



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

Diplomarbeit

Optimierung eines bestehenden Lagersystems im Zuge eines Produktionsupscales

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dipl. Wirt.-Ing. Prof. eh. Dr. h.c. Wilfried Sihn

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung)

Dipl.-Ing. Andreas Schumacher

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Produktions- und Logistikmanagement,
Fraunhofer Austria Research GmbH)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Stefan Hartmann, Bsc

E1026890

Badsiedlung 6

2154 Unterstinkenbrunn

Unterstinkenbrunn, im Dezember 2016

Stefan Hartmann



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN

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

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei der in dieser Arbeit betrachteten Firma recht herzlich bedanken, welche mir die Möglichkeit gegeben und die notwendigen Ressourcen zur Verfügung gestellt hat, um diese Arbeit zu verfassen und mir somit einen praxisnahen Einblick in die Optimierung Lager- und Materialflusssystemen ermöglicht hat.

Ein großes Dankschön gilt meinen Betreuer seitens der Firma, Hr. C. Buchinger der mir bei aufkommenden Fragen sofort zur Hilfe kam und stets ein offenes Ohr für mich hatte.

Weiters will ich mich beim Institut für Managementwissenschaften (IMW) der TU Wien, speziell bei meinen Betreuer Dipl. Ing. Andreas Schumacher, recht herzlich bedanken für die geduldige und unkomplizierte Abwicklung meiner Diplomarbeit. Bei fachspezifischen Fragen erhielt ich stets zielgerichtete Antworten, welche einen wesentlichen Beitrag für den Aufbau und die Abwicklung dieser Arbeit beigetragen haben. Das von Hrn. Schumacher geschaffene, entspannte Arbeitsumfeld hat die Erstellung dieser Arbeit für mich wesentlich erleichtert und verschaffte mir viel Spaß an der Umsetzung von theoretischen Vorgaben in der Praxis ohne Druck und mit eigenen Ideen.

Kurzfassung

Aufgrund eines Upscales der Chargengröße des Lead Produkts der betrachteten Firma, soll die Lagerung im Bereich Hofebene systematisch analysiert werden und die Bodenlagerung anhand der Auswertungen optimiert werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die bestehende Lagerhaltung im betrachteten Lagerbereich so zu gestalten, dass alle Materialien, welche häufig und großen Mengen benötigt werden, so positioniert und priorisiert werden, dass der Einlager- und Bereitstellungsaufwand minimiert wird. Wichtig bei der Ausarbeitung ist, dass dieses Konzept so ausgelegt werden soll, dass dieses sowohl für die derzeitigen produzierten Mengen als auch für im Falle der Vollauslastung (pro Werktag eine Charge) für den Bereich Lager Hofebene angewendet werden kann. Als Methoden für die Lageroptimierung wurde für die Priorisierung der Waren im betrachteten Lagerbereich eine ABC/XYZ-Analyse durchgeführt. Anschließend erfolgte auf Basis der Methoden der Materialfluss- und Lagerplanung die Auswertung von statischen und dynamischen Lagerplanungsdaten, die Durchführung einer Schwachstellenanalyse, die Aufnahme von Restriktionen und unter Berücksichtigung der durchgeführten ABC/XYZ-Analyse im Zuge der Grobkonzeptphase (anhand zweier Ausbaustufen – mit und ohne Überdachung) eine maßstabgetreue Darstellung der Lagerung.

Als Ergebnis wurde ein systematisch überarbeitetes Lagerlayout übergeben, welches die geforderten Mengen sowie kurze Wege bei An- und Ablieferung berücksichtigt. Die Auswertungen zeigen auf, dass Aufgrund der hohen Wiederbeschaffungszeiten einiger Materialien die Sicherheitsbestände im Falle einer Vollauslastung rasant steigen würden und nicht in diesem Umfang im betrachteten Werk gelagert werden können. Durch Aufzeigen dieser Entwicklung sollen intern durch die zuständige Fachabteilung Maßnahmen zur weiteren Vorgehensweise ausgearbeitet werden (z.B.: Auslagerung des Sicherheitsbestandes, Verkürzung der Wiederbeschaffungszeiten etc.) um zukünftig die Lagerung des Sicherheitsbestandes und die Vorbeugung einer möglichen out-of-Stock Situation zu gewährleisten.

Aufgrund des während der Ausarbeitung festgestellten, unregelmäßigen Verbrauchs von bedruckten Packmitteln, wurde zusätzlich als Entscheidungsgrundlage ob ein gesamtes Outsourcing oder eine Teilmengenanlieferung mit Teilauslagerung wirtschaftlich zielführend ist, ein Berechnungsmodell erstellt, welches auf der Methode der Andler'schen Losgrößenformel die optimale Bestellmenge bei geplanter Auslagerungsdauer anhand des Preises pro 1000 Stück visuell darstellen lässt. Die Auswertungen zeigen, dass gerade bei kleineren Bestellmengen eine Outsource Strategie als wirtschaftlich sinnvoll zu erachten wäre.

Abstract

Because of the planned Upscale of the lot size of one of a company's lead products there is a need of analyzing the floor storage concept to improve the material flow in case of the increasing demand.

The objective of this thesis is to improve the existing floor storage concept according to minimize the distances for manipulation of material, which means that frequently used and in a high amount required materials are stored in a prioritized way. For the following prepared storage concept it is very important not to fit only in case of the currently amount of produced products, it should also fit in case of producing on full capacity (which means one lot per work day) with the new equipment. The evaluation (based on the theoretical principles of Storage- and Material flow planning) of static and dynamic storage planning data, a weak point analysis, restrictions for the project and a material prioritization in case of a ABC/XYZ analysis was done during the rough concept phase. The results are visualized in a draw to scale storage layout plan (for two different cases – with and without roofing the yard).

As result a systematic rebuild storage layout was worked out, which consider the amount of needed materials and also the shortest way for internal delivery. The performed evaluation shows an increasing amount of safety stock according to the raw material in case of producing on full capacity (1 lot per day). The Reason why this will happen is the partly very long replacement time (depends on the material). Because there is currently not enough space for storage the safety stock on full capacity, the responsible departments are informed and try to take measures against this trend (f.e.: external safety stock, reducing replacement times, ...) to ensure to have enough safety stock available in the future to prevent from possible out-of-stock situations.

During preparing this thesis an infrequent consumption (in case of format and country specific design) of printed packaging was found out. Because of the high pallet quantities per lot and the highly quantity affected price it's may possible to save money in case of buying in a bigger scale and partly outsource or completely outsource the storage in fact of the well-known economies of scale effect. As a request of the company to be able to set a decision for partly outsourcing or completely outsourcing of printed packaging a calculation Model based on the Andler Economic Order Quantity was created to visualize the optimal lot size according to a planned period of outsourcing the storage based on the price per 1000 pieces. The calculation shows especially for small lot sizes a benefit in performing an outsourcing strategy.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung.....	1
1.2	Zielsetzung	2
1.3	Rahmenbedingungen	3
1.4	Aufbau der Arbeit / Verwendete Methoden.....	6
2	Theorieteil	8
2.1	Grundlagen der Lager- und Materialflussplanung	8
2.1.1	Planungsarten.....	9
2.1.2	Planungsablauf	9
2.1.3	Planungsphasen	10
2.2	Lagerplatzpriorisierung.....	15
2.2.1	ABC-Analyse.....	15
2.2.2	XYZ-Analyse/RSU-Analyse.....	17
2.2.3	Kombinierte ABC/XYZ-Analyse.....	17
2.3	Verbrauchsfolgeverfahren	21
2.3.1	Lifo-Verfahren (last in – first out).....	21
2.3.2	Fifo-Verfahren (first in– first out)	21
2.3.3	Fefo-Verfahren (first expired – first out)	22
2.4	Grundlagen der Beschaffungslogistik	22
2.4.1	Wiederbeschaffungszeit.....	23
2.4.2	Sicherheitsbestand	24
2.4.3	Maximaler Lagerbestand	25
2.4.4	Durchschnittlicher Lagerbestand.....	25
2.4.5	Meldebestand (Bestellpunkt)	25
2.4.6	Bestellpunktverfahren	26
2.4.7	Just-in-Time und Just-in-Sequence	27
2.5	Lagerorganisation.....	28
2.5.1	Lagerplatzzuordnung	28
2.5.2	Zentralisationsgrad	29
2.5.3	Arten der Lagerung.....	30

2.6	KANBAN.....	37
2.7	Optimale Bestellmenge / Losgröße	39
2.7.1	Definition der optimalen Bestellmenge.....	39
2.7.2	Methoden zur Bestimmung der optimalen Bestellmenge / Losgröße	40
2.7.3	Rechnerische Lösung nach Kurt Andler (klassische Losgrößenformel).....	41
3	Praktische Umsetzung im Unternehmen.....	43
3.1	Datenbasierte IST Analyse	48
3.1.1	ABC/XYZ Analyse.....	48
3.1.2	Erhebung statische Daten.....	53
3.1.3	Erhebung dynamische Daten.....	61
3.1.4	Schwachstellenanalyse.....	61
3.1.5	Definierung Rahmenbedingungen und Restriktionen.....	62
3.2	SOLL Analyse	63
3.3	Ausarbeitung Lagerlayout.....	69
3.4	Erstellung Berechnungsmodell für bedruckte Packmittel.....	96
4	Schlussfolgerungen / Ergebnisse.....	106
5	Literaturverzeichnis	110
6	Abbildungsverzeichnis	112
7	Formelverzeichnis	114
8	Tabellenverzeichnis	115

1 Einleitung

Im Rahmen der folgenden Einleitung wird ein Überblick über die Problemstellung und die Zielsetzung vermittelt sowie über die vorherrschenden Rahmenbedingungen bei der betrachteten Firma eingegangen. Abschließend wird auf den systematischen Aufbau der Arbeit näher eingegangen.

1.1 Problemstellung

Ein österreichischer Pharmaproduzent mit ca. 100 Mitarbeitern am betrachteten Standort plant 2016 einen erheblichen Upscale eines der Kernprodukte (Produkt 1) in dessen Portfolio. Dieser ist bedingt durch die stetig ansteigende Nachfrage sowie zusätzlicher Expansion in neue Länder. Da die Auslastung der derzeitigen Anlage (welche im 2. OG. im betrachteten Werk produziert) bereits unter Mehrschichtbetrieb erfolgt und zwangsläufig durch die Expansion zusätzliche Maschinenkapazitäten erforderlich sind, wird derzeit parallel zur bestehenden Produktionsanlage eine neue Produktionsanlage im 1. OG. installiert, welche denn Output erheblich steigern soll.

Bis dato wurden im 2-Schichtbetrieb zwei Chargen pro Tag mit je 17000 Packungen (normiert auf 120 ml) hergestellt. Zur Steigerung der Kapazitäten wurde eine neue Anlage mit einer Chargengröße von 75000 Packungen pro Schicht erworben. Aufgrund der höheren zu lagernden Mengen an Verbrauchsmaterial und abzuliefernden Fertigproduktpaletten pro Tag (Steigerung um ca. 120 % des derzeitigen IST-Zustandes) für das betrachtete Produkt 1 soll im Zuge der Arbeit das bestehende Lagersystem im Bereich Lager Hofebene optimiert werden. Der Fokus soll dabei auf das gemäß Upscale betrachtete Produkt 1, sowie auf mögliche weitere Artikel welche einen hohen Verbrauch/Zugriffsrates unterliegen, gelegt werden.

Der in dieser Arbeit betrachtete Bereich Lager Hofebene dient als Warenumsschlagplatz (Wareneingang und Warenausgang) sowie als Lagerplatz diverser Artikel im betrachteten Werk. Derzeit herrscht das Problem, dass sehr viele am Boden lagernde Artikel (Lagerung auf Paletten) oftmals länger nicht benötigt werden und jene die häufig benötigt werden, werden hingegen in das Palettenregal eingelagert (Ein- und Auslagerung durch Regallagerstapler). Es entstehen daher oftmals lange Wege im Zuge der Bereitstellung von Material. Speziell durch den Upscale ist aufgrund der nahezu Vervierfachung der benötigten Manipulationen pro Zeiteinheit zu Produkt 1, resultieren aus der erhöhten Taktzeit der neuen Anlage sowie Produktion im 1-Schichtbetrieb, auf geringe Wege zu achten.

Die Lagerhaltung für Produkt 1 soll so ausgelegt werden, dass diese sowohl bei 2 Chargen pro Woche (entspricht in etwa dem derzeitigen Produktionsvolumen) als auch bei 5 Chargen pro Woche (Volllast, also 1 Charge pro Werktag) angewendet werden kann und die Lagerhaltung nicht einer neuerlichen Umstrukturierung unterzogen werden muss.

Da der Packmittelpreis für bedruckte Packmittel pro Stück sehr stark von der Bestellmenge abhängt, gilt es zu prüfen ob eine Mehrbestellung mit einer externen Teilauslagerung oder ein gar ein Gesamt-Outsourcingkonzept für die Lagerung Vorteile für das Unternehmen bringen könnte.

1.2 Zielsetzung

Der Bereich Lager Hofebene soll durch die systematische Vorgehensweise so gestaltet werden, dass die im diesem Bereich lagernden Materialien hinsichtlich deren Verbrauch und Zugriffe priorisiert werden. Anschließend sollen die Verbrauchsmaterialien zum betrachteten Produkt 1, sowie möglicher anderer Materialien mit hohem Verbrauch, so gelagert werden, dass der Einlager- und Bereitstellungsaufwand minimiert wird. Da höher priorisierte Materialien möglichst nicht im vorhandenen Palettenregallager eingelagert werden sollen, gilt es den restlichen beschränkten Lagerplatz außerhalb des Regallagers im Rahmen der vorliegenden Arbeit möglichst effizient zu nutzen. Bei Auslegung des Konzeptes soll sich, neben umfassenden Auswertungen, speziell mit der Lagerung der Materialien zum betrachten Kernprodukt Produkt 1 und möglicher anderer Materialien mit hohem Verbrauch für die Optimierung der Bodenlagerung im Bereich Lager Hofebene befasst werden. Wichtig bei der Ausarbeitung ist, dass dieses Konzept so ausgelegt werden soll, dass dieses sowohl für die derzeitigen produzierten Mengen als auch für im Falle der Volllast (pro Werktag eine Charge) für den Bereich Lager Hofebene angewendet werden kann.

Die Ausarbeitung soll zudem aufzeigen, welche Auswirkungen eine Volllastung des Produktes 1 an der neuen Linie für die Lagerhaltung im betrachteten Bereich Lager Hofebene mit sich bringt. Im Zuge der Ausarbeitung sollen zwei maßstabsgetreue Lagerhaltungsdarstellungen visualisiert werden (ohne und mit Überdachung). Diese sollen als kreativer Input für die Umsetzung des neuen Lagerkonzeptes dienen. Alle auszuarbeitenden Maßnahmen sollen hierbei das Ziel einer Lean Management Logistikhaltung verfolgen.

1.3 Rahmenbedingungen

Der betrachtete Bereich für die vorliegende Diplomarbeit ist der Bereich Lager Hofebene (Orange Markierung in Abbildung 1, siehe Folgeseite). Im Bereich Lager Hofebene lagern bis dato ca. 500 verschiedenen Materialien (Anm.: die Hofebene liegt eine Ebene unter dem Erdgeschoss – der betrachtete Lagerbereich wird historisch bedingt im Werk so genannt), wobei einige Materialien lediglich diesem Lager systemtechnisch zugeteilt sind, aber in physischer Form nicht in diesem Bereich lagern (siehe auch Produktstruktur auf Seite 6). Die An- und Ablieferung für das betrachtete Werk erfolgt ausschließlich mit mittelschwere LKW's (Ladefähigkeit: max. 17 Paletten bei Längsstauung¹). Laderampen sind aufgrund Platzmangel bzw. gegebener Infrastruktur nicht möglich. Die Be- und Endladung von LKW's erfolgt daher mit einem Gabelstapler.

Derzeit erfolgt der Wareneingang und Warenausgang an selber Stelle (siehe grüne Pfeile in Abbildung 1. Wie anhand der Abbildung 1 ersichtlich ist die Bauweise des Bereichs Lager Hofebene geprägt von schmalen Gängen, was eine zusätzliche Herausforderung darstellt. Das Lager ist in Zonen eingeteilt. Die grünen Zonen stellen die Lagerzonen der Rohstoffe dar. Unter ¹ in Abbildung 1 ist der Lagerbereich für die Rohstofflagerung ersichtlich. Die Bereiche ² - Quarantänelager und ³ - Sperrlager dienen zur Zwischenlagerung von Rohstoffen (bis zur Materialfreigabe bzw. Materialvernichtung). In ⁴ erfolgt die Lagerung für Kühlartikel in Form von zwei Kühlzellen. Für die Bodenlagerung (gelbe Zonen) werden derzeit fast ausschließlich für die Lagerung von Produkt 1 herangezogen (Lagerung von Faltpapieren, Etiketten, Gebrauchsinformationen, Flaschen und Überkartons zu Produkt 1). Diese erfolgt jedoch ohne Priorisierung der jeweiligen lagernden Artikel, was zur Folge hat, dass einige Artikel sehr lange am Boden verweilen bis diese benötigt werden. Der in Abbildung 1 blau markierte Bereich stellt das Palettenregal dar. Die Ein- und Auslagerung im Palettenregallager erfolgt anhand eines Regalstaplers. Da die Ein- und Auslagerung in das Palettenregallager sehr zeitintensiv ist, sollen häufig benötigte Artikel systematisch am Boden gelagert werden. Der grün markierte Bereich skizziert ein vorhandenes Handregallager für die Lagerung von Kleinmengen. Die rot markierten Bereiche stellen Pufferbereiche, bzw. Bereitstellungszonen dar, welche nicht für eine dauerhafte Lagerung vorzusehen sind.

¹ Heinrich, Transport- und Lagerlogistik, 2014, Seite 83, in Abbildung b) ersichtlich

Durch aufwändige und kostenintensive Umbaumaßnahmen soll das Lead Produkt (Produkt 1) nicht mehr im Zwei-Schichtbetrieb im 2. Stock hergestellt werden, sondern soll zukünftig durch eine neue Produktionsanlage im EG im 1 Schichtbetrieb mittels Upscale der bisherigen Chargengröße in Kombination mit einer neuen Anlage erfolgen. Um den notwendigen Materialfluss zu gewährleisten, wurden zwei neue Aufzüge (Aufzug 4 und Aufzug 5) im Werk installiert (siehe auch Abbildung 1). Diese sollen helfen den erhöhten Materialfluss zu bewältigen und diesen flexibler innerhalb der Betriebsstätte zu gestalten.

Produktstruktur

Es gibt im Wesentlichen zwei Produkte, welche regelmäßig und mit höheren Verbrauchsmaterialmengen im betrachteten Werk hergestellt werden. Eines davon ist das in der Diplomarbeit betrachtete Kernprodukt Produkt 1. Das zweite Kernprodukt, in der vorliegenden Arbeit Produkt 2 genannt, wird derzeit nahezu regelmäßig Dienstags und Donnerstags produziert. Der Absatz zu Produkt 2 bleibt derzeit nahezu konstant und aus heutiger Sicht wird für die Zukunft seitens der betrachteten Firma kein Anstieg der Produktionsmenge erwartet. Da der Produktionsbereich zu Produkt 2 so konzipiert wurde, dass die benötigten Materialien für die Konfektionierung bereits vor Ort lagern können, sind diese Materialien zwar den betrachteten Bereich Lager Hofebene zugeordnet, aber für die Erstellung des Logistiklayouts nicht weiter zu berücksichtigen. Im Rahmen der Ausarbeitung sind alle lagernden Materialien im Bereich Lager Hofebene, bis auf jene die Produkt 1 betreffen, als konstant anzunehmen. Für Produkt 1 sind die Mengen gemäß der neuen Chargengröße gemäß Upscale heranzuziehen.

Um näher auf den Aufbau der Arbeit eingehen zu können, muss zunächst die Vorgehensweise der Lagerplanung anhand der Grundlagen der Lager- und Materialflussplanung näher erläutert werden.

1.4 Aufbau der Arbeit / Verwendete Methoden

Der Aufbau der Arbeit kann gemäß Grundlagen der Materialfluss- und Lagerplanung für ein verändertes Mengengerüst aufgrund einer Chargengrößenänderung und Berücksichtigung der bestehenden Strukturen wie folgt zusammenfassend für das vorliegende Projekt visualisiert werden:

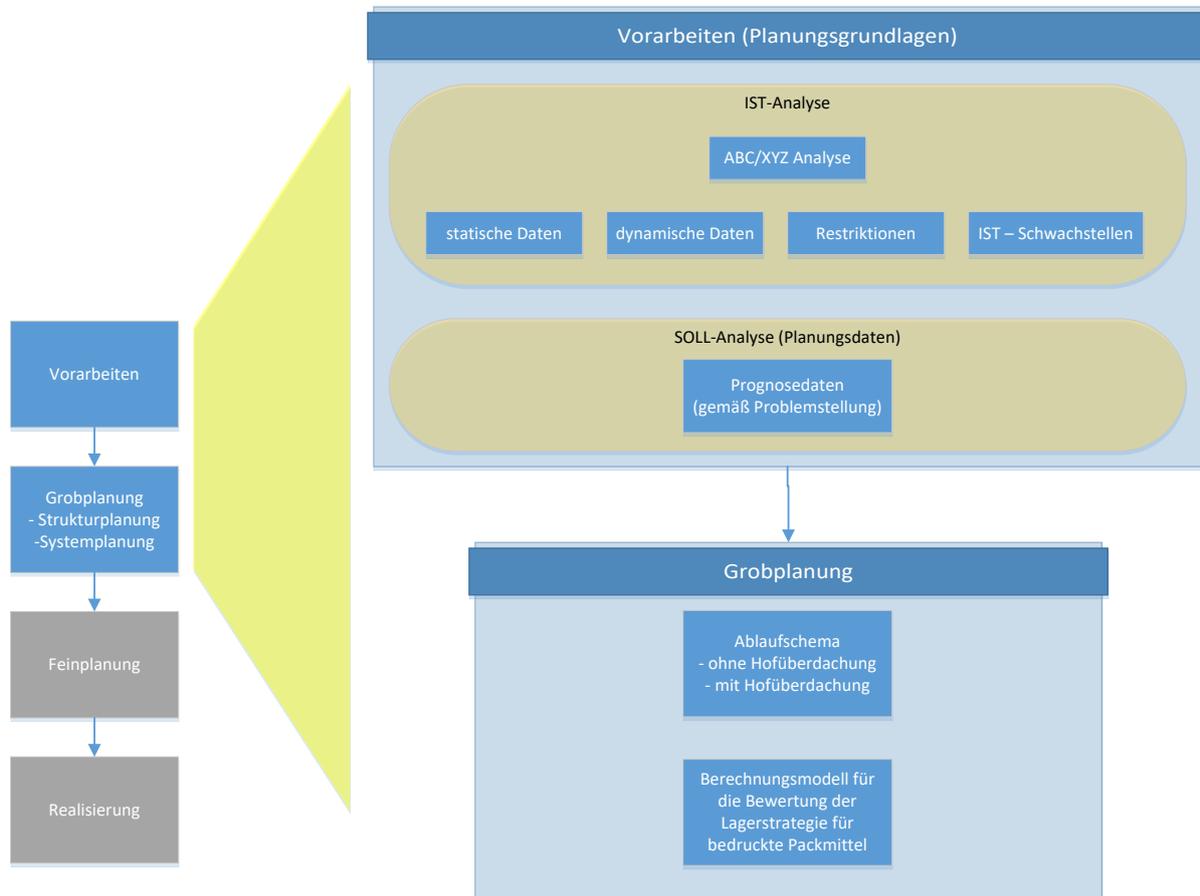


Abbildung 2: Übersicht – Aufbau der Arbeit

Um die Materialien im betrachteten Bereich Lager Hofebene systematisch für eine mögliche Bodenlagerung zu priorisieren, wurde eine *ABC/XYZ-Analyse* durchgeführt. Hierbei sollen speziell Materialien mit hohem Verbrauch in Paletten sowie häufig benötigte Artikel für die Bodenlagerung priorisiert werden.

Gemäß der Grundlagen der Materialfluss- und Lagerplanung IST-Analyse werden anschließend *statische Daten* (Artikelspezifikationen, Mengenstruktur etc.), *dynamische Daten* (Anforderungshäufigkeit je Artikel), *Restriktionen* sowie aufgrund der bestehenden Strukturen eine *Schwachstellenanalyse* durchgeführt. In einer SOLL-Analyse werden anschließend notwendige Prognosedaten hinsichtlich einer Vollauslastung in Form eines 5 Chargen pro Woche Szenarios errechnet. Die ermittelten Planungsgrundlagen dienen als Basis für die weiteren Auslegungen.

Für die in der Vorarbeiten-Phase anhand der Planungsbasis für ein verändertes Mengengerüst ausgewerteten Planungsgrundlagen soll je ein Lagerlayout (ohne und mit Hofüberdachung) gemäß Vorgabe der Firma für den betrachteten Bereich Lager Hofebene ausgearbeitet werden. Die Veränderungen der Lagerhaltung und des Materialflusses in Form eines 5 Chargen Szenarios zu Produkt 1 (Volllast) sollen in Form von maßstabsgetreuen *Ablaufschemas* übersichtlich dargestellt werden und in die bestehende Logistikstruktur eingegliedert werden.

Zusätzlich wurde im Laufe der Ausarbeitung mit der Firma vereinbart, dass im Zuge der Grobplanung ein Berechnungsmodell für die Bewertung von verschiedenen Lagerstrategien (Gesamt-Outsourcing, Teilauslagerung mit Teilanlieferung) für bedruckte Packmittel (Faltpackmittel, Etiketten, Gebrauchsinformationen) erstellt werden soll. Das Berechnungsmodell soll auf Basis der *Losgrößenformel nach Kurt Andler* erstellt werden und dient als zusätzlicher Input für die Gestaltung des Logistiklayouts in der Grobphase. Das erstellte Modell soll anschließend anhand zwei praxisorientierte Szenarien, welche seitens der Firma zu Verfügung gestellt werden sollen, ausgearbeitet und anschließend näher diskutiert werden.

2 Theorieteil

Um eine systematisch Abarbeitung der vorliegenden Arbeit zu gewährleisten, wurde der Aufbau der Arbeit anhand der Grundlagen der Lager- und Materialflussplanung durchgeführt, welcher wie folgt näher beschrieben wird.

2.1 Grundlagen der Lager- und Materialflussplanung

Um sich mit der Planung an sich zu beschäftigen muss zuerst eruiert werden was der Planungsprozess an sich darstellt und welche Ziel dieser verfolgt:

Planung will bestehende Betriebsstrukturen verbessern, zukünftige Strukturen entwickeln, will Fehlinvestitionen vermeiden, also die Zukunft aktiv beeinflussen. Planung ist die gedankliche Vorwegnahme zukünftigen Handelns durch Abwägen verschiedener Handlungsalternativen und Entscheidung für den günstigsten Weg. Planung ist als ein Instrument der Unternehmensführung zur Erreichung der Unternehmensziele zu verstehen und stellt daher eine logistische Funktion dar.²

Laut HEINRICH sind das Ergebnis jeder Planung mehrere alternative Lösungen, die nach quantitativen und qualitativen Kriterien beurteilt werden müssen, um die optimale Alternative zu ermitteln, d. h. diejenige Lösung herauszufiltern, die die Planungskriterien am besten erfüllt.³ Die Tatsache des iterativen Charakters der Planung wird auch in Abbildung 3 visuell näher dargestellt.

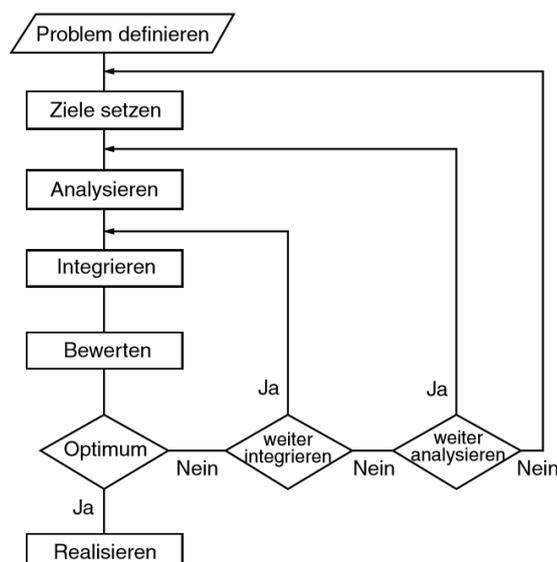


Abbildung 3: Iterationsprozess einer Planung ⁴

² vgl. Heinrich, Transport- und Lagerlogistik, 2014, S. 449

³ vgl. Heinrich, Transport- und Lagerlogistik, 2014, S. 452-453

⁴ Heinrich, Transport- und Lagerlogistik, 2014, S. 453

2.1.1 Planungsarten

Für die Durchführung einer Planung gibt es verschiedene Ansätze. Die verschiedenen Planungsarten werden oft durch sach-, aufgaben- oder planungsbezogene Begriffe wiedergegeben, die auch etwas über die Verbindlichkeit der Planung aussagen. Oft differenziert man nach Aufgabe einer Planung z. B. in Beratung, Stellungnahme, Studie, Untersuchung oder Gutachten. Eine sachliche und aufgabenspezifische Aussage sind Planungsbegriffe, wie z. B. Neubau-, Erweiterungs-, Sanierungs- oder Rationalisierungsplanung. Bezeichnungen wie Struktur-, System-, Ausführungs-, Grob- oder Feinplanung geben sowohl Auskunft über den Planungsschritt als auch über die Genauigkeit der Planung. Das Planungsgebiet wird ausgedrückt z. B. durch Transport-, Lager- oder Materialflussplanung. Der zeitliche Aspekt in der Planung hat seinen Ausdruck durch Kurzfrist-, Mittelfrist- und Langfristplanung mit den dazugehörigen Detaillierungsgraden hoch und gering.

Laut Literatur zur Lager- und Materialflussplanung lassen sich folgende drei Planungsfälle unterscheiden⁵:

- Verbesserung des vorhandenen Materialflusses, um die Durchlaufzeiten zu verkürzen, Bestände zu verringern, mehr Platz zu schaffen oder wegen der Einführung neuer Produkte.
- Erweiterung des bestehenden Materialflusssystems, um es an ein verändertes Mengengerüst anzupassen oder um neue Produkte einzuführen.
- Neuplanung eines Systems auf der "grünen Wiese", wobei meist keine Rücksicht auf räumliche Verhältnisse genommen werden muss.

2.1.2 Planungsablauf

Der Planungsablauf erfolgt systematisch in Planungsschritten von der Zielvorstellung bis zur Ausführungsreife. Die Anzahl der Planungsschritte ist abhängig von der Planungsaufgabe, dem Planungsumfang, der Planungsart und dem zeitlichen Aspekt der Planung. Der Planungsprozess vollzieht sich dabei vom Abstrakten zum Konkreten, von dem System zum Detail.⁶

⁵ VDI Richtlinie 2498, Vorgehen bei einer Materialflussplanung, 1978 zit. in Günthner, 2016., o.S.

⁶ vgl. Heinrich, Transport- und Lagerlogistik, 2014, S. 453

2.1.3 Planungsphasen

Die Planung bzw. Optimierung von Lagersystemen muss prinzipiell auf den Einzelfall bezogen systemspezifisch durchgeführt werden. Dabei beginnt die Planung eines Lagersystems im Zuge der Erhebung der Planungsgrundlagen grundsätzlich mit der Durchführung einer IST-Analyse, d.h. mit der Erfassung der statischen und dynamischen Systemdaten sowie der Untersuchung der Rahmenbedingungen und Restriktionen. Zur Optimierung bestehender Lagersysteme sollte zudem eine Schwachstellenanalyse erfolgen.⁷ In der Fachliteratur existieren viele Vorgehensmodelle für die Materialfluss- und Lagerplanung, doch die Einteilung in die Planungsphasen lässt sich auf die folgenden Schritte zurückführen⁸:

- Vorarbeiten
- Grobplanung
- Feinplanung
- Realisierung

Da der Umfang eines derartigen Projektes den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde, erfolgt gemäß Aufgabenstellung (siehe auch Punkt 1.2), eine Ausarbeitung der Planungsgrundlagen im Zuge der Vorarbeiten und der anschließenden Erstellung eines groben Lagerlayouts im Rahmen der Grobplanung (Systemplanung) für den betrachteten Bereich Lager Hofebene.

Die Ausarbeitung der Vorarbeiten-Phase und der Grobplanung lassen sich gemäß Literatur wie folgt näher beschreiben:

2.1.3.1 Vorarbeiten

Die Planungsphase „Vorarbeiten“ befasst sich im Wesentlichen mit der Ermittlung und Bewertung der Planungsgrundlagen für das umzusetzende Vorhaben. In dieser Phase ist es wichtig unter Abstimmung der Projektverantwortlichen sowie unter Einbindung von Fachleuten die notwendigen Planungsgrundlagen für das vorhabende Projekt zu definieren und auszuwerten.

⁷ vgl. Plümer, 2003, S. 60

⁸ VDI Richtlinie 2498, Vorgehen bei einer Materialflussplanung, 1978 zit. in Günthner, 2016., o.S.

Laut Literatur lässt sich die Vorarbeiten-Phase in folgende Unterpunkte aufteilen⁹:

- IST-Analyse
- Ermittlung von Planungsdaten

Während sich die IST-Analyse mit der dem Auswerten und Aufbereiten gegebener Daten beschäftigt (statische Daten, dynamische Daten, Restriktionen), behandelt die Ermittlung von Planungsdaten beispielsweise zukünftige Daten wie zum Beispiel Durchsatzänderungen oder sonstige Einflussfaktoren auf Basis der Zielsetzung (gemäß Problemstellung).¹⁰ Weiters empfiehlt es sich laut Literatur im Falle einer Eingliederung in ein bestehendes Lagersystem eine Schwachstellenanalyse in Form einer Sichtung durchzuführen.¹¹

IST Analyse

Als Basis für die Ausarbeitung von relevanten Daten im Zuge der Planungsphase „Vorarbeiten“ wurde für die vorliegende Arbeit eine im Zuge einer in der Praxis durchgeführten Planung eines Kommissionierungslagers getätigte IST-Analyse herangezogen um somit den Rahmen für die Durchführung der Diplomarbeit als Hilfestellung zu dienen und um abzuleiten, welche Daten und Methoden für ein bestehendes Lager- / Materialflusssystem berücksichtigt werden sollten.

Auszug – Planung eines Kommissionierungslagers, Daten gemäß Vorarbeiten (Ist-Analyse)¹²:

„*Statische Daten:*

- *Artikelstruktur: Artikelsortiment, Mengenstruktur der Artikel, Abmessungen, Gewichte, Volumen, Gewicht pro Entnahmeeinheit Umschlagshäufigkeit der Artikel, ABC-Analyse*
- *Lagereinheiten: Paletten, Behälter, Kästen, Abmessungen, Gewichte, Anzahl Lagereinheiten*
- *Lagerkapazität: Anzahl Lagerplätze, Abmessung Lagerplatz, Lagervolumen*

⁹ vgl. Heinrich, 2014, S. 455

¹⁰ Heinrich, 2014, S. 451

¹¹ vgl. Jansen, o.J., o.S.

¹² Heinrich, Transport- und Lagerlogistik, 2014, S. 452

Dynamische Daten:

- *Bewegung Lagerbediengeräte:*
 - *Anzahl Einlagerungen/AT*
 - *Anzahl Auslagerungen/AT*
- *Auftragsstruktur:*
 - *Anzahl Aufträge/AT*
 - *Anzahl Positionen/Auftrag*
 - *Anzahl Entnahmeeinheiten/Pos.*
 - *Auftragsvolumen*

Spezifische Daten:

- *für Werkzeug-/Palettenlager, Kleinbehälterlager, Kühlhaus-/ Langgutlager:*
z. B. Klimatisierung, Stapelbarkeit, Verderblichkeit

Restriktionen:

- *Flächen- und Raumgrößen,*
- *Hallenhöhe, Lage WE/WA*
- *Automatisierungsgrad*
- *Vorgaben, Kennzahlen, Strategien, Randbedingungen“*

Wichtig bei der Datenerhebung ist diese auf Plausibilität zu prüfen und diese auch gegen die Soll Daten zu vergleichen um mögliche falsche Daten frühzeitig in der Planung zu erkennen. Grundsätzlich gilt – umso besser die Plandaten – umso besser das Ergebnis.

Die behandelten Daten wurden unter anderem als Grundlage für die Erstellung der Vorarbeiten-Phase in Zusammenarbeit der zuständigen Fachabteilungen innerhalb der Firma für die Ausarbeitung des groben Lagerkonzeptes herangezogen (siehe auch Punkt 1.4).

Zur Datenerhebung können gemäß HEINRICH sowohl direkte als auch indirekte Auswertungsmethoden herangezogen werden, welche wie folgt näher dargestellt werden.¹³

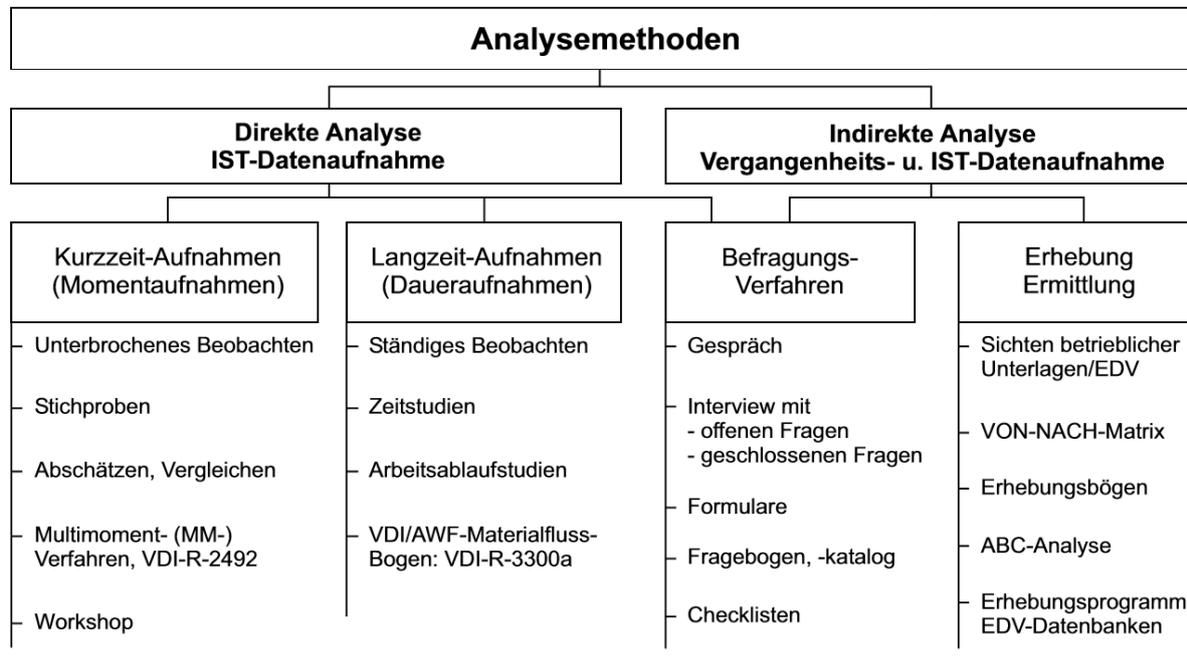


Abbildung 4: Gliederung von Analysemethoden¹⁴

Soll Analyse (Planungsdaten)

Im Zuge der Soll-Analyse werden Planungsdaten (Prognose- und Trenddaten) der mittel- und langfristigen Unternehmensplanung hinsichtlich einer vorliegenden Problemstellung ausgearbeitet. Diese sollen anschließend in den Planungsprozess berücksichtigt werden.¹⁵

¹³ Heinrich, Transport- und Lagerlogistik, 2014, S. 464

¹⁴ Heinrich, Transport- und Lagerlogistik, 2014, S. 464

¹⁵ vgl. Pawellek, 2014, S. 268

2.1.3.2 Grobplanung

Die Grobplanung ist, neben einer verlässlichen Datenbasis im Zuge der Vorarbeiten, sicherlich einer der wichtigsten Phasen im Zuge der Planung. In dieser wird versucht eine technisch, organisatorisch sowie wirtschaftlich optimale Lösung zu erreichen.

Die Grobplanung lässt sich wiederum in folgende Unterpunkte gliedern:

- Systemplanung
- Lagerlayout

und

- Organisationsplanung
- Organisation

Systemplanung und Lagerlayout

In der Systemplanung wird anhand der in der Vorarbeiten-Phase ermittelten Planungsdaten eine auf den Einzelfall abgestimmte Systemplanung durchgeführt. Ein wesentlicher Bestandteil einer solchen Systemplanung ist die Auswahl der optimalen Lagertechnik. Jedes Lagersystem verfügt bevorzugte Einsatzgebiete, die sich in Auswahlkriterien wie beispielsweise:

- Bestand pro Artikel
- Artikelanzahl
- realisierbarer Umschlag
- Ladeeinheiteneingang
- Ladeeinheitengewicht

ausdrücken lassen. Aus diesen Auswahlkriterien lässt sich für jede Lagertechnik ein spezifisches Eignungsprofil entwickeln. Die Ausarbeitungen wird anschließend für verschieden Varianten anhand der Lagerlayout Darstellung verwendet.¹⁶

Organisationsplanung und Organisation

Parallel zur Auswahl und Konzipierung der Systemtechnik wird eine Organisationsplanung durchgeführt, da sich die technisch-wirtschaftlichen Aspekte einer Systemplanung nicht von den organisatorisch-informatischen Gesichtspunkten trennen lassen. Die für jedes Subsystem eines Lagers ausgewählten Lösungen werden im Rahmen der Layoutplanung zu einem Gesamtsystem integriert, wobei die diesem Gesamtsystem optimal angepasste Organisationsstruktur erarbeitet wird.¹⁷

¹⁶ vgl. Jansen, 2016, S. 5

¹⁷ vgl. Jansen, 2016, S. 5

Da es sich bei der vorliegenden Ausarbeitung um ein, wie oben beschrieben, verändertes Mengengerüst aufgrund des Upscales der Chargengröße handelt, ist der Umfang im Gegensatz zu einer „Planung auf der grünen Wiese“ situations- und umfeldbedingt sinnvoll anzupassen. Da gemäß Aufgabenstellung das zu erstellende Layout in die gegebenen Rahmenbedingungen eines bestehenden Lagersystems abzubilden ist, ist eine Ausarbeitung der Organisationsplanung sowie eine umfassende Systemplanung anhand der vorliegenden Aufgabenstellung nicht zielführend.

2.2 Lagerplatzpriorisierung

Im Zuge der vorliegenden Arbeit soll eine Lagerplatzpriorisierung in Form einer ABC/XYZ Analyse durchgeführt werden. Die theoretischen Grundlagen werden wie folgt näher erläutert:

2.2.1 ABC-Analyse

Die theoretischen Grundlagen für eine Durchführung einer solchen Analyse laut Literatur werden wie folgt auf den nächsten Seiten näher beschrieben:

Die ABC-Analyse hat ihren Ursprung in der Materialwirtschaft zur Priorisierung der Güter nach deren Warenwert. Diese kann jedoch beliebig kombiniert werden und ist daher ein vielseitiges Werkzeug für Optimierungen. Sie ermöglicht unter anderem ¹⁸

- das Wesentliche vom Unwesentlichen zu unterscheiden,
- die Aktivitäten schwerpunktmäßig auf den Bereich hoher wirtschaftlicher Bedeutung zu lenken und gleichzeitig den Aufwand für die übrigen Gebiete durch Vereinfachungsmaßnahmen zu senken,
- die Effizienz von Maßnahmen (z.B. Kostensenkung) durch die Möglichkeit eines gezielten Einsatzes zu erhöhen.

Folgende Größen und Abhängigkeiten können mit Hilfe der ABC-Analyse untersucht werden¹⁹:

- Anzahl und Wert der beschafften Materialien (z.B. nach Einzelmaterial oder nach Materialgruppen),
- Anzahl und Wert des verbrauchten Materials,
- Anzahl und Wert aller Bestellungen,
- Anzahl und Umsatz der Lieferanten,

¹⁸ vgl. Wannewetsch H. , 2014, S. 31ff

¹⁹ vgl. Wannewetsch H. , 2014, S. 31ff

- Anzahl und Wert von Reklamationen,
- Bestandswerte.

Die Kriterien der ABC-Analyse können hierbei beliebig kombiniert werden. Oft wird in der Literatur darauf hingewiesen eine ABC-Analyse in periodischen Abständen zu wiederholen, da sich durch die veränderten Grunddaten über die Zeit sich die Lösung ständig verändert. Die ABC-Analyse wurde erstmals 1951 bei General Electric durchgeführt. Es wurde festgestellt, dass in Unternehmen ein verhältnismäßig geringer Teileumfang oft den größten Teil des Werteumfangs darstellt.²⁰

Laut Literatur umfasst die Durchführung einer klassischen ABC-Analyse folgende Schritte²¹:

- Schritt 1: Bei jeder Materialart wird die Materialmenge mit dem Bezugspreis bzw. den Herstellkosten multipliziert.
- Schritt 2: Anschließend werden die Materialarten nach der Höhe ihrer Materialwerte in absteigender Form geordnet und die Materialwerte kumuliert.
- Schritt 3: Aufgrund der Kumulation ist eine Ermittlung des mengen- und wertmäßigen Anteils des Materials, bezogen auf den Gesamtwert, möglich.
- Schritt 4: Eine Bestimmung von sinnvollen Wert- oder Artgrenzen wird vorgegeben.
- Schritt 5: Grafische Darstellung der ABC-Analyse.

Die Einteilung der Materialien erfolgt nach einem Wert-Mengenverhältnis.

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

Mit einer ABC-Analyse ist es wie oben beschrieben also möglich, Artikel anhand dessen wertmäßigen Anteils bezogen auf den Gesamtwertanteil in A/B/C Gruppen zu priorisieren. Die Auswertung muss hier nicht immer nach wertmäßigen Anteil erfolgen, sondern kann auch wie in dieser Arbeit umgesetzt, auf Basis anderer Merkmale wie zum Beispiel der verbrauchten Mengen umgerechnet in Paletten pro Artikel erfolgen.

Da im Zuge der Arbeit eine kombinierte Form der ABC-Analyse mit einer XYZ-Analyse angewendet wurde, wird diese folgend ebenfalls näher erläutert.

²⁰ Wannenwetsch H. , 2014, S. 31ff

²¹ Wannenwetsch H. , 2014, S. 728

2.2.2 XYZ-Analyse/RSU-Analyse

Um die XYZ-Analyse näher zu erklären werden folgende Zitate aus der Literatur herangezogen:

„Bei der XYZ-Analyse werden die betrachteten Beschaffungsobjekte anhand ihrer Verbrauchsstruktur klassifiziert. Für die Bestimmung der Beschaffungs- und Lagerstrategien sind Kenntnisse zur Verbrauchsstruktur der einzelnen Beschaffungsobjekte notwendig.“²²

„In neuerer Zeit wird anstatt dem Begriff XYZ-Analyse auch der Begriff RSU-Analyse benutzt. Dabei steht der Begriff „R“(X) für „regelmäßigen“ Bedarf, der Begriff „S“ (Y) für „saisonal“ und „U“(Z) für „unregelmäßig“. Auf Basis dieser XYZ-Klassifizierung können Bereitstellungsempfehlungen für die Beschaffungsobjekte ausgesprochen werden.“²³

Bei der XYZ-Analyse wird im Gegensatz zu ABC-Analyse überprüft, ob ein regelmäßiger / schwankender / unregelmäßiger Verbrauch bei den jeweilig betrachteten Materialien vorliegt. Gemäß Literatur kann die Auswertung, ob ein regelmäßiger Verbrauch vorliegt auf statistischer Natur durchgeführt werden (über die Standardabweichung), aber auch in Form einer Bewertung der Verbrauchsschwankung in Form eines Punktesystems (10 – regelmäßiger Verbrauch, 1 – unregelmäßiger Verbrauch)²⁴. Da es in den letzten Jahren im betrachteten Werk zu mehreren Umbaumaßnahmen gekommen ist und auch in Sommer und Winter vereinzelt Produktionsstillstände für durchzuführende Wartungen und Qualifizierungen etc. gekommen ist und zusätzlich sich bei einigen Produkten die Mengenstruktur innerhalb der letzten 2 Jahre stark verändert hat, ist eine statistische Auswertung auf Basis der Standardabweichung nicht als zielführend zu erachten. Um dennoch eine Aussage über die Regelmäßigkeit des Verbrauchs eine Aussage treffen zu können, wurden die Materialanforderung je Artikel seitens der Produktion an das Lager im Bereich Hofebene über das gesamte Jahr 2015 ausgewertet und unter Absprache mit der Firma für die betreffende Analyse herangezogen.

2.2.3 Kombinierte ABC/XYZ-Analyse

In der Praxis werden ABC-Analyse und XYZ-Analyse häufig kombiniert. Dadurch entstehen wie folgt neue Klassifizierungsgruppen:

²² Ehrmann, Logistik, 1997, Seite 132

²³ Wannenwetsch H. , 2014, Seite 43-44

²⁴ vgl. Wannenwetsch H. , 2014, S. 43-44)

	A	B	C
X R	<ul style="list-style-type: none"> • hoher Wert • hohe Vorhersagegenauigkeit • gleichmäßiger Verbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • mittlerer Wert • hohe Vorhersagegenauigkeit • gleichmäßiger Verbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • niedriger Wert • hohe Vorhersagegenauigkeit • gleichmäßiger Verbrauch
Y S	<ul style="list-style-type: none"> • hoher Wert • mittlere Vorhersagegenauigkeit • schwankender Verbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • mittlerer Wert • mittlere Vorhersagegenauigkeit • schwankender Verbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • niedriger Wert • mittlere Vorhersagegenauigkeit • schwankender Verbrauch
Z U	<ul style="list-style-type: none"> • hoher Wert • niedrige Vorhersagegenauigkeit • unregelmäßiger Verbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • mittlerer Wert • niedrige Vorhersagegenauigkeit • unregelmäßiger Verbrauch 	<ul style="list-style-type: none"> • niedriger Wert • niedrige Vorhersagegenauigkeit • unregelmäßiger Verbrauch

Abbildung 5: Kombination von ABC- und XYZ-Analyse²⁵

Auf Basis dieser Klassifizierung kann eine Priorisierung in Materialklassen erfolgen, welche verschiedene Ziele anstreben. Als Beispiel eignen sich AX-, BX-, CX-, AY-kategorisierte Materialien sehr gut für eine Beschaffung in Form von Just-in-Time (JIT), da die Verbrauchsmengen gleichmäßig und gut vorhersagbar sind. Wiederum sollte für CY kategorisierte Materialien eine Minimierung des Beschaffungsaufwand, aufgrund des vorliegenden niedrigen Wertes des Materials, sowie den unregelmäßigen Verbrauchs angestrebt werden²⁶.

Da es sich bei den oben beschriebenen Werkzeugen um beschaffungsoptimierende Werkzeuge handelt, wurde die oben beschriebene Vorgehensweise für die Priorisierung von Lagerstellplätzen geringfügig angepasst. Es soll für die ABC-Analyse nicht wie oben beschrieben, der Warenwert der verbrauchten Waren (klassische ABC-Analyse), sondern die Anzahl der verbrauchten Artikel in Paletten herangezogen werden (Verbrauchsmenge in Paletten). Diese können auf Basis des verbrauchten Materials und den jeweiligen Palettenfaktor gemäß Formel 1 ganz einfach ermittelt werden.

$$\text{Anzahl der (verbrauchten) Paletten je Artikel} = \frac{(\text{verbrauchtes}) \text{ Material}}{\text{Palettenfaktor}}$$

Formel 1: Berechnung Anzahl der verbrauchten Paletten je Artikel

Der Palettenfaktor gibt an, wie viele betrachtete Einheiten sich auf einer Palette befinden. Beispielsweise befinden sich 72000 Stück Verschlüsse auf einer Palette, bei den Messbechern sind es wiederum nur 27000 Stück pro Palette. So kann ein

²⁵ Wannenwetsch H. , 2014, S. 45

²⁶ vgl. Wannenwetsch H. , 2014, S. 45

Artikel, welcher in hohen Stückzahlen verbraucht wird, durch Umrechnung mit den materialspezifischen Palettenfaktor letztendlich eine geringere Rolle beziffert in Paletten darstellen als ursprünglich angenommen.

Zusätzlich wird gemäß der XYZ-Analyse überprüft, ob der Verbrauch gleichmäßig und ob die Vorhersagegenauigkeit hoch oder niedrig ist. Hierfür wurden die Materialanforderungen je Artikel aus 2015 seitens der Produktion für die Auswertung herangezogen (siehe auch Punkt 2.2.2).

Die Priorisierung erfolgte anschließend anhand einer erstellten Matrix (siehe auch 3.1.1.1, Tabelle 10). Die Grenzen wurden analog zur üblichen Vorgehensweise unter Berücksichtigung der vorliegenden Daten so gestaltet, dass eine sinnvolle Abgrenzung und Priorisierung der Artikel gewährleistet ist.

Aufgrund der Kombination der oben beschriebenen Daten kann laut Literatur eine Einteilung in folgende Kategorien getroffen werden:

	A	B	C
X	Hohe Palettenmengen Gleichmäßiger Verbrauch Hohe Vorhersagegenauigkeit	mittlere Palettenmengen Gleichmäßiger Verbrauch Hohe Vorhersagegenauigkeit	niedrige Palettenmengen Gleichmäßiger Verbrauch Hohe Vorhersagegenauigkeit
Y	Hohe Palettenmengen schwankender Verbrauch mittlere Vorhersagegenauigkeit	mittlere Palettenmengen schwankender Verbrauch mittlere Vorhersagegenauigkeit	niedrige Palettenmengen schwankender Verbrauch mittlere Vorhersagegenauigkeit
Z	Hohe Palettenmengen unregelmäßiger Verbrauch niedrige Vorhersagegenauigkeit	mittlere Palettenmengen unregelmäßiger Verbrauch niedrige Vorhersagegenauigkeit	niedrige Palettenmengen unregelmäßiger Verbrauch niedrige Vorhersagegenauigkeit

Tabelle 1: Kategorien der ABC/XYZ Analyse²⁷

²⁷ vgl. Heiserich, Helbig, & Ullmann, 2011, S. 115

Interpretation:**AX - BX Hohe bis mittlere Palettenmengen, gleichmäßiger Verbrauch, hohe Vorhersagegenauigkeit**

Diese Kategorie eignet sich sehr gut für die Lagerung am Boden, da die Mengen nicht so stark schwanken und daher weniger Platz für die Lagerung reserviert werden muss. Bei Materialien dieser Klasse ist vermehrt auf Anliefer- und Bereitstellungswege zu achten und sind daher dementsprechend gut zu positionieren. Diese Materialien haben ein hohes Potential für eine JIT Anlieferung, da dadurch aufgrund der hohen Palettenmengen auch massiv an Platz eingespart werden kann²⁸.

AY - BY Hohe bis mittlere Palettenmengen, schwankender Verbrauch, mittlere Vorhersagegenauigkeit

Diese Kategorie erfordert aufgrund des schwankenden Verbrauchs zur Sicherstellung der bedarfsgerechten Produktion laut Literatur eine Beschaffung durch Lagerbestände (Vorratsbeschaffung). Die Lagerung der Materialien kann in der Praxis sehr stark von den vorherrschenden Lagerbereichen abhängig sein und wird für die Auslegung individuell für jedes Material beurteilt²⁹.

AZ - BZ Hohe bis mittlere Palettenmengen, unregelmäßiger Verbrauch, niedrige Vorhersagegenauigkeit

Aufgrund des unregelmäßigen Verbrauchs sind diese Materialien kaum für die Bodenlagerung geeignet, da nach einem hohen Bedarf Wochen bzw. Monate folgen wo kein Material angefordert wird und daher keine Materialdrehung stattfindet. In der Praxis würden daher, sofern nicht ausreichend Platz vorhanden ist, viele Paletten über einen längeren Zeitraum am Boden verweilen und teilweise die Flexibilität im Lager einschränken. Es ist daher zielführend diese im Bedarfsfall ggf. kombiniert mit Bevorratung zu beschaffen³⁰.

²⁸ vgl. Heiserich, Helbig, & Ullmann, 2011, S. 115ff

²⁹ vgl. Heiserich, Helbig, & Ullmann, 2011, S. 115ff

³⁰ vgl. Heiserich, Helbig, & Ullmann, 2011, S. 115ff

2.3 Verbrauchsfolgeverfahren

Für die Erstellung eines Lagerlayouts muss darauf geachtet werden, wie die Waren gelagert werden dürfen um diese in der richtigen Reihenfolge wieder auslagern zu können. Hierfür werden die gängigsten Verbrauchsfolgeverfahren näher vorgestellt:

2.3.1 Lifo-Verfahren (last in – first out)

„Beim Lifo-Verfahren wird unterstellt, dass die zuletzt ins Lager gelangten Materialien als erste wieder verbraucht werden.“³¹

Zusätzlich kann laut Literatur folgende Spezifizierung getroffen werden:³²

- Permanentes Lifo: Bewertung des Materialverbrauches erfolgt fortlaufend während des ganzen Jahres bei jedem Verbrauch.
- Perioden-Lifo (end of the period lifo-method): Die Zugänge werden während der Periode chronologisch mit Menge und Preis erfasst, nicht aber der Verbrauch. Um ihn zu ermitteln wird lediglich der Endbestand mit dem Anfangsbestand verglichen.

Es wird der Artikel der als erstes angeliefert wurde, als letztes verbraucht. Dieses Verbrauchsfolgeverfahren kommt in der Praxis oft bei nicht verderblichen Artikeln oder bei Artikeln, welche nicht einer alterungsbedingten Verminderung des Warenwertes / -qualität unterliegen, zur Anwendung.

2.3.2 Fifo-Verfahren (first in– first out)

„Im Gegensatz zu Lifo-Verfahren wird hier angenommen, dass die zuerst angeschafften/hergestellten Artikel auch zuerst wieder verbraucht werden (einfaches Verfahren, z.B. bei Silos anwendbar).“³³

Es wird der Artikel der als erstes angeliefert wurde auch wieder als erstes verbraucht. Dies stellt sicher, dass die Ware nicht zu lange im Lager verweilt. Diese Lagerart wird in der Praxis üblicherweise verwendet. Dies macht unter anderem auch bei versionsabhängigen Waren (z.B.: bedruckte Packmittel) Sinn, da dadurch der Verbrauch der Vorversionen im Rahmen der Übergangsfristen bereits in der Verbrauchsfolge sichergestellt wird.

³¹ Schulte G. , 2001, S. 303ff, zit. in Wannewetsch, 2014, S. 112

³² Wannewetsch H. , 2014, S. 112

³³ Wannewetsch H. , 2014, Seite 112

2.3.3 Fefo-Verfahren (first expired – first out)

„Die Lagerstrategie Fefo macht in der Regel einzig bei verderblichen Lagereinheiten Sinn, da hierbei als entscheidendes Kriterium für die Lagerung das Mindesthaltbarkeitsdatum der Ware betrachtet wird. Klassische Beispiele sind die Lebensmittelbranche oder die Pharmaindustrie.“³⁴

Wie bereits oben zitiert wird in der Lebensmittel- und in der Pharmabranche vermehrt das FEFO-Verfahren angewendet, welches sich nicht am Einlagerungsdatum, sondern am Haltbarkeitsdatum orientiert. Dieses soll sicherstellen, dass verderbliche Waren vor Ablauf des jeweiligen Haltbarkeitsdatums ausgelagert werden. Die Lagerung an sich verhält sich in der Regel sehr ähnlich zu dem oben beschriebenen FIFO-Verfahren.

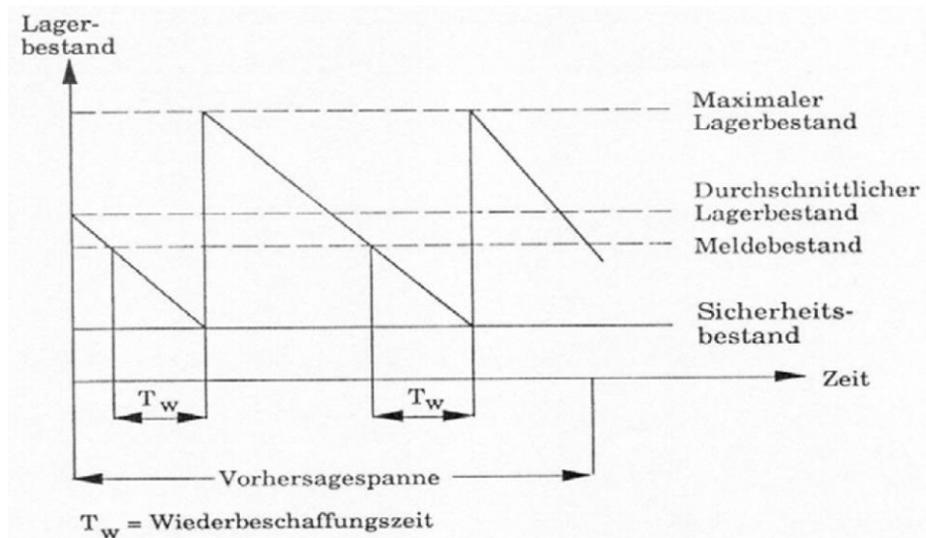
2.4 Grundlagen der Beschaffungslogistik

Die betrachtete Firma verfügt über ein SAP-System, welches anhand der Forecasts den Materialverbrauch für die nächsten Perioden berechnet (die Daten werden laufend in das System eingespeist). Anhand der eingespeisten Daten erfolgt durch das SAP-System eine deterministische Dispositionsplanung für die zukünftig benötigten Rohstoffe, Packmittel etc. und eine Berechnung des erforderlichen Bestellpunkts (auch reorder point genannt) auf Basis der Wiederbeschaffungszeiten je Material.

Das heißt, dass die Prognosewerte direkt als Prognosebedarfe in der Bedarfsplanung berücksichtigt werden um hohe Lagerbestände vorzubeugen (sofern die Planung gut vorhersagbar ist).

Da für das zu erstellende Lagerlayout sowohl Sicherheitsbestände als auch die geplanten Anliefermengen zu berücksichtigen sind, um eine Abschätzung der erforderlichen Palettenstellplätze je Material zu erhalten, werden anschließend die Grundlagen der Beschaffungslogistik näher erläutert. Wie in Abbildung 6 ersichtlich, werden nachfolgend Höchstbestand, Meldebestand, Sicherheitsbestand sowie die Wiederbeschaffungszeit gemäß Literatur näher erklärt.

³⁴ (Thomas, 2016, o.S.)

Abbildung 6: Der Materialbestand ³⁵

2.4.1 Wiederbeschaffungszeit

Da im Zuge der Ausarbeitung vermehrt der Terminus Wiederbeschaffungszeit auftaucht und dieser essenziell für die Auslegung und Reservierung der Palettenstellplätze je Material im Lager ist, wird dieser gemäß Literatur wie folgt näher erläutert:

„Die Wiederbeschaffungszeit ist die Zeitdauer zwischen der Bestellauslösung und dem Zeitpunkt der Verfügbarkeit des bestellten Materials im Lager. Sie setzt sich zusammen aus

- Beschaffungsvorbereitung,
- Produktionszeit beim Lieferanten,
- Qualitätskontrolle, Risikozuschlag,
- Lieferzeit (inkl. Transportzeit),
- Materialentnahme

Die Bedarfsvorhersage geht vom geschätzten Durchschnittsverbrauch in einer Periode aus.“ ³⁶

Die Wiederbeschaffungszeit ist also jene Zeitspanne definiert, welche ab Bestellauslösung bis zur freien Verwendung des bezogenen Materials (also inklusive interner Kontrolltätigkeiten) vergeht (siehe auch Abbildung 6).

Da in dieser Arbeit ein 5 Chargen pro Woche Szenario ausgearbeitet wird (eine Charge pro Werktag), entspricht die Bedarfsvorhersage der exakten Berechnung der Verbrauchsmengen pro Charge über den betrachteten Zeitraum.

³⁵ Oeldorf & Olfert, Materialwirtschaft, 2008, S. 186

³⁶ vgl. Wannewetsch H., 2014, S. 73-74

2.4.2 Sicherheitsbestand

Der Sicherheitsbestand wird in der Literatur auch oft als eiserner Bestand, Mindestbestand oder Reservebestand genannt und ist jener Bestand an Material, der nicht zur Fertigung herangezogen wird.³⁷

Bei Erreichen des Sicherheitsbestandes soll die neue Lieferung spätestens eingetroffen sein. Der Sicherheitsbestand basiert auf dem Durchschnittsverbrauch an Materialien über einen bestimmten Zeitabschnitt. Der Sicherheitsbestand kann mitunter von folgenden Faktoren abhängig sein³⁸:

- Trendprodukte (Inline-Skater), Saisonprodukte (Ski, Mähdrescher),
- Berechenbarkeit des Bedarfes (PKW, Waschmaschine, Ersatzteile),
- Lieferzeit, Lieferengpässe, strategische Produkte,
- A-Teile (hohe Kapitalbindung – geringer Sicherheitsbestand),
- C-Teile (geringe Kapitalbindung – hoher Sicherheitsbestand),
- der Wiederbeschaffungszeit (WBZ), geringe WBZ = geringer Sicherheitsbestand.

Der Sicherheitsbestand kann 5–10% des durchschnittlichen Lagerbestandes betragen. Bei kurzen Lieferzeiten (Just-in-Time, Just-in-Sequence) kann er aber auch nur 1–2 Tage oder 4–8 Stunden betragen (z.B. bei der Sitzfertigung für PKW).

In der Praxis erfolgt die Ermittlung des Sicherheitsbestandes (SB) häufig mit Hilfe grober Näherungsrechnungen³⁹:

- $SB = \bar{\varnothing} \text{ Verbrauch pro Periode} \times WBZ$
- $SB = 10\text{--}20\% \text{ des } \bar{\varnothing} \text{ Lagerbestandes (je nach ABC-Artikel)}$

Der Sicherheitsbestand ist also jener Bestand, auf den im Regelfall bis zur nächsten Lieferung nicht zugegriffen werden muss (siehe auch Abbildung 6). Dieser soll nach Möglichkeit so gering wie nur möglich, aber dennoch so groß wie nötig gehalten werden (abhängig von der Wichtigkeit, wie z.B. Fehlerfolgekosten etc.). Sofern keine Qualitätskontrollprüfungen zu berücksichtigen sind, entspricht in der Regel der Sicherheitsbestand dem minimalen Lagerbestand je Artikel. Im Zuge des vorliegenden Projektes ist es bei einigen Materialien der Fall, dass der Sicherheitsbestand ausgelagert und bei Bedarf JIT angeliefert werden kann. Diese Vorgehensweise verursacht natürlich externe Lagerkosten, erhöht aber im Gegenzug die Umschlaghäufigkeit und Flexibilität im betrachteten Werk.

³⁷ Ehrmann, Logistik, 2011, S. 112, zit. in Wannewetsch, 2014, S. 68

³⁸ (Wannewetsch H., 2014, S. 68-69)

³⁹ (Wannewetsch H., 2014, S. 68-69)

2.4.3 Maximaler Lagerbestand

„Der Höchstbestand (maximaler Bestand) gibt an, welche Materialmenge maximal am Lager vorhanden sein darf. Ziel ist es, einen überhöhten Lagerbestand und dementsprechend eine zu hohe Kapitalbindung am Lager zu vermeiden.“⁴⁰

Der maximale Lagerbestand beziffert also eine definierte Obergrenze um zu hohe Lagerbestände und Kapitalbindungen der jeweiligen Artikel zu vermeiden (siehe auch Abbildung 6). Dieser kann nach Festlegung von Stellplätzen in Lagerzonen definiert und systemtechnisch im SAP-System hinterlegt werden, um mögliche Überkapazitäten zu vermeiden.

2.4.4 Durchschnittlicher Lagerbestand

Der durchschnittliche Lagerbestand ist eine Kennzahl für Vergleichs- und Planzwecke und kann auch als Richtwert bei der Auslegung einer chaotischen Lagerung herangezogen werden. Der durchschnittliche Lagerbestand errechnet sich wie folgt:

$$\text{durchschnittlicher Lagerbestand} = \frac{\text{Anfangsbestand} + \text{Endbestand}}{2}$$

Formel 2: durchschnittlicher Lagerbestand

2.4.5 Meldebestand (Bestellpunkt)

Da es sich bei der Firma um ein verbrauchsgesteuertes Dispositionsverfahren handelt, ist auch der Begriff des Meldebestands für die vorliegende Diplomarbeit unerlässlich und ist wie folgt definiert:

„Der Meldebestand (Bestellpunkt) ist der Bestand, bei dessen Unterschreiten eine Bestellung ausgelöst wird. Spätestens wenn der Verbrauch den Sicherheitsbestand erreicht hat, soll das bestellte Material eintreffen. Um das zu erreichen, gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Festlegung der Bestellpunkte⁴¹“:

- *Fester Bestellpunkt: Er wird über einen längeren Zeitraum festgelegt.*
- *Gleitender Bestellpunkt: Er passt sich Änderungen an, wobei die mathematische Ermittlung mit Hilfe der EDV erfolgt.*

Der Zeitpunkt der Bestellung muss so rechtzeitig sein, dass der Sicherheitsbestand nach Möglichkeit nicht genutzt wird⁴². Die Festlegung kann abhängig sein von Trends (Sportartikel), Saisonprodukten (Gartenmöbel) oder der Berechenbarkeit. Jeder Betrieb bzw. jede Branche legt hier verschiedene Formeln zur Errechnung fest.

⁴⁰ Ehrmann, Logistik, 2011, S. 112, zit. in Wannewetsch, 2014, S. 68

⁴¹ Schulte G., 2001, S. 177ff, zit. in Wannewetsch, 2014, S. 70

⁴² Oeldorf & Olfert, Materialwirtschaft, 2008, S. 186, zit. in Wannewetsch, 2014, S. 70

1. $BM = \text{Verbrauch je Periode} \times \text{Lieferzeit} + \text{Sicherheitsbestand}$
2. $BM = 2 \times \text{Sicherheitsbestand}$
3. $BM = \text{Mindestbestellmenge} + \text{Sicherheitsbestand},^{43}$

Der Meldebestand ist jener Bestand bei dem eine Nachbestellung ausgelöst wird (siehe auch Abbildung 6 bzw. Bestellpunktverfahren unter Punkt 2.4.6). Im Zuge der vorliegenden Projektarbeit ist dieser Punkt nicht weiter relevant, da der Meldebestand in Echtzeit anhand des SAP-Systems errechnet und laufend überwacht wird.

2.4.6 Bestellpunktverfahren

Da nun der Begriff des Bestellpunktes bzw. Meldebestandes bekannt ist, kann auch auf das zu Grunde liegende Bestellpunktverfahren wie folgt näher eingegangen werden:

„Eine Bestellung wird dann ausgelöst, wenn der Lagerbestand eine zuvor festgelegte Höhe, die als Meldebestand oder Bestellpunkt bezeichnet wird, erreicht oder unterschritten hat. Bei unregelmäßigem Lagerverbrauch sind die Zeiträume zwischen zwei Bestellungen (im Unterschied zum Bestellrhythmusystem) unterschiedlich lang. Das Bestellpunktverfahren erfordert eine kontinuierliche Lagerverbrauchs- (Lagerabgangs-)kontrolle, um ständig über den Lagerbestand informiert zu sein.“

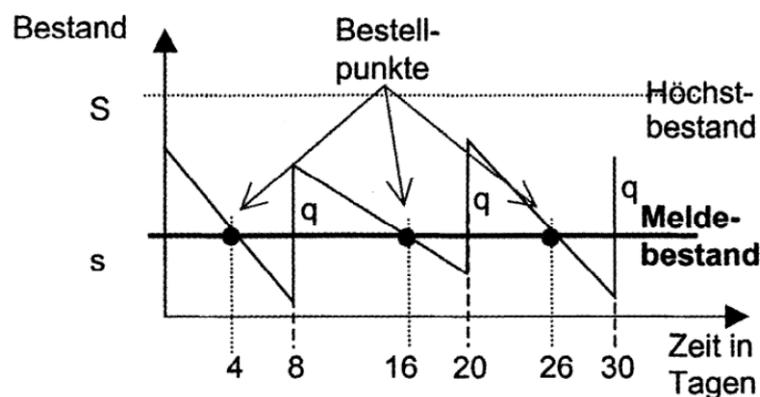


Abbildung 7: Bestellpunktverfahren mit gleichen Bestellmengen⁴⁴

Es hat den Vorteil, dass sich die Zeiträume zwischen den Bestellungen einer Veränderung des Lagerabgangs anpassen⁴⁵. Die regelmäßige Lagerverbrauchskontrolle erfordert einen höheren Kontroll- und

⁴³ Wannenwetsch H. , 2014, S. 70

⁴⁴ Fortmann & Kallweit, 2007, S. 81

⁴⁵ Fortmann & Kallweit, 2007, S. 80ff, zit. in Wannenwetsch H. , 2014, S. 90

*Verwaltungsaufwand, es entstehen aber geringere Fehlmengenkosten, da eine ständige Kontrolle der Lagerbewegungen stattfindet.*⁴⁶

Da das betrachtete Werk über ein SAP-System verfügt und die Lagerverbrauchskontrolle zeitnah durchgeführt wird, erfolgen die Bestellungen auf Basis eines Bestellpunktverfahrens wie oben beschrieben.

2.4.7 Just-in-Time und Just-in-Sequence

Da für einige Materialien die Anlieferung in Form von Just in Time (JIT) erfolgt, wird dieser Begriff gemäß Literatur wie folgt näher beschrieben (Just in Sequence ist hierbei für die vorliegende Arbeit nicht relevant):

*„Die Just-in-Time- bzw. Just-in-Sequence-Beschaffungsstrategie hat als vorrangiges Ziel die Vermeidung von Beständen. Ausgangspunkt ist die Idee, die benötigten Beschaffungsobjekte produktionssynchron, d.h. erst zu dem Zeitpunkt zu liefern, an dem sie im Herstellungsprozess benötigt werden.“*⁴⁷

*„Unter Just-in-Time versteht man eine produktionssynchrone Beschaffungsstrategie, welche die Verbrauchsstellen mit bedarfsgerechten Teilmengen versorgt, unter Verzicht auf eine Warenannahme und -prüfung. Just-in-Time eignet sich als Belieferungsform für Teile mit geringer Verbrauchsabweichung und hohem Volumen (AX-Güter), die zeitnah produziert werden und ohne Zwischenschaltung eines Lagers an den Einbauort geliefert werden. Der Lieferant liefert die JIT Teile z.B. in Aufliegern an eine Rampe in der Nähe des Bedarfsortes. Die Anhänger dienen als Lager auf Rädern (Warehouse on Wheels), aus welchen die Teile entnommen werden, wenn der Bedarf am Band entsteht. JIT senkt Bestände und erhöht den Lagerumschlag.⁴⁸ Beim größten Montagewerk des Daimler-Konzerns in Sindelfingen wird ein Drittel des Beschaffungsvolumens JIT angeliefert.“*⁴⁹

Da in der betrachteten Firma wenig Platz bzw. viele Gänge und daher schwierige Lagerungsbedingungen vorherrschen, werden einige Materialien JIT angeliefert. Hierbei werden jedoch firmenintern zwischen JIT-Anlieferungen ohne Qualitätskontrolle und JIT Anlieferungen mit Qualitätskontrolle unterschieden. Diese werden jedoch beide als JIT deklariert.

⁴⁶ Wannewetsch H. , 2014, S. 90

⁴⁷ Wannewetsch H. , 2005, S. 188

⁴⁸ Graf, 2005, S. 26, zit. in Wannewetsch, 2014, S. 188

⁴⁹ Wannewetsch H. , 2014, S. 188

2.5 Lagerorganisation

Der Begriff Lagerorganisation behandelt die Zuordnung von betrachteten Gütern zu Lagerplätzen. Diese können sich in Bauart und Ausstattung je nach Branche und nach zu lagernden Gebindeeinheiten und Ladungsträger unterscheiden.

Grundsätzlich können Lager nach folgenden Prinzipien aufgebaut werden⁵⁰

- Einlagerung anhand von Lagerorten,
- Berücksichtigung der Materialanforderungen (trocken, kühl),
- abhängig vom Fertigungsprozess (häufige Materialbewegungen, räumliche Nähe zur Fertigung notwendig),
- nach der Materialart (sperrig, groß, Rollen, Stäbe),
- nach der Funktion des Lagers (Zentrallager, Regionallager, Produktionslager),
- nach den Anforderungen des Absatzmarktes (Konsignationslager, Servicegrad, Lagermöglichkeit der eigenen Lieferanten),
- nach der Erreichbarkeit mit Transportmitteln,
- Lieferservice (Lieferzeit, Umschlaghäufigkeit),
- nach der Materialflussorientierung.

Laut WANNENWETSCH sind folgende Einteilungsmöglichkeiten bezogen auf die Lagerorganisation zu berücksichtigen:

2.5.1 Lagerplatzzuordnung

Es muss sichergestellt werden, dass die anfordernden Stellen mit dem notwendigen Material versorgt werden kann. Hierbei gibt es mehrere Systeme:⁵¹

Feste Lagerplatzzuordnung

Für jeden zu lagernden Artikel wird ein fester Lagerplatz definiert, welcher anschließend ausschließlich für den jeweiligen Artikel reserviert ist.

Vorteile: jeder weiß wo der Artikel lagert, auch ohne IT-Lagersystem

Nachteile: nicht flexibel und daher schlechter Lagernutzungsgrad

Chaotische Lagerplatzzuordnung

Artikel können in jedem beliebigen freien Lagerplatz eingelagert werden. Für die Wiederauffindung der Artikel wird allerdings ein IT-Lagersystem benötigt, um bei Einlagerung den genauen Lagerort zu dokumentieren.

⁵⁰ Isermann, 1998, Seite 229ff

⁵¹ Isermann, 1998, Seite 229ff

Vorteile: hoher Lagernutzungsgrad, kein Umräumaufwand

Nachteile: hohe Investitionskosten, Abhängigkeit von IT-System

Zonung

In einer definierten Zone werden für bestimmte Materialgruppen Lagerplätze reserviert, welche anschließend in diesem Bereich chaotisch gelagert werden können (Beispiel⁵²: Schlafzimmermöbel im Möbelhaus).

2.5.2 Zentralisationsgrad

Die Wahl ob die Lagerung von Artikeln zentral oder dezentral gestaltet werden soll.

Zentrale Lagerung	Dezentrale Lagerung
<ul style="list-style-type: none"> • Geringere Vorräte • Geringere Kapitalbindung des Umlaufvermögens • Höherer Materialumschlag • Geringerer Personaleinsatz • Bessere Nutzung der Lagereinrichtung • Geringere Raumkosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Flexibel • Genauere Disposition der einzelnen Materialien in den Fertigungsbereichen • Besserer Einsatz von Spezialisten • Kürzere Transportwege

Abbildung 8: Vorteile zentraler und dezentraler Lagerstandorte⁵³

Stofforientierte Lagerung⁵⁴

Berücksichtigung bestimmter Anforderungen der Waren, wie z.B. Klima, Gewicht, Gefahrgutklasse, Zugriffssicherheit

Verbrauchsorientierte Lagerung⁵⁵

Die Lagerartikel werden nach Schnellläufern (häufige Ein- und Auslagerung) bzw. Langsamläufern (seltenerer Ein- und Auslagerung) sortiert.

Einteilung nach Bedarfsträgern⁵⁶

Es werden nur bestimmte Bedarfsträger oder Fertigungsstufen der jeweiligen Artikel eingelagert.

⁵² Wannenwetsch H. , 2014, Seite 302

⁵³ Wannenwetsch H. , 2014, S. 302

⁵⁴ Schulte C. , Logistik – Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses, 1999, Seite 91ff

⁵⁵ Wannenwetsch H. , 2014, Seite 303

⁵⁶ Wannenwetsch H. , 2014, Seite 303

Einteilung nach dem Wertschöpfungsprozess⁵⁷

Unterteilung der Lager in Eingangslager (Beschaffungslager, Rohstofflager), Zwischenlager (Lager für Halbfertigerzeugnisse) und Absatzlager (Fertigerzeugnislager)

2.5.3 Arten der Lagerung

Für die Erstellung eines Lagerlayouts muss unter Berücksichtigung der Verbrauchsart auch die optimale Lagerart je Material ausgewählt werden. Hier werden wiederum die gängigsten Arten der Lagerung in der weiteren Folge näher beschrieben:

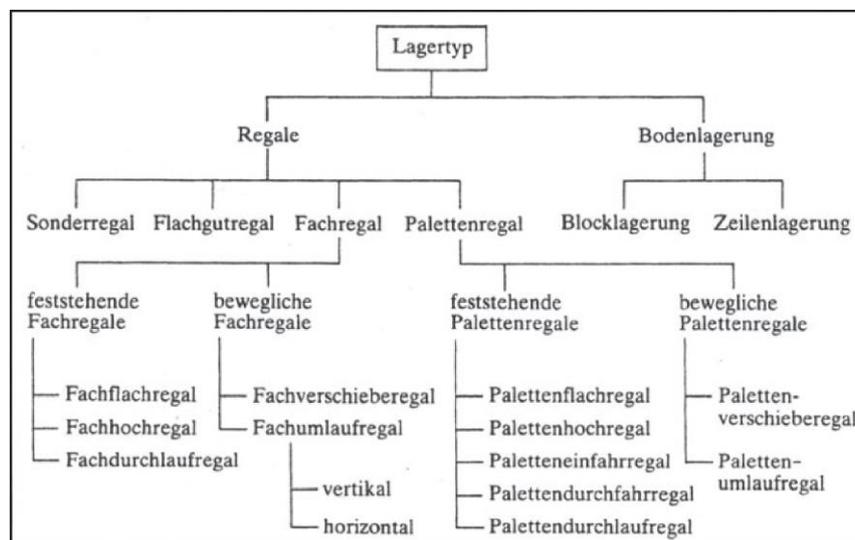


Abbildung 9: Einteilung nach Lagertypen⁵⁸

2.5.3.1 Bodenlagerung

Die Bodenlagerung ist die einfachste Form der Lagerung und kann verpackt oder unverpackt, mit oder ohne Ladungsträger oder auch gestapelt (je nach Begebenheiten) erfolgen. Hierbei unterscheidet man wiederum in Blocklagerung und Zeilenlagerung:

Blocklagerung

Bei der Blocklagerung ist ein einzelner Zugriff auf mittig lagernde Artikel nicht möglich⁵⁹.

⁵⁷ Ehrmann, Logistik, 1997, Seite 330ff

⁵⁸ Schulte C., 1999, S. 180

⁵⁹ Schulte C., 1999, S. 181f

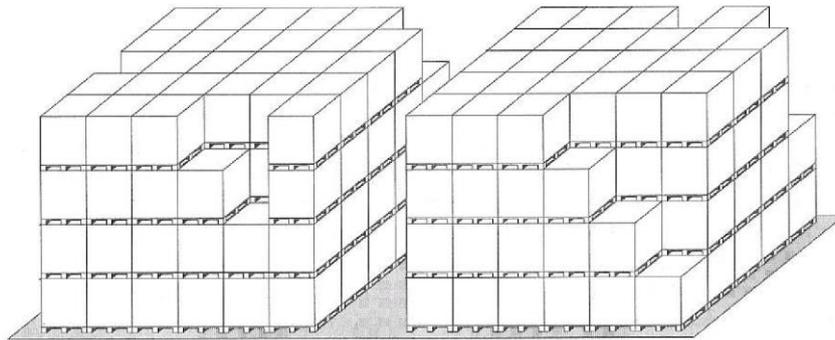


Abbildung 10: Bodenlagerung in Form der Blocklagerung⁶⁰

Zeilenlagerung

Bei der Zeilenlagerung wird eine Gasse geschaffen um den Zugriff auf mittig angeordnete Güter zu gewährleisten⁶¹.

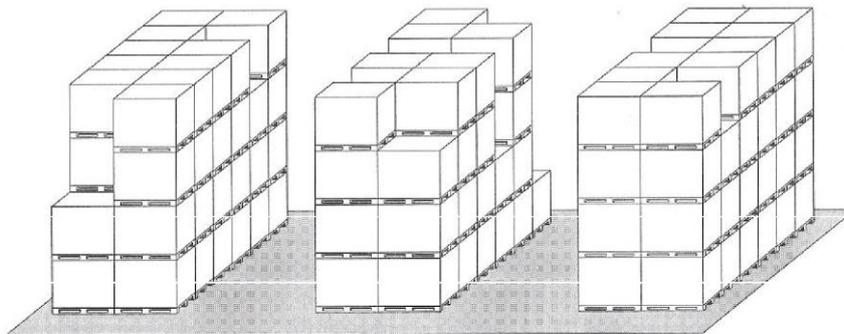


Abbildung 11: Bodenlagerung in Form der Zeilenlagerung⁶²

Vor- und Nachteile der Bodenlagerung

Folgende Vor- und Nachteile sind mit der Bodenlagerung verbunden:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Sehr niedrige Investitionskosten • Geringe Störanfälligkeit • Geringer Personalbedarf • Hohe Flexibilität 	<ul style="list-style-type: none"> • Mangelnde Transparenz • Schwierige Produktentnahme • Erschwerte Bestandskontrolle • Geringe Automatisierungsmöglichkeit

Tabelle 2: Vor- und Nachteile der Bodenlagerung⁶³

Die Anwendung erfolgt in der Regel bei großen Artikeln und stapelbaren Artikeln.

⁶⁰ ten Hompel, 2008, S. 75

⁶¹ Schulte C., Logistik – Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses, 1999, Seite 181ff

⁶² ten Hompel, 2008, S. 75

⁶³ Ehrmann, Logistik, 1997, S. 216ff

2.5.3.2 Regallagerung

Die Artikel werden auf dem jeweiligen Ladungsträger nicht am Boden gelagert, sondern in mehreren Ebenen anhand einer Lagereinrichtung (z.B. Palettenregallager). Der wesentliche Vorteil ist die Flexibilität im Zugriff auf den jeweiligen benötigten Artikel, welcher je nach Art der Regallagerung verschieden stark ausgeprägt ist.

Folgend werden einige gängige Regallagerarten vorgestellt:

Fachregallagerung

Die Lagereinheit besteht aus einem Regal mit mehreren Böden (Ständerstangen und Fachböden). Da die Bedienung zumeist manuell erfolgt, werden diese in der Regel auch in Flachbauweise (< 2 m Höhe) ausgeführt.

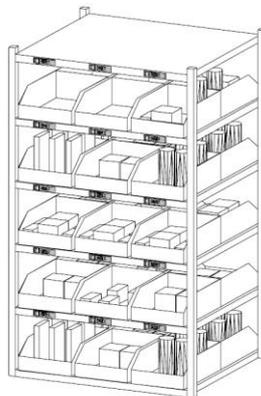


Abbildung 12: Fachbodenregallager⁶⁴

Folgende Vor- und Nachteile sind mit der Fachregallagerung verbunden:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Geringe Investitionsausgabe • Flexibel bei Änderungen durch schnelle Umrüstung • Direkter Zugriff auf jeden Artikel • Einfache Lagerorganisation • Niedrige laufende Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> • Hoher Flächenbedarf • Geringe Raumausnutzung • Personalintensiv • Nur teilweise automatisierbar

Tabelle 3: Vor- und Nachteile der Fachregallagerung⁶⁵

Die Anwendung erfolgt in der Regel bei nicht palettierbaren Gütern, Kleinteile und bei einem großen Sortiment an Gütern.

⁶⁴ Gleißner & Femerling, 2008, S. 93

⁶⁵ Oeldorf & Olfert, 2000, S. 362ff

Palettenregallager

Das Palettenregallager ist das am weitesten verbreitete Lagersystem. Beim Palettenregallager erfolgt die Lagerung auf dem Ladehilfsmittel Palette in einem dafür vorgesehenen Regal⁶⁶. Überschreitet ein Palettenregallager eine Höhe von ca. fünfzehn Metern spricht man von einem Hochregallager⁶⁷.

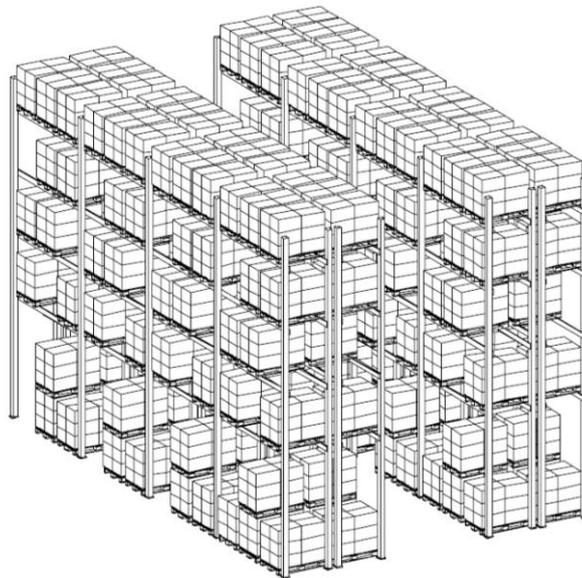


Abbildung 13: Palettenregal⁶⁸

Folgende Vor- und Nachteile sind mit der Palettenregallagerung verbunden:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Umschlagsleistung • Hohe Flexibilität • Hohe Raumausnutzung • Direkter Zugriff auf jeden Artikel • Automatisierbar 	<ul style="list-style-type: none"> • Investitionskosten • Personalintensiv

Tabelle 4: Vor- und Nachteile der Palettenregallagerung⁶⁹

Einfahrregallager

Einfahrregallager, auch Drive-in-Regale genannt, sind eine Kombination aus Palettenregal- und Bodenblocklager und werden für palletierte Lagerware genutzt. Das Lagerprinzip ähnelt einem Einplatz-Palettenregal, allerdings können mehrere Paletten in der Tiefe hintereinander gestapelt werden⁷⁰. Die Ein- und Auslagerung

⁶⁶ Gleißner & Femerling, 2008, S. 91

⁶⁷ vgl. Schulte C., 2005, S. 228

⁶⁸ Oeldorf & Olfert, 2000, S. 362ff

⁶⁹ vgl. Gleißner & Femerling, 2008, S. 92

⁷⁰ Gleißner & Femerling, 2008, S. 92

erfolgt hierbei in der Regel mit konventionellen Gabelstaplern. Da immer nur der zuletzt eingelagerte Artikel zugreifbar ist, kann die Lagerung nur anhand eines LIFO Systems erfolgen (LIFO Verbrauchsfolge, siehe auch Punkt 2.3.1). Weiters ist auch anzumerken, dass die Einlagerung von unten nach oben und das Auslagern von oben nach unten erfolgen müssen, da sonst der Staplermast an der oben eingelagerten Ware anstößt.

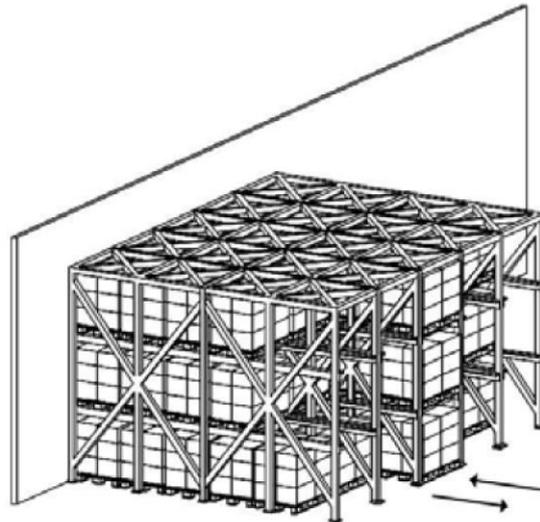


Abbildung 14: Einfahrregallager⁷¹

Folgende Vor- und Nachteile sind mit der Einfahrregallagerung verbunden:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Hohe Umschlagsleistung • Hoher Flächennutzungsgrad 	<ul style="list-style-type: none"> • Investitionskosten • Kein direkter Zugriff auf einzelne Paletten möglich

Tabelle 5: Vor- und Nachteile der Einfahrregallagerung⁷²

Durchfahrregallager

Wenn die Artikel auf der anderen Seite des Einfahrregals (siehe Abbildung 14) entnommen werden können spricht man von einem Durchfahrregallager, bei dem das oft günstigere FIFO-Prinzip realisiert ist⁷³.

⁷¹ Gleißner & Femerling, 2008, S. 92

⁷² vgl. Gleißner & Femerling, 2008, S. 92ff

⁷³ Gleißner & Femerling, 2008, S. 93

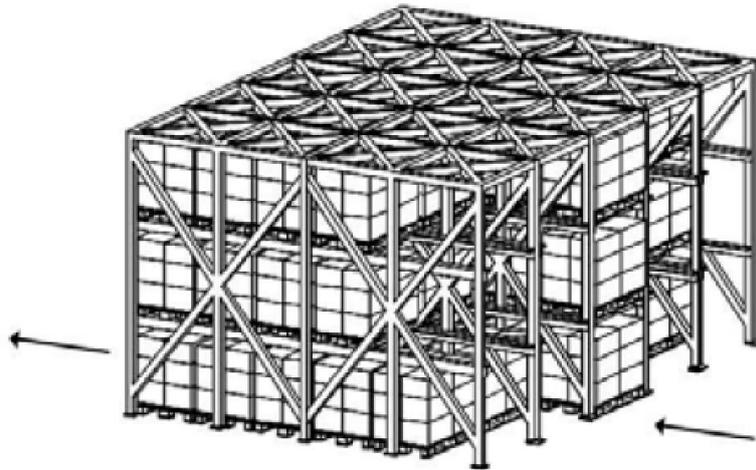


Abbildung 15: Durchfahrregallager⁷⁴

Folgende Vor- und Nachteile sind mit der Durchfahrregallagerung verbunden:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none">• Hohe Umschlagsleistung• Hoher Flächennutzungsgrad	<ul style="list-style-type: none">• Investitionskosten• Kein direkter Zugriff auf einzelne Paletten möglich

Tabelle 6: Vor- und Nachteile der Durchfahrregallagerung⁷⁵

⁷⁴ Gleißner & Femerling, 2008, S. 92

⁷⁵ vgl. Gleißner & Femerling, 2008, S. 92ff

Durchlaufregallager

Bei dieser Lagerart erfolgt die Einlagerung der Lagergüter auf der einen und die Auslagerung auf der gegenüberliegenden Seite. Das Lagergut wird durch Gefälle oder mechanischen Antrieb bewegt.⁷⁶

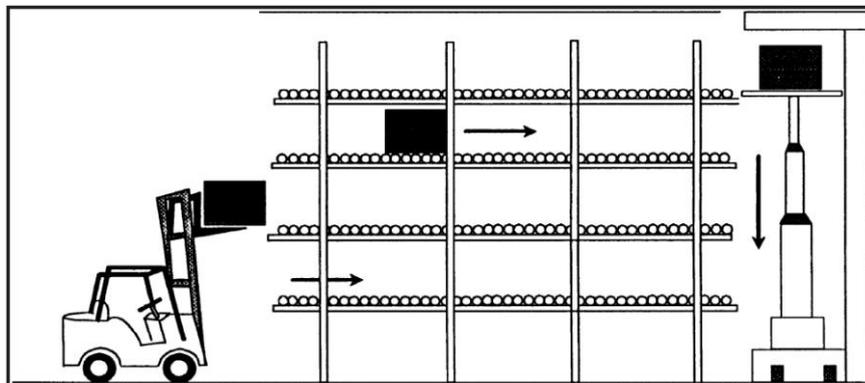


Abbildung 16: Durchlaufregallager⁷⁷

Folgende Vor- und Nachteile sind mit der Durchlaufregallagerung verbunden:

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> • Gewährleistung des FIFO Prinzips • Gute Flächen- und Raumausnutzung • Möglichkeit der Automatisierung • Be- und Entladung räumlich getrennt 	<ul style="list-style-type: none"> • Nur ein Kanal pro Artikel sinnvoll • Bei Fördereinrichtung hohe Investitionskosten • Störanfälliges Fördersystem • Aufwendig bei Teilentnahmen

Tabelle 7: Vor- und Nachteile der Durchlaufregallagerung⁷⁸

⁷⁶ Wannewetsch H. , 2014, S. 309

⁷⁷ Schulte G. , 1996, S. 247

⁷⁸ Wannewetsch H. , 2014, S. 309

2.6 KANBAN

„Unter Kanban versteht man die zeitsynchrone Steuerung der Fertigung nach dem Pull-Prinzip (Holprinzip). Die japanische Beschaffungsstrategie Kanban ist ein dezentrales Planungs- und Steuerungsverfahren für die Wiederholfertigung, auf Basis selbststeuernder Regelkreise. Sie funktioniert nach dem Supermarktprinzip, d.h. nach der Entnahme, wird die entstandene Lücke wieder mit dem gleichen Artikel aufgefüllt.“⁷⁹

Als Hilfsmittel werden oft vorher definierte Ladungsträger (wie z.B.: Behälter) für die jeweiligen Artikel definiert. Jeder Ladungsträger verfügt über eine Kanban-Karte die Teile- und Abnehmerdaten, Bestellmenge, Transport usw. beschreibt. Auslöser für die Nachbestellung ist immer die nachgelagerte Stelle, was wiederum heißt das die Endbearbeitung aufgrund des Holprinzips die vorgelagerten Bearbeitungsschritte beeinflusst (siehe auch Abbildung 17). Wird der definierte Meldebestand erreicht, beginnt die vorgelagerte Stelle mit der Produktion der gemäß Kanban-Karte vermerkten Bedarfsmenge. Diese Menge wird anschließend wieder im jeweiligen Pufferlager zur Verfügung gestellt.

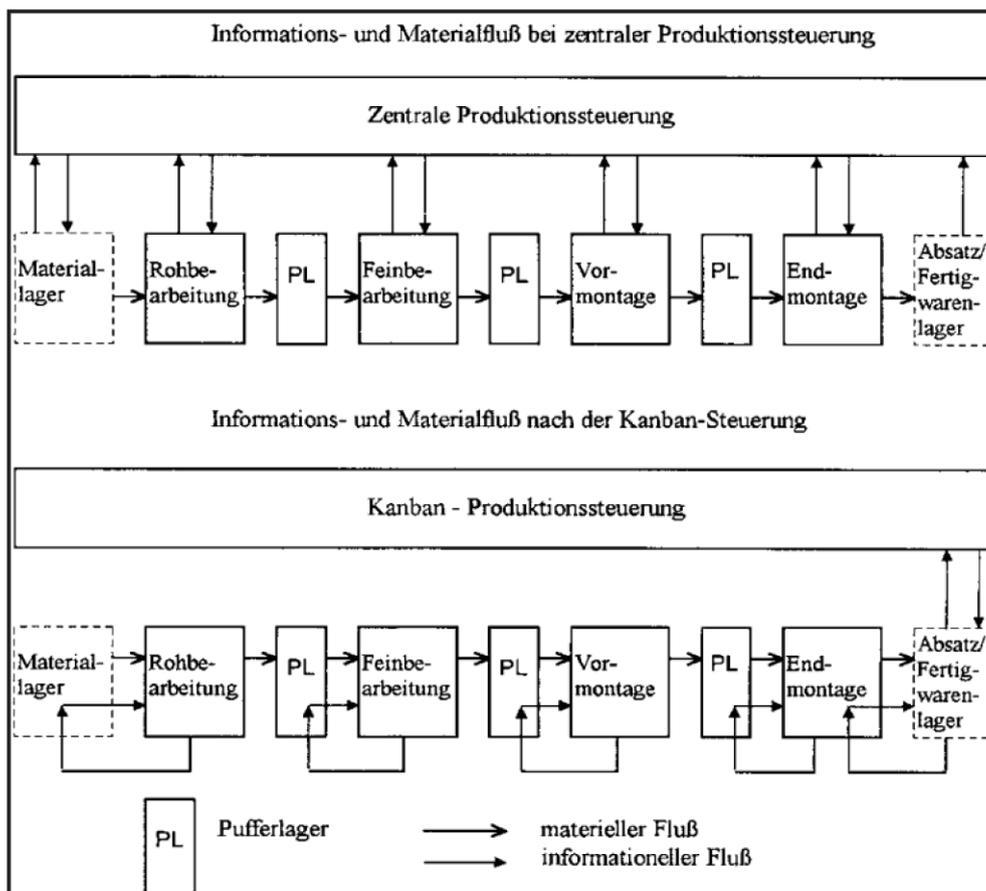


Abbildung 17: Klassische Produktionssteuerung vs. Kanban-Steuerung⁸⁰

⁷⁹ Wannenwetsch H., 2014, S. 471

⁸⁰ (Sommerer, 1998, S. 52)

Ziele der Kanban-Steuerung⁸¹:

- Minimierung der Material- und Teilbestände und dadurch Minimierung der Kapitalbindung,
- die innerbetriebliche Auftragserteilung muss sich selbstständig auslösen, ohne Steuerungsanstoß von übergeordneten Leistungsebenen,
- hohe Termintreue,
- Verringerung des Aufwandes für sich wiederholende Planungsaufgaben.

Durch die Einführung einer Kanban-Steuerung können also Lagerstände reduziert und der Wertanteil an gebundenem Kapital vermindert werden. Durch die geringeren Bestände reduziert sich in der Regel auch die Durchlaufzeit der betrachteten Artikel. Weiters ist auch anzumerken, dass auch eine elektronische Form des Kanban-Systems existiert, das so genannte E-Kanban. Die Information, dass der Meldebestand erreicht wurde, kann hier sowohl durch einen Ausdruck (Hardcopy) als auch auf elektronischen Weg (E-Mail, SMS, etc.) erfolgen und ist bereits in zahlreiche ERP-Systemen integriert (z.B.: SAP R/3). Aufgrund des in der Literatur oft beschriebenen Erfolgs der Kanban-Steuerung in der Industrie, stellt dieses ein sinnvolles Instrument für die Steuerung bestimmter Artikel im Zuge einer modernen Fertigung dar.⁸²

⁸¹ Wannewetsch H. , 2014, S. 473

⁸² vgl. Wannewetsch H. , 2014, S. 471ff

2.7 Optimale Bestellmenge / Losgröße

Für die bedruckten Packmittel soll gemäß Aufgabenstellung (siehe auch Abbildung 2) die optimale Bestellmenge (ausgearbeitet anhand der Beschaffung von bedruckten Faltkartons) ermittelt werden. Hierfür werden die Grundlagen zur Ermittlung der optimalen Losgröße auf den folgenden Seiten näher erläutert.

2.7.1 Definition der optimalen Bestellmenge

Als Grundsatz für die Ausarbeitung der optimalen Bestellmenge gilt es folgende Sätze zu zitieren:

„Die Höhe wirtschaftlicher Beschaffungsmengen hängt von den Lagerhaltungs- und Bestellkosten ab“⁸³

„Die optimale Beschaffungsmenge ist die Bestellmenge, bei der die vorgenannten Kosten bezogen auf eine Mengeneinheit ein Minimum erreichen.“⁸⁴

Wie in Abbildung 18 ersichtlich, ergibt sich das Minimum an Gesamtkosten aus der minimalen Summe aus Bezugskosten und Lagerkosten.

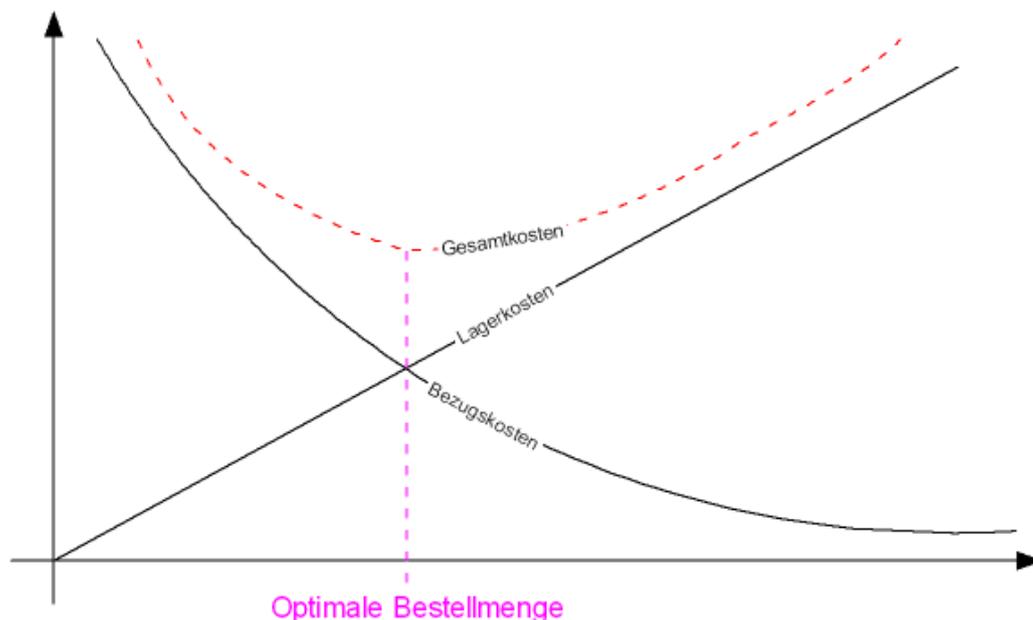


Abbildung 18: Graphische Darstellung optimale Bestellmenge⁸⁵

Was in Abbildung 18 triviale dargestellt ist, beinhaltet bei Durchführung in der Praxis durchaus konträre Elemente.

⁸³ Oeldorf & Olfert, 2008, S. 302

⁸⁴ Wannewetsch H., 2014, S. 98

⁸⁵ o.V., 2016, o.S.

Denn

- je höher die Bestellmenge, desto höher sind die Lagerkosten, während die Bezugskosten aufgrund der höheren Abnahmemengen sinken (Economies of Scale, Rabatte). Weiters entsteht dadurch viel gebundenes Kapital, dass im Sinne des Lean Management als Verschwendung deklariert und daher anderwärtig im Unternehmen genutzt werden könnte.
- je niedriger die Bestellmenge, desto niedriger sind die Lagerkosten, während wiederum die Bezugskosten aufgrund der geringeren Abnahmemengen steigen (höhere Transportkosten, geringere Rabatte. etc.). Jedoch kann schneller auf Veränderungen reagiert und das Unternehmen kann das aktuell zur Verfügung stehende Kapital anderwärtig nutzen.

2.7.2 Methoden zur Bestimmung der optimalen Bestellmenge / Losgröße

Laut Literatur gibt es einige Ansätze um Losgrößenprobleme zu lösen. Hier können je nach Komplexitätsgrad folgende Bestellmengen-Planungsverfahren genannt werden⁸⁶:

- Bestellmengenplanung nach Andler
- Stück-Perioden-Ausgleich (Part-period-Verfahren)
- Gleitende Bestellmenge
- Groff-Verfahren
- Wagner-Whitin-Algorithmus

Das vorliegende Problem wurde auf Basis der Andler'schen Losgrößenformel gelöst, welches wie folgt näher beschrieben wird.

⁸⁶ vgl. Heiserich, Helbig, & Ullmann, 2011, S. 153ff

2.7.3 Rechnerische Lösung nach Kurt Andler (klassische Losgrößenformel)

Die Losgrößenformelrechnung setzt eine konstante Versorgung der Produktion voraus. Zur Ermittlung der optimalen Beschaffungsmenge und Beschaffungshäufigkeit müssen folgende Voraussetzungen erfüllt werden⁸⁷.

- Der Stückpreis ist unabhängig von der Beschaffungsmenge.
- Der Bedarf ist bekannt und konstant, die Lieferzeit ist praktisch null.
- Mindestbestellungen sind nicht vorgesehen.
- Es gibt keine Fehlmengen.
- Bestellungen einzelner Artikel sind voneinander unabhängig

Die Andler'sche Losgrößenformel basiert auf der Minimierung der Gesamtkosten:

$$KG = \frac{M}{x} * KB + \frac{x}{2} * E * \frac{LHS}{100}$$

Formel 3: Ausgangsformel zu Minimierung der Gesamtkosten nach Andler⁸⁸

KG...Gesamtkosten

M...Jahresbedarfsmenge

x...Bestellmenge

KB...Bestellkosten

E...Einstandspreis pro Mengeneinheit

LHS...Lagerhaltungskosten

Die Formel 4 wird anschließend nach der Bestellmenge x abgeleitet, um somit durch „nullsetzen setzen“ der Gleichung den Extremwert (also das Optimum) zu erhalten und ergibt sich nach geringer Umformung wie folgt:

$$x_{opt} = \sqrt{\frac{200 * M * KB}{E * LHS}}$$

Formel 4: optimale Beschaffungsmenge nach Andler⁸⁹

x_{opt}...optimale Bestellmenge

In der vorliegenden Arbeit soll der optimale Preis anhand einer geplanten, zur bestellenden Losgröße ermittelt werden. Analog wie in Abbildung 18 dargestellt

⁸⁷ Wannenwetsch H. , 2014, S. 105

⁸⁸ Wannenwetsch H. , 2014, S. 105

⁸⁹ Wannenwetsch H. , 2014, S. 106

werden Lagerkosten und Bezugskosten addiert und anschließend die optimalen Kosten pro 1000 Stück anhand verschiedener Lagerstrategien (Outsourcing, Teilauslagerung mit Teilanlieferung) ausgewertet (Details, siehe Auswertung unter Punkt 3.4.2).

Um das Ganze anschaulicher zu gestalten wurde die Auswertung nicht wie oben beschrieben rechnerisch durchgeführt, sondern die Lösung wurde anhand graphischer Auswertung in Form eines Excel Modells (Grafik) ausgearbeitet. Die graphische Ausarbeitung hat den Vorteil, dass man auch den weiteren Verlauf der Kosten pro Stück in Bezug auf die Gesamtbestellmenge beobachten kann und dadurch einen besseren Überblick über den Kostenverlauf je Lagerstrategie hat.

3 Praktische Umsetzung im Unternehmen

Ein gute Lagerplanung ist ausschlaggebend für geringe Wege und optimale Durchlaufzeiten innerhalb eines Unternehmens und somit ein wesentlicher Teil bei der Realisierung eines wirtschaftlich erfolgreichen Standortes. Eine Lagerplanung muss nicht immer auf Basis einer Werksneuplanung erfolgen. Diese kann auch in bestehenden Umfeldern Optimierungspotenziale aufzeigen. Die Lagerplanung kann daher verschiedene Aufgaben haben, jedoch die Vermeidung von Verschwendungen und der damit verbundenen Einsparung von Kosten gilt im generellen als Hauptziel der Durchführung.

Die Ausarbeitung soll für den in dieser Arbeit betrachteten Bereich Lager Hofebene durchgeführt werden. Das Hauptaugenmerk in der vorliegenden Arbeit bei der Auslegung gilt den Verbrauchsmaterialien des betrachteten Produkt 1 im Zuge der Chargengrößenerhöhung. Alle anderen im betrachteten Lager befindlichen Materialien sollen laut Vorgabe der Firma als konstant betrachtet werden.

Die Inhalte der Vorarbeiten-Phase wurde im Zuge eines Meetings unter Berücksichtigung der Literatur Material- und Lagerflussplanung – Erhebung von Planungsdaten⁹⁰ sowie dem Praxisbeispiel für die Auslegung eines Kommissionierungslagers (siehe Punkt 2.1.3.1) mit den jeweiligen Fachabteilungen wie folgt vereinbart:

⁹⁰ Heinrich, Planungsdaten, 1979

IST-Analyse:**1. Lagerplatz-Priorisierung (statische und dynamische Daten)**

Es soll eine Lagerplatz-Priorisierung für alle lagernden Materialien im Bereich Lager Hofebene (exklusive Bulktabellebereich und Folien) durchgeführt werden. Dies soll helfen die Verbrauchsmaterialien für das betrachtete Produkt 1 zu priorisieren und aufzeigen, ob auch noch andere lagernde Artikel im Bereich Lager Hofebene in das Konzept der priorisierten Lagerung am Boden eingeplant werden müssen. Die Auswertung soll anhand einer ABC/XYZ-Analyse (Theorie, siehe Punkt 2.2) erfolgen. Für die Auswertung sollen sowohl statische Daten (Palettenspezifikationen je Artikel) als auch dynamische Daten (Zugriffe / Anforderungen seitens der Produktion) erfolgen. Für die Einteilung in die jeweiligen Priorisierungsklassen sollen auch die mittelfristigen Prognosewerte der Materialien berücksichtigt werden.

2. Erstellung einer Wareneingangsmatrix (statische Daten)

Es soll auf Wunsch der Firma eine Übersicht für alle internen Abteilungen über die Basisdaten des Lead Produkts Produkt 1 erstellt werden.

Diese soll folgende statische Daten enthalten (siehe auch statische Daten anhand Praxisbeispiel Planungsphase Vorarbeiten siehe Punkt 2.1.3.1):

- Palettenspezifikationen
 - Stück oder Gramm pro Palette
 - Gebindeeinheit (Gebindegröße)
 - Palettenhöhe
 - Palettengewicht
- Lagerung
- Schnittstelle der Warenannahme im Unternehmen
- Planlieferzeit in Tagen je Artikel
- Qualitätskontrolldauer und –art je Artikel
- Vorlaufzeiten

3. Erhebung Verbrauchs- und Lagerart (statische Daten)

Es sollen zusätzliche statische Daten gemäß Praxisbeispiel unter Punkt 2.1.3.1 (welche nicht in der Wareneingangsmatrix abgebildet werden sollen) für die betrachteten Verbrauchsmaterialien ausgewertet werden:

- Verbrauchsfolge (Theorie, siehe Punkt 2.3)
- Kühlung erforderlich
- Material stapelbar
- Diversifikationstiefe des Materials (nach Produkt, Format, Länderabhängig)

4. Erstellung einer Input- / Outputbilanz Produkt Chargengröße Neu (statische Daten)

Diese soll aufzeigen wie viele Verbrauchsmaterialien in Paletten für die Produktion einer Charge (pro Tag wird maximal eine Charge hergestellt) bereitgestellt werden müssen und wie viele Fertigproduktpaletten pro Charge aus dem Produktionsbereich in den Bereich Lager Hofebene transferiert werden müssen.

Für die Auswertung soll anhand der bekannten Verbrauchsmaterialien pro Charge gemäß Herstellbericht errechnet und anschließend für alle hergestellten Formate (120 ml, 200 ml und 240 ml) in Palettenanzahl umgerechnet und werden.

5. Zuteilung der Materialien je Schnittstelle in die Produktion (statische Daten)

Da im betrachteten Bereich Lager Hofebene zwei Schnittstellen in den neuen Produktionsbereich für Produkt 1 vorherrschen, sollen die Verbrauchsmaterialien sowie die Fertigproduktpaletten der jeweiligen Schnittstelle zugewiesen werden.

6. Schwachstellenanalyse (Ist – Schwachstellen)

Im Zuge einer Schwachstellenanalyse soll mittels Sichtung sowie Befragung der Mitarbeiter im Lager Hofebene mögliche Schwachstellen des IST-Zustandes ermittelt werden, welche in der weiteren Ausarbeitung zu berücksichtigen sind.

7. Definierung Rahmenbedingungen und Restriktionen (Restriktionen)

Es sollen Restriktionen (Layout, Gebäude, etc.) sowie relevanten Rahmenbedingungen anhand einer Sichtung des IST-Zustandes in Zusammenarbeit mit den Fachabteilungen niedergeschrieben werden, um eine möglichst praxisnahe Grobplanung zu gewährleisten.

SOLL-Analyse

8. Kapazitätsplanung anhand Vollauslastung (Chargen pro Woche)

Aufgrund des Upscales soll anhand der Grundlagen der Beschaffungslogistik (Theorie, siehe 2.4) anhand des Sicherheitsbestandes je Material und der prognostizierten Bestellmenge im Falle eines 5 Chargen Szenarios (Vollauslastung) auf die geplanten Stellplatzreservierungen je Artikel geschlossen werden.

Grobplanung

9. Erstellung eines Lagerlayouts

Ausarbeitung eines möglichen Lagerlayouts anhand einer Maßstabzeichnung unter Berücksichtigung der gemäß IST-Analyse und SOLL-Analyse im Zuge der Vorarbeiten-Phase ausgearbeiteten Daten. Laut Vorgabe der Firma soll jeweils eine Ausarbeitung für ein Layout ohne Hofüberdachung und eines mit Hofüberdachung anhand der bestehenden Strukturen erfolgen.

Gemäß Abbildung 19 wird der oben beschriebene Ablauf zur besseren Übersicht nochmal visuell dargestellt.

Erstellung eines Berechnungsmodells für die Bewertung der Lagerstrategie

Im Zuge der Ausarbeitung des Lagerlayouts, wurde anhand der Daten der Vorarbeiten-Phase ein unregelmäßiger Verbrauch, aufgrund der format- und länderspezifischen Verbrauchsart, bei den bedruckten Packmitteln festgestellt. Da die Paletten-Mengen zu bedruckten Packmitteln stetig steigen und diese einem sehr unregelmäßigen Verbrauch aufweisen, soll auf Wunsch der Firma eine Berechnung für die Lagerstrategien Teilauslagerung mit Teilanlieferung sowie Gesamt-Outsourcing als Entscheidungshilfe erstellt werden. Für die Lösung dieser Problematik soll auf Basis der Losgrößenformeln (Theorie, siehe Punkt 2.7) ein Excel-Modell erstellt werden, mit der sich die optimale Bestellmenge je Lagerhaltungsstrategie (Gesamt-Outsourcing, Teilanlieferung mit Teilauslagerung) bei definierter Dauer der Auslagerung anhand des Preises je 1000 Stück ermitteln lässt. Im Auftrag der Firma wurden zwei praxisorientierte Szenarien zur Verfügung gestellt, welche in Rahmen dieser Arbeit ausgearbeitet und anschließend näher diskutiert werden.

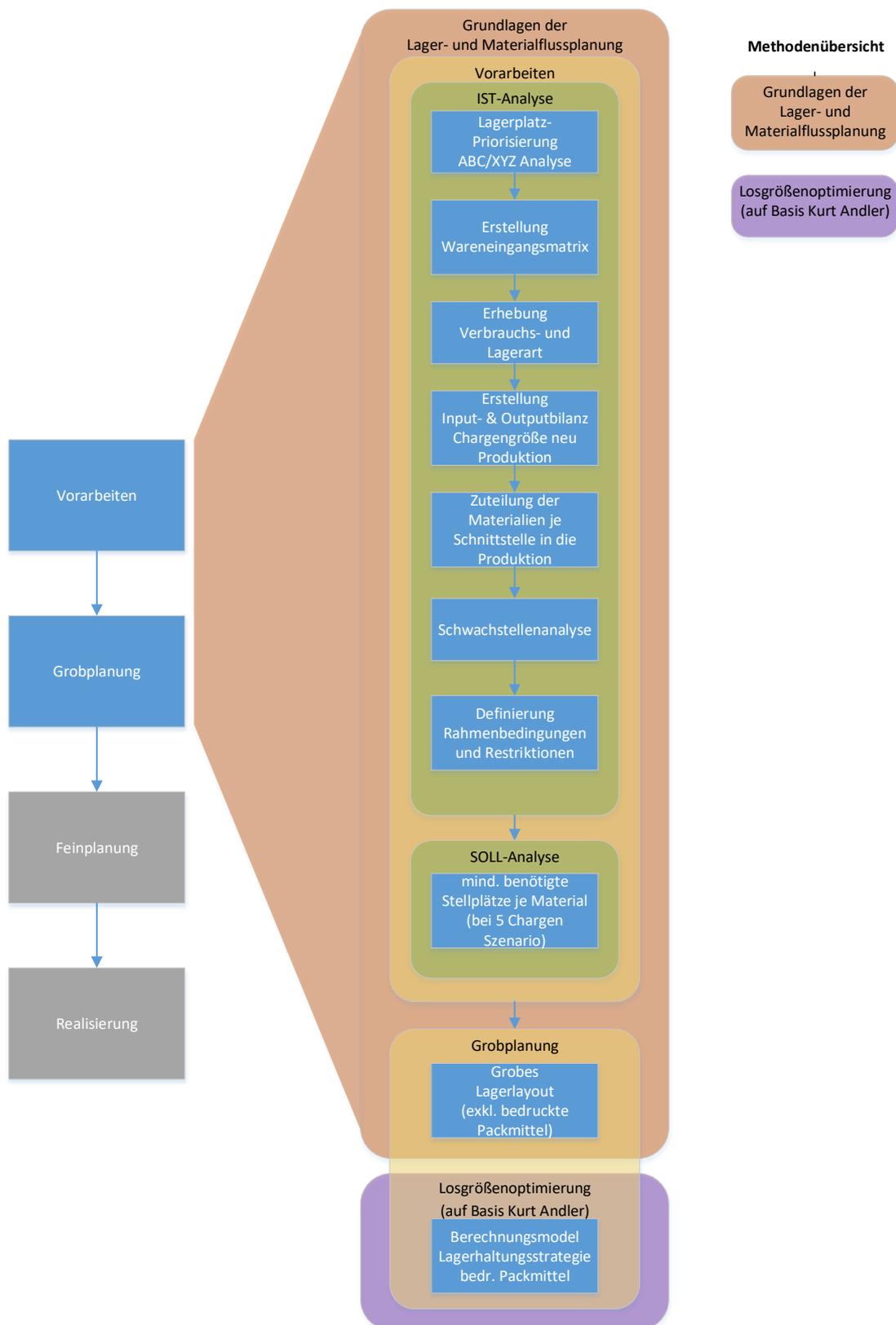


Abbildung 19: Übersicht – Arbeitspakete gemäß Lager- und Materialflussplanung

3.1 Datenbasierte IST Analyse

Im Zuge der Datenerhebung sollen unter Berücksichtigung der Grundlagen der Lagerplanung alle relevanten Daten ermittelt und anschließend als Basis für eine Auslegung der Lagerung nach den Grundlagen der Lagerorganisation dienen.

3.1.1 ABC/XYZ Analyse

Die ABC/XYZ-Analyse (Theorie, siehe Punkt 2.2.3) soll dabei helfen die lagernden Waren am betrachteten Standort zu priorisieren und damit den idealen Lagerort für die jeweiligen Materialien im Bereich Lager festzulegen. Die Analyse wurde nicht im klassischen Sinn (nach Anzahl und Wert des verbrauchten Materials) durchgeführt, sondern wie im Theorieteil (siehe Punkt 2.2) bereits kurz beschrieben, nach verbrauchten Palettenmengen und Materialdrehung (Anzahl der Zugriffe, Anzahl der verbrauchten Paletten) durchgeführt. Dadurch sollen im Sinne des Lean Management Einlager- und Bereitstellwege für Materialien, welche sehr oft angefordert und in großen Palettenmengen benötigt werden, minimiert werden um Zeit und damit Kosten und Ressourcen zu sparen.

Für die Auswertung wurden ausschließlich Packmittel herangezogen, da zum einen die Rohstoffe ohnehin in versperrbaren Bereichen gelagert werden müssen⁹¹ und im betrachteten Bereich Lager Hofebene sehr wenige freie Rohstoffe gelagert werden (< 5 Materialien) und somit eine ABC-Analyse für eine Priorisierung nicht zweckmäßig ist.

3.1.1.1 Durchführung der ABC/XYZ-Analyse

Als Basis für die Datenauswertung wurde die Anzahl der Zugriffe je Artikel (Daten aus SAP System) durch die Herstellung und die verbrauchten Mengen für das Jahr 2015 je Material herangezogen. Da bei jeder Anforderung das Material seitens des Lagers bereitgestellt werden muss, ist es zielführend Materialien welche oft angefordert werden besser im Lager zu positionieren. Gleichzeitig ist es sinnvoll Artikel mit hohen Palettenmengen zusätzlich zu priorisieren.

Anbei ein Auszug der Auswertung der am meisten angeforderten Materialien gemäß Zugriff lt. SAP Buchungen (sortiert nach Zugriffe) seitens der Herstellung:

⁹¹ Mass & Peither, 2016

XYZ – Analyse nach ZUGRIFFE SAP 2015		
Material	Zugriffe lt. SAP Buchungen	Betroffenes Produkt
Messbecher	455	Produkt 1
Verschlüsse	452	Produkt 1
Überkarton 1/4 Versandkarton	341	Sonstige Produkte
ÜK 120 ml	241	Produkt 1
Flasche 200 ml	228	Produkt 1
Flasche 125 ml	209	Produkt 1
ÜK 200 ml	195	Produkt 1
GI Land 1 Produkt 1	143	Produkt 1
ET 120 ml Land 1 Produkt 1	87	Produkt 1
FK 120 ml Land 1 Produkt 1	86	Produkt 1
Flasche 500 ml	85	Produkt 2
ÜK Produkt 2	68	Produkt 2

Tabelle 8: Zugriffe – Auszug der ABC/XYZ Auswertung

Anmerkung: Die grün markierten Zeilen betreffen Materialien zum betrachteten Produkt 1.

Anschließend wurden die verbrauchten Mengen je Material im Bereich Lager Hofebene ausgewertet und gemäß Formel 1 in Paletten umgerechnet. Anbei ein Auszug der Auswertung der am meisten verbrauchten Paletten seitens der Herstellung gemäß SAP-Rohdaten (sortiert nach Palettenanzahl):

ABC – Analyse nach Palettenverbrauch Lager 2015 (Stückware)		
Material	Paletten- anzahl	Betroffenes Produkt
Flasche 200 ml	1010,0	Produkt 1
Flasche 125 ml	780,9	Produkt 1
ÜK 120 ml	384,3	Produkt 1
ÜK 200 ml	376,4	Produkt 1
Flasche 500 ml	360,2	Produkt 2
Messbecher	178,8	Produkt 1
FK 120 ml Land 1 Produkt 1	151,5	Produkt 1
ÜK Produkt 2	140,1	Produkt 2
Überkarton 1/4 Versandkarton	120,8	Sonstige Produkte
Flasche 250 ml Braunglas, GewPP28	94,5	Sonstige Produkte
GI Land 1 Produkt 1	87,5	Produkt 1

Tabelle 9: Verbrauch in Paletten – Auszug der ABC/XYZ Auswertung

Auf Basis der ausgearbeiteten Daten kann nun eine ABC/XYZ-Priorisierung für die Lagerung erfolgen. A-Materialien sind jene Materialien die in hoher Palettenanzahl verbraucht und X-Materialien stellen jene Materialien dar, welche eine hohe Zugriffsrate aufweisen. Wie in der Theorie unter Punkt 2.2.3 beschrieben sind Materialien, welche einer AX bis BX Kategorisierung folgen gut für die Bodenlagerung geeignet, da diese oft und in hohen Mengen abgefragt werden und daher zugänglich sein müssen.

Für die Priorisierung (Abgrenzung) wurde daher, da sowohl Zugriffshäufigkeit sowie die verbrauchten Palettenmengen ausschlaggebend sind, anhand folgender Matrix durchgeführt:

ABC / XYZ Matrix		A	B	C
		> 300 Paletten pro Jahr	300 - 50 Paletten pro Jahr	< 50 Paletten pro Jahr
X	> 150 Zugriffe pro Jahr	AX	BX	CX
Y	150 – 50 Zugriffe pro Jahr	AY	BY	CY
Z	< 50 Zugriffe pro Jahr	AZ	BZ	CZ

Tabelle 10: ABC / XYZ Matrix

3.1.1.2 Ergebnisse der ABC/XYZ-Analyse

Für die Auswertung wurden insgesamt 395 lagernde Artikel im Bereich Lager Hofebene herangezogen. Wie bereits in Tabelle 8 und Tabelle 9 ersichtlich, sind anhand der Verbrauchsmengen aus 2015 fast ausschließlich Artikel des in der Arbeit betrachteten Produkt 1 in den verbrauchten Palettemengen sowie bei den Materialanforderungen federführend (siehe auch Auszug ABC/XYZ Auswertung gemäß Abbildung 20).

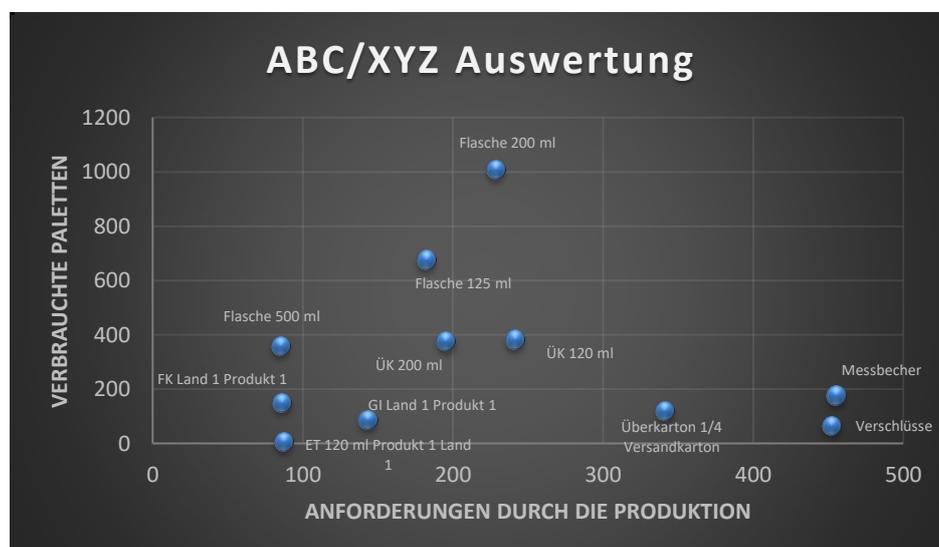


Abbildung 20: Datenauszug Ergebnisdarstellung ABC/XYZ-Analyse

Wie man aus Abbildung 20 erkennen kann werden Messbecher und Verschlüsse sehr häufig angefordert. Die meisten Mengen weisen wie erwartet die Flaschen auf, die in großen Palettenmengen je Charge verbraucht werden. Auch bei den ÜK zu Produkt 1 kann man einen hohen und regelmäßigen Verbrauch erkennen. Als nächste Gruppe kommen bereits bedruckte Packmittel (Etiketten, Gebrauchsinformationen, Faltkarton) zu Produkt 1 für ein bestimmtes Land.

Wie bereits unter Punkt 1.3 beschrieben, werden alle Materialien betreffend Produkt 2 in dessen Produktionsbereich zwischengelagert und sind daher für die Auslegung des Logistiklayouts nicht zu berücksichtigen. Dies gilt auch für den „Überkarton ¼ Versandkarton“ und die „Flasche 250 ml“ für sonstige Produkte.

Die Auswertung zeigt das vor allem Flaschen, Überkarton, Messbecher, Verschlüsse zu Produkt 1 sowohl einen hohen Verbrauch als auch eine hohe Anforderungsquote haben. Diese Materialien sind daher für die Lagerauslegung, in speziell für die Bodenlagerung, zu berücksichtigen.

3.1.1.3 Einteilung der Materialien in ABC/XYZ Kategorie

Auf Basis der oben durchgeführten ABC/XYZ-Priorisierung, soll nun im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit eine Priorisierung der Verbrauchsmaterialien zum Produkt 1 erfolgen.

Zusätzlich zur Kategorisierung wurde eine Abschätzung des Bedarfes für die Zukunft in Pfeilform abgegeben. Diese soll lediglich darstellen wie sich die mittelfristigen Bedarfe voraussichtlich entwickeln werden, haben aber keinen Einfluss auf die jetzige ABC/XYZ-Priorisierung.

Die Einteilung der Materialien des betrachteten Produkt 1 wurde auf Basis der definierten ABC/XYZ-Matrix (siehe Tabelle 10) wie folgt vorgenommen:

	Bezeichnung.	Lagerkategorie	Zukunfts- prognose Bedarf	Bemerkung
Rohstoffe	B013667	AX	↑	Konstante Zugriffsrate, hohe Stückmengen und Palettenmengen
	B013669	n/a	↑	Konstante Zugriffsrate, geringe Palettenmengen n/a – da Kühlware, Diese muss im Kühlraum untergebracht werden und kann daher nicht weiter priorisiert werden;

Tabelle 11: Rohstoffe - Priorisierung nach ABC / XYZ Matrix

Anmerkung: Da nur zwei nicht gekühlte Rohstoffe im Bereich Lager Hofebene gelagert werden, wurde für die Rohstoffe keine eigene ABC / XYZ Analyse ausgewertet. Der Rohstoff B013667 hat einen hohen Palettenmengen (370 Paletten) und wird häufig seitens der Produktion angefordert (546 Zugriffe). Die Kategorisierung erfolgte analog Tabelle 10 - ABC/XYZ-Matrix.

	Bezeichnung	Lagerkategorie	Zukunftsprognose Bedarf	Bemerkung
Packmittel	Flaschen	AX	↑	Hohe Zugriffsrate, hohe Stückmengen und Palettenmengen
	Überkarton	AX	↑	Hohe Zugriffsrate, hohe Stückmengen und Palettenmengen
	Messbecher	AX	↑	Hohe Zugriffsrate, hohe Stückmengen und Palettenmengen
	Verschlüsse	BX	↑	Hohe Zugriffsrate, hohe Stückmengen und mittlere Palettenmengen
	Faltkarton	BY-CZ*	↗	hohe Palettenanzahl pro Charge jedoch chargen- und länderspezifischer Verbrauch (unregelmäßiger Verbrauch),
	Gebrauchsinformationen	BY-CZ*		länderspezifischer Verbrauch (schwankender Verbrauch), geringe Palettenanzahl (hohe Stückzahlen pro Palette)
	Etiketten	BY-CZ*		chargen- und länderspezifischer Verbrauch (unregelmäßiger Verbrauch), geringe Palettenanzahl (hohe Stückzahlen pro Palette)

Tabelle 12: Packmittel - Priorisierung nach ABC / XYZ Matrix

*...Einteilung erfolgt je Artikel für derzeit ca. 30 Ländern. Der häufigste bezogene Faltkarton fällt beispielsweise in die BY-Kategorie.

3.1.2 Erhebung statische Daten

Zur Erhebung der statischen Grunddaten soll unter Absprache mit der betrachteten Firma wie unter Punkt 3 beschrieben in mehreren Schritten erfolgen (Wareneingangsmatrix, Erhebung Verbrauchs- und Lagerart, Input & Outputbilanz Produktion, Zuteilung der Materialien je Schnittstelle in die Produktion).

3.1.2.1 Erstellung einer Wareneingangsmatrix

Die Wareneingangsmatrix wurde auf Wunsch der Firma ausgearbeitet und stellt eine Teilübersicht der auszuwertenden statischen Daten gemäß der IST-Analyse (siehe auch Punkt 1.4) dar. Diese soll eine Übersicht aller benötigten Materialien (Ausgangsstoffe, Packmittel) für die Herstellung des betrachteten Produkt 1 hinsichtlich Palettenspezifikationen (Gewicht, Gebindeeinheit, Stück, Palettenhöhe), Lagerstätte (Zentrallager oder Produktionsstätte) und notwendige Aktivitäten (z.B.: Wareneingangsprüfungen) und die Dauer für die Wiederbeschaffung bis zur möglichen Materialverwendung sowie die Vorlaufzeit seitens der Produktion widerspiegeln.

Diese Liste soll allen am Prozess beteiligten Personen eine Übersicht geben, welche Aktivitäten zum jeweiligen Material anfallen und welche Zeitspannen für die Bearbeitung vorgesehen sind. Gleichzeitig sind die jeweiligen Fachabteilungen daran angehalten, die mittels Wareneingangsmatrix erfassten Zeitspannen so zu koordinieren und kommunizieren, dass diese auch wirklich eingehalten werden und somit eine entsprechende Planbarkeit für die Wiederbeschaffung zu gewährleisten.

Zur besseren Übersicht wurden für die Ausarbeitung die verschiedenen Packmittel (z.B.: verschiedene Landersprachen auf Packmittel) mit gleichen Aktivitäten und Lagerstätte zusammengefasst.

In Abbildung 21 ist die finale Version der Wareneingangsmatrix dargestellt.

	Material	Bezeichnung	Palettenspezifikationen				Lagerung	Lieferzeit	QK - PhD		QK - Wien 16					Vorlaufzeiten Werk Wien		
			Stückzahl p.Pal in Stk bzw. g	Gebinde-einheit	Paletten-höhe/mm	Paletten-gewicht/kg	Warenübername	Plan-Lieferzeit in Tagen	Aktivitäten?	Musterzug Bemerkung	Aktivitäten?	WE Kontrolle	ID Prüfung	WE Kontrolle Dauer Tage ²	WE Kontrolle bei Abweichung	ID Prüfung Dauer	Warenannahme	Produktion
Rohstoffe	B013667		600 000	24x25Kg	1200	650	PhD	90 Tage	JA	QK Muster werden an QK Wien überstellt	JA	x	x	16 Tage	?	2 Tag(e)	Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	48 Stunden v. Ansatz
	B013669		720 000	36x20Kg	1100	770	PhD	30 Tage	NEIN	Hersteller	JA	x	x	3 Tage	?	2 Tag(e)	Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	48 Stunden v. Ansatz
	B013968		360 000	18x20Kg	1260	395	Werk Wien 16	120 Tage	NEIN		JA	x		5 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	48 Stunden v. Ansatz
	B013078		320 000	16x20Kg	1120	350	Werk Wien 16	90 Tage	NEIN		JA	x		3 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	48 Stunden vor Ansatz
	B013052		200 000	40x5Kg	750	233	Werk Wien 16	20 Tage	NEIN		JA	x		3 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	48 Stunden vor Ansatz
	B001172		100 000	4x25Kg	300	115	Werk Wien 16	14 Tage	NEIN		JA	x		3 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	48 Stunden vor Ansatz
	B001047		125 000	5x25Kg	680	147	Werk Wien 16	30 Tage	NEIN		JA	x		3 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	48 Stunden vor Ansatz
	B013065		125 000	5x25Kg	680	147	Werk Wien 16	30 Tage	NEIN		JA	x		3 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	48 Stunden vor Ansatz
	B013818		300 000	15x20Kg	1400	315	Werk Wien 16	8 Tage	NEIN		JA	x		5 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	48 Stunden vor Ansatz
	B013007		3 328	Tray 104	1100	330	PhD	90 Tage	JA	Proben versenden: 1 Tray WW	JA ¹	x		1 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	48 Stunden vor Ansatz
B013817		1 876	Tray 67	1100	245	PhD	35 Tage	JA	Proben versenden: 1 Tray WW	JA ¹	x		1 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	48 Stunden vor Ansatz	
B013567		1 440	Tray 60	1022	231	PhD	35 Tage	JA	Proben versenden: 1 Tray WW	JA ¹	x		1 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	24 Stunden vor Abfüllung	
B014041		250	-	1200	242	PhD	10 Tage	NEIN		NEIN						Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	24 Stunden vor Abfüllung	
B014061		250	-	1200	287	PhD	10 Tage	NEIN		NEIN						Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	24 Stunden vor Abfüllung	
B014062		500	-	1200	209	PhD	10 Tage	NEIN		NEIN						Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	24 Stunden vor Abfüllung	
B013030		72 000	Tray 100			Werk Wien 16	25 Tage	NEIN		JA	x		2 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	24 Stunden vor Abfüllung	
B013025		27 000	Tray 100			Werk Wien 16	25 Tage	NEIN		JA	x		2 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	24 Stunden vor Abfüllung	
Diverse		-	-	1200	-	Werk Wien 16	20 Tage	NEIN		JA	x		2 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	24 Stunden vor Abfüllung	
Diverse		-	-	1200	-	Werk Wien 16	20 Tage	NEIN		JA	x		2 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	24 Stunden vor Abfüllung	
Diverse		-	-	1200	-	Werk Wien 16	28 Tage	NEIN		JA	x		2 Tage	?		Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	24 Stunden vor Abfüllung	
B013662		250	-	1200	72	Werk Wien 16	10 Tage	NEIN		NEIN						Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	24 Stunden vor Abfüllung	
B013663		250	-	1200	61	Werk Wien 16	10 Tage	NEIN		NEIN						Einbuchung (SAP) am gleichen Werktag	24 Stunden vor Abfüllung	

¹ keine ID Prüfung - Teilmengen werden mit Gesamtchargengrößen abgeglichen und freigegeben

² Nach Erhalt von Muster und AZ bzw. inklusive Versand bei externen Analysen (Gesamtdauer)

Abbildung 21: Wareneingangsmatrix

3.1.2.2 Erhebung der Verbrauchs- und Lagerart

Für die Ermittlung weiterer benötigter statischer Daten für die Ausarbeitung der IST-Analyse (siehe auch Punkt 1.4), wurden die Verbrauchs- und Lagerarten je Material gemäß Theorie Punkt 2.3 ermittelt und gemäß Tabelle 13 tabellarisch zusammengefasst. Die Auflistung wird auf den Folgeseiten näher erläutert.

	Materialnr. / Bezeichnung	Lagerart			Verbrauchsart (Diversifikationsstiefe des Materials)				
		Kühlware	Verbrauchsfolge			Nach Produkt	Nach Format (120 ml, 200 ml, 240 ml)	Länderabhängig (Sprache)	Nach Format und Länderabhängig (Sprache)
			FEFO	FIFO	LIFO				
Rohstoffe	B013667		X			X			
	B013669	X	X			X			
	B013968		X			X			
	B013078		X			X			
	B013052		X			X			
	B001172		X			X			
	B001047		X			X			
	B013065		X			X			
	B013818		X			X			
Packmittel	Flaschen		X				X		
	Verschlüsse (VS)		X			X			
	Messbecher (MB)		X			X			
	Faltkarton (FK)		X					X	
	Gebrauchsinformationen (GI)		X				X		
	Etiketten (ET)		X					X	
	Überkarton (ÜK)						X		

Tabelle 13: Einteilung der Materialien nach Lager- und Verbrauchsart

Lagerart:

- Kühlware

Hier wird abgefragt, ob die Lagerung für den betrachteten Artikel gekühlt erfolgen muss.

- Verbrauchsfolge

Für die Verbrauchsfolge ist, wie bereits in der Theorie angesprochen, das FEFO-Prinzip in der Pharmabranche weit verbreitet. Nach Rücksprache mit der Abteilung Planning and Procurement werden neben den Rohstoffen auch die Packmittel, bis auf die Überkartons, nach FEFO mit einem intern definierten Ablaufdatum in das SAP-System eingebucht. Für die Überkartons ist die Verbrauchsfolge irrelevant (tertiär Packmittel).

Verbrauchsart:

- Nach Produkt:

Der Artikel wird für jede produzierte Charge herangezogen.

- Nach Format:

Der Artikel wird für jede produzierte Charge des gleichen Formates herangezogen (z.B.: bei Herstellung einer 120 ml Charge).

- Länderabhängig (Sprache):

Der Artikel wird für jede produzierte Charge der gleichen Landersprache herangezogen (z.B.: bei Herstellung einer Charge für den österreichischen Markt).

- Nach Format und Länderabhängig (Sprache):

Der Artikel wird für jede produzierte Charge des gleichen Formates in der jeweiligen Landersprache herangezogen (z.B.: bei Herstellung einer 120 ml Charge für den österreichischen Markt).

Umso differenzierter die Verbrauchsart, umso unregelmäßiger der Verbrauch. Als Beispiel kann das Material Messbecher für alle produzierten Chargen (egal für welches Land oder welches Format) herangezogen werden und wird deshalb viel öfters abgefragt, als beispielsweise ein Faltkarton zum Format 120 ml für das Land Österreich. Dies hat den Effekt, dass zwar pro Charge weniger Paletten Messbecher benötigt werden als Faltkarton, aber über das Jahr gesehen mehr Messbecherpaletten als Faltkartonpaletten eines Artikels verbraucht werden und ist auch sehr gut in der unter Punkt 3.1.1.3 durchgeführten ABC/XYZ-Analyse ersichtlich.

3.1.2.3 Erstellung Input- & Outputbilanz Produktion

Auf Basis der im Zuge der Anlagenqualifizierung ermittelten Taktzeiten je Format und der benötigten Materialien je Produktionscharge (neue Chargengröße gemäß Upscale) erfolgt auf den nächsten Seiten eine Berechnung aller pro Produktionscharge benötigten Verbrauchsmaterialien je Format in Paletten (Input in die Produktion), sowie eine Berechnung der konfektionierten Fertigproduktpaletten je Format und Schichtung (Output aus der Produktion).

Diese Berechnung dient als Basis für die Auslegung des Logistikkonzeptes und soll unter anderem auch einen Überblick über die Mengen an Verbrauchsmaterialien zu Produkt 1 in Paletten geben.

Taktzeit wurde wie folgt seitens der Abteilung Herstellung angegeben:

Taktzeit			
Beschreibung	in Minuten/Palette		
	120 ml	200 ml	240 ml
Taktzeit je Format in Stk/min	200	190	155
Stück pro Ansatz	75000	45000	37500

Tabelle 14: Taktzeiten je Format

Die Ansatzgröße für das Produkt bleibt mit 10000 kg gemäß Herstellbericht für jede produzierte Charge immer gleich. Je Format werden bei der Konfektionierung verschiedene Ausgangsmaterialien benötigt, wodurch auch die als Input für die Konfektionierung bereitgestellten Materialien (Flaschen, Faltkarton etc.) in der Menge an Paletten je Format unterschiedlich sind. Im Falle kleinerer benötigten Mengen kann eine Ansatzcharge gesplittet werden und in mehreren Chargen (in verschiedenen Landersprachen) konfektioniert werden.

Materialinput (in Paletten)

Alle Verbrauchsmaterialien umgerechnet in Paletten, welche pro Charge (neue Chargengröße gemäß Upscale) benötigt werden. Die Umrechnung der Artikel in Paletten erfolgt anhand Formel 1.

Rohstoffe (Materialien für Ansatz)

Folgende Mengen (in Paletten/Charge) an benötigten Rohstoffen wurden für die neue Chargengröße berechnet:

	Materialnr.	Verbrauch pro Charge in Pal./Charge
Rohstoffe	B013667	4,60
	B013669	0,23
	B013968	0,29
	B013078	0,16
	B013052	0,10
	B001172	0,10
	B001047	0,06
	B013065	0,03
	B013818	0,13

Tabelle 15: Rohstoffe – Verbrauch in Paletten (neue Chargengröße)

Packmittel (Materialien für die Konfektionierung)

Folgende Mengen (in Paletten/Charge) an benötigten Packmitteln je Format wurden für die neue Chargengröße berechnet:

	Art	Bezeichnung	je Format in Paletten / Charge		
			120 ml	200 ml	240 ml
Packmittel	PRIMÄR	Flaschen	22,5	24,0	26,0
		Verschlüsse	1,0	0,6	0,5
	SEKUNDÄR	Gebrauchsinformationen	0,4	0,3	0,2
		Etiketten	0,6	0,4	0,3
		Faltkarton	8,7	6,9	6,0
		Messbecher	2,8	1,7	1,4
	TERTIÄR	Überkarton	10,0	9,0	9,4

Tabelle 16: Packmittel – Verbrauch in Paletten je Format (neue Chargengröße)

Materialoutput (in Paletten)

Alle abgefüllten Fertigprodukte umgerechnet in Paletten, welche pro Charge (neue Chargengröße gemäß Upscale) hergestellt werden. Die Umrechnung der Artikel in Paletten erfolgt anhand Formel 1.

Fertigprodukt	Palettenschichtung	je Format in Paletten / Charge		
		120 ml	200 ml	240 ml
	Schichtung 1	39,68	28,13	-
Schichtung 2	51,02	32,14	32,55	

Tabelle 17: Fertigprodukt – Fertigproduktpaletten je Schichtung (neue Chargengröße)

Anmerkung: Die Schichtungen unterscheiden sich lediglich in der Anzahl der Überkartons (Versandkartons) pro Palette.

Palettendrehung

Weiters wurde, um die Drehung der einzelnen Verbrauchsmaterialien besser darstellen zu können, eine Aufstellung der verbrauchten Paletten pro Minute errechnet.

Materialinput (in Minuten/Palette):

Packmittel			
Beschreibung	in Minuten/Palette		
	120ml	200ml	240 ml
Flaschen	16,6	9,9	9,3
Verschlüsse	360,0	378,9	464,5
FK	43,2	34,1	40,6
Messbecher	135,0	142,1	174,2
ÜK	37,5	26,3	25,8
GI und ET	< 1 Palette pro Charge		

Tabelle 18: Packmittel – Materialdrehung in Minuten pro Palette (neue Chargengröße)

Materialoutput (in Minuten/Palette):

Fertigproduktpaletten			
Beschreibung	in Minuten/Palette		
	120ml	200ml	240 ml
Schichtung 1	9,5	8,4	-
Schichtung 2	7,4	7,4	7,4

Tabelle 19: Fertigprodukt – Materialdrehung in Minuten pro Palette (neue Chargengröße)

Beim Materialinput kann man beobachten, dass eine Palette Flaschen für das 200 ml Format bereits nach ca. 10 min gemäß angegebener Taktzeit verbraucht ist. Daraus lässt sich schließen, dass bei Vollladung des Aufzuges 4 mit 4 Paletten Flaschen, der Materialbedarf an der produzierenden Abfülllinie lediglich für ca. 40 Minuten gedeckt ist.

Auch der Materialoutput mit ca. 7,4 min pro Fertigproduktpalette (alle Formate bei Schichtung 2) ist mit knapp über 8 Fertigproduktpaletten in der Stunde als durchaus beachtlich zu bezeichnen.

3.1.2.4 Zuteilung der Materialien je Schnittstelle in die Produktion

Gemäß ABC/XYZ Priorisierung unter Punkt 3.1.1 werden Materialien ermittelt, welche möglichst kurze Wege zu den Schnittstellen in die Produktion haben sollen. Um eine optimale Lagerung der priorisierten Materialien gewährleisten zu können, muss also zunächst festgelegt werden, über welche Schnittstelle welches Material in die Produktion transferiert wird. Folgende Einteilung wurde unter der Absprache mit der Abteilung Herstellung festgelegt:

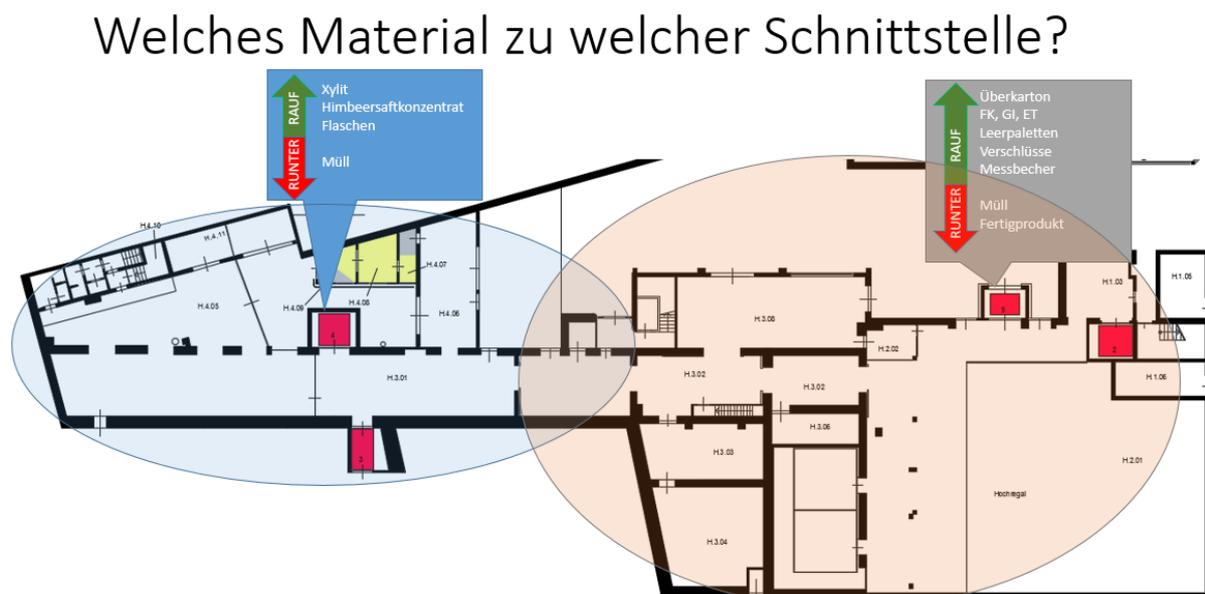


Abbildung 22: Material je Schnittstelle in die Produktion

Demnach ist ein priorisierter (also gut positionierter) Palettenstellplatz von der jeweiligen Schnittstelle in die Produktion betrachtet für jedes Material als relativ anzusehen. Daher sind die erforderlichen Materialien je Schnittstelle für das zu erstellende Lagerlayout zu berücksichtigen.

3.1.3 Erhebung dynamische Daten

Die Erhebung von dynamischen Daten (siehe auch Punkt 1.4) im Zuge der Ausarbeitung erfolgte im Rahmen der Umsetzung bereits anhand der Zugriffe/Anforderungen je Artikel im Rahmen der Ausarbeitung der ABC/XYZ-Analyse unter Punkt 3.1.1.

3.1.4 Schwachstellenanalyse

Wie in der Literatur der Materialfluss- und Lagerplanung für bestehende Lagersysteme beschrieben (siehe auch Punkt 2.1.3.1) erfolgte eine Sichtung des IST-Zustandes. Es wurden bei der Lagerung in Form des derzeitigen IST-Zustandes folgende auffälligen Punkte notiert:

Allgemein

1. Die Lagermitarbeiter haben keine Information was in unmittelbarer Zukunft produziert wird, die Einlagerung erfolgt lediglich auf Erfahrungswerten der Mitarbeiter im Bereich Lager.
2. Alle Stellplätze außerhalb des Palettenregals und Handregallager werden nicht systemtechnisch dokumentiert. Mitunter kann es vorkommen das benötigte Ware im Lager erst gesucht werden muss, da für den Bestand im System keine Stellplätze hinterlegt worden sind.
3. Die disponierenden Abteilungen haben keine Informationen über die Auslastung des Lagers (freie Stellplätze). Somit kann es passieren, dass bei einer großen Bestellung keine Stellplätze mehr im Werk vorhanden sind.

Rohstoffe

4. Das Quarantänerohstofflager, wo in WE-Prüfung befindliche Rohstoffe zwischengelagert, ist regelmäßig überfüllt und müssen in teilweise nicht versperren Bereichen ausgelagert werden (mit entsprechender Markierung).

Packmittel

5. Im hinteren Bereich des betrachteten Lagers (nähe Aufzug 4, siehe auch Abbildung 25) erfolgt die Lagerung von Faltpackungen in Blockform (mit je ca. 10 Palettenstellplätzen pro Reihe). Werden als Beispiel Paletten benötigt (FEFO Abruf über SAP, siehe auch Punkt 3.1.2.2), welche sich ganz hinten in der Reihe befinden, müssen alle Paletten davor umgestellt werden um diese zu erreichen. Über längere Zeit werden hier also massiv Ressourcen vernichtet.

Die o.g. Punkte gilt es bei der Ausarbeitung des Lagerlayouts zu beachten. Es gilt mögliche Lösungen für die vorliegenden Punkte auszuarbeiten und ggf. in das Lagerlayout zu integrieren.

3.1.5 Definierung Rahmenbedingungen und Restriktionen

3.1.5.1 Rahmenbedingungen

- Der Materialfluss erfolgt derzeit mit elektrischen Handhubwagen und Gabelstapler. Für die Ausarbeitung des Logistikkonzeptes soll laut Vorgabe der innenbetrieblichen Materialfluss in Form von Elektro-Hochhubwagen mit optionaler Plattform (siehe auch Beispiel Abbildung 23 unten) erfolgen.



Abbildung 23: Beispiel Elektro-Hochhubwagen⁹²

- Alle lagernden Artikel im Bereich Lager Hofebene, mit Ausnahme zu Produkt 1, sollen laut Vorgabe für die Ausarbeitung des Layouts als konstant angenommen werden.
- Bedingt durch überstehende Säcke können nach Erfahrungswerten zum Lieferprozess des Material B013667 lediglich 13, anstatt der 17 Paletten pro LKW (mittelschwerer LKW, siehe auch Restriktionen in der Projektumsetzung unter Punkt 3.1.5.2) angeliefert werden. Dieser materialbedingte Umstand ist in der Auslegung zu berücksichtigen.

3.1.5.2 Restriktionen in der Projektumsetzung

- Gewichtslast von 600 kg/m² darf im Bereich EG nicht überschritten werden (Baulich bedingt)
- Es dürfen nur mittelschwere LKW's (17 Paletten bei Längsstauung⁹³) für an und Ablieferung berücksichtigt werden
- Die neuen Materialaufzüge (Aufzug 4 und Aufzug 5) sind reine Materialaufzüge. Das befördern von Personen ist daher nicht gestattet.
- Rohstoffe müssen versperrt gelagert werden⁹⁴
- Waren, welche im Zentrallager auf Paletten zwischengelagert werden, dürfen die Höhe von 1200 mm nicht überschreiten

⁹² Quelle: <http://www.jungheinrich.at/flurfoerderfahrzeuge/elektro-hochhubwagen/erc-212214216220>

⁹³ Heinrich, Transport- und Lagerlogistik, 2014, Seite 83, in Abbildung b) ersichtlich

⁹⁴ Mass & Peither, 2016

3.2 SOLL Analyse

3.2.1 benötigte Paletten-Stellplatzkapazität je Material bei Volllast

Für die Auslegung des Lagers sollen für die mittelfristigen Prognosedaten ein 5 Chargen pro Woche Szenario (Volllast) herangezogen werden. Dieses soll sicherstellen, dass bei Eintreten einer Vollausslastung das ausgelegte Layout nicht neu umgeplant werden muss. Dennoch soll die Auslegung flexibel gestaltet werden, damit auch bei nur zwei Chargen pro Woche möglichst effizient und ressourcenschonend gearbeitet werden kann. Um dies gewährleisten zu können muss zunächst überschlagsmäßig errechnet werden, wie viele Stellplätze (in Paletten) je Material mindestens zu reservieren sind.

Die Berechnung muss auf Basis der notwendigen Sicherheitsbestände (abhängig von der Wiederbeschaffungszeiten) unter Berücksichtigung der internen Bearbeitungszeiten (Wareneingangsprüfung etc.) auf den theoretischen Mindestlagerbestand bei Eintreffen der Neuware geschlossen werden.

3.2.1.1 Auswertung minimaler Lagerbestand

Als Grundlage für die Auswertung der Planungsdaten werden die bereits unter Punkt 3.1.2.3 berechneten Verbrauchsmaterialien pro Charge in Paletten sowie die Wiederbeschaffungszeiten je Material gemäß Wareneingangsmatrix (siehe auch Punkt 3.1.2) herangezogen.

Die gemäß Tabelle 20 errechneten Daten werden anschließend genauer erörtert.

Materialbezeichnung		5 Chargen Szenario (Worse Case)							
		Rohdaten					Berechnung		
		Verbrauch pro Charge [Paletten]	Planlieferzeit [Tage]	Interne Bearbeitungszeit im Werk Wien [Tage]	Wiederbeschaffungszeit Werk Wien [Werkstage]	Anlieferung	Errechneter theoretischer Sicherheitsbestand 5 Chargen Szenario [Paletten]	Minimaler Lagerbestand [Paletten]	Minimaler Lagerbestand [ganze Palette]
Rohstoffe	B013667	4,60	90	2	2 Tage	PHD (JIT)	Ausgelagert (PHD)	9,20	10
	B013669	0,23	30	2	2 Tage	PHD (JIT)	Ausgelagert (PHD)	0,46	1
	B013968	0,29	120	5	125 Tage	Werk Wien	36,60	38,05	39
	B013078	0,16	90	3	93 Tage	Werk Wien	14,59	15,06	16
	B013052	0,10	20	3	23 Tage	Werk Wien	2,31	3,31	4
	B001172	0,10	14	3	17 Tage	Werk Wien	1,71	2,01	1*
	B001047	0,06	30	3	33 Tage	Werk Wien	1,93	2,11	1*
	B013065	0,03	30	3	33 Tage	Werk Wien	1,06	1,15	1*
	B013818	0,13	8	5	13 Tage	Werk Wien	1,66	2,30	3
Packmittel	Flaschen 125 ml B013007	22,54	90	1	1 Tag	PHD (JIT)	Ausgelagert (PHD)	22,54	23
	Flaschen 200 ml B013817	23,99	35	1	1 Tag	PHD (JIT)	Ausgelagert (PHD)	23,99	24
	Flaschen 240 ml B013567	26,04	35	1	1 Tag	PHD (JIT)	Ausgelagert (PHD)	26,04	27
	Verschlüsse B013030	1,04	25	2	27 Tage	Werk Wien	Ausgelagert (Hersteller)	2,08	3
	Messbecher B013025	2,78	25	2	27 Tage	Werk Wien	Ausgelagert (Hersteller)	5,56	6
	FK 120 ml	8,68	20	2	22 Tage	Werk Wien	bedruckte Packmittel, siehe Teilgebiet 2 unter Punkt 3.4		
	FK 200 ml	6,94	20	2	22 Tage	Werk Wien			
	FK 240 ml	5,95	20	2	22 Tage	Werk Wien			
	GI	1	20	2	22 Tage	Werk Wien			
	ET	1	28	2	30 Tage	Werk Wien			
	ÜK 240 ml B014041	9,38	10	1	1 Tag	PHD (JIT)	Ausgelagert (PHD)	9,38	10
	ÜK 200 ml B013662	10,00	10	1	1 Tag	Hersteller (JIT)	Ausgelagert (PHD)	10,00	10
	ÜK 120 ml B013663	9,00	10	1	1 Tag	Hersteller (JIT)	Ausgelagert (PHD)	9,00	9

Tabelle 20: Minimaler Lagerbestand

Anmerkung: Die grau dargestellten Materialien zu Produkt 1 lagern nicht im betrachteten Bereich Lager Hofebene. Die Sicherheitsbestände sollen aber zur Vollständigkeit mit ausgewertet werden.

Rohdaten

- Verbrauch pro Charge
siehe Berechnung unter Punkt 3.1.2.3.
- Planlieferzeit
Dauer für das Eintreffen der Ware ab Bestellung.
- Interne Bearbeitungszeit im Werk Wien
Jene Zeit, welche für die Freigabe nach Eintreffen der Ware im Werk benötigt wird.
- Wiederbeschaffungszeit
Die Wiederbeschaffungszeit ist gemäß Theorie Punkt 2.4.1 definiert und errechnet sich anhand der Formel:

Wiederbeschaffungszeit

$$= \text{Planlieferzeit} + \text{interne Bearbeitungszeit (WE – Kontrolle)}$$

Formel 5: Berechnung Wiederbeschaffungszeit

Für Materialien welche JIT vom Zentrallager / Hersteller angefordert werden, reduziert sich die Wiederbeschaffungszeit aus Sicht des betrachteten Produktionsstandortes auf die eingeplante interne Bearbeitungszeit der Wareneingangskontrolle (JIT Materialien, siehe auch blaue Markierung in Tabelle 20).

- Anlieferung
Gibt an bei welchem Standort die Ware im Unternehmen angeliefert und zwischengelagert wird. Die blau hinterlegten Felder stellen jene Materialien dar, welche auf Abruf (Just in Time, Definition siehe Theorie Punkt 2.4.7) angeliefert werden. Materialien mit PHD (JIT) lagern im Zentrallager und können mittels Shuttle-LKW abgerufen werden und Materialien mit Hersteller (JIT) werden direkt vom Hersteller bezogen und nicht im Unternehmen zwischengelagert.

Berechnung

- Errechneter theoretischer Sicherheitsbestand
Wie im Theorieteil unter Punkt 2.4.2 beschrieben gibt es in der Literatur mehrere Ansätze für die Berechnung des Sicherheitsbestandes. Unter Absprache mit den internen Fachabteilungen wurde der zu berücksichtigende Sicherheitsbestand gemäß Literatur mit folgender Formel berechnet (siehe auch Theorie unter Punkt 2.4.2):

$$\text{Sicherheitsbestand} = \text{Verbrauch pro Charge} * \text{Wiederbeschaffungszeit}$$

Formel 6: Berechnung Sicherheitsbestand

Bei den grün markierten Feldern wird der Sicherheitsbestand ausgelagert und ist bei Bedarf abrufbereit. Dadurch sind für diese Materialien für die Lagerung am betrachteten Standort keine Stellplätze für den Sicherheitsbestand zu reservieren.

- Minimaler Lagerbestand

Da ja der errechnete Sicherheitsbestand als „Eiserne Reserve“ gelten sollte, gibt es bis die neu angelieferte Ware frei zu Verwendung ist (aufgrund der internen Qualitätskontrollprüfungen), eine Restmenge welche zu den eingeplanten Lagerplätzen für den Sicherheitsbestand addiert werden muss. Dies stellt somit den theoretisch minimalen Lagerbestand bei Eintreffen der Neuware dar.

Da die Auslegung gemäß einem 5 Chargen Szenario (Vollauslastung) erfolgen soll und daher jeden Werktag eine Charge produziert wird ergibt sich folgende Formel:

Minimaler Lagerbestand

$$= \text{Sicherheitsbestand} + \text{Verbrauch pro Charge} \\ * \text{interne Bearbeitungszeit Werk Wien}$$

Formel 7: Berechnung minimaler Lagerbestand

Da in der Pharmabranche weitgehend alle Materialien einer Qualitätskontrolle unterzogen werden, sind diese in der Berechnung des minimalen Lagerbestandes zu berücksichtigen. Dieser Zwischenschritt soll lediglich dazu beitragen, möglichst genaue und realistische Daten zu generieren.

*...Rohstoff B001172, B001047, B013065 (siehe * in Tabelle 20):

Bei diesen Materialien kann die Ware höher geschichtet angeliefert werden. Als Beispiel wird Rohstoff B001172 derzeit mit 100 kg pro Bestellung geordert. Da dieser in 25 kg Säcken geliefert wird, handelt es sich hierbei um eine Palette mit 4 Säcken (entspricht einer Lage). Bei einer Mehrbestellung sind daher, aufgrund des vorherrschenden Gewichtslimits der Deckentragkraft (siehe auch Restriktionen unter Punkt 3.1.5.2) bis zu 6 Lagen pro Palette möglich. Dadurch ist der Sicherheitsbestand mit einem Palettenstellplatz ausreichend dimensioniert.

- Minimaler Lagerbestand in ganze Paletten

Hier erfolgt lediglich eine Aufrundung auf volle Palettenstellplätze. Dieser Wert dient als Basis für die weiteren Berechnungen.

3.2.1.2 Mindestens benötigte Stellplätze je Material

Um im Falle einer Vollauslastung auf die mindestens benötigten Palettenstellplätze zu schließen, wurde in Zusammenarbeit mit der Abteilung Einkauf unter Prognose der Anlieferungsmengen bei Vollauslastung folgende Prognoseberechnung durchgeführt (siehe Tabelle 21):

Materialbezeichnung		5 Chargen Szenario (Worse Case)				
		Rohdaten			Berechnung	
		Verbrauch pro Charge [Paletten]	Anlieferung	Minimaler Lagerbestand [ganze Paletten]	Anlieferung VORGABE [in Paletten]	mind. benötigte Stellplätze [in Paletten]
Rohstoffe	B013667	4,60	PHD (JIT)	10	13	23
	B013669	0,23	PHD (JIT)	1	2	3
	B013968	0,29	Werk Wien	20	6	26
	B013078	0,16	Werk Wien	16	2	18
	B013052	0,10	Werk Wien	4	1	5
	B001172	0,10	Werk Wien	1	1	2
	B001047	0,06	Werk Wien	1	1	2
	B013065	0,03	Werk Wien	1	1	2
	B013818	0,13	Werk Wien	3	2	5
Packmittel	Flaschen 125 ml B013007	22,54	PHD (JIT)	23	23	51
	Flaschen 200 ml B013817	23,99	PHD (JIT)	24	24	
	Flaschen 240 ml B013567	26,04	PHD (JIT)	27	27	
	Verschlüsse B013030	1,04	Werk Wien	3	5	8
	Messbecher B013025	2,78	Werk Wien	6	12	18
	FK 120 ml	8,68	Werk Wien	bedruckte Packmittel, siehe Punkt 3.4		
	FK 200 ml	6,94	Werk Wien			
	FK 240 ml	5,95	Werk Wien			
	GI	1	Werk Wien			
	ET	1	Werk Wien			
	ÜK 240 ml B014041	9,38	Hersteller (JIT)	10	10-12	20-22
	ÜK 200 ml B013662	10,00	Hersteller (JIT)	10	10-12	20-22
ÜK 120 ml B013663	9,00	Hersteller (JIT)	9	10-12	20-22	

Tabelle 21: mindestens benötigte Stellplätze

Anmerkung: Die grau dargestellten Materialien lagern nicht im betrachteten Bereich Lager Hofebene.

Rohdaten

- Verbrauch pro Charge
siehe Berechnung unter Punkt 3.1.2.3.
- Anlieferung
Gibt an bei welchem Standort die Ware im Unternehmen angeliefert und zwischengelagert wird (siehe auch Wareneingangsmatrix unter Punkt 3.1.2).
- Errechner, minimaler Lagerbestand bei Eintreffen der Ware in ganze Paletten
Siehe Berechnung unter Punkt 3.2.1.1.

Berechnung

- Anlieferung Vorgabe
Vorgegebene Anliefermenge im Falle eines 5 Chargen Szenarios unter Absprache mit den jeweiligen Fachabteilungen.
JIT angelieferte Materialien werden nach Chargenbedarf und unter Berücksichtigung der internen Bearbeitungsdauer angeliefert. Verschlüsse und Messbecher werden vom gleichen Hersteller bezogen und sollen daher nach Möglichkeit so ausgelegt werden, dass in Summe ein mittelschwere LKW (Restriktionen, siehe auch Punkt 3.1.5.2) mit 17 Paletten voll befüllt ist.
Die Angaben gelten als Richtwert (Prognosewert), können aber in weitere Folge geringfügig angepasst werden.
- mindestens benötigte Stellplätze
Der für die grobe Lagerauslegung errechnete Wert für die mindestens benötigten Stellplätze wird wie folgt berechnet:

$$\text{mind. benötigte Stellplätze} = \text{minimaler Lagerbestand} + \text{Anlieferung Vorgabe}$$

Formel 8: Berechnung mind. benötigte Stellplätze

Die errechneten Palettenstellplätze stellen hierbei das absolute Minimum bei exakter Anlieferung dar. Diese Stellen den minimalen Richtwert für die Auslegung der Lagerbereiche der jeweiligen Materialien am Boden dar.

3.3 Ausarbeitung Lagerlayout

Auf Basis der durchgeführten Datenerhebung in Form von

- ABC / XYZ – Priorisierung (siehe auch Punkt 3.1.1),
- Übersicht Verbrauchs- und Lagerart (siehe auch Punkt 3.1.2.2),
- benötigte Paletten-Stellplatzkapazität je Material bei Volllast (siehe auch Punkt 3.2.1),
- Materialien je Schnittstelle (siehe auch Punkt 3.1.2.4),
- Definierung sonstiger Inputs und Restriktionen (siehe auch Punkt 3.1.5)

soll nun, unter Berücksichtigung der Grundlagen der Lagerorganisation unter Theorie Punkt 2.5 eine grobe Lagerplanung für die Szenarien

- 5 Chargen pro Woche ohne Überdachung
- 5 Chargen pro Woche mit Überdachung

für das betrachtete Produkt 1 erfolgen.

Diese Planung soll als Vorschlag für die Implementierung der Lagerhaltung dienen und mögliche Verbesserungspotentiale aufzeigen.

3.3.1 Lagerlayout - 5 Chargen pro Woche ohne Überdachung

Auf Basis der ausgearbeiteten Grunddaten soll nun ein Lagerlayout abgeleitet werden. Zur besseren Übersicht wurde die Ausarbeitung in die Bereiche Wareneingang, Lagerung/Bereitstellung und Warenausgang gegliedert.

3.3.1.1 Wareneingang

Um das bestehende Lagerlayout zu beurteilen, wird dieses zunächst anhand des derzeitig vorherrschenden IST-Zustandes visualisiert und anschließend ein SOLL-Zustand abgeleitet.

IST-Zustand

Der Wareneingang und Warenausgang ist räumlich nicht getrennt. Die Warenannahme und Warenübergabe findet daher derzeit über des gleiche Tor statt (siehe auch grüne Pfeile in Abbildung 24). Bei steigenden An- und Ablieferungen ist der vorhandene Platz für Warenannahme und Warenübergabe offensichtlich zu klein, Behinderungen und Platzmangel sind daher vorprogrammiert.

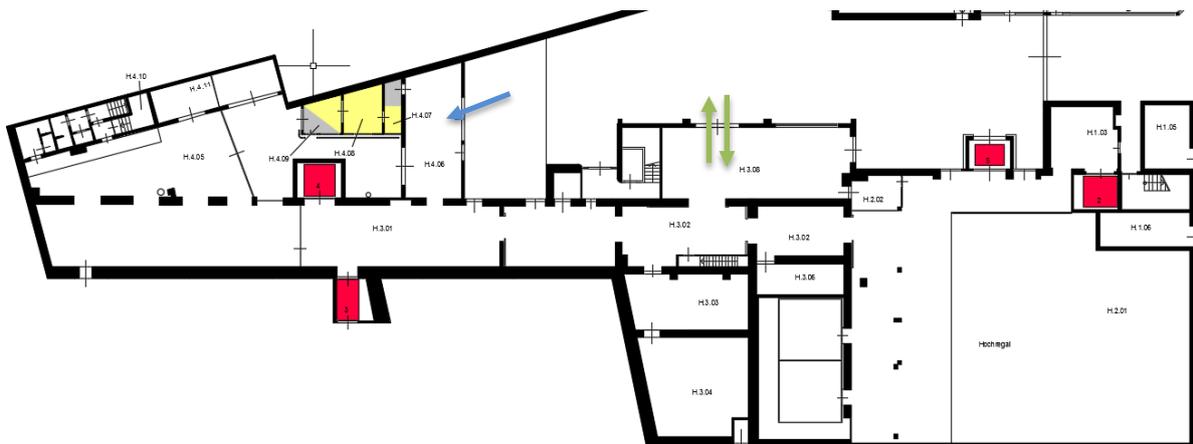


Abbildung 24: Ablaufschema Wareneingang

SOLL-Zustand

Wareneingang und Warenausgang sollen getrennt werden. Damit soll sichergestellt werden, dass für die Wareneingangskontrolle sowie für die Vorbereitung der Warenübergabe genug Platz vorhanden ist und sich die LKW's bei der Be- und Entladung sich nicht gegenseitig behindern.

Der Wareneingang soll daher verlegt werden (siehe blauer Pfeil in Abbildung 24).

3.3.1.2 Lagerung/Bereitstellung

Nachdem der Wareneingang definiert wurde, soll als nächster Schritt das Lagerlayout für die Bodenlagerung optimiert werden. Hierfür wird wieder näher auf den IST-Zustand eingegangen und ein auf Basis der ausgewerteten Daten ein möglicher Soll-Zustand abgeleitet.

IST-Zustand (im Detail)

Anbei eine Darstellung des derzeitigen IST Zustandes der Lagerung betreffend dem betrachteten Produkt 1 im Bereich Lager Hofebene, welcher anschließend wiederum näher erläutert wird.



Abbildung 25: Darstellung Detail IST Zustand Lager Hofebene

Von den ungekühlten Rohstoffen werden im Bereich Lager Hofebene derzeit lediglich zwei Rohstoffe, wobei einer Produkt 1 betrifft (Mat.Nr.: B013667), dauerhaft gelagert (siehe ① in Abbildung 25). Die restlichen Rohstoffe werden nur zwischenzeitlich für die Durchführung der Wareneingangskontrollen im Rohstoff-Quarantänelager zwischengelagert (siehe ② in Abbildung 25). Der als Kühlware deklarierte Rohstoff B013669 (siehe auch Punkt 3.1.2.2) lagert in einer der beiden dafür vorgesehenen Kühlzellen (siehe ③ in Abbildung 25).

Der Großteil an Faltkartons zu Produkt 1 wird derzeit gestapelt, in Blockform am Boden gelagert (siehe ④ in Abbildung 25), Restbestände werden in der Regel im Palettenregal eingelagert. In diesem Bereich kommt es in der Praxis sehr oft zu aufwändigen Umlagerungen im Zuge der Bereitstellung, da nicht alle Paletten in diesem Bereich frei zugänglich sind. Die Gebrauchsinformationen und Etiketten (siehe ⑤ in Abbildung 25) werden im Palettenregallager bzw. bei geringen Mengen im Handregallager gelagert. Messbecher und Verschlüsse werden derzeit in extra dafür vorgesehene über 2 m hohe Stellplätze im Palettenregal gelagert (siehe ⑥ in Abbildung 25). Die Überkartons wurden je nach verfügbarem Platz am Boden gelagert, eine eigene Zone wurde hierfür nicht reserviert. Die Flaschen wurden nach der Anlieferung (Anlieferung nach Bedarf aufgrund großer Palettenmengen) zum Großteil umgehend in den alten Produktionsbereich im 2. OG. abgestellt und zeitnah verbraucht.

SOLL-Zustand**Rohstoffe – Zuteilung Stellplätze**

Da im Bereich Lager Hofebene nur zwei ungekühlte Rohstoffe zur freien Verwendung gelagert werden, wobei jener der Produkt 1 betrifft die höchsten Mengen aufweist, wird dieser als erstes für die Reservierung im Lagerlayout herangezogen. Es handelt sich hierbei um das Material B013667.

- **Rohstoff B013667**

Zusammenfassung	
Mind. benötigte Stellplätze (siehe auch Punkt 3.2.1.2)	23
ABC-Priorisierung (siehe auch Punkt 3.1.1.3)	AX
Lager- und Verbrauchsart (siehe auch Punkt 3.1.2.2)	FEFO (Chargenabhängig)
Schnittstelle in die Produktion (siehe auch Punkt 3.1.2.4)	Aufzug 4
Anlieferung (siehe auch Punkt 3.1.2)	Shuttledienst JIT (Phd)
Paletten/Charge (siehe auch Punkt 3.1.2.3)	4,6 Paletten
Bemerkungen	Restriktionen: <ul style="list-style-type: none"> • Palettenhöhe aufgrund maximaler Deckentragkraft 600 kg/m² mit 0,6 m begrenzt (siehe auch Restriktionen unter Punkt 3.1.5.2) • Maximal 13 Paletten je mittelschwerer LKW möglich (aufgrund überstehender Gebindeeinheiten, siehe auch Restriktionen unter Punkt 3.1.5.2) • Rohstoffe müssen versperrt gelagert werden (siehe auch Restriktionen unter Punkt 3.1.5.2)

Tabelle 22: Rohstoff – Zusammenfassung Material B013667

Ablaufschema:

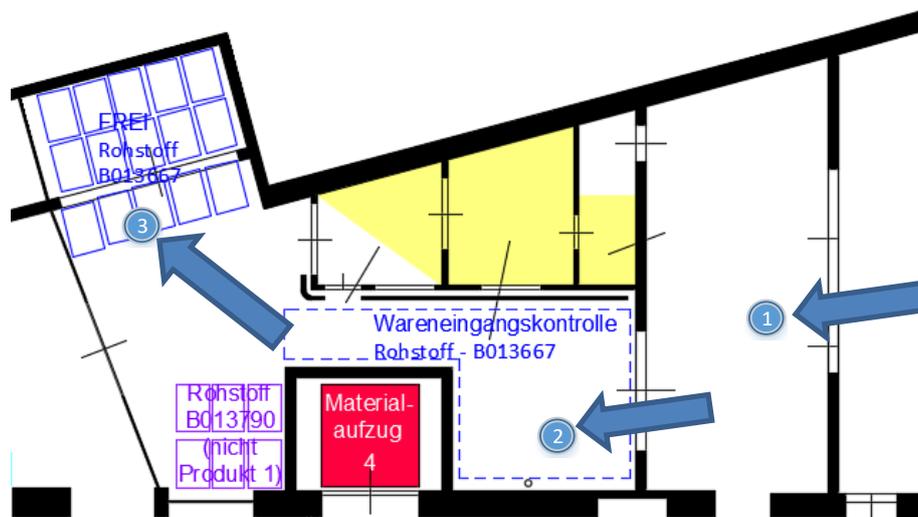


Abbildung 26: Rohstoff – Ablaufschema Material B013667

Anlieferung und Lagerung

Die Anlieferung erfolgt über den neuen Wareneingang (siehe ① in Abbildung 26). Die Ware wird anschließend durch das Rolltor in den Bereich „Wareneingangskontrolle Rohstoff B013667“ abgestellt (siehe ② in Abbildung 26, derzeit Lagerung von 13 Paletten, bei guter Platzierung auch 15 Paletten möglich). Es folgt die optische Überprüfung sowie die Kontrolle der Dokumentation (Lieferschein etc.) gemäß Arbeitsanweisung (SOP). Weiters erfolgt anschließend die Etikettierung der einzelnen Gebinde und der Musterzug für die Identitätsprüfung (erfolgt gemäß einem Musterzugsschlüssel, ca. 1 – 2 Säcke je Palette, ist wiederum in einer SOP geregelt). Sobald die Identitätsprüfung positiv abgeschlossen ist, kann die Umlagerung in den Bereich „FREI Rohstoff B013667“ erfolgen (siehe ③ in Abbildung 26). Der „FREI Rohstoff B013667“ Bereich ist mit 15 Stellplätze, siehe auch Abbildung 26 definiert, durch Stapelung der Paletten sind bis zu 30 Palettenstellplätze möglich (die abgebildete Palettenanordnung wurde in der Praxis getestet). Die optionale Stapelung ist an sich als unkritisch für den Rohstoff einzustufen, da laut Auskunft der Abteilung Einkauf der Hersteller selbst die Lagerung in Form von 3 gestapelten Paletten vornimmt. Da die Paletten bei Bedarf in die Produktion transferiert werden, müssen diese bevor sie in die Produktion geschickt werden, auf Aluminiumpaletten umgeschichtet werden. Da die Lagermitarbeiter derzeit zumindest über den Materialbedarf für den nächsten Tag bescheid wissen, ist es diesen freigestellt zu welchem Zeitpunkt die Umschichtung erfolgt. Dies soll so beibehalten werden, da dadurch die Flexibilität erhöht wird, da sofern Kapazitäten (in ruhigeren Phasen des Arbeitstages) vorhanden sind, diese hierfür genutzt werden können. Im Falle einer gestapelten Lagerung im Haus ist

jedoch darauf zu achten, dass ausschließlich Aluminiumpaletten mit längsseitig durchgehender Auflagefläche (Auflagekufen) verwendet werden, da sonst sehr leicht Schäden an den Gebinden (Säcke) im Zuge der Ein- und Auslagerung entstehen können (im Werk sind sowohl Alupaletten mit 4 Eckfüßen als auch mit Auflagekufen vorhanden, siehe auch Abbildung 27 bzw. Abbildung 28).



Abbildung 27: Alupalette mit 4 Eckfüßen⁹⁵



Abbildung 28: Alupalette mit Auflagekufen⁹⁶

Um im Sinne des Lean Management Verschwendungen zu vermeiden kann für diesen Rohstoff ein Pull-System in Form einer Kanban-Steuerung (siehe Theorie Punkt 2.6) realisiert werden. Der Ablauf kann wie folgt aussehen:

Sobald nur mehr eine Reihe im Bereich „FREI Rohstoff B013667“ vorhanden ist (also maximal 3 Paletten – in Kanbankarte abbilden) → Freigegebenes Material aus Bereich „Wareneingangskontrolle“ in den Bereich „FREI Rohstoff B013667“ transportieren und anschließend umgehend nachbestellen für den nächsten Tag (Anlieferung via Shuttle LKW; sowohl für 2 Chargen als auch für ein 5 Chargen Szenario anwendbar)!

Natürlich kann die Bestellauslösung auch anhand des SAP Systems unter Berücksichtigung des laufend eingespielten Produktionsplanes erfolgen.

Bereitstellung

Die Lagermitarbeiter werden mindestens am Tag davor über den Bedarf für den nächsten Tag informiert. Die Bereitstellung erfolgt über Kommunikation via Telefon über den Materialaufzug 4.

⁹⁵ Quelle: <http://www.shop-eibi.de/Aluminium-Paletten-Eckfuesse-Zarges>, Stand: 01.08.2016

⁹⁶ Quelle: <http://www.shop-eibi.de/Aluminium-Paletten-Eckfuesse-Kufen-Zarges>, Stand: 01.08.2016

- **Rohstoff B013669**

Zusammenfassung	
Mind. benötigte Stellplätze (siehe auch Punkt 3.2.1.2)	3
ABC-Priorisierung (siehe auch Punkt 3.1.1.3)	- (Kühlware)
Lager- und Verbrauchsart (siehe auch Punkt 3.1.2.2)	FEFO (Chargenabhängig)
Schnittstelle in die Produktion (siehe auch Punkt 3.1.2.4)	Aufzug 4
Anlieferung (siehe auch Punkt 3.1.2)	Shuttledienst JIT (Phd)
Paletten/Charge (siehe auch Punkt 3.1.2.3)	0,23 Paletten
Bemerkungen	• Kühlware!

Tabelle 23: Rohstoff – Zusammenfassung Material B013669

Ablaufschema:

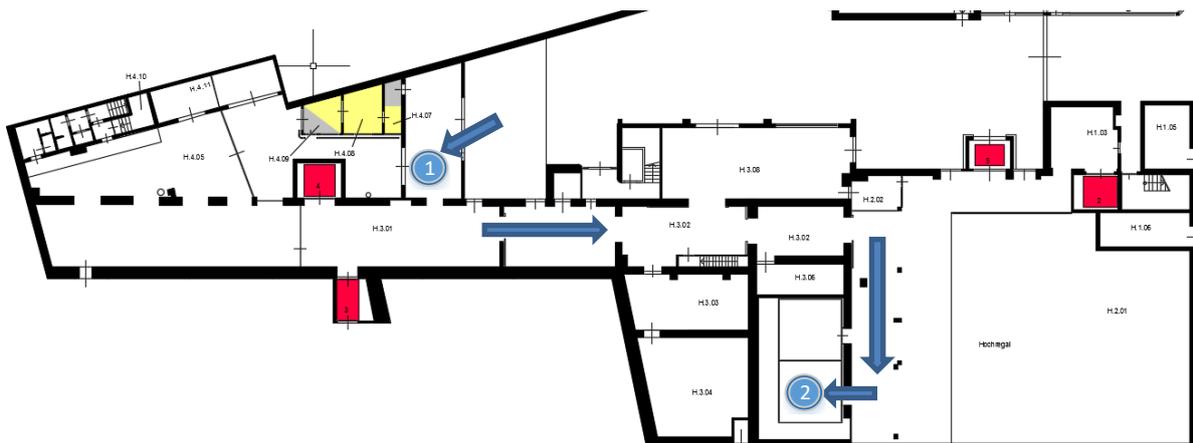


Abbildung 29: Rohstoff – Ablaufschema Material B013669

Anlieferung und Lagerung

Die Anlieferung wird im Bereich „Wareneingang neu“ abgestellt und zeitnah gemäß Wareneingangs-SOP überprüft (siehe ① in Abbildung 29). Anschließend erfolgt umgehend die Lagerung, analog wie bisher im Werk gehandhabt, in der dafür vorgesehenen Kühlzelle (siehe ② in Abbildung 29). Da im Bereich Lager nur zwei nebeneinander installierten Kühlzellen vorhanden sind, kann hier nicht auf eine Priorisierung der Lagerhaltung eingegangen werden.

Auch hier kann im Sinne des Pull-Prinzips ein Kanban System eingeführt werden (siehe Theorie Punkt 2.6). Sobald nur mehr ein Behälter vorhanden ist, wird durch

den Mitarbeiter eine Bestellung für den nächsten Tag ausgelöst (Anlieferung via Shuttle LKW).

Natürlich kann auch hier wiederum die Bestellauslösung anhand des SAP Systems unter Berücksichtigung des laufend eingespielten Produktionsplanes erfolgen.

Bereitstellung

Die Bereitstellung erfolgt über Kommunikation via Telefon über den Materialaufzug 4. Es werden, analog zum derzeitigen Ablauf, nur jene Gebinde übergeben welche benötigt werden (nicht die ganze Palette).

- ***Sonstige Rohstoffe***

Sonstige Rohstoffe zum betrachteten Produkt 1 sind jene Rohstoffe, welche für die Wareneingangsprüfung im Lager im Bereich „Rohstoff-Quarantänelager“ zwischengelagert werden und nach Freigabe in das Rohstofflager im Bereich Herstellung (über Aufzug 4) transferiert werden. Da die Rohstoffe lediglich für die Zeit der Durchführung der Wareneingangskontrolle im betrachteten Bereich Lager Hofebene zwischengelagert werden und die Endlagerung in einem anderen Bereich erfolgt, haben diese keinen Einfluss auf die Ausarbeitung des Logistiklayouts für den Bereich Lager Hofebene.

Für das betrachtete Produkt 1 trifft dies für alle restlichen verwendeten Rohstoffe gemäß Herstellbericht zu.

Zusammenfassung							
	B013968	B013078	B013052	B001172	B001047	B013065	B013818
Mind. benötigte Stellplätze (siehe auch Punkt 3.2.1.2)	Lagerung im Rohstofflager Herstellung						
ABC-Priorisierung (siehe auch Punkt 3.1.1.3)	Waren zwischenlagern nur im Rohstoff-Quarantänelager ABC/XYZ-Priorisierung gilt nur für die im Bereich Lager Hofebene lagernden Waren;						
Lager- und Verbrauchsart (siehe auch Punkt 3.1.2.2)	FEFO						
Schnittstelle in die Produktion (siehe auch Punkt 3.1.2.4)	Aufzug 4						
Anlieferung (siehe auch Punkt 3.1.2)	Werk						
Paletten/Charge (siehe auch Punkt 3.1.2.3)	0,29	0,16	0,1	0,1	0,06	0,03	0,13
Bemerkungen	Das im Bereich Lager Hofebene befindliche Rohstoff-Quarantänelager für die Zwischenlagerung für die Wareneingangskontrolle ist bereits derzeit regelmäßig überfüllt (siehe auch Schwachstellenanalyse unter Punkt 3.1.4, Punkt 4). Die Endlagerung im Rohstofflager im Bereich Herstellung wird in der vorliegenden Arbeit nicht betrachtet.						

Tabelle 24: Rohstoff – Zusammenfassung Material B013669

Ablaufschema:

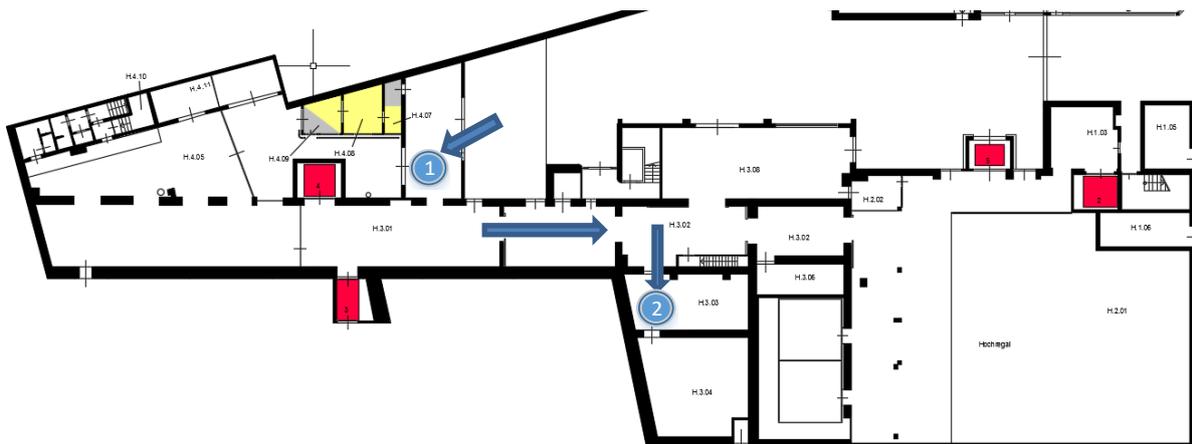


Abbildung 30: Rohstoff – Ablaufschema sonstige Rohstoffe

Anlieferung und Lagerung

Die Anlieferung wird im Bereich „Wareneingang neu“ abgestellt und zeitnah gemäß Wareneingangs-SOP überprüft (siehe ① in Abbildung 30). Anschließend wird die Ware im Rohstoff-Quarantänelager für die Wareneingangsprüfung für die Dauer der Freigabe zwischengelagert (siehe ② in Abbildung 30).

Bei Freigabe der Ware erfolgt eine zeitnahe Transferierung der Rohstoffe in das jeweilige Rohstofflager in der Produktion über den Aufzug 4.

Bereitstellung

Die Bereitstellung für die Produktion erfolgt durch die Abteilung Herstellung (da die Endlagerung im Bereich Rohstofflager Herstellung erfolgt).

Anmerkung:

Die zusätzlichen Mengen die bei einer Zwischenlagerung im Falle einer Vollausslastung zu Produkt 1 entstehen in Kombination mit der ohnehin bereits sehr ausgelasteten Quarantänebereich für die Rohstoffe (siehe auch Schwachstellenanalyse unter Punkt 3.1.4) wird unter Punkt 3.3.1.4 näher behandelt.

Packmittel – Zuteilung Stellplätze

Die systematische Zuteilung der Palettenstellplätze im Bereich Lager erfolgt gemäß der Auswertungsergebnisse der durchgeführten ABC/XYZ-Analyse unter Punkt 3.1.1.

- **Flaschen**

Zusammenfassung	
Mind. benötigte Stellplätze (siehe auch Punkt 3.2.1.2)	54
ABC-Priorisierung (siehe auch Punkt 3.1.1.3)	AX
Lager- und Verbrauchsart (siehe auch Punkt 3.1.2.2)	FEFO (Chargenabhängig)
Schnittstelle in die Produktion (siehe auch Punkt 3.1.2.4)	Aufzug 4
Anlieferung (siehe auch Punkt 3.1.2)	Shuttledienst JIT (Phd)
Paletten/Charge (siehe auch Punkt 3.1.2.3)	27 Paletten (Worse Case bei 240 ml Format)
Bemerkungen	-

Tabelle 25: Packmittel – Zusammenfassung Flaschen

Ablaufschema:

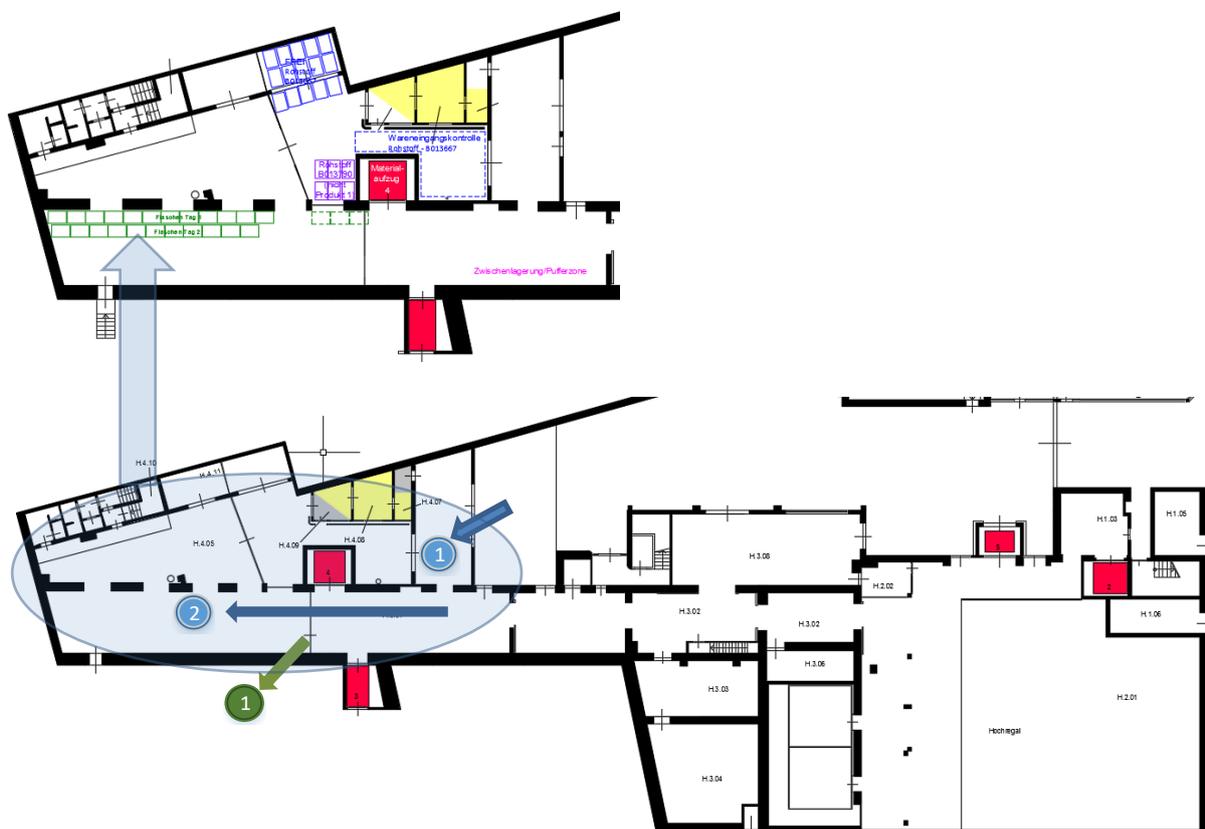


Abbildung 31: Packmittel – Ablaufschema Flaschen

Anlieferung und Lagerung

Die Anlieferung erfolgt mittels Shuttle Anlieferung aus dem Zentrallager (JIT Phd) über den „Wareneingang neu“ (siehe ① in Abbildung 31). Die Ware wird gemäß Wareneingangs-SOP überprüft und anschließend wie in Abbildung 31 unter ② dargestellt in Reihenform gelagert (pro Tag eine Reihe).

Bereitstellung

Bei Vollausslastung (5 Chargen pro Woche) würde pro Tag eine Reihe verbraucht und zeitgleich die zweite Reihe für den nächsten Tag wieder befüllt werden. Da die strichliert dargestellten Palettenstellplätze als erstes verbraucht werden, können diese mit den letzten neuangelieferten Paletten wieder befüllt werden und es muss keine Doppelreihe mehr gebildet werden. Es lagern daher bei den strichlierten Stellplätzen immer die aktuell zu verwendenden Flaschenpaletten, welche bei Produktionsstart als erstes verbraucht werden müssen.

Die Bereitstellung erfolgt über Kommunikation via Telefon über den Materialaufzug 4.

Anmerkung:

Derzeit befindet sich in dem beschriebenen Bereich, wie in Abbildung 31 mit ① markiert, ein versperrbares Gitter. Dieses ist vergangenheitsbedingt noch installiert, hat aber für den heutigen Lagerablauf keine Funktion mehr und sollte daher entfernt werden.

• **Überkarton**

Zusammenfassung	
Mind. benötigte Stellplätze (siehe auch Punkt 3.2.1.2)	20-22
ABC-Priorisierung (siehe auch Punkt 3.1.1.3)	AX
Lager- und Verbrauchsart (siehe auch Punkt 3.1.2.2)	-
Schnittstelle in die Produktion (siehe auch Punkt 3.1.2.4)	Aufzug 5
Anlieferung (siehe auch Punkt 3.1.2)	JIT (durch Hersteller)
Paletten/Charge (siehe auch Punkt 3.1.2.3)	10 Paletten (Worse Case bei 120 ml Format)
Bemerkungen	-

Tabelle 26: Packmittel – Zusammenfassung Überkarton

Ablaufschema:

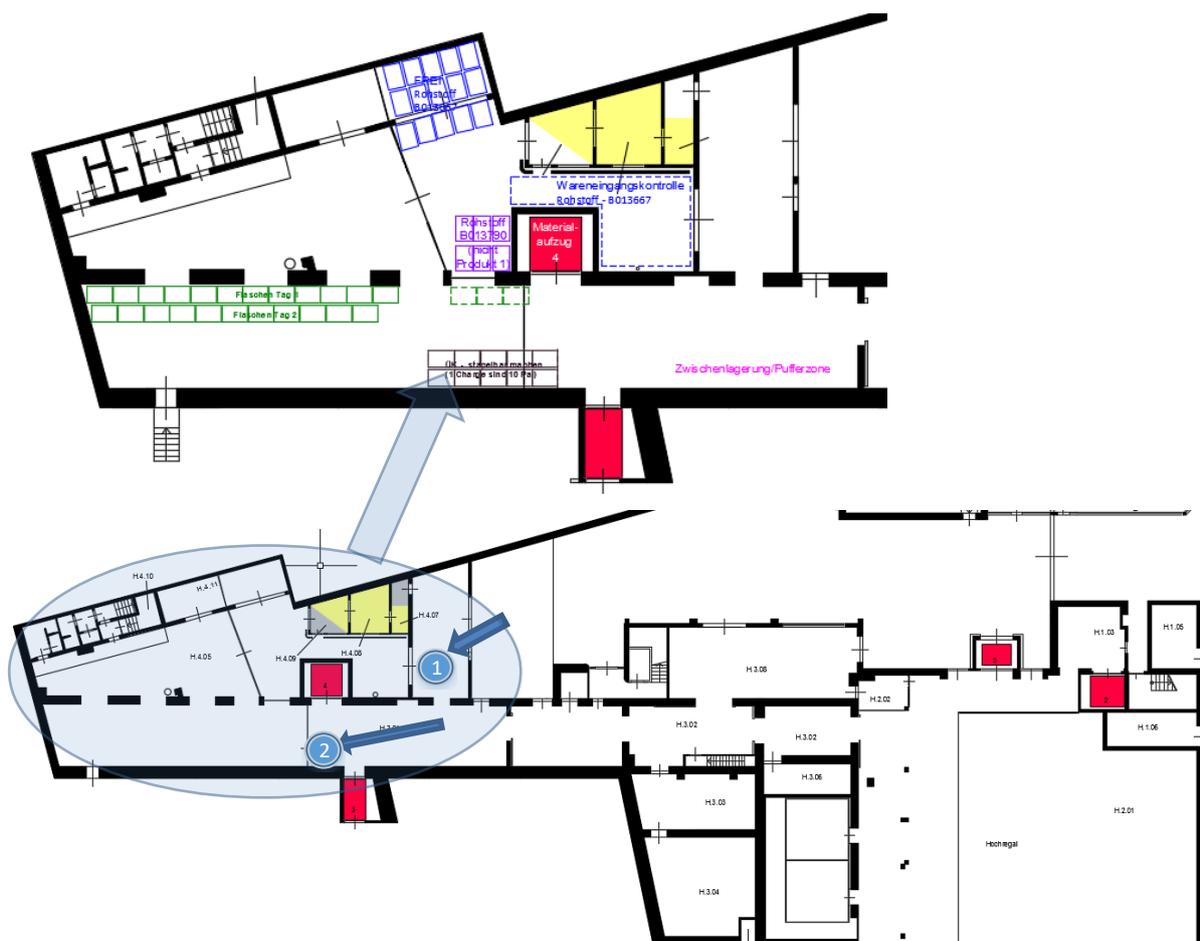


Abbildung 32: Packmittel – Ablaufschema Überkarton

Anlieferung und Lagerung

Die Anlieferung erfolgt durch den Hersteller jeweils einen Tag vor Produktion (JIT Hersteller) über den Wareneingang neu (siehe ① in Abbildung 32). Die Ware wird gemäß Wareneingangs-SOP überprüft und anschließend wie in Abbildung 32 unter ② dargestellt in Reihenform gelagert (pro Tag eine Reihe).

Bereitstellung

Die Bereitstellung erfolgt analog zu den Flaschen. Pro Tag wird eine Reihe verbraucht und die andere Reihe wird währenddessen wieder aufgefüllt. Da bei diesem Material die äußeren 20 – 30 cm der Palette aus formatgründen nicht mit ÜK ausgefüllt ist, sind diese nur gegen abstützen an eine Wand zu stapeln. Daher muss dieser Bereich für die Paletten stapelbar gemacht werden, damit diese nicht umfallen bzw. diese Art der Lagerung keine Gefährdung für die Lagermitarbeiter darstellt. Da für dieses Material keine spezifische Verbrauchsfolge erforderlich ist, kann dies beispielsweise in Form eines Einfahr- bzw. Durchfahrregals (siehe auch Theorie unter Punkt 2.5.3.2) realisiert werden.

Die Bereitstellung erfolgt über Aufzug 5. Da aber im Bereich des Palettenregals wenig Platz herrscht und das Material gut in Reihenform gelagert werden kann (nicht jede Palette muss zugänglich sein, lediglich Formatreihe Lagerung, daher zwei Reihen) ist für dieses Material ein minimaler Umweg unumgänglich. Dieser bringt jedoch einen Mehrgewinn an Flexibilität, da keine Palettenstellplätze herangezogen werden die immer zugänglich sein müssen. Diese können anschließend für Materialien verwendet werden, welche diese Art von Lagerung benötigen (z.B. Waren mit Verbrauchsart FEFO).

• **Messbecher**

Zusammenfassung	
Mind. benötigte Stellplätze (siehe auch Punkt 3.2.1.2)	18
ABC-Priorisierung (siehe auch Punkt 3.1.1.3)	AX
Lager- und Verbrauchsart (siehe auch Punkt 3.1.2.2)	FEFO
Schnittstelle in die Produktion (siehe auch Punkt 3.1.2.4)	Aufzug 5
Anlieferung (siehe auch Punkt 3.1.2)	Werk Wien (durch Hersteller)
Paletten/Charge (siehe auch Punkt 3.1.2.3)	2,8 Paletten (Worse Case bei 120 ml Format)
Bemerkungen	-

Tabelle 27: Packmittel – Zusammenfassung Messbecher

Ablaufschema:



Abbildung 33: Packmittel – Ablaufschema Messbecher

Anlieferung und Lagerung

Die Anlieferung erfolgt durch den Hersteller in der definierten Bestellmenge (12 Paletten wurden angenommen, siehe nächster Absatz) über den Wareneingang neu (siehe ① in Abbildung 33). Die Ware wird gemäß Wareneingangs-SOP überprüft und anschließend wie in Abbildung 33 unter ② dargestellt in Reihenform gelagert (drei Reihen, Material nicht stapelbar).

Die angenommene Bestellmenge seitens Abteilung Einkauf ergibt sich auf Basis eines voll beladenen LKW mit 12 Paletten Messbecher und 5 Paletten Verschlüsse (siehe auch Tabelle 21, da gleicher Hersteller). Da laut in Abbildung 33 dargestellten Schema 2 x 9 und 1 x 7 Stellplätze für Messbecher reserviert wurden, ist es auch möglich und sinnvoll letztendlich bis zu 16 Paletten (statt den in der Auslegungsberechnung unter Punkt 3.2.1.2 angenommenen 12 Paletten) Messbecher anliefern zu lassen, wenn das unten beschriebene Bereitstellungsschema eingehalten wird. Dies hätte den Vorteil, da ja die Wareneingangsprüfung für jede angelieferte Teilmenge durchgeführt werden muss, dass die Häufigkeit der Wareneingangsprüfungen für dieses Material reduziert wird und die Qualitätskontrollprüfzeiten auf dieses Material über das Jahr gesehen signifikant sinken würde.

Bereitstellung

Die Bereitstellung erfolgt so, dass immer zuerst eine lange Reihe mit 9 Stellplätzen und anschließend die kurze Reihe mit 7 Stellplätzen verbraucht werden. Diese Reihen werden anschließend bei Neuankunft wieder aufgefüllt. Die Bereitstellung in die Produktion erfolgt über Aufzug 5. Aufgrund der großen Mengen an Paletten pro Jahr, erscheint eine Lagerung im Palettenregallager wie bisher als nicht zielführend (hohe Ein- und Auslagerungszeiten, hohe Zugriffsraten). Daher stellt der längere Bereitstellungsweg in Kombination mit elektrischen Flurförderfahrzeugen dennoch einen guten Kompromiss in Anbetracht der fehlenden Alternativen dar.

• **Verschlüsse**

Zusammenfassung	
Mind. benötigte Stellplätze (siehe auch Punkt 3.2.1.2)	8
ABC-Priorisierung (siehe auch Punkt 3.1.1.3)	BX
Lager- und Verbrauchsart (siehe auch Punkt 3.1.2.2)	FEFO
Schnittstelle in die Produktion (siehe auch Punkt 3.1.2.4)	Aufzug 5
Anlieferung (siehe auch Punkt 3.1.2)	Werk Wien (durch Hersteller)
Paletten/Charge (siehe auch Punkt 3.1.2.3)	1,04 Paletten (Worse Case bei 120 ml Format)
Bemerkungen	-

Tabelle 28: Packmittel – Zusammenfassung Verschlüsse

Ablaufschema:

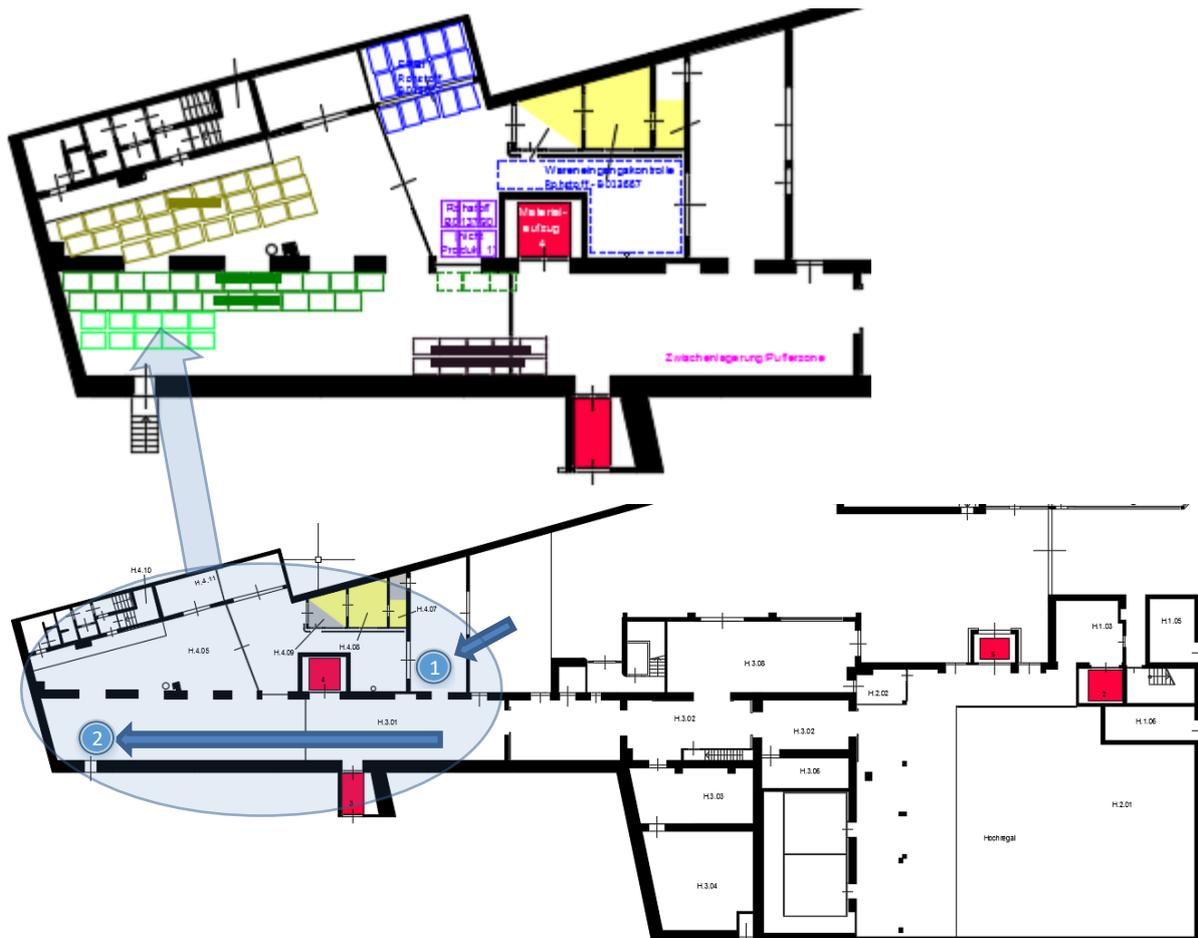


Abbildung 34: Packmittel – Ablaufschema Verschlüsse

Anlieferung und Lagerung

Die Anlieferung erfolgt durch den Hersteller in der definierten Bestellmenge (5 Paletten wurden angenommen, siehe nächster Absatz) über den Wareneingang neu (siehe ① in Abbildung 34). Die Ware wird gemäß Wareneingangs-SOP überprüft und anschließend wie in Abbildung 34 unter ② dargestellt in Reihenform gelagert (zwei Reihen mit insgesamt 10 Paletten, Material nicht stapelbar).

Die angenommene Bestellmenge seitens Abteilung Einkauf ergibt sich auf Basis eines voll beladenen LKW mit 12 Paletten Messbecher und 5 Paletten Verschlüsse (siehe auch Punkt 3.2.1.2, da gleicher Hersteller).

Bereitstellung

Die Bereitstellung erfolgt so, dass immer zuerst eine Reihe mit 5 Stellplätzen verbraucht wird. Diese Reihe wird anschließend bei Neuanlieferung wieder aufgefüllt. Die Bereitstellung in die Produktion erfolgt über Aufzug 5. Aufgrund der hohen Zugriffsrate pro Jahr und in Anbetracht der mittelfristig stark ansteigenden Mengen (siehe auch Punkt 3.1.1.3), erscheint eine Lagerung im Palettenregallager wie bisher als nicht zielführend (hohe Ein- und Auslagerungszeiten). Aufgrund fehlender Alternativen muss auch hier, analog zu den Messbechern, ein längerer Bereitstellungsweg in Kombination mit elektrischen Flurförderfahrzeugen hingenommen werden, welche aber hinsichtlich der Zeitersparnis in Anbetracht einer Auslagerung in Form eines Regalstaplers aus dem Palettenregal dennoch eine wesentliche Verbesserung darstellt.

Die Bereitstellung erfolgt über Kommunikation via Telefon über den Materialaufzug 5.

- **Bedruckte Packmittel (Faltkarton, Etiketten, Gebrauchsinformationen)**

Wie unter Punkt 3.3.1.2, Detail IST-Zustand beschrieben wurden die Faltkartons bis dato in Blockform im hinteren Bereich des Lagers (bei Aufzug 4, siehe auch Abbildung 25) ineffizient gelagert.

IST-Zustand:

Bei den bedruckten Packmitteln werden Gebrauchsinformationen und Etiketten im Palettenregallager bzw. bei geringen Mengen im Handregallager gelagert, die Faltkartons werden gestapelt, wie in Abbildung 25 dargestellt, in Blockform gelagert.

Darüber hinaus besteht bei den bedruckten Packmitteln die Problematik, dass diese sowohl gemäß Format (120 ml, 200 ml, 240 ml) als auch nach jeweiliger Ländersprache verbraucht werden müssen.

Material	Format	Verbrauch pro Charge in Paletten	Verbrauchs-art	Verbrauchs-unterteilung	Kühl-ware?
Faltkarton	120 ml	8,7	FEFO	1. Ebene: nach Format	NEIN
	200 ml	6,9			
	240 ml	6,0			
Etiketten	120 ml	0,6			
	200 ml	0,4		2. Ebene: nach Ländersprachen	
	240 ml	0,3			
Gebrauchs- informationen	120 ml	0,4			
	200 ml	0,3			
	240 ml	0,2			

Tabelle 29: Übersicht Verbrauchunterteilung bedruckte Packmittel

Wie in Tabelle 29 dargestellt ist der Verbrauch für Etiketten und Gebrauchsinformationen pro Charge überschaubar. Aufgrund der zusätzlichen format- und länderspezifischen Verbrauchsart (unregelmäßiger Verbrauch, Paletten immer zugänglich – FEFO) können diese weiterhin im Palettenregal eingelagert werden.

Jedoch bei den Faltkartons fallen beachtliche Mengen pro Charge an. In der Praxis wird oft in so genannten Kampagnen produziert, um den Verbrauchsmaterialwechsel sowie Formatwechsel möglichst gering zu halten (Rüstzeiten). Für die Lagerung der verschiedenen Faltkartons bedeutet dies, dass somit in kurzer Zeit viel Material verbraucht und anschließend die restlichen Faltkartons wieder für mehrere Monate eingelagert werden müssen (bis wieder das jeweilige Format in der jeweiligen Ländersprache konfektioniert wird). Die Beschaffung erfolgt derzeit im Umfang eines Halbjahresbedarfes, errechnet durch den Forecast gemäß SAP-System. Diese Bestellmenge eines Halbjahresbedarfes hat sich bis dato in der Praxis bewährt, da

der Preis für Kleinmengen aufgrund der immer vorhandenen Fixkosten ansonsten unrentabel wäre.

Problematik zusammengefasst:

- Aufgrund länderspezifische Verbrauchs- / Lagerart unregelmäßiger Verbrauch
- Sehr begrenzte Lagerkapazitäten im betrachteten Werk
- Abnahmemengenmäßige Abhängigkeit des Packmittelpreises (Preis / 1000 Stk.) hat starke Auswirkungen auf die ausgewählte Lagerhaltungsstrategie (Aufgrund Bestellung höherer Packmittelmengen kann sich die Teil- oder Vollausslagerung über einen bestimmten Zeitraum rechnen.)

Soll-Zustand:

Etiketten, Gebrauchsinformationen sowie geringe Mengen an Falkartons sollen in das Palettenregal wie bisher eingelagert werden.

Aufgrund der mengenmäßigen Abhängigkeit des Packmittelpreises und der begrenzten Lagerkapazitäten sollen auf Wunsch der Firma die restlichen Bodenstellplätze gemäß Lagerlayout (ohne und mit Überdachung) beziffert werden und anschließend eine Berechnung für verschiedene Lagerstrategien für eine mögliche Teilausslagerung mit Teilanlieferung oder einer komplett Outsourcing Strategie erstellt werden. Die Bodenstellplätze sollen im Falle einer bedarfsgerechten Anlieferung (JIT, siehe auch Theorie unter Punkt 2.4.7) als Express-Stellplätze für eine kurze Lagerdauer dienen.

Hierfür wurde unter Punkt 3.4.2 im nächsten Teilgebiet eine Excelberechnung auf Basis der Andler'schen Losgrößen erstellt.

3.3.1.3 Warenausgang

Analog zur Vorgehensweise beim Wareneingang wird zunächst der derzeit vorherrschende IST-Zustand behandelt und anschließend ein SOLL-Zustand abgeleitet.

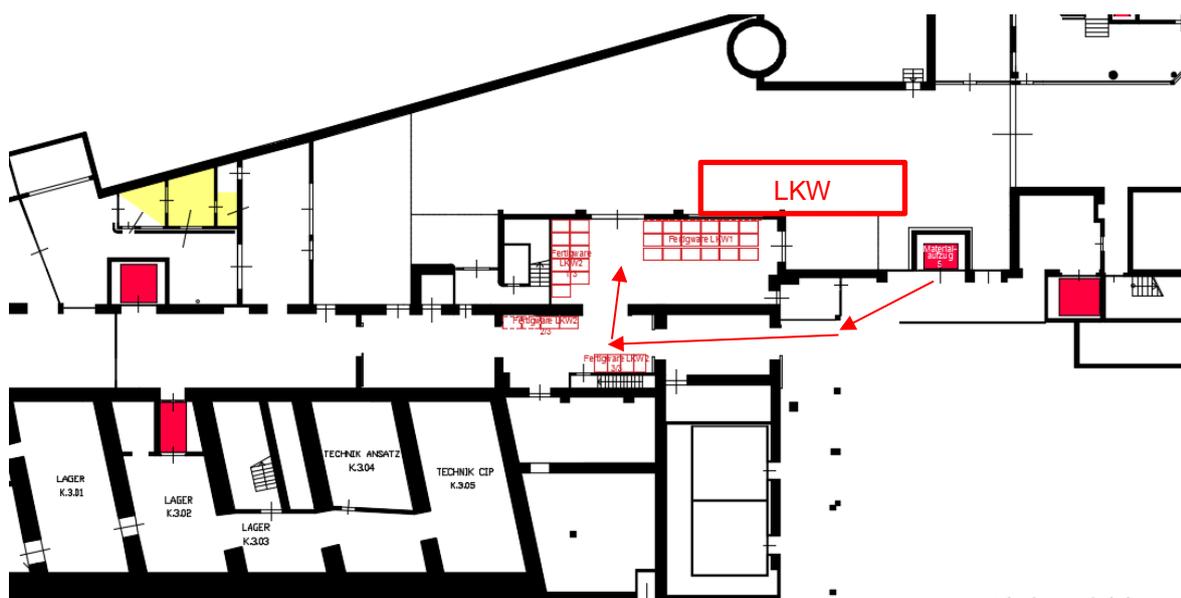
IST-Zustand:

Sowohl der Wareneingang als auch Warenausgang werden im selben Bereich durchgeführt (siehe auch Abbildung 24). Dadurch besteht die Gefahr, dass man sich bei höheren Durchsatzmengen zwangsläufig sowohl in der Warenannahme als auch im Warenversand blockiert (Platz WE-Kontrolle, WA-Fertigware, Warentransporte).

SOLL-Zustand:

Die Wareneingang und Warenausgang werden, wie bereits unter Punkt 3.3.1.1 ausreichend beschrieben, räumlich getrennt (siehe auch Abbildung 24).

Aufgrund der hohen Frequenz für die Herstellung der Fertigware (im Worse Case 7,4 min/Fertigproduktpalette, siehe auch Tabelle 19) ist es zielführend auf geringe Wege bei der Zwischenlagerung zu achten. Die Fertigware wird mittels Shuttle LKW in das Zentrallager (Phd) abtransportiert. Hier ist es sinnvoll die abtransportierende Fertigware in LKW Ladungen zusammenzufassen und die Lieferpapiere je Transport zu erstellen. Für dieses Vorhaben wurden zwei LKW Ladungen (zu je 17 Paletten pro LKW) als Platzhalter im Bereich Warenausgang reserviert (siehe auch Abbildung 35). Somit kann, während eine bereits vorbereitete Ladung Fertigware abtransportiert wird, eine zweite Ladung zusammengestellt und wiederum für den Abtransport vorbereitet werden.



← ...Materialfluss Fertigware

Abbildung 35: Ablaufschema Warenausgang

Schnittstelle: Die Schnittstelle von der Herstellung in das Lager erfolgt über den Aufzug 5 wie in Abbildung 35 ersichtlich. Dieser Aufzug ist ein reiner Materialaufzug, es dürfen daher keine Personen im Aufzug transportiert werden. Die Kommunikation soll analog zur Bereitstellung vorerst mittels Telefon abgewickelt werden.

Die Herstellung hat im Bereich des Aufzugs 5 in der Produktion einen Puffer für Fertigproduktpaletten (ca. 10 Fertigproduktpaletten). Somit kann Fertigware gesammelt unter Kommunikation mit den Lagermitarbeitern in Tranchen per Aufzug transportiert werden.

3.3.1.4 Optimierungen aufgrund Schwachstellenanalyse

Im Zuge der Sichtung des Lagers gemäß der Schwachstellenanalyse wurden einige Auffälligkeiten dokumentiert welche in weiterer Folge im Layout berücksichtigt werden sollen (dokumentierte Punkte siehe Schwachstellenanalyse unter Punkt 3.1.4)

Ad 1) Zukünftig werden unter Absprache mit der Abteilung Planning an Procurement die Mitarbeiter im Bereich Lager in periodisch sinnvollen Abständen per E-Mail über den Produktionsplan informiert werden. Dies soll den Lagermitarbeitern mehr in den Ablauf einbinden und eine bessere Übersicht gewährleisten.

Ad 2) Aufgrund der durchgeführten festen Stellplatzzuweisung der Schnelldreher gemäß Priorisierung anhand einer ABC/XYZ-Analyse, ist eine Stellplatz Zuweisung gemäß chaotischer Lagerung nicht zwingend erforderlich, da die die Artikel strukturiert gelagert und daher wiederauffindbar sind.

Ad 3) Aufgrund der durchgeführten festen Stellplatzzuweisung kann anhand der eingeplanten Stellplätze ein maximaler Lagerbestand (siehe auch Theorie unter Punkt 2.4.3) berechnet und im SAP/R3-System hinterlegt werden.

Ad 4) Wie bereits unter Punkt 3.3.1.2 – Ist-Zustand beschrieben ist das Rohstoff-Quarantänelager (siehe ② in Abbildung 30) bereits jetzt regelmäßig überlastet.

Als mögliche Lösung kann folgender Vorschlag herangezogen werden:

Würde man das Quarantänelager durchqueren, befindet man sich anschließend im Sperrlager (siehe ③ in Abbildung 30). Im Sperrlager werden Waren zwischengelagert, welche aufgrund von abweichenden Werten oder sonstigen Mängeln für die Vernichtung bestimmt sind. Da dieser Raum für dessen Funktion sehr großzügig ausgelegt ist und bei mehrfacher Sichtung immer weit weniger als die Hälfte der Fläche im Sperrlager genutzt wurde, wäre es zielführend eine flexiblere Lösung anzustreben. Zusätzlich hat das „große“ Sperrlager den Nachteil das Vernichtungen teilweise hinausgezögert werden, da ohnehin genug Platz für die Lagerung von Sperrware vorhanden ist.

Würde man das Sperrlager mit dem Quarantänelager vertauschen, so ergibt sich die Problematik das man, um in das Quarantänelager zu gelangen, das Sperrlager durchqueren müsste. Da das Sperrlager gemäß GMP Richtlinien⁹⁷ versperert sein muss, würde dies daher ein Problem darstellen.

Als Lösung wurde folgende Variante ausgearbeitet:

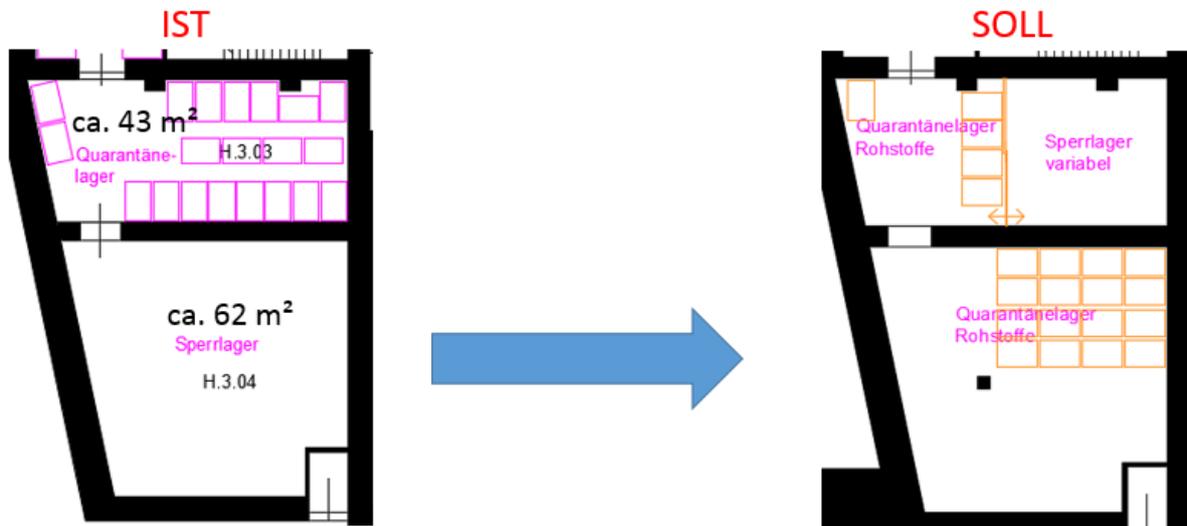


Abbildung 36: Verbesserungsvorschlag Quarantänelager Rohstoffe

Das Quarantänelager wird wie in Abbildung 36 dargestellt mit dem Sperrlager vertauscht. Damit man jedoch, um in das Quarantänelager zu gelangen, nicht das Sperrlager durchqueren muss, soll das Sperrlager durch ein in der Tiefe verschiebbares Trenngitter flexibel gestaltet werden. Sollte mal wenig Sperrbestand vorhanden sein, kann man dieses Trenngitter bis zur hinteren Säule angeschoben und der Bereich davor als zusätzlicher Lagerplatz für Quarantänerohstoffe verwendet werden. Zusätzlich soll das Trenngitter so ausgeführt werden, dass dieses aus zwei Hälften besteht und beide Seiten, je nachdem wo sich die benötigte Ware im Sperrlager befindet, analog zu einer Schiebetür geöffnet werden kann. Dies hat den Vorteil, dass nicht zu viel umgelagert werden muss sobald Ware aus dem Sperrlager ausgelagert werden muss. In Zahlen würde bei einem Wechsel der Räumlichkeiten einen 44 %igen Zuwachs (von 43 m² auf 62 m²) an Fläche für das Quarantänelager mit sich bringen (optionale Lagerung von Quarantäneware im flexiblen Sperrlager nicht mit eingerechnet!).

In Anbetracht des Zugewinns an Flexibilität und Raumnutzung in Relation zu den anfallenden Investitionskosten (Schienen und verschiebbare Trenngitter) erscheint diese Lösung als erstrebenswert.

⁹⁷ (Mass & Peither, 2016, o.S.)

Ad 5) Der genannte Bereich wird gemäß Ausarbeitung Lagerlayout für andere Materialien genutzt (z.B.: Flaschen). Details, siehe Lagerlayout unter Punkt 3.3.1.

3.3.2 Lagerlayout - 5 Chargen pro Woche mit Überdachung

Das 5 Chargenszenario mit Überdachung baut auf das unter Punkt 3.3.1 beschriebene 5 Chargenszenario ohne Überdachung auf, es wird daher nur auf vorgenommene Änderungen näher eingegangen.

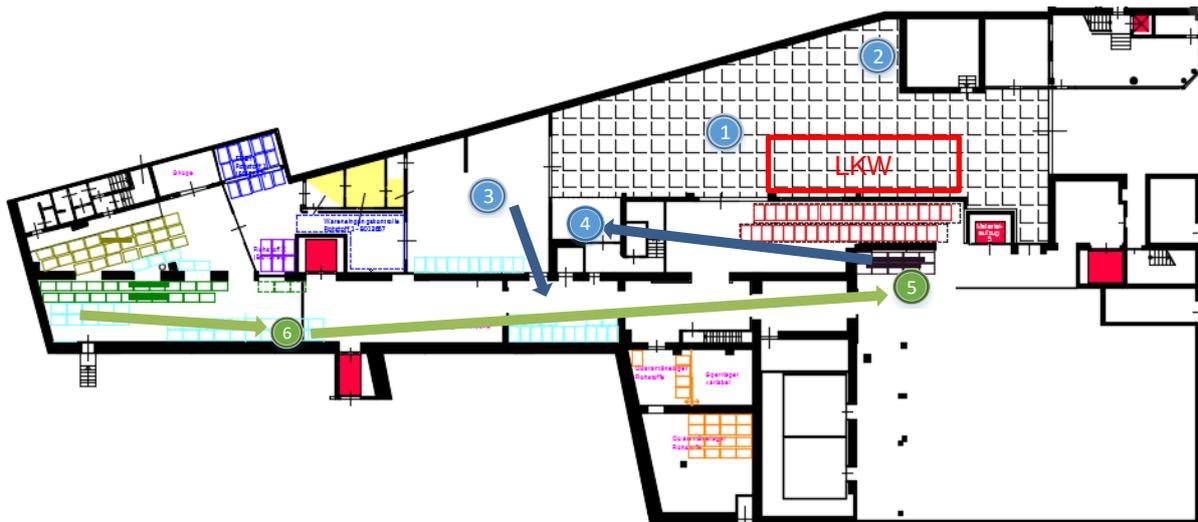


Abbildung 37: Bereich Lager Hofebene mit Überdachung

3.3.2.1 Bauliche Änderungen

Wie in Abbildung 37 unter der Markierung ① ersichtlich soll der Hof komplett überdacht werden (das Kachelmuster soll die Überdachung visualisieren). Im Zuge der Umbauarbeiten wird auch ein Teil eines alten, bis dato unbenutzten Gebäudes abgetragen (siehe auch ② in Abbildung 37). Weiters soll auch der Bereich für den Wareneingang vergrößert werden (siehe auch ③ in Abbildung 37). Mit dem vergrößerten Wareneingang wird auch die Einfahrt in das Lager versetzt (siehe auch Pfeil in Abbildung 37). Das Expedit soll ebenfalls in Richtung Wareneingangsbereich verlegt werden (siehe auch ④ in Abbildung 37).

3.3.2.2 Änderungen bezüglich des Logistiklayouts ohne Überdachung

Anschließend werden die Änderungen in Bezug auf das erstellte Soll Konzeptes unter Punkt 3.3.1 in gleicher Reihenfolge (Wareneingang, Lagerung und Bereitstellung und Warenausgang) näher diskutiert und dargestellt.

Wareneingang

Wie oben bereits beschrieben wird der Wareneingang vergrößert und die Einfahrt in das Lager wurde versetzt. Diese Änderungen haben aber keinen wesentlichen

Auswirkungen auf den Ablauf im Bereich Wareneingang wie unter Punkt 3.3.1.1 beschrieben.

Lagerung und Bereitstellung

Rohstoffe – Änderungen Stellplätze

Für die Rohstoffe ändert sich für die Lagerung, da der zugewonnene Platz nicht für die Lagerung von Rohstoffen geeignet ist (nicht temperaturkontrollierter Bereich), aus jetziger Sicht für den Bereich Lager Hofebene nichts. Es bleibt daher das vorgehen, wie unter Punkt 3.3.1 beschrieben, unverändert.

Packmittel – Änderungen Stellplätze

Da die Flaschen aufgrund der hohen Mengen und hohen Anforderungsrate bereits sehr gut unmittelbar bei Aufzug 4 positioniert sind, ist für die Lagerung der Flaschen keine Änderung erforderlich.

Die Überkartons können, sofern das Expedit Richtung Wareneingang verlegt wird (siehe 5 in Abbildung 37), näher bei Aufzug 5 gelagert werden. In Anbetracht der beachtlichen Mengen welche bei diesem Material pro Charge anfallen und der Tatsache, dass das Verschieben der Einfahrt im Bereich Wareneingang in das Lager zusätzlich längere Wege verursachen würde, wäre diese Maßnahme aus logistischer Sicht erstrebenswert.

Die Verschlüsse können anschließend anstatt den Überkartons näher zum Aufzug 5 gelagert werden, was wiederum Weg im Zuge der Ein- und Auslagerung einspart (siehe 6 in Abbildung 37).

Für Messbecher sind keine Änderungen im Konzept mit Überdachung angedacht.

Warenausgang

Für das Szenario mit der Überdachung ändert sich im Wesentlichen nichts am Materialfluss oder an der Lagerung der Fertigware, da trotz Überdachung die Fertigware in einem qualifizierten, temperaturkontrollierten Bereich gelagert werden muss. Die Frequenz des Shuttles in das Zentrallager wird bei mehr produzierter Fertigware dementsprechend erhöht.

Dennoch wurde ein möglicher Verbesserungsvorschlag betreffend dem Warenausgang ausgearbeitet:

Durchlaufregal / Palettenrollbahn motorbetrieben:

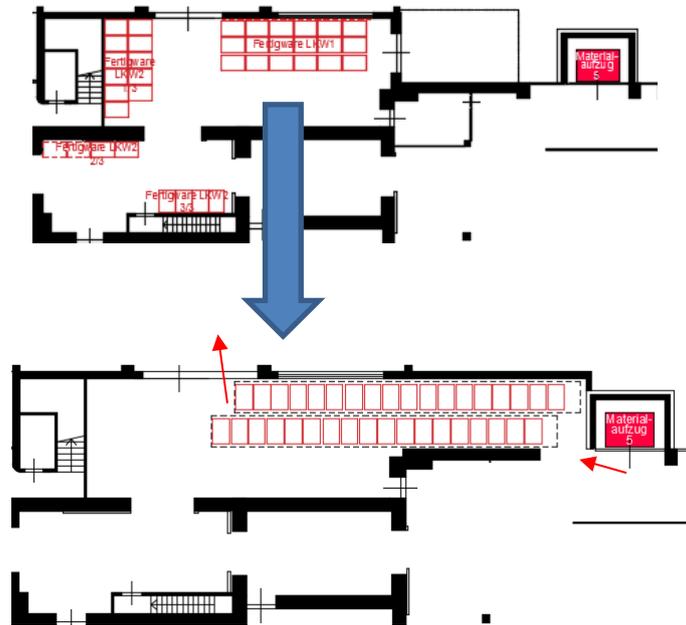


Abbildung 38: Verbesserungsvorschlag Warenausgang

Durch die Platzierung einer Palettenrollbahn (Durchlaufregal unter Theorie Punkt 2.5.3.2) neben Aufzug 5 können lange Wege vermieden und Zeit eingespart werden. In eine Reihe passen lt. Maßstabzeichnung ca. 18 Fertigproduktpaletten. Dies entspricht in etwa einer vollen Shuttle LKW Ladung (max. 17 Paletten). Hier kann ebenso wie das bereits unter Punkt 3.3.1.3 beschriebene System mit der Zusammenfassung der zu abtransportierende Fertigware in LKW Ladungen umgesetzt werden. Es kann daher pro Länge ein voller LKW für den Abtransport vorbereitet werden.

3.3.2.3 Weitere Verbesserungsvorschläge

Wenn sich die Durchsatzmengen erhöhen kann es unter anderem sinnvoll sein, anstatt durch telefonische und E-Mail basierende Kommunikation, auf eine App-basierende Kommunikation für elektronische Materialanforderungen und Bereitstellung in Form eines mobile Devices (z.B. Tablet) umzustellen (Kommunikation Produktion <--> Lager).

3.4 Erstellung Berechnungsmodell für bedruckte Packmittel

Im Zuge der Optimierung der Bestellmengen bedruckter Packmittel soll gemäß Vorgabe der Firma folgende Punkte ausgearbeitet werden:

- Ermittlung der Lagerkapazitäten für eine mögliche Bodenlagerung für bedruckte Packmitteln
- Erstellung einer Excel Berechnung für verschiedene Lagerhaltungsstrategien (Outsourcing, Teiloutsourcing Packmittellieferant (PM), Teiloutsourcing Zentrallager (Phd)) auf Basis Preisberechnungskalkulation des Packmittellieferanten

Die Ermittlung der Lagerkapazitäten am Boden soll überschlagsmäßig mit gängigen Mitteln der Mathematik erfolgen und sollen lediglich als Informationsinput für die betrachtete Firma dienen um möglichst realistische Szenarien anhand des zu erstellenden Excel-Models ausarbeiten zu können. Diese sollen eventuell als Expresslagerbereich für eine bedarfsorientierte Materialanlieferung dienen.

Die Berechnung zur Optimierung der Bestellmengen je nach Lagerstrategie basiert auf der Andler'schen Losgrößenformel (siehe auch Theorie unter Punkt 2.7). Diese wurde jedoch nicht wie in der Literatur rechnerisch exakt abgebildet, sondern in Form einer graphischen Lösung. Diese Art der Ausarbeitung ermöglicht es mehrerer Lagerhaltungsarten (Outsourcing, Teilmengenauslagerung mit Teilmengenanlieferung) optisch miteinander zu vergleichen und Zusammenhänge besser zu erkennen. Anhand der erstellten Tabellenkalkulation gilt es anschließend, unter Angabe realistischer Bestellmengen, zu prüfen, welche Lagerstrategie zwangsläufig zu minimalen Kosten des Packmittelpreises (Preis / 1000 Stk.) führt.

Die in Rahmen dieser Diplomarbeit ausgearbeiteten Daten dienen in weiterer Folge als Basis für ein internes Projekt zu Optimierung der Beschaffung und Lagerung von bedruckten Packmittel.

Gebrauchsinformationen der unten beschriebene Berechnungsaufbau leicht adaptiert werden.

3.4.2.1 Rahmenbedingungen / Abgrenzung des Excel Modells

Folgende Einflussgrößen / Stellgrößen sind für die zu erstellende Modelberechnung erforderlich:

- Anzahl der Positionen innerhalb der Bestellung (verschiedene Materialnummern)
- Mögliche Sofortanlieferung in Paletten (um die Anzahl der extern auszulagernden Paletten zu ermitteln)
- Geplante Dauer der Lagerung der extern ausgelagerten restlichen Paletten (Angabe in Monaten)

Die Auswertung soll so aufgebaut werden, dass man anschließend je nach Bestellmenge (siehe Abszisse in Abbildung 40) den Verlauf der Gesamtkosten pro 1000 Stück (siehe Ordinate in Abbildung 40) auf Basis der o.g. eingegebenen Stellgrößen beobachten kann.

Da es sich hier um ein Modell handelt werden folgende Dinge vorausgesetzt:

- Die Berechnung wurde so aufgebaut, dass ein Teil der Bestellung angeliefert und der andere Teil extern für genau x Monate gelagert wird und anschließend komplett angeliefert wird.
- Die Berechnung erfolgt immer an nur einem Format (120 ml, 200 ml oder 240 ml). Für Überschlagsrechnungen können die verschiedenen Formatberechnungen jedoch gemäß dem Superpositionsprinzip addiert werden (es entsteht ein geringer Fehler, da der Rabatt nicht exakt berechnet wird).

3.4.2.2 Vorbereitung / Datenerhebung Excel Modell

Wie man unschwer erkennen kann handelt es sich hierbei um eine klassische Extremwertaufgabe, welche gemäß Formel 9 beschrieben werden kann. Die Berechnung erfolgt also analog wie in Theorie Punkt 2.7.1 beschrieben, anhand der Summierung der anfallenden Lager- und Beschaffungskosten. Durch Division durch die Bestellmenge mal 1000 erhält man anschließend die Gesamtkosten pro 1000 Stück (Umrechnung, siehe auch Formel 12). Da eine graphische Lösung angestrebt wird ist es nicht notwendig die Formel 9 zu differenzieren um den Extremwert zu erhalten (vgl. rechnerische Lösung nach Andler unter Punkt 2.7.3).

$$\text{Gesamtkosten (pro 1000 Stk.)} = \frac{\text{Beschaffungskosten} + \text{Lagerkosten}}{\text{Bestellmenge}} \times 1000$$

Formel 9: Gesamtkosten (Ausgangsformel Berechnung)

Beschaffungskosten

Anhand der übermittelten Excel Berechnung wurden die für den Packmittelpreis relevanten Formeln ermittelt. Die Preisberechnung des Packmittelherstellers ergibt sich wie folgt:

Beschaffungskosten pro Position =

$$\text{Fixkosten} + \text{Braille} * 115 + \frac{\text{Bestellmenge}}{1000} \times \text{Preis (pro 1000 Stk.)} - \frac{(\text{Positionen}-1) \times 100}{\text{Positionen}}$$

Formel 10: Beschaffungskosten pro Position (Daten Berechnung Packmittelhersteller)

Erklärung: Der **erste Term** stellt die Fixkosten dar, welche pro bestellte Position (Materialnummer) anfallen. Diese teilen sich auf die Fixkosten pro Position resultieren aus (Rüstzeiten, Layouteinstellungen usw.) und aus dem Vorhandensein einer Blindenschrift am Packmittel (Blindenschrift vorhanden → Braille = 1, ansonsten Braille = 0). Der **zweite Term** stellt die variablen Kosten dar (Preis wird je nach Bestellmenge multipliziert). Der **dritte Term** stellt eine Rabattdfunktion abhängig von der Bestellung verschiedener Positionen (mehrere Materialnummern in einer Bestellung, siehe auch Formel 11) dar.

$$\text{Beschaffungskosten} = \sum \text{Beschaffungskosten pro Position}$$

Formel 11: Beschaffungskosten (Daten Berechnung Packmittelhersteller)

Die Beschaffungskosten ergeben sich, wie in Formel 11 dargestellt, anhand der Summe der Beschaffungskosten der bestellten Positionen pro Bestellung (mehrere Materialnummern in einer Bestellung).

$$\text{Preis pro 1000 Stk.} = \frac{\text{Beschaffungskosten}}{\text{Bestellmenge}} \times 1000$$

Formel 12: Preis pro 1000 Stück (Daten Berechnung Packmittelhersteller)

Die Auswertung erfolgt auf Basis des Preises pro 1000 Stück, welcher gemäß Formel 12 errechnet werden kann.

Lagerkosten

Die Lagerkosten sind je Lagerstrategie (Outsourcing, Teilanlieferung mit Teilauslagerung) unterschiedlich. Folgende Lagerstrategien sollen für die Auswertung in Betracht gezogen werden:

Outsourcing Strategie beim Packmittelhersteller

Im Falle der Lagerstrategie Outsourcing beim Packmittelhersteller soll die gesamte Bestellmenge ausgelagert werden. Diese können anschließend bedarfsgerecht JIT angeliefert werden.

Bei der betrachteten Strategie berechnen sich die Lagerkosten auf Basis eines fixen Prozentsatzes bezogen auf die Beschaffungskosten je Bestellung. Der Prozentsatz ist hierbei gestaffelt ausgeführt. Dieser erhöht sich bei Überschreitung der Lagerdauer der letzten Palette der betrachteten Bestellung nach 3, 6 und 12 Monaten. Die Lagerkosten können daher wie folgt berechnet werden:

$$\text{Lagerkosten} = \text{Prozentsatz (je nach Lagerdauer)} \times \text{Beschaffungskosten}$$

Formel 13: Lagerkosten Outsourcing Strategie

Teilanlieferung mit Teilauslagerung

Im Falle der Lagerstrategie Teilanlieferung mit Teilauslagerung soll ein Teil der Bestellung sofort angeliefert und der andere Teil extern (beim Packmittelhersteller oder im Zentrallager Phd) ausgelagert werden. Der ausgelagerte Teilbestand soll anschließend bei Bedarf auf einmal ausgelagert und angeliefert werden (modellbedingt, siehe auch Punkt 3.4.2.1).

Um die Lagerkosten berechnen zu können müssen zunächst die extern auszulagernden Paletten berechnet werden:

$$\begin{aligned} \text{ausgelagerte Paletten} \\ &= \text{Aufrunden (Gesamtbestellmenge [Paletten])} \\ &\quad - \text{Anliefermenge [Paletten]} \end{aligned}$$

Formel 14: Anzahl der extern ausgelagerten Paletten

Die Lagerkosten sind wiederum vom Lagerort abhängig. Im Falle der Lagerstrategie „Teilanlieferung mit Teilauslagerung“ stehen zwei Lagerorte zur Auswahl:

- Teilauslagerung beim Packmittelhersteller (PM)
- Teilauslagerung im Zentrallager (Phd)

Teilauslagerung beim Packmittelhersteller

Die Auslagerung der Teilmenge erfolgt beim Packmittelhersteller (PM). Im Gegensatz zur angebotenen Outsourcing Strategie des Packmittelherstellers, werden hier die Lagerkosten anhand der belegten Palettenstellplätze über die geplante Lagerdauer (geplante externe Auslagerungsdauer) errechnet.

$$\text{Lagerkosten} = \text{ausgelagerte Paletten} * \text{Kosten Palettenstellplatz (pro Monat)} \\ * \text{geplante Lagerdauer (Monate)}$$

Formel 15: Lagerkosten Teilauslagerung beim Packmittelhersteller Strategie

Teilauslagerung im Zentrallager

Die Auslagerung der Teilmenge erfolgt im Zentrallager (Phd). Auch hier erfolgt die Errechnung der Lagerkosten anhand der belegten Palettenstellplätze über die geplante Auslagerdauer. Im Gegensatz zur Auslagerung beim Packmittelhersteller fallen hier zusätzliche einmalige Fixkosten an (bestehend aus Manipulationsgebühren jeweils für Ein- und Auslagerung der Ware pro Palette).

$$\text{Lagerkosten} \\ = \text{Fixkosten} + \text{ausgelagerte Paletten} \\ * \text{Kosten Palettenstellplatz (pro Monat)} \\ * \text{geplante Lagerdauer (Monate)}$$

Formel 16: Lagerkosten Teilauslagerung im Zentrallager Strategie

3.4.2.3 Erstellung Excel Modell

Auf Basis der ermittelten Daten und Berechnungen unter Punkt 3.4.2.2 für die verschiedenen betrachteten Lagerstrategien (Outsourcing, Teilanlieferung mit Teilauslagerung) wurde gemäß der Formel 9, unter Berücksichtigung der definierten Stellgrößen gemäß Punkt 3.4.2.1, der Beschaffungskosten (Punkt 3.4.2.2) Lagerkosten je nach Lagerstrategie (siehe auch Punkt 3.4.2.2) ein Excel Modell erstellt. Aufgrund der Berechnungen wird der Zusammenhang des Packmittelpreises pro 1000 Stück je nach Lagerstrategie dargestellt und kann somit als Entscheidungsgrundlage für optimale Bestellmengen je nach Lagerstrategie dienen.

Zur Visualisierung und Darstellung der Funktionsweise des erstellten Excel Modells wurden seitens der Abteilung Planning and Procurement zwei realistische Bestellszenarien vorgegeben, wie sie auch in der Praxis vorkommen, welche graphisch über das erstellte Excel-Modell ausgewertet und anschließend näher diskutiert werden sollen.

3.4.2.4 Auswertung anhand Praxisbeispielen

Folgende Szenarien wurden auf Wunsch der Abteilung „Planning and Procurement“ gemäß dem erstellten Excel-Modells ausgearbeitet:

- Bestellung Halbjahresbedarf (500000 Stk., 120 ml) – 1 Teilmenge – 300000 Stk. werden angeliefert – die anderen 200000 Stk. werden eingelagert (4 Monate)
- Bestellung Halbjahresbedarf (300000 Stk., 120 ml) – 1 Teilmenge – 150000 Stk. werden angeliefert – die anderen 150000 Stk. werden eingelagert (4 Monate)

Szenario a)

Bestellung Halbjahresbedarf (500000 Stk., 120 ml) – 1 Teilmenge – 300000 Stk. werden angeliefert – die anderen 200000 Stk. werden eingelagert (4 Monate)

Gemäß Eingabe der erforderlichen Stellgrößen (siehe Punkt 3.4.2.1) in das Excel Modell ergibt sich für den Preis pro 1000 Stück folgendes Bild:

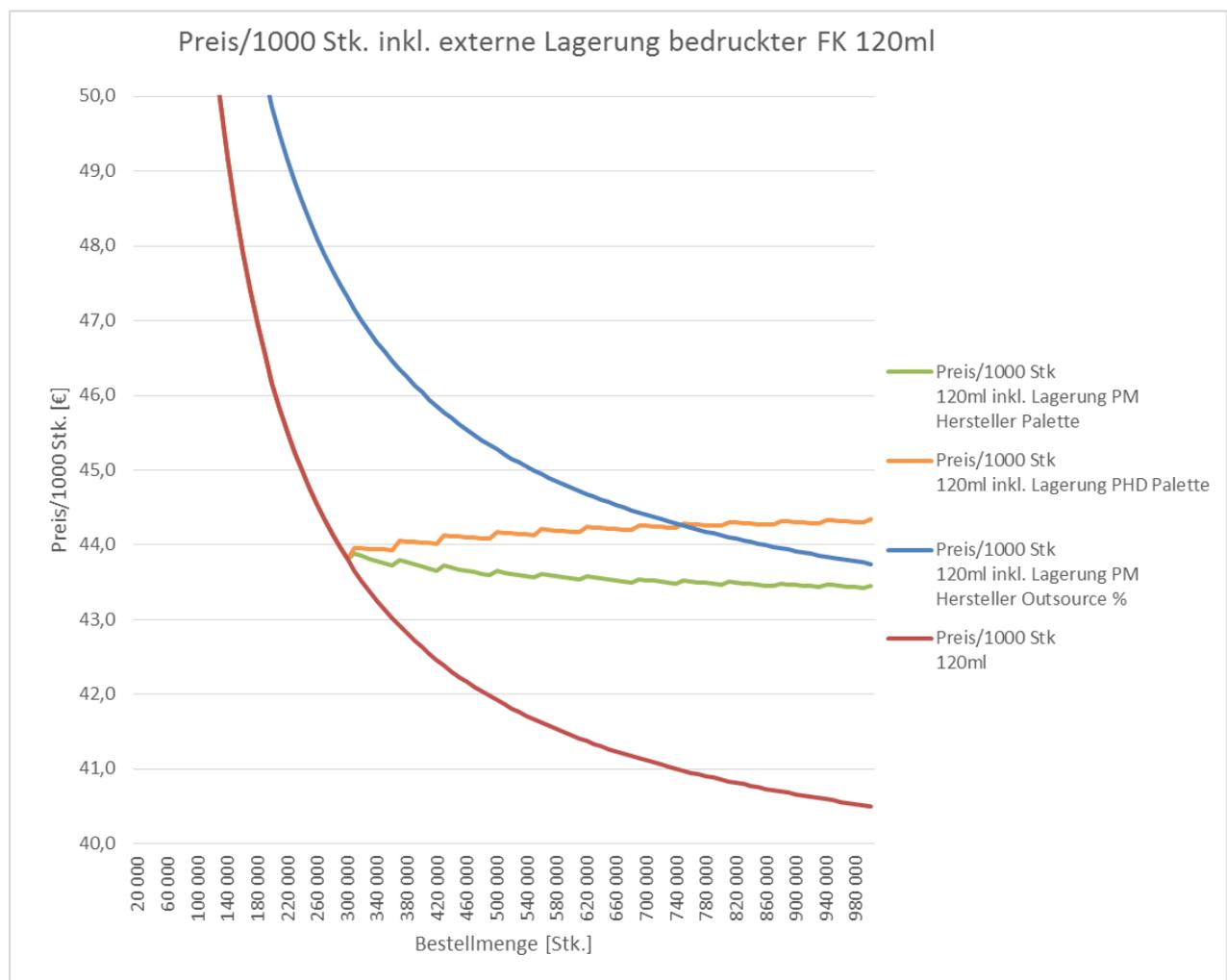


Abbildung 40: Praxiszenario a) – Auswertung Excel Modell

Wie man in Abbildung 40 erkennen kann, fallen für die ersten 300000 Stück (entspricht in etwa 36 Paletten), ausgenommen bei der Outsourcing Strategie, die gleichen Kosten an, da diese ohne Zwischenlagerung an das betrachtete Werk geliefert werden (Direktanlieferung).

Die Auswertung zeigt, dass bei einer Bestellung von 500000 Stück, wobei 200000 Stück für 4 Monate ausgelagert werden, sich ein Preis bei einer Lagerung durch den Packmittel-Hersteller von 43,65 € pro 1000 Stück und bei Lagerung im Zentrallager (Phd) von 44,15 € pro 1000 Stück einstellt. In absoluten Zahlen würde die Lagerung im Zentrallager um 250 € an Mehrkosten verursachen im Gegensatz zu der Lagerung direkt beim Packmittellieferanten.

Interessant ist auch, dass eine Mehrbestellung (z.B. 600000 Stück) einen geringfügig niedrigeren Preis mit 43,55 € pro 1000 Stück für die Auslagerung beim Packmittelhersteller und die Variante bei Auslagerung im Zentrallager (Phd) einen leicht erhöhten Preis mit 44,18 € aufweist.

Szenario b)

Bestellung Halbjahresbedarf (300000 Stk., 120 ml) – 1 Teilmenge – 150000 Stk. werden angeliefert – die anderen 150000 Stk. werden eingelagert (4 Monate)

Gemäß Eingabe der erforderlichen Stellgrößen (siehe Punkt 3.4.2.1) in das Excel Modell ergibt sich für den Preis pro 1000 Stück folgendes Bild:

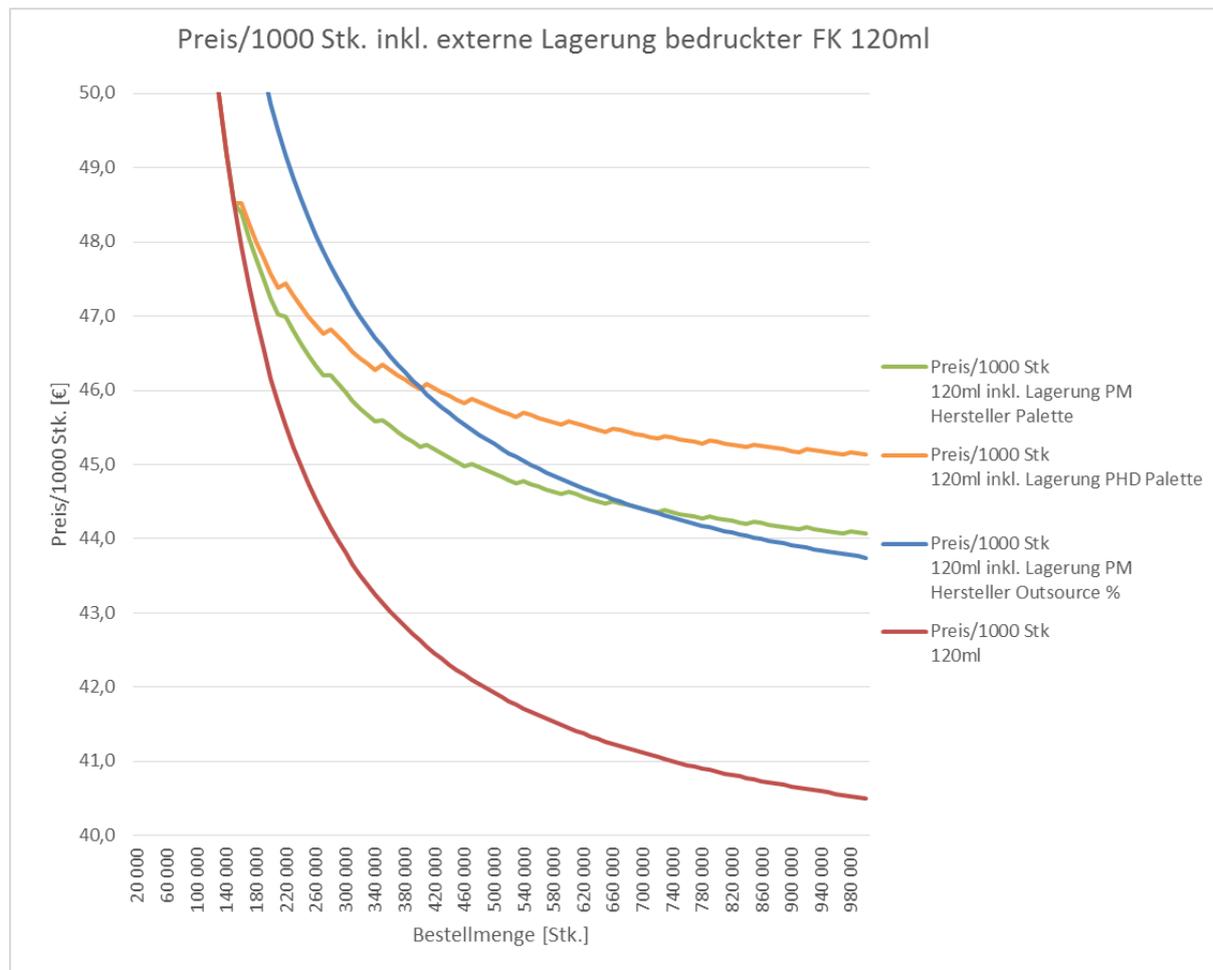


Abbildung 41: Praxisszenario b) – Auswertung Excel Modell

Wie man in Abbildung 41 erkennen kann, fallen wiederum für die ersten 150000 Stück (entspricht in etwa 18 Paletten), ausgenommen bei der Outsourcing Strategie, die gleichen Kosten an, da diese ohne Zwischenlagerung an das betrachtete Werk geliefert werden.

Die Auswertung zeigt, dass bei einer Bestellung von 300000 Stück, wobei 150000 Stück für 4 Monate ausgelagert werden, sich ein Preis bei einer Lagerung durch den Packmittel-Hersteller von 45,97 € pro 1000 Stück und bei Lagerung im Zentrallager (Phd) von 46,62 € pro 1000 Stück einstellt. In absoluten Zahlen würde die Lagerung im Zentrallager um 194 € an Mehrkosten verursachen im Gegensatz zu der Lagerung direkt beim Packmittellieferanten.

Eine Mehrbestellung (z.B. 400000 Stück) könnte sich jedoch wenn man Abbildung 41 betrachtet durchaus Sinn machen, da ein niedrigerer Preis mit 45,24 € pro 1000 Stück für die Auslagerung beim Packmittelhersteller und die Variante bei Auslagerung im Zentrallager (Phd) einen leicht erhöhten Preis mit 46,04 € aufweist. Jedoch gilt auch hier, dass die zusätzlich bestellte Menge spätestens nach 4 Monaten ausgelagert werden muss.

Interessant zu beobachten ist auch, dass die Kosten der Outsourcing Strategie bereits bei 400000 Stück äquivalent mit Auslagerungsstrategie im Zentrallager (Phd) ist. Dies erscheint logisch, da die Outsourcing Strategie sich prozentuell am Gesamtpreis orientiert. Somit wird diese bei geringeren Gesamtpreisen (Kleinmengen) zunehmend attraktiver!

Ob die Lagerung der bedruckten Packmittel komplett ausgelagert und JIT angeliefert oder ein Teil angeliefert und ein Teil ausgelagert wird und ob die Lagerung am Boden ausreichend ist, wird durch ein weiteres internes Projekt mit den vorliegenden Daten und Berechnungsmodelle in weiterer Folge ermittelt.

4 Schlussfolgerungen / Ergebnisse

Gemäß Aufgabenstellung wurde ein neues Lagersystem für die Bodenlagerung ausgearbeitet, welches sowohl die steigenden Mengen des geplanten Upscales als auch das mögliche Potential einer Überdachung der Hofflächen auf die Lagerfläche berücksichtigt. Der für das Lagerlayout betrachtete Lagerbereich wurde gemäß der ermittelten Daten der Ist-Analyse und Soll-Analyse gemäß der Grundlagen der Lagerplanung unter Berücksichtigung von Verbrauchsfolge, Schnittstellen, ABC/XYZ Priorisierung, Schwachstellenanalyse, Restriktionen und Rahmenbedingungen systematisch ausgelegt. Durch die systematische Ausarbeitung wurde sichergestellt, dass nun oft benötigte Materialien möglichst nahe zu der jeweiligen Schnittstelle in die Produktion platziert werden und die damit verbundenen Verschwendungen von Zeit und Ressourcen im Bereich Lager Hofebene minimiert werden.

Vor allem die unkonventionelle Bauweise des Lagers (enge Gänge) und der äußerst limitierte Platz für die Lagerung stellten eine große Herausforderung für dieses Projekt dar. In den folgenden Seiten soll näher auf die Resultate / Ergebnisse dieser Arbeit eingegangen werden. Zur besseren Übersicht wurden die vorgeschlagenen Maßnahmen in kurzfristig und langfristig umsetzbare Maßnahmen untergliedert.

Einführung Lagersystematik für die Bodenlagerung (kurzfristige Maßnahme)

Speziell für die derzeit vorherrschenden Räumlichkeiten wurde ein Lagersystem für die Bodenlagerung (ohne Lagerverwaltung System) ausgearbeitet, welches aufgrund nicht vorhandener Umbaumaßnahmen, sehr schnell implementiert werden kann.

Der Wareneingang und -ausgang wurde voneinander getrennt um definierte Umschlagplätze zu schaffen und um sicher zu stellen, dass bei gleichzeitiger An- und Ablieferung es zu keinen negativen Wechselwirkungen zwischen den beiden Bereichen kommen kann. Für die Praxis bedeutet dies ein strukturierter Materialfluss für An- und Ablieferung mit definierten Umschlagplätzen, wodurch mögliche Platzmängel bei hoher An- und Ablieferungsrate vermieden werden können und somit die Robustheit des An- und Ablieferprozesses verstärkt wird.

Die Warenlagerung wurde gemäß ABC/XYZ Analyse systematisch an der jeweiligen Schnittstelle zu Produktion angeordnet. Dadurch wurde sichergestellt, dass die Lagerhaltung anhand der kürzesten Wege erfolgt, wodurch sich wertvolle Zeit der Lagermitarbeiter für andere Tätigkeiten einsparen lässt. Ein weiterer großer Vorteil im Gegensatz zur derzeitigen Lagerung ist, dass vor allem jener ungünstig genutzter Bereich (wo es in der Vergangenheit sehr oft zu aufwändigen Umschichtungen von Paletten im Zuge der Bereitstellung gekommen ist, siehe auch Abbildung 1) so konzipiert wurde, dass die dort gelagerten Materialien immer Reihenweise verbraucht

werden, bis eine neue Charge angeliefert wird. Dies macht die bisher praktizierte Lagerung, welche sich durch oftmaliges umstellen von Paletten im Zuge der Bereitstellung geprägt war, hinfällig und hat ebenfalls signifikante Auswirkungen auf den benötigten Personaleinsatz.

Erhöhung der Lagerfläche im Rohstoff-Quarantänelager durch ein flexibles Sperrlagerkonzept um mehr als 50% (kurzfristige Maßnahme)

Für das vorherrschende Problem des stets überfüllten Rohstoff-Quarantänelagers wurde eine kostengünstige und vor allem flexible Lösung ausgearbeitet. Das neue Konzept sieht vor, das Quarantänelager mit dem zu groß ausgelegtem Sperrlager zu vertauschen (siehe auch Abbildung 42).

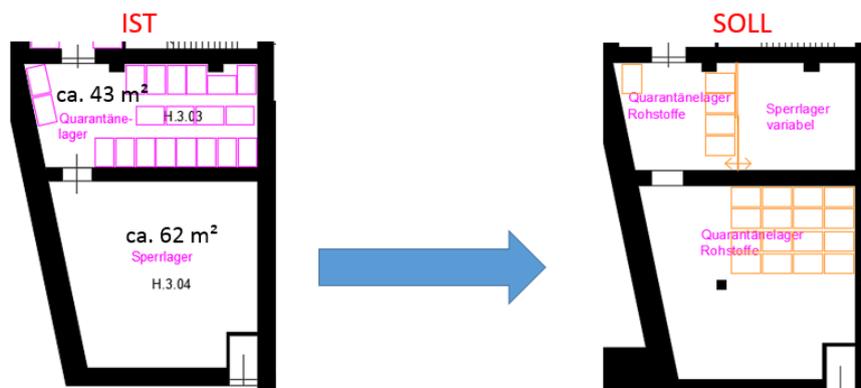


Abbildung 42: Neues Konzept - Rohstoff Quarantänelager

Damit man jedoch, um in das Quarantänelager zu gelangen, nicht das Sperrlager durchqueren muss, soll das neue Sperrlager durch ein in der Tiefe verschiebbares Trenngitter flexibel gestaltet werden (siehe auch Sperrlager variabel Abbildung oben rechts). In Zahlen würde bei einem Wechsel der Räumlichkeiten einen 44 %igen Zuwachs (von 43 m² auf 62 m²) an Fläche für das Quarantänelager mit sich bringen (optionale Lagerung von Quarantäneware im flexiblen Sperrlager nicht mit eingerechnet!). In Anbetracht der niedrigen Investitionskosten (Kostenvoranschlag ca. 6000 €) und dem durchaus beachtlichen Zugewinn an Flexibilität und Lagerauslastung wäre diese Lösung wirtschaftlich erstrebenswert und zusätzlich kurzfristig umsetzbar.

Installation Durchlaufregal im Bereich Warenausgang (langfristige Maßnahme)

Durch Installation einer Palettenrollenbahn (Durchlaufregal) im Bereich Warenausgang kann zwischen der Schnittstelle von der Produktion in das Lager (Aufzug) und dem Warenausgang erheblich an Transportweg eingespart werden.

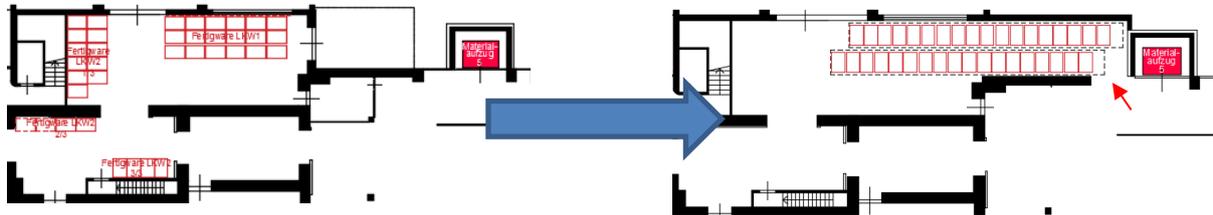


Abbildung 43: Verbesserungsvorschlag - Warenausgang

Zusätzlich würde die Installation eines solchen Durchlaufregals anhand der maßstabsgetreuen Visualisierung eine LKW basierte Vorkommissionierung pro Reihe zulassen (da 18 Paletten pro Reihe möglich), wodurch eine geregelter und einfach handzuhabender Prozess gewährleistet wäre (Lieferpapiere werden pro Ablieferung an der jeweiligen Reihe für die Übergabe an den Lieferanten positioniert). Die Umsetzung dieser Maßnahme erfordert jedoch einen Umbau der Räumlichkeiten und ist daher nicht kurzfristig umsetzbar und erfordert hohe Investitionskosten.

Aufzeigen von Handlungsbedarf bei der Lagerung von Sicherheitsbeständen einzelner Materialien (langfristige Maßnahme)

Die Auswertungen zeigen, dass Aufgrund der hohen Wiederbeschaffungszeiten einiger Materialien die Sicherheitsbestände im Falle einer Vollauslastung rasant steigen würden und nicht in diesem Umfang im betrachteten Werk gelagert werden können. Zusätzlich ist anzumerken das derzeit anhand eines statischen Sicherheitsabstandes kalkuliert wird. Aufgrund des bereits vorherrschenden SAP Systems würde jedoch eine Implementierung eines bedarfsabhängigen Sicherheitsbestandes (kalkuliert durch das SAP System, variabel, basierend auf Standardabweichung) als sehr sinnvoll erscheinen. Durch Aufzeigen dieser Entwicklung bedingt mit dem vorherrschenden Platzmangel soll in weiterer Folge intern durch die zuständigen Fachabteilungen Maßnahmen zur weiteren Vorgehensweise ausgearbeitet werden (z.B.: Auslagerung des Sicherheitsbestandes, Verkürzung der Wiederbeschaffungszeiten etc.) um zukünftig die Lagerung des Sicherheitsbestandes sowie die Vorbeugung einer möglichen out-of-Stock Situation sicherzustellen.

Outsourcing Strategie für bedruckte Packmittel (langfristige Maßnahme)

Für bedruckte Packmittel, welche aufgrund der format- und länderabhängigen Verbrauchsart einen schwankenden Verbrauch aufweisen, wurden auf Basis der Andler'schen Losgrößenformel ein Berechnungsmodell für mögliche Auslagerungsstrategien erstellt. Mit diesem Modell ist es unter anderem möglich abzuschätzen, ob eine Mehrbestellung und der Preisvorteil anhand des Economies of Scale Effekts in Kombination mit verschiedenen externen Auslagerungsstrategien (Gesamt Outsourcing, Teillieferung und Teilauslagerung) dennoch günstiger ausfällt, als wenn nur die jeweils benötigte Menge bestellt werden würde. Die Auswertungen zeigen, dass gerade bei kleineren Bestellmengen eine Outsource Strategie als sinnvoll zu erachten wäre. Die erbrachten Ausarbeitungen im Rahmen der vorliegenden Diplomarbeit sollen als Input für ein umfassendes Projekt zur weiteren Handhabung der Lagerung von bedruckten Packmitteln innerhalb des Unternehmens dienen.

5 Literaturverzeichnis

- Ehrmann, H. (1997). *Logistik*. Ludwigshafen: Kiehl Verlag.
- Ehrmann, H. (2011). *Logistik*. Ludwigshafen: Kiehl Verlag.
- Fortmann, K.-M., & Kallweit, A. (2007). *Logistik*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Gleißner, H., & Femerling, C. J. (2008). *Logistik - Grundlagen - Übungen - Fallbeispiele*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Graf, H. (2005). *Hüter der Perlenkette*.
- Günthner, W. (o.J.). *Logistikkompendium*. Von Materialflussplanung: http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set_ID=945&letter=M&title=Materialflussplanung abgerufen
- Heinrich, M. (1979). Planungsdaten. In *Materialfluß- und Lagerplanung* (S. 98-99). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.
- Heinrich, M. (2014). *Transport- und Lagerlogistik*. Springer Vieweg.
- Heiserich, O.-E., Helbig, K., & Ullmann, W. (2011). *Logistik - Eine praxisorientierte Einführung*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Isermann, H. (1998). *Logistik - Gestaltung von Logistiksystemen*. IW Köln: Landsberg Verlag.
- Jansen, R. (o.J.). *Das Lager als logistische Funktion*. Von <http://www.tablaregaltechnik.de/downloads/fachbuch/logistische-funktion.pdf> abgerufen
- Mass, & Peither. (2016). 24.B.5 Sperrlager . In *GMP-Berater*. GMP Verlag.
- o.V. (15. 03 2016). *WikiBooks*. Von Materialwirtschaft: Beschaffung: Arten der Bedarfsdeckung: Vorratsbeschaffung: Optimale Bestellmenge: https://de.wikibooks.org/wiki/Materialwirtschaft:_Beschaffung:_Arten_der_Bedarfsdeckung:_Vorratsbeschaffung:_Optimale_Bestellmenge abgerufen
- Oeldorf, G., & Olfert, K. (2000). *Materialwirtschaft*. Ludwigshafen: Kiehl Verlag.
- Oeldorf, G., & Olfert, K. (2008). *Materialwirtschaft*. Ludwigshafen: Kiehl Verlag.
- Pawellek, G. (2014). *Ganzheitliche Fabrikplanung*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Plümer, T. (2003). *Logistik und Produktion*. München: Oldenbourg Verlag.

- Schulte, C. (1999). *Logistik – Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses*. München: Vahlen Verlag.
- Schulte, C. (2005). *Logistik - Wege zur Optimierung des Material- und Informationsflusses*. München: Vahlen Verlag.
- Schulte, G. (1996). *Material- und Logistikmanagement*. München: Oldenbourg.
- Schulte, G. (2001). *Material- und Logistikmanagement*. München: Oldenbourg.
- Sommerer, G. (1998). *Unternehmenslogistik*. München: Hanser Verlag.
- ten Hompel, M. (2008). *Warehouse Management*. Berlin: Heidelberg.
- Thomas, S. (30. 07 2016). *Logistik Knowhow*. Von Lagerstrategie: <https://logistikknowhow.com/lagerstrategie-fefo/> abgerufen
- Wannenwetsch, H. (2005). *Vernetztes Supply Chain Management*. Heidelberg-Berlin-New York: Springer Verlag.
- Wannenwetsch, H. (2014). *Integrierte Materialwirtschaft, Logistik und Beschaffung*. Mannheim, Deutschland: Springer Verlag.

6 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung Lager Hofebene	4
Abbildung 2: Übersicht – Aufbau der Arbeit.....	6
Abbildung 3: Iterationsprozess einer Planung	8
Abbildung 4: Gliederung von Analysemethoden.....	13
Abbildung 5: Kombination von ABC- und XYZ-Analyse.....	18
Abbildung 6: Der Materialbestand	23
Abbildung 7: Bestellpunktverfahren mit gleichen Bestellmengen	26
Abbildung 8: Vorteile zentraler und dezentraler Lagerstandorte.....	29
Abbildung 9: Einteilung nach Lagertypen	30
Abbildung 10: Bodenlagerung in Form der Blocklagerung	31
Abbildung 11: Bodenlagerung in Form der Zeilenlagerung	31
Abbildung 12: Fachbodenregallager.....	32
Abbildung 13: Palettenregal.....	33
Abbildung 14: Einfahrregallager	34
Abbildung 15: Durchfahrregallager	35
Abbildung 16: Durchlaufregallager	36
Abbildung 17: Klassische Produktionssteuerung vs. Kanban-Steuerung	37
Abbildung 18: Graphische Darstellung optimale Bestellmenge	39
Abbildung 19: Übersicht – Arbeitspakete gemäß Lager- und Materialflussplanung...47	
Abbildung 20: Datenauszug Ergebnisdarstellung ABC/XYZ-Analyse.....	50
Abbildung 21: Wareneingangsmatrix.....	54
Abbildung 22: Material je Schnittstelle in die Produktion	60
Abbildung 23: Beispiel Elektro-Hochhubwagen	62
Abbildung 24: Ablaufschema Wareneingang.....	70
Abbildung 25: Darstellung Detail IST Zustand Lager Hofebene	71
Abbildung 26: Rohstoff – Ablaufschema Material B013667.....	74
Abbildung 27: Alupalette mit 4 Eckfüßen	82
Abbildung 28: Alupalette mit Auflagekufen.....	75
Abbildung 29: Rohstoff – Ablaufschema Material B013669.....	76
Abbildung 30: Rohstoff – Ablaufschema sonstige Rohstoffe	79
Abbildung 31: Packmittel – Ablaufschema Flaschen	80
Abbildung 32: Packmittel – Ablaufschema Überkarton.....	82
Abbildung 33: Packmittel – Ablaufschema Messbecher	84
Abbildung 34: Packmittel – Ablaufschema Verschlüsse	86
Abbildung 35: Ablaufschema Warenausgang.....	90
Abbildung 36: Verbesserungsvorschlag Quarantänelager Rohstoffe	92
Abbildung 37: Bereich Lager Hofebene mit Überdachung.....	93
Abbildung 38: Verbesserungsvorschlag Warenausgang	95

Abbildung 39: Lagerlayout 5 Chargen ohne Überdachung	97
Abbildung 40: Praxisszenario a) – Auswertung Excel Modell	102
Abbildung 41: Praxisszenario b) – Auswertung Excel Modell	104

7 Formelverzeichnis

Formel 1: Berechnung Anzahl der verbrauchten Paletten je Artikel	18
Formel 2: Ausgangsformel zu Minimierung der Gesamtkosten nach Andler	41
Formel 3: optimale Beschaffungsmenge nach Andler	41
Formel 4: Berechnung Wiederbeschaffungszeit	65
Formel 5: Berechnung Sicherheitsbestand.....	65
Formel 6: Berechnung minimaler Lagerbestand.....	66
Formel 7: Berechnung mind. benötigte Stellplätze	68
Formel 8: Gesamtkosten (Ausgangsformel Berechnung)	98
Formel 9: Beschaffungskosten pro Position (Daten Berechnung Packmittelhersteller)	99
Formel 10: Beschaffungskosten (Daten Berechnung Packmittelhersteller)	99
Formel 11: Preis pro 1000 Stück (Daten Berechnung Packmittelhersteller)	99
Formel 12: Lagerkosten Outsourcing Strategie	100
Formel 13: Anzahl der extern ausgelagerten Paletten.....	100
Formel 14: Lagerkosten Teilauslagerung beim Packmittelhersteller Strategie	101
Formel 15: Lagerkosten Teilauslagerung im Zentrallager Strategie	101

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorien der ABC/XYZ Analyse	19
Tabelle 2: Vor- und Nachteile der Bodenlagerung.....	31
Tabelle 3: Vor- und Nachteile der Fachregallagerung	32
Tabelle 4: Vor- und Nachteile der Palettenregallagerung	33
Tabelle 5: Vor- und Nachteile der Einfahrregallagerung	34
Tabelle 6: Vor- und Nachteile der Durchfahrregallagerung	35
Tabelle 7: Vor- und Nachteile der Durchlaufregallagerung	36
Tabelle 8: Zugriffe – Auszug der ABC/XYZ Auswertung	49
Tabelle 9: Verbrauch in Paletten – Auszug der ABC/XYZ Auswertung	49
Tabelle 10: ABC / XYZ Matrix.....	50
Tabelle 11: Rohstoffe - Priorisierung nach ABC / XYZ Matrix.....	51
Tabelle 12: Packmittel - Priorisierung nach ABC / XYZ Matrix	52
Tabelle 13: Einteilung der Materialien nach Lager- und Verbrauchsart.....	55
Tabelle 14: Taktzeiten je Format	57
Tabelle 15: Rohstoffe – Verbrauch in Paletten (neue Chargengröße).....	58
Tabelle 16: Packmittel – Verbrauch in Paletten je Format (neue Chargengröße)	58
Tabelle 17: Fertigprodukt – Fertigproduktpaletten je Schichtung (neue Chargengröße).....	59
Tabelle 18: Packmittel – Materialdrehung in Minuten pro Palette (neue Chargengröße)	59
Tabelle 19: Fertigprodukt – Materialdrehung in Minuten pro Palette (neue Chargengröße)	59
Tabelle 20: Minimaler Lagerbestand	64
Tabelle 21: mindestens benötigte Stellplätze	67
Tabelle 22: Rohstoff – Zusammenfassung Material B013667	73
Tabelle 23: Rohstoff – Zusammenfassung Material B013669	76
Tabelle 24: Rohstoff – Zusammenfassung Material B013669	78
Tabelle 25: Packmittel – Zusammenfassung Flaschen	80
Tabelle 26: Packmittel – Zusammenfassung Überkarton	82
Tabelle 27: Packmittel – Zusammenfassung Messbecher	84
Tabelle 28: Packmittel – Zusammenfassung Verschlüsse	86
Tabelle 29: Übersicht Verbrauchunterteilung bedruckte Packmittel	88