Warenannahme und Identifikation wird, wie in Unterpunkt 4.3.1 beschrieben, durch Sichtkontrolle und anschließendem Vermerk der aufgenommenen Daten auf dem der Lieferung beigelegten Lieferschein, vollzogen. Auftretende Nachteile der angewendeten Methodik sind vielschichtig. Zum einen ist ein erheblicher Zeitaufwand, welcher vom Personal für die Identifikation der angelieferten Artikel, den anschließenden Vermerk der Daten am Lieferschein und die Übertragung der Daten in das ERP-System aufgebracht werden muss, zu berücksichtigen.

Ebenfalls sind mehrere Fehlerquellen bei der beschriebenen Methodik gegeben. Diese reichen von Fehlern bei der Datenerfassung über Fehler bei der Niederschrift der Daten bis zu Fehlern bei der Übertragung der Daten in das ERP-System.

Ein weiterer Nachteil ist, dass die erfassten Daten der angelieferten Artikel nicht sofort in das ERP-System übertragen werden. Dadurch stehen im ERP-System keine Echtzeitinformationen zur Verfügung. Durch die entstehende Verzögerung der Datenübertragung in das ERP-System wird die Überwachung und Entscheidungsfindung des Lagerbetriebs erschwert.

Lösungsmöglichkeit und Verbesserungen im Lagerbetrieb

Durch den Einsatz von MDEs bei der Warenannahme und Identifikation kann den beschriebenen Nachteilen entgegengewirkt werden. Die Identifikation der angelieferten Artikel erfolgt dabei durch das Scannen der Barcodes an den Artikeln. Mit dem auf der MDE geöffneten Beleg der entsprechenden Lieferung ist sofort ersichtlich, ob die angelieferten Artikel bzw. die angelieferte Menge der Artikel mit den Bestelldaten übereinstimmen. Nachdem alle Artikel der Lieferung erfasst wurden, können diese direkt mit der MDE im ERP-System verbucht werden. Dadurch entfällt die doppelte Verarbeitung der Daten auf dem Lieferschein bzw. im ERP-System und das Potenzial für menschliche Fehler wird verringert. Da für die Übertragung der Daten

in das ERP-System nicht der Standrechner im Arbeitsbereich verwendet werden muss, entfällt außerdem die benötigte Wegzeit, welche für den Weg von der Position der angelieferten Ware bis zum Standrechner im Arbeitsbereich vom Personal benötigt werden würde. Zusätzlich wird ein Lagerbetrieb mit aktuellen Daten gewährleistet, da diese in Echtzeit in das ERP-System übertragen werden.

Ein zusätzlicher Vorteil bei einem Einsatz einer MDE mit integrierter Kamera ist, dass etwaige Schäden der angelieferten Artikel direkt mit der MDE, durch die Erstellung eines Fotos, dokumentiert werden können.

Die angepasste Prozessdarstellung der Warenannahme und Identifikation beim Einsatz von Datenerfassung mittels MDE wird in Anhang A in Form eines Flussdiagramms dargestellt.

6.1.3 Einlagerung

Auftretende Probleme im Lagerbetrieb

Durch die notwendige Kontrolle, ob der einzulagernde Artikel am Lagerplatz im Einheitenlager bzw. am Lagerplatz im Kommissionierlager noch in ausreichender Anzahl gelagert ist, entsteht ein hoher zeitlicher Aufwand für das Personal durch die zurückzulegenden Wegstrecken zwischen Wareneingang und Lagerplätzen.

Lösungsmöglichkeit und Verbesserungen im Lagerbetrieb

Durch die Verwendung von Barcodes zur Kennzeichnung von Lagerplätzen kann im ERP-System hinterlegt werden, wo welcher Artikel eingelagert wird. Dadurch wird es ermöglicht, den Lagerplätzen Artikel und die Sollbestände dieser Artikel zuzuordnen. Im Zuge der Warenannahme und Identifikation mit Hilfe einer MDE wird für die angelieferten Artikel ein im ERP-System hinterlegter Lagerplatz im Einheiten- oder Kommissionierlager vorgeschlagen. Bei der anschließenden Einlagerung wird der vom ERP-System vorgeschlagene Lagerplatz kontrolliert und gegebenenfalls angepasst. Dabei wird die ursprüngliche Logik angewandt, wonach die einzulagernden Artikel nach dem Ablaufdatum in den bereits eingelagerten Artikelbestand integriert werden. Artikel, welche aufgrund von Rückständen umgehend für offene Bestellungen benötigt werden, werden wiederum direkt im Arbeitsbereich bereitgestellt. Dazu sollte der Arbeitsbereich auch als Lagerplatzoption im ERP-System hinterlegt sein.

Die angepasste Prozessdarstellung der Einlagerung (Anhang B) ändert sich vom prinzipiellen Aufbau nicht. Für die durchzuführenden Kontrollen bei der Einlagerung müssen jedoch nicht mehr die jeweiligen Lagerplätze im Einheiten- bzw. Kommissionierlager aufgesucht werden. Die entsprechenden Daten können direkt über die MDE abgerufen werden. Dadurch können die Wegzeiten des Personals, welche für die Wege zu den Lagerplätzen der Artikel benötigt werden, eliminiert werden.

6.1.4 Kommissionierung

Auftretende Probleme im Lagerbetrieb

Bei der im Unternehmen angewendeten Kommissioniertechnik Pick-by-Paper werden die am Standrechner ausgedruckten Lieferschein als Picklisten verwendet. Bei dieser Kommissioniertechnik entstehen sowohl durch das Beziehen der Kommissionierdaten aus dem ERP-System am Anfang der Kommissionierung als auch durch das Bestätigen des Kommissionierauftrags im ERP-System am Ende der Kommissionierung ein zeitlicher Aufwand des Personals, durch die notwendigen Wegzeiten für den Weg zum bzw. vom Standrechner.

Zusätzlich ist durch die Verwendung eines Papierzettels, für die Bereitstellung der Kommissionierdaten, eine mögliche Fehlerquelle gegeben. Sollte der Papierzettel im Zuge der Kommissionierung verschmutzt oder beschädigt werden, kann daraus überdies eine fehlerhafte Kommissionierung resultieren.

Ein weiterer Nachteil bei der Kommissionierung mit der Kommissioniertechnik Pick-by-Paper ist, dass die Flexibilität des Kommissionierers bei der Durchführung der Kommissionierung eingeschränkt ist. Beispielsweise kann bei der Entnahme der entsprechenden Artikel vom Lagerplatz keine zeitgleiche schriftliche Dokumentation der entnommenen Artikel erfolgen.

Lösungsmöglichkeit und Verbesserungen im Lagerbetrieb

Bei der Kommissioniertechnik Pick-by-Scan werden die Daten des Kommissionierauftrags direkt auf der MDE ausgegeben bzw. bestätigt, da diese mit dem ERP-System verbunden ist. Somit entfallen die zeitlichen Aufwände, welche bei der Kommissioniertechnik Pick-by-Paper für das Beziehen der Kommissionierdaten vom ERP-System bzw. die Bestätigung des abgeschlossenen Kommissionierauftrags im ERP-System benötigt werden.

Auch mögliche menschliche Fehlerquellen werden minimiert, da durch das Scannen des Barcodes des Artikels von der MDE direkt ausgegeben wird, ob der richtige Artikel für die Kommissionierung ausgewählt wurde. Zusätzlich werden die beschriebenen Fehlermöglichkeiten bei der Kommissionierung mit Papierzettel eliminiert.

Weiterer Vorteile der Kommissioniertechnik Pick-by-Scan sind die Erfassung und Übertragung von Echtzeitdaten mit Hilfe der MDE und die verbesserte Flexibilität des Kommissionierers. Beispielsweise kann bei der Entnahme eines Artikels, welcher mit einer Hand vom Kommissionierer gegriffen werden kann, eine gleichzeitige Dokumentation der Entnahme, durch das Scannen des Barcodes am Artikel, durchgeführt werden.

Die angepasste Prozessdarstellung der Kommissionierung beim Einsatz von Datenerfassung mittels MDE wird in Anhang C in Form eines Flussdiagramms dargestellt.

6.2 Optimierung des Lagerlayouts

Ausgehend vom IST-Stand des Lagerlayouts, welcher in Abbildung 24 dargestellt wird, werden in diesem Unterpunkt Optimierungen des Lagerlayouts präsentiert. Dadurch ergibt sich der SOLL-Stand des Lagerlayouts, welcher in Abbildung 45 abgebildet wird.

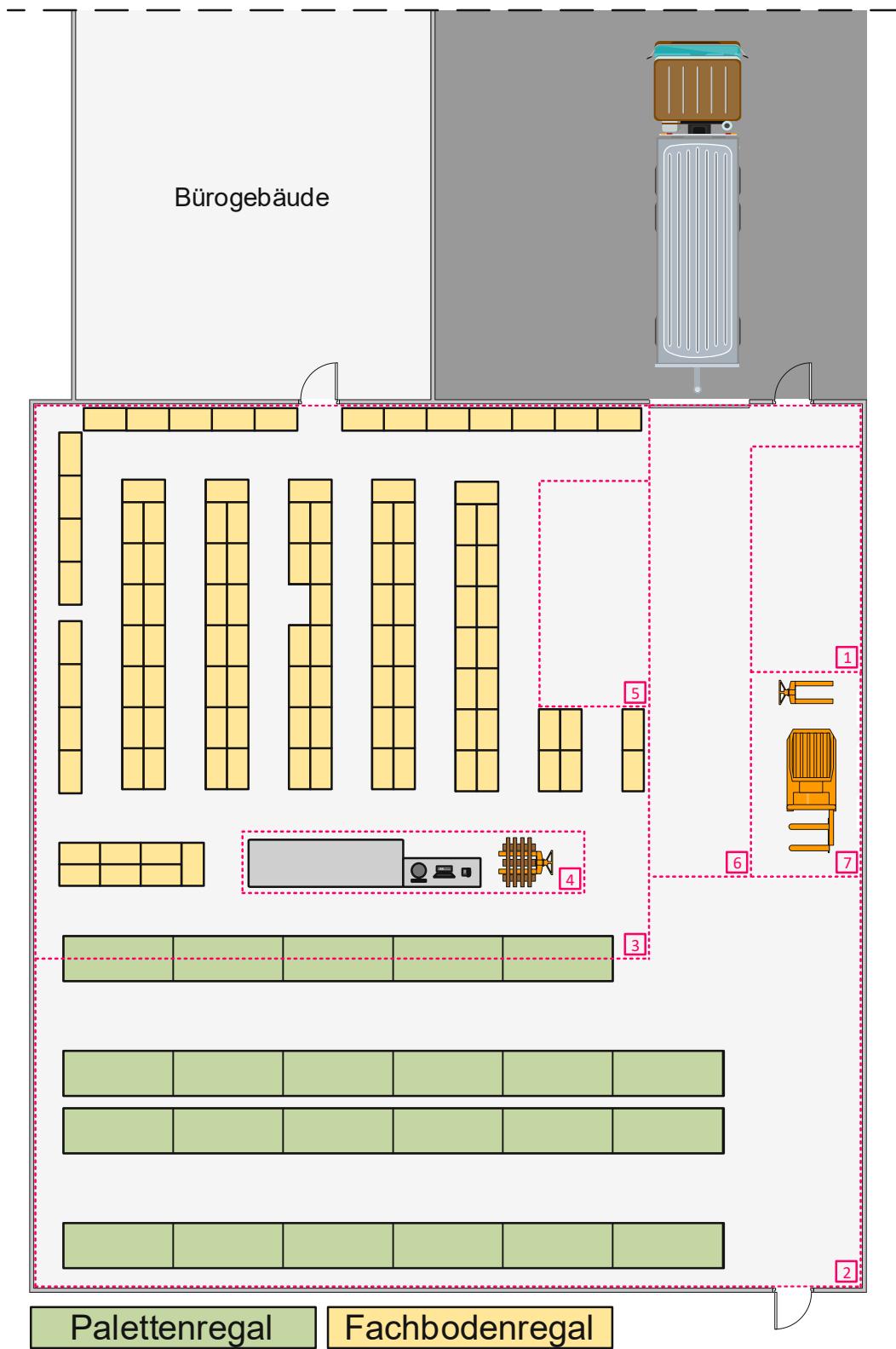


Abbildung 45: SOLL-Stand des Lagerlayouts

Das Lagerlayout des entwickelten SOLL-Stands des Lagers gliedert sich in die sieben Bereiche Wareneingang (Bereich 1), Einheitenlager (Bereich 2), Kommissionierlager (Bereich 3), Arbeitsbereich (Bereich 4), Warenausgang (Bereich 5), Transportgang (Bereich 6) und Abstellbereich für die Fördermittel (Bereich 7).

Der Wareneingang wird örtlich vom Warenausgang getrennt. Dadurch wird gewährleistet, dass die Prozesse Warenannahme und Identifikation und Versand zeitgleich ohne gegenseitige Beeinträchtigung durchgeführt werden können. Eine Voraussetzung dafür ist auch, dass beide Bereiche jederzeit erreichbar sind. Dies wird durch die Implementierung eines Transportgangs berücksichtigt. Dieser, in der Mitte des Wareneingangs und Warenausgangs gelegene Bereich, ermöglicht, dass der Wareneingang und der Warenausgang jederzeit, auch bei der Verwendung eines Fördermittels, erreicht werden können. Durch den Transportgang werden der Wareneingang und Warenausgang zusätzlich direkt mit dem Lagertor verbunden. Dadurch wird eine reibungslose Anlieferung und Abholung von Ware durch die Lieferanten ermöglicht.

Die Optimierung des Einheiten- und Kommissionierlager wurde auf der Grundlage der Platzoptimierung durchgeführt. Voraussetzung für das in Abbildung 45 dargestellte Lagerlayout ist der Einsatz eines Schmalgangstaplers in der Ausführung eines Dreiseitenstaplers (siehe Unterpunkt 2.2.3.2) anstelle des eingesetzten Frontgabelstaplers. Dadurch kann die notwendige Gangbreite zwischen den Palettenregalen erheblich reduziert werden. Für den vom Unternehmen verwendeten Frontgabelstapler wird im Datenblatt des Herstellers eine notwendige Gangbreite von 3172 Millimetern angegeben. Beim Einsatz eines Schmalgangstaplers wird eine Gangbreite zwischen 1500 und 1700 Millimetern benötigt [4]. Für den SOLL-Stand des Lagerlayouts wird deshalb eine Gangbreite von 1700 Millimetern zwischen den Palettenregalen veranschlagt. Durch die geringere Gangbreite und eine angepasste Anordnung der Palettenregale können die Palettenstellplätze im Einheitenlager von 168 auf 192 erhöht werden.

Die im IST-Stand verwendeten Lagertechniken im Kommissionierlager werden im SOLL-Stand auf Fachbodenregale mit einheitlicher Größe beschränkt. Die Anordnung der Fachbodenregale wurde wiederum auf der Grundlage der optimalen Raumnutzung durchgeführt. Dadurch kann die zur Verfügung stehende Lagerfläche von rund 228 Quadratmetern auf rund 278 Quadratmeter gesteigert werden.

Die Lagerfläche, auf welcher im IST-Stand Bodenlagerung durchgeführt wird, wird im SOLL-Stand eingesetzt, um einen Bereich für die Trennung von Wareneingang und Warenausgang zu schaffen. Statt der Bodenlagerung wird im SOLL-Stand die unterste Ebene der ersten Regallagerzeile der Palettenregale verwendet. Anstelle von zehn Paletten, welche im IST-Stand im Bereich der Bodenlagerung gelagert werden können, kann im SOLL-Stand auf fünfzehn Paletten direkt zugegriffen werden. Die erste Regallagerzeile fungiert somit in der untersten Ebene als Teil des

Kommissionierlagers und in den Ebenen darüber als Teil des Einheitenlagers. Dies wird in Abbildung 45 durch die optische Trennung von Einheitenlager und Kommissionierlager in der Mitte der Regallagerzeile dargestellt.

Da im Zuge der Kommissionierung die Artikel aus der untersten Ebene der ersten Regallagerzeile bzw. von den Fachbodenregalen in den Arbeitsbereich transportiert werden müssen, wird der Arbeitsbereich auf die Fläche zwischen den Regallagern und den Fachbodenregalen verlegt.

Die Lagerplatzvergabe im Einheitenlager wird weiterhin mit der Strategie freie Lagerplatzordnung vollzogen. Bei der Lagerplatzvergabe im Kommissionierlager wird jedoch von einer festen Lagerplatzordnung zu einer Bildung von Lagerzonen übergangen. Hierauf wird im Unterpunkt 6.3 näher eingegangen. Die Auslagerung von Artikeln wird weiterhin mit der Strategie FEFO vollzogen.

6.3 Optimierung des Lagerplatzes im Kommissionierlager

Durch eine durchgeführte Optimierung der Lagerplatzbelegung im Kommissionierlager kann die Effizienz des Kommissionierungsvorgangs gesteigert werden. Dazu werden die Artikel im Kommissionierlager so angeordnet, dass sich die Wegzeiten der Mitarbeiter bei der Kommissionierung, und somit die aufgewendete Zeit pro Kommissionierung, im Durchschnitt reduzieren.

Als Grundlage für die Anordnung der Artikel im Kommissionierlager können die Ergebnisse der durchgeführten kombinierten ABC/XYZ-Analyse herangezogen werden. Bei dieser werden die Artikel, wie in Unterpunkt 4.2 beschrieben, nach den Kriterien durchschnittliche Abgänge des Artikels pro Monat in den letzten zwölf Monaten und Anzahl der Monate mit Abgängen aus dem Lager in den letzten zwölf Monaten kategorisiert. Dadurch können jene Artikel identifiziert werden, welche möglichst nahe zum Arbeitsbereich, in welchem die Artikel im Zuge der Kommissionierung bereitgestellt werden, positioniert werden sollen. Konkret werden die Artikel in der Reihenfolge AX, AY, AZ, BX, BY, BZ, CX, CY und CZ den Lagerplätzen zugeordnet. Artikel der Kategorie AX werden dabei den Lagerplätzen mit der geringsten Distanz zum Arbeitsbereich zugeordnet. Artikel der Kategorie CZ werden den Lagerplätzen mit der größten Distanz zum Arbeitsbereich zugeordnet.

Um die Distanz zwischen Arbeitsbereich und Lagerplatz einzuordnen, werden Kreissegmente, mit Mittelpunkt in der Mitte des im Arbeitsbereich befindlichen Tisches, über den SOLL-Stand des Lagerlayouts des Kommissionierlagers gezogen. Daraus ergeben sich, wie in Abbildung 46 ersichtlich, vier Lagerzonen, welchen die Artikel zugeordnet werden können. In der Lagerzone 1 sind jene Lagerplätze, welche die geringste Distanz zum Arbeitsbereich vorweisen. Die Distanzen der Lagerplätze zum Arbeitsbereich nehmen in den Lagerzonen 2, 3 und 4 entsprechend zu.

Die Lagerplätze werden beginnend mit den Lagerplätzen in der Lagerzone 1 mit den Artikeln der Kategorie AX befüllt. Sind alle Artikel der Kategorie AX einem Lagerplatz zugeordnet, werden den Artikeln der Kategorie AY Lagerplätze zugewiesen. Die Artikel der weiteren Kategorien werden analog den Lagerplätzen des Kommissionierlagers zugewiesen. Wenn alle Lagerplätze einer Lagerzone belegt sind, werden die Lagerplätze der nächsten Lagerzone mit Artikeln belegt. Somit werden die Artikel gemäß ihrer Kategorie in jener Lagerzone eingelagert, welche den geringsten Abstand zum Arbeitsplatz und gleichzeitig noch freie Lagerplätze vorweist.

Durch eine erstellte Excel-Arbeitsmappe, welche mit der Arbeitsmappe, in welcher das Dashboard gebildet wird, verbunden ist, kann die kombinierte ABC/XYZ-Analyse mit den festgelegten Kriterien regelmäßig, mit den entsprechenden Daten der neuen Monate, durchgeführt werden. Dadurch können bei Bedarf die Lagerplatzzuordnung bestehender Artikel angepasst werden und Artikel, welche neu im Waren sortiment des Unternehmens sind, berücksichtigt werden.

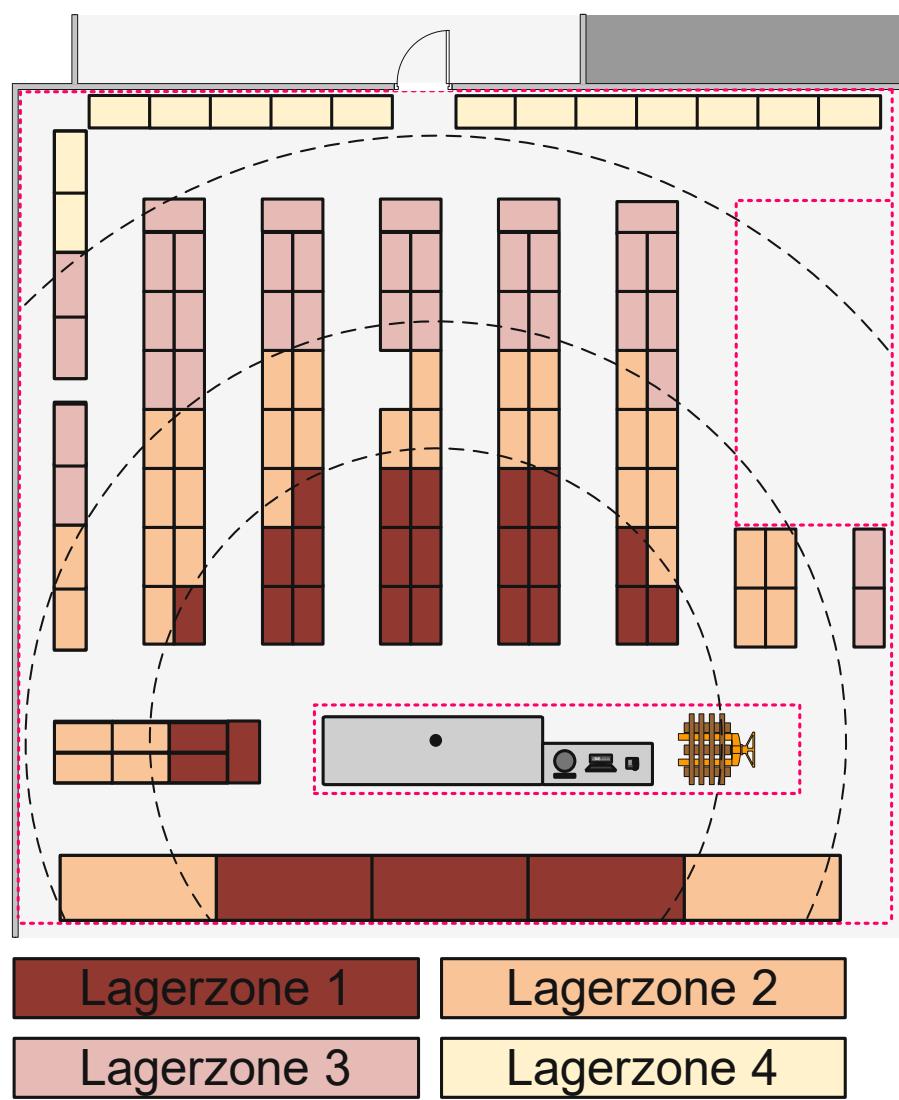


Abbildung 46: Lagerzonen des Kommissionierlagers

7 Zusammenfassung und Ausblick

Durch das entwickelte Kennzahlensystem kann der Geschäftsführung des Unternehmens monatlich ein Kennzahlenreport, in Form eines Dashboards, bereitgestellt werden. Im Kennzahlenreport werden die wesentlichen Kennzahlen des Lagerbetriebs präsentiert. Dazu zählen Kennzahlen, welche sich auf das gesamte Lager beziehen. Diese Kennzahlen werden in Form von Balkendiagrammen im Dashboard bereitgestellt. Dabei werden die Kennzahlen für jeden Monat der letzten Jahre ausgewertet und gegenübergestellt. Dadurch werden sowohl kurzfristige Entwicklungen der letzten Monate als auch langfristig Entwicklungen der letzten Jahre ersichtlich. Zusätzlich werden artikelspezifische Kennzahlen im Dashboard bereitgestellt. Dabei werden Lagerabgangs- und Lagerbestandsdaten für die Artikel ausgewertet und bereitgestellt. Zusätzlich werden Kennzahlen, welche auf den Lagerabgangs- und Lagerbestandsdaten aufbauen, gebildet, um die Beurteilung durch die Geschäftsführung zusätzlich zu erleichtern. Durch den Einsatz von Filtern können die Artikel zudem nach bestimmten Kriterien aus der Tabelle aller Artikel ausgefiltert werden. So können beispielsweise umgehend jene Artikel, deren Lagerbestand nach den festgelegten Kriterien zu gering ist, ausgegeben werden. Durch die größtenteils automatisierte Aufbereitung und Verarbeitung der Daten kann der Aufwand für die Mitarbeiter, welche in die Erstellung des monatlichen Kennzahlenreports involviert sind, klein gehalten werden. Zudem hält sich der Integrationsaufwand, durch die Verwendung von Microsoft Excel für die Erstellung des Kennzahlensystems, in Grenzen, da die Mitarbeiter des Unternehmens mit diesem Programm vertraut sind.

Das entwickelte Kennzahlensystem könnte in dieser Form auch für weitere Unternehmensbereiche adaptiert werden, wenn die dafür notwendigen Daten aus dem ERP-System bezogen werden können. Beispielsweise könnte ein Kennzahlenreport für den Vertrieb des Unternehmens erstellt werden. Dazu müsste der erstellte VBA-Code unter Berücksichtigung der Input-Datei und dem gewünschten Output angepasst werden. Die aufbereiteten Daten könnten in weiterer Folge für die Bildung jener Kennzahlen, welche für den Vertrieb des Unternehmens relevant sind, verwendet werden. Die Kennzahlen würden wiederum in Form eines Dashboards dargestellt.

Aufbauend auf den Ergebnissen der durchgeführten IST-Analyse wird in Kapitel 6 ein SOLL-Stand der Lagerlogistik angegeben. Dabei wird detailliert auf die Nutzung von MDEs in der Lagerlogistik des Unternehmens eingegangen und wie diese in die bestehenden Prozesse der Warenannahme und Identifikation, Einlagerung und Kommissionierung integriert werden könnten. Des Weiteren wird eine Optimierung des Lagerlayouts dargestellt. Durch dieses kann die Anzahl der Palettenstellplätze in den Palettenregalen des Einheitenlagers um mehr als 14 Prozent erhöht werden. Die im IST-Stand genutzte Bodenlagerung wird im SOLL-Stand nicht mehr angewendet. In der dadurch frei gewordenen Fläche des Lagers wird somit Platz für einen

Warenausgang geschaffen, welcher sich beim IST-Stand auf der gleichen Lagerfläche wie der Wareneingang befindet. Durch die Trennung von Wareneingang und Warenausgang können Beeinträchtigungen im Lagerbetrieb verhindert werden. Die Palettenstellplätze, welche durch den Verzicht auf die Bodenlagerung verloren werden, werden in der ersten Ebene der ersten Palettenregalzeile kompensiert. Dadurch kann die Anzahl von zehn Palettenstellplätzen bei der Bodenlagerung im IST-Stand auf 15 Palettenstellplätze in der ersten Ebene der ersten Palettenregalzeile erhöht werden. Dies entspricht einer Steigerung von 50 Prozent. Auch das Lagerlayout des Kommissionierlagers wird im SOLL-Stand verändert. Durch die Verwendung von einheitlichen Fachbodenregallagern und deren optimierte Platzierung auf dem zur Verfügung stehenden Lagerbereich konnte die summierte Lagerfläche der Fachbodenregale um knapp 22 Prozent erhöht werden. Zusätzlich werden für das Kommissionierlager Lagerzonen gebildet. Die Lagerplätze des Kommissionierlagers werden dabei, unter Berücksichtigung ihres örtlichen Abstands zum Arbeitsbereich, in Lagerzonen eingeteilt. Die Artikel, welche durch eine kombinierte ABC/XYZ-Analyse kategorisiert werden, werden einem Lagerplatz in der entsprechenden Lagerzone des Kommissionierlagers zugeteilt. Dadurch wird die benötigte Zeit eines durchschnittlichen Kommissionervorgangs verkürzt, da die zurückzulegende Wegstrecke und somit die benötigte Wegzeit verringert wird.

Bei der Bestimmung des SOLL-Stands wurde auf die Möglichkeiten des Unternehmens geachtet. Durch den SOLL-Stand werden Optimierungskonzepte, welche im Unternehmen realistische umgesetzt werden können, beschrieben. Bei einer Umsetzung der beschriebenen Konzepte können, bei moderaten, zeitlichen und monetären Aufwendungen, dennoch erhebliche Verbesserungen des Lagerbetriebs erreicht werden.

Literaturverzeichnis

- [1] R. Jünemann, Materialfluß und Logistik. Systemtechnische Grundlagen mit Praxisbeispielen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1989.
- [2] K.-H. Wehking, „Lagertechnik,“ in *Technisches Handbuch Logistik 1. Fördertechnik, Materialfluss, Intralogistik*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2020, S. 453-510.
- [3] „Innerbetriebliche Logistik,“ in *D. Arnold, H. Isermann, A. Kuhn, H. Tempelmeier, K. Furmans (Hrsg.) Handbuch Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2008, S. 613-726.
- [4] M. ten Hompel, T. Schmidt und J. Dregger, Materialflusssysteme. Förder- und Lagertechnik. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2018.
- [5] H. Martin, Technische Transport- und Lagerlogistik. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2021.
- [6] "Was ist eine Ladeeinheit?". Mecalux GmbH | Lagertechnik und Lagerlösungen - Mecalux.de. <https://www.mecalux.de/handbuch-lagerlogistik/lager/ladeeinheit> (Zugriff am 01.02.2023).
- [7] M. ten Hompel und T. Schmidt, Warehouse Management. Organisation und Steuerung von Lager- und Kommissioniersystemen. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.
- [8] „Jungheinrich Handhubwagen AM 22, Gabellänge 1.150 mm“. Der Onlineshop für Profis | Jungheinrich PROFISHOP. <https://www.jh-profishop.de/jungheinrich-handhubwagen-am-22-gabellaenge-1150-mm--6324--1000x1000--p.jpg> (Zugriff am 20.02.2023).
- [9] „fetra® Schiebebügelwagen 2500“. [fetra.de](https://www.fetra.de/wagen/schiebebügelwagen-2500). <https://www.fetra.de/wagen/schiebebügelwagen-2500> (Zugriff am 20.02.2023).
- [10] „Toyota Traigo 48, 3-Rad Elektro 1,8t“. Toyota Material Handling Österreich. <https://toyota-forklifts.at/unsere-produkte/elektro-gabelstapler/48-v-15-t-20-t/toyota-traigo-48-3-wheel-1.8t-4e887f5b/> (Zugriff am 21.02.2023).
- [11] „Toyota Traigo80, 4-Rad Elektro 2,5t“. Toyota Material Handling Österreich. [https://toyota-forklifts.at/unsere-produkte/elektro-gabelstapler/80-v-20-t-50-t/toyota-traigo80-4-rad-elektro-25t/?configuration="](https://toyota-forklifts.at/unsere-produkte/elektro-gabelstapler/80-v-20-t-50-t/toyota-traigo80-4-rad-elektro-25t/?configuration=) (Zugriff am 21.02.2023).

- [12] K.-H. Wehking, „Fördertechnik,“ in *Technisches Handbuch Logistik 1. Fördertechnik, Materialfluss, Intralogistik*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2020, S. 511-652.
- [13] „BT Reflex Schubmaststapler 1,6 t Hochleistungsmodell“. Toyota Material Handling Österreich. <https://toyota-forklifts.at/unsere-produkte/schubmaststapler/hochleistung/bt-reflex-schubmaststapler-16-t-hochleistungsmodell/> (Zugriff am 21.02.2023).
- [14] „BT Vector Schmalgangstapler Mann-unten 1,25t“. Toyota Material Handling Österreich. <https://toyota-forklifts.at/unsere-produkte/schmalgangstapler/man-down/bt-vector-schmalgangstapler-mann-unten-125t/> (Zugriff am 21.02.2023).
- [15] VDI 3590 Blatt 1. Kommissioniersysteme Grundlagen. Berlin: Beuth Verlag, April 1994.
- [16] „MC3300-Serie mobiler Handheld-Computer | Zebra“. Zebra Technologies. <https://www.zebra.com/de/de/products/mobile-computers/handheld/mc3300.html> (Zugriff am 23.02.2023).
- [17] H. Wannenwetsch, „Analysen zur Kostenreduzierung in der Materialwirtschaft,“ in *Integrierte Materialwirtschaft, Logistik, Beschaffung und Produktion. Supply Chain im Zeitalter der Digitalisierung*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2021, S. 25–60.
- [18] T. Reichmann, M. Kißler and U. Baumöl, Controlling mit Kennzahlen. Die systemgestützte Controlling-Konzeption. München: Verlag Franz Vahlen, 2017.
- [19] H. Wannenwetsch, „Logistik-, Einkaufs-, Supply-Chain-Controlling,“ in *Integrierte Materialwirtschaft, Logistik, Beschaffung und Produktion. Supply Chain im Zeitalter der Digitalisierung*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2021, S. 821–858.
- [20] W. Albrecht, „Einführung,“ in *Technisches Handbuch Logistik 2. Fördertechnik, Materialfluss, Intralogistik*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2020, S. 3-4.
- [21] H. Martin, Transport- und Lagerlogistik. Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2014.
- [22] W. Albrecht, „Bedeutung von IT-Systemen in Materialfluss und Logistik,“ in *Technisches Handbuch Logistik 2. Fördertechnik, Materialfluss, Intralogistik*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2020, S. 5-10.
- [23] W. Albrecht, „Aufgabenbereiche von IT-Systemen in der Logistik,“ in *Technisches Handbuch Logistik 2. Fördertechnik, Materialfluss, Intralogistik*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2020, S. 11-70.

- [24] M. Bauer, B. Bienzeisler und M. Rohm, *Track and Trace Technologien im Überblick. Kurzstudie zur Potenzialanalyse digitaler Objekterkennungs-Technologien im Anwendungsfeld Logistik*. Stuttgart: Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, 2019.
- [25] „GS1-128 – Strichcodes von GS1 Austria“. GS1 Austria – die Strichcode Vergabestelle. <https://www.gs1.at/gs1-128> (Zugriff am 01.03.2023).
- [26] „GS1 Strichcodes – GS1 DataMatrix“. GS1 Austria – die Strichcode Vergabestelle. <https://www.gs1.at/gs1-datamatrix> (Zugriff am 01.03.2023).
- [27] D. Arnold und K. Furmans, *Materialfluss in Logistiksystemen*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2019.
- [28] D. Jodin und M. ten Hompel, *Sortier- und Verteilsysteme. Grundlagen, Aufbau, Berechnung und Realisierung*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2012.
- [29] B. Brecht-Hadraschek und R. Feldbrügge, *Prozessmanagement. Geschäftsprozesse analysieren und gestalten*. München: Redline Verlag, 2013.
- [30] DIN 66001. *Informationsverarbeitung. Sinnbilder und ihre Anwendung*. Berlin: Beuth Verlag, Dezember 1983.
- [31] R. Wilhelm, *Prozessorganisation*. München, Wien: R. Oldenbourg Verlag, 2007.
- [32] A. Laukemann, *Produktentwicklungsspezifisches Wissensmanagement-Verfahren für kleine und mittlere Unternehmen*. Stuttgart: Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design, 2021.
- [33] H. Kagermann, W.-D. Lukas und W. Wahlster, „Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution,“ in *VDI Nachrichten Nr. 13*. Düsseldorf: VDI-Verlag, 2011, S. 2.
- [34] A. Roth, „Industrie 4.0 – Hype oder Revolution?,“ in A. Roth (Hrsg.) *Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0*. Berlin, Heidelberg: Springer Gabler, 2016, S. 1-15.
- [35] K. Schmeltzpfenning und B. Krämer, „Innovative Warehouse-Management-Systeme im Kontext von Industrie 4.0,“ in M. ten Hompel, T. Bauernhansl, B. Vogel-Heuser (Hrsg.) *Handbuch Industrie 4.0. Band 3: Logistik*. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2020, S. 325-346.
- [36] G. Tamm und C. Tribowski, *RFID*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 2010.
- [37] L. Overmeyer, L. Dohrmann, S. Kleinert, F. Podszus, A. Seel, B. Eilert und B. Küster, „Intelligente Flurförderzeuge durch die Implementierung kognitiver Systeme,“ in M. ten Hompel, T. Bauernhansl, B. Vogel-Heuser (Hrsg.) *Handbuch*

Industrie 4.0. Band 3: Logistik. Berlin, Heidelberg: Springer Vieweg, 2020, S. 101-141.

[38] „Glass – Glass“. Google. <https://www.google.com/glass/start/> (Zugriff am 10.03.2023).

[39] J. Fottner und A. Habl, Optimale Konfiguration von Multi-Server-Shuttle-Systemen. München: fml – Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, 2021.

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Grundfunktionen unter Einbeziehung des Materialflusses [4].....	3
Abbildung 2: Ladeeinheit im Verlauf des logistischen Lebenszyklus [6].....	5
Abbildung 3: Einteilung von Lagersystemen [7].....	6
Abbildung 4: Bodenblocklagerung [4].....	7
Abbildung 5: Bodenzeilenlagerung [4].....	7
Abbildung 6: Palettenregallagerung [3].....	8
Abbildung 7: Fachbodenregallagerung [4].....	9
Abbildung 8: Behälterregallagerung [4].....	9
Abbildung 9: Angetriebene Rollenbahn [4].....	11
Abbildung 10: (a) Handhubwagen [8] und (b) Plattformwagen [9].....	12
Abbildung 11: Frontgabelstapler mit (a) Dreirad- [10] und (b) Vierradfahrwerk [11] ..	13
Abbildung 12: Schubmaststapler in drei Ansichten [13]	13
Abbildung 13: Schmalgangstapler in zwei Ansichten (Dreiseitenausführung) [14] ..	14
Abbildung 14: MDE [16]	17
Abbildung 15: Kombination von ABC- und XYZ-Analyse [4]	20
Abbildung 16: Wesentliche Basisdaten [7]	21
Abbildung 17: Zusammenhang zwischen Realsystem zu Kennzahlensystem [18] ..	23
Abbildung 18: Informationssysteme in der Unternehmenslogistik [22]	24
Abbildung 19: 1D-Barcode Variante: GS1-128 [25].....	25
Abbildung 20: 2D-Barcode Variante: GS1-Datamatrix [26]	25
Abbildung 21: Symbolik nach DIN 66001 [30] mit Erläuterungen	28
Abbildung 22: RFID-System [36]	30
Abbildung 23: Datenbrille mit integrierter Kamera [38]	31
Abbildung 24: Lagerplan mit eingezeichneten Lagerbereichen	39
Abbildung 25: Prozessabbildung Warenannahme und Identifikation	46
Abbildung 26: Prozessabbildung Einlagerung	47
Abbildung 27: Prozessabbildung Kommissionierung	48
Abbildung 28: Prozessabbildung Versand	49
Abbildung 29: Subroutine „Lagerbestand_transformieren“	57
Abbildung 30: Subroutine „Muster_loeschen“	57
Abbildung 31: Subroutine „Artikelnummer extrahieren“	60
Abbildung 32: Subroutine „Zeichen_loeschen“	61
Abbildung 33: Subroutine „Artikelnummer_aussortieren“	62
Abbildung 34: Subroutine "Leere_Zeilen_loeschen"	63
Abbildung 35: Subroutine "Doppelte_zusammenlegen"	64
Abbildung 36: Aufbau der Arbeitsmappe	65
Abbildung 37: Aufbau der Arbeitsblätter „2020“, „2021“, „2022“, „2023“ etc	66
Abbildung 38: Subroutine "Neuer_Monat"	72
Abbildung 39: Integration des Arbeitsblatts „Dashboard“	79

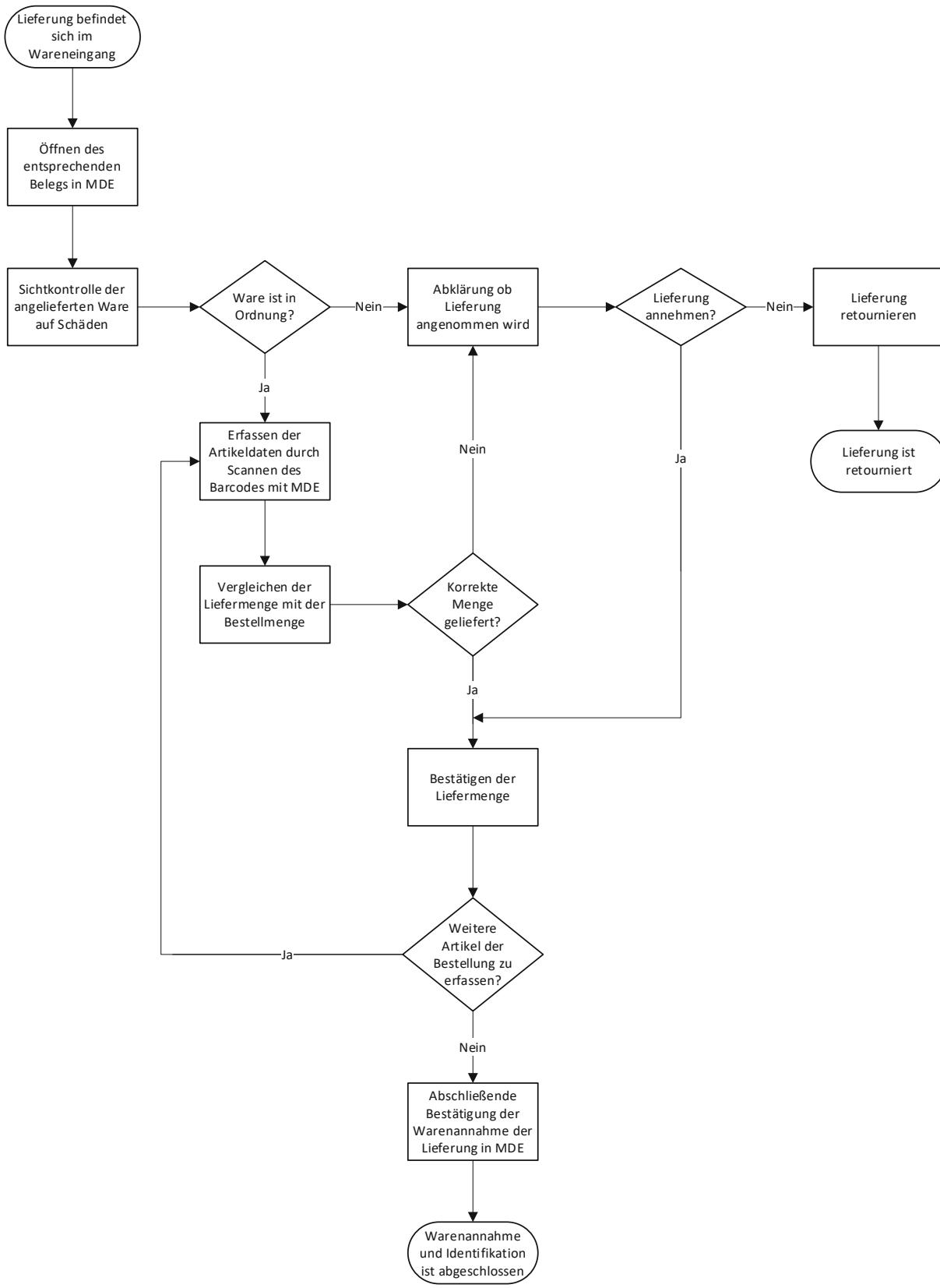
<i>Abbildung 40: Ausschnitt des Dashboards: Werte des gesamten Lagers</i>	80
<i>Abbildung 41: Ausschnitt des Dashboards: Tabelle der einzelnen Artikel</i>	81
<i>Abbildung 42: Datenschnitte für die Tabelle der einzelnen Artikel.....</i>	82
<i>Abbildung 43: Filterung nach „Lieferant 1“ und „Steigend“</i>	82
<i>Abbildung 44: Filterung nach „Lieferant 2“ und „Lagerstand zu gering“.....</i>	82
<i>Abbildung 45: SOLL-Stand des Lagerlayouts.....</i>	88
<i>Abbildung 46: Lagerzonen des Kommissionierlagers.....</i>	91

Tabellenverzeichnis

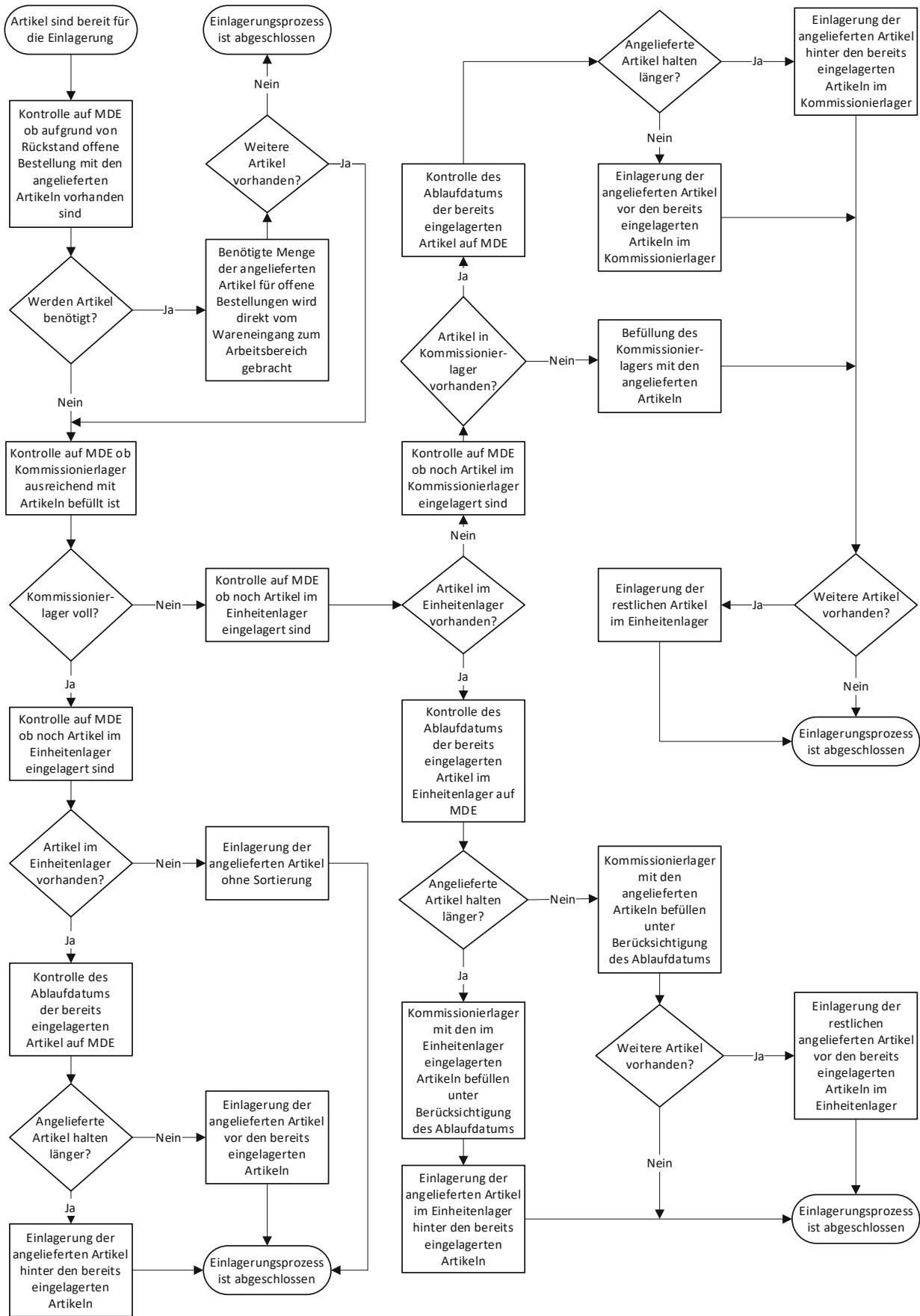
<i>Tabelle 1: IST-Stand Auswertung.....</i>	40
---	----

Anhang

Anhang A: Angepasste Prozessdarstellung der Warenannahme und Identifikation beim Einsatz von Datenerfassung mittels MDE



Anhang B: Angepasste Prozessdarstellung der Einlagerung beim Einsatz von Datenerfassung mittels MDE



Anhang C: Angepasste Prozessdarstellung der Kommissionierung beim Einsatz von Datenerfassung mittels MDE

