



Daniel Pototschnigg, BSc

# **Anforderungen an ein Warenlager von Produktionsbetrieben**

## **MASTERARBEIT**

zur Erlangung des akademischen Grades

Master of Science

Masterstudium Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau

eingereicht an der

**Technischen Universität Graz**

Betreuer

Dipl.-Ing. Florian Ehentraut

Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Landschützer

Institut für Technische

Logistik

Graz, Februar 2016

## **EIDESSTÄTTLICHE ERKLÄRUNG**

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen/Hilfsmittel nicht benutzt, und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe. Das in TUGRAZonline hochgeladene Textdokument ist mit der vorliegenden Masterarbeit identisch.

---

Datum

---

Unterschrift

## **Vorwort**

Diese Masterarbeit wurde im Zuge meines Masterstudiums, Wirtschaftsingenieurwesen-Maschinenbau, am Institut für Technische Logistik, an der TU Graz verfasst und dient der Erlangung des akademischen Grades „Diplomingenieur“. Sie entstand in Zusammenarbeit mit der Firma KNAPP INDUSTRY SOLUTIONS.

Ein besonderes Dankeschön gilt Herrn Dipl.-Ing. Florian Ehrentraut sowie Herrn Ass.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Christian Landschützer für die Betreuung, Durchsicht und die tatkräftige Unterstützung.

Ebenfalls möchte ich mich für die tolle Zusammenarbeit mit der Firma KNAPP INDUSTRY SOLUTIONS bedanken. Mein besonderer Dank gilt Herrn Martin Klug für die Unterstützung und Hilfestellung während meiner Arbeit. Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn Mag. Wolfgang Skrabitze bedanken, der die Masterarbeit ins Leben gerufen und diese Zusammenarbeit ermöglicht hat.

Ein großes Dankeschön gilt auch meinen Eltern, Isabella und Karl Pototschnigg, die mir dieses Studium ermöglicht haben und mir während dieser gesamten Zeit zur Seite standen.

Um den Lesefluss nicht durch eine ständige Nennung beider Geschlechter zu stören, habe ich in dieser Arbeit ausschließlich die männliche Form verwendet. Dies impliziert aber immer auch die weibliche Form.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	2
Inhaltsverzeichnis .....	3
1 Einleitung .....	1
1.1 Motivation .....	2
1.2 Forschungsfrage .....	2
1.3 KNAPP Industry Solutions GmbH .....	2
2 Problemanalyse .....	4
2.1 Begriffsdefinitionen .....	4
2.2 Problematik .....	5
2.2.1 Allgemeine Situation .....	5
2.2.2 Situation bei KNAPP Industry Solutions .....	5
2.3 Ziele der Masterarbeit .....	6
3 Entwicklung von Maßnahmen – Vorgehensweise .....	7
3.1 Produktionsbetrieb .....	7
3.1.1 Die Produktion .....	7
3.1.2 Lagergliederung im Produktionsbereich .....	8
3.1.3 Anforderungen an eine zukünftige Produktion .....	9
3.2 Lagersysteme .....	10
3.2.1 Grundtypen von Lagersystemen .....	11
3.2.2 Weitere Lagersysteme .....	16
3.3 Ladehilfsmittel .....	19
3.3.1 Unterfahrbare Ladehilfsmittel .....	19
3.3.2 Nicht unterfahrbare Ladehilfsmittel .....	20
3.4 Kommissioniersysteme .....	21
3.4.1 Ablaufstrategie .....	22
3.4.2 Kommissioniertechnik .....	22
3.5 Abgrenzung der Produktionslogistik von anderen Logistikbereichen ..	23
3.6 Analysewerkzeuge .....	25
3.6.1 Analysemethoden .....	26
3.6.2 Kennzahlen .....	27
3.6.2.1 Kennzahlen aus der Literatur .....	27
3.6.2.2 Weitere Kennzahlen .....	29
4 Methodik der Vorgehensweise .....	31
4.1 Unternehmen 1 - MOSDORFER GmbH .....	32
4.1.1 Analyse der Produktionslogistik .....	33
4.1.1.1 Warenein-/Warenausgang und Kommissionierung .....	34
4.1.1.2 Lagerbereiche .....	35
4.1.1.3 Eingesetzte Software im Lagerbereich .....	38
4.1.1.4 Ladehilfsmittel .....	38
4.1.1.5 Weitere Fakten .....	39
4.1.2 Artikelklassifizierung .....	39
4.1.2.1 Umgeschlagene Artikel .....	39
4.1.2.2 Versandeinheiten .....	40
4.1.3 Datenauswertung .....	41
4.1.4 Rücksprache mit dem Unternehmen .....	44
4.1.5 Zusammenfassung .....	46
4.2 Unternehmen 2 - Voestalpine Böhler Welding Group GmbH .....	47

4.2.1	Analyse der Produktionslogistik.....	48
4.2.1.1	Warenein-/Warenausgang und Kommissionierung .....	49
4.2.1.2	Lagerbereiche .....	51
4.2.1.3	Eingesetzte Software im Lagerbereich .....	54
4.2.1.4	Ladehilfsmittel.....	54
4.2.1.5	Weitere Fakten.....	54
4.2.2	Artikelklassifizierung.....	54
4.2.3	Datenauswertung .....	54
4.2.4	Rücksprache mit dem Unternehmen.....	57
4.2.5	Zusammenfassung.....	59
4.3	Unternehmen 3 - XAL GmbH.....	60
4.3.1	Analyse der Produktionslogistik.....	61
4.3.1.1	Warenein-/Warenausgang und Kommissionierung .....	65
4.3.1.2	Lagerbereiche.....	65
4.3.1.3	Eingesetzte Software im Lagerbereich .....	69
4.3.1.4	Ladehilfsmittel.....	69
4.3.2	Artikelklassifizierung.....	69
4.3.3	Datenauswertung .....	70
4.3.4	Rücksprache mit dem Unternehmen.....	72
4.3.5	Zusammenfassung.....	73
4.4	Marktanalyse .....	74
4.4.1	YLOG Shuttle .....	74
4.4.2	Shuttle – Systeme.....	77
4.4.2.1	Dematic Multishuttle 2.....	78
4.4.2.2	Vanderlande Adapto .....	80
4.4.2.3	Servus ARC3 .....	80
4.4.2.4	TGW Stingray .....	83
4.4.3	Alternative Möglichkeiten zur automatisierten Kleinteilelagerung	85
4.4.3.1	Autostore .....	85
4.4.3.2	Kardex Remstar Shuttle XP.....	88
4.4.3.3	StoreBiter 300 MLS .....	93
5	Bewertung der Vorgehensweise .....	95
5.1	Schlussfolgerungen aus den Unternehmensanalysen .....	95
5.2	Schlussfolgerungen aus dem Konkurrenzvergleich .....	100
5.2.1	Shuttle – Systeme.....	100
5.2.2	Alternative Möglichkeiten zur automatisierten Kleinteilelagerung....	102
5.3	Optimierungsvorschläge.....	104
5.4	Einsatzgebiet des YLOG-Shuttles .....	107
5.5	Beantwortung der Forschungsfrage .....	107
6	Zusammenfassung .....	109
7	Verzeichnisse.....	110
7.1	Literaturverzeichnis .....	110
7.2	Abbildungsverzeichnis.....	115
7.3	Tabellenverzeichnis .....	117
7.4	Formelverzeichnis.....	118
7.5	Abkürzungsverzeichnis .....	118
8	Anhang .....	119
8.1	Veröffentlichter Kurzttext - Deutsch .....	119

---

8.2	Veröffentlichter Kurzttext - Englisch.....	119
8.3	Interviewfragen.....	120
8.4	Fragebogen.....	121
8.5	Bewertungsmatrix .....	122

# 1 Einleitung

Das Warenlager ist das Herzstück eines jeden Versandhauses. Kapazität, Artikelanzahl, Durchlaufzeiten und viele weitere Faktoren eines Versandhauses werden entscheidend vom Lager, dessen Technologie und der Lagerumgebung bestimmt. Dem gegenüber stehen bei einem Produktionsbetrieb dessen Kernkompetenzen im Mittelpunkt. Um sich auf diese zu konzentrieren, ist es erforderlich in anderen Bereichen verstärkt auf Kooperationen zu setzen. Daraus resultiert eine sinkende Fertigungstiefe und daraus wiederum eine steigende Bedeutung der Logistik, da die Liefervorgänge mit den Kooperationspartnern zunehmen. Folglich wird es auch zu vermehrten Zwischeneinlagerungen im Warenlager kommen. Daher ist es empfehlenswert, auch im Bereich der Produktion die Bedeutung des Warenlagers zu steigern. Ein optimal ausgelegtes Warenlager in einem Produktionsbetrieb kann zu allerhand Verbesserungen im gesamten Unternehmen führen. Wer sich mit der Optimierung eines Unternehmens beschäftigt, wird früher oder später mit der Warenlagerung konfrontiert und über die Frage stolpern: Welche Anforderungen hat ein Warenlager im Bereich von Produktionsbetrieben? Mit genau dieser Fragestellung beschäftigt sich das Unternehmen KNAPP Industry Solutions derzeit. Der Fokus der Masterarbeit liegt daher in der Anforderungsbestimmung von Betrieben, die im Produktionsbereich tätig sind sowie der Abstimmung dieser, mit dem Produkt von KNAPP Industry Solutions, dem YLOG Shuttle. (vgl. [HS10], S. 6; [KL01]; [LW12], S. 285; [WIL04])

Hauptziel der Arbeit ist es, Informationen, Kennzahlen oder Tendenzen herauszuarbeiten, die die Anforderungen an ein Warenlager eines Produktionsbetriebes widerspiegeln. Eine weitere Aufgabe ist es, die Anwendbarkeit des YLOG Shuttles für diesen Bereich zu untersuchen und Verbesserungen aufzuzeigen, um hier noch bessere Verwendung zu finden.

Beginnend mit einer Begriffsdefinitionen (Kapitel 2.1) werden die grundlegenden Begriffe dieser Arbeit näher gebracht. Im Anschluss daran wird genauer auf die Problemstellung dieser Arbeit eingegangen. Danach wird in Kapitel 3 eine Vorgehensweise entwickelt und beschrieben sowie weiterführende Informationen geliefert, die für die darauffolgenden Untersuchungen benötigt werden. In Zusammenarbeit mit drei Unternehmen wird deren Produktion und Lagersituation in Kapitel 4 (Methodik der Vorgehensweise) analysiert. Im Anschluss daran wird eine Marktanalyse von Lagertechnologien durchgeführt, um im weiteren Verlauf (5 Bewertung der Vorgehensweise) Rückschlüsse aus den Unternehmens- und Marktanalysen zu ziehen.

## 1.1 Motivation

In der heutigen Zeit dient ein Warenlager kaum nur noch der starren Lagerung. Vielmehr geht es darum, die entsprechende Lagertechnologie mit der geeigneten Lagerstrategie abzustimmen und mit den vorhandenen bzw. zukünftigen Rahmenbedingungen, wie Artikelanzahl, Stellplätze, Warenart, etc., zu vereinbaren. Das Unternehmen KNAPP Industry Solution (siehe 1.3) sieht im Bereich der Produktionsbetriebe ein großes Potenzial für sein Produkt. Daher soll das Wissen speziell in diesem Gebiet erweitert werden. Dieses soll dann zur Erweiterung der bestehenden Kenntnisse und in weiterer Folge zur Weiterentwicklung und Optimierung ihres Produktes, dem YLOG-Shuttle führen.

Auch für mich persönlich stellt dieses Thema einen besonderen Anreiz dar. Da sich mein Ausbildungsschwerpunkt im Bereich der Produktionstechnik befindet und die Logistik meine primäres Interessensgebiet darstellt. Durch diese Arbeit ist es möglich, ein Thema zu behandeln, welches sich aus diesen beiden Gebieten ergibt und einen ideale Abrundung meines Studiums darstellt.

## 1.2 Forschungsfrage

Aus dem aus Kapitel 1.1 genannten Beweggrund heraus ergibt sich die Forschungsfrage, mit der sich diese Arbeit befasst:

**Welche Erwartungen muss ein gegenwärtiges bzw. in naher Zukunft eingesetztes Warenlager in einem Produktionsbetrieb erfüllen um die Produktion positiv zu beeinflussen?**

## 1.3 KNAPP Industry Solutions GmbH

Die KNAPP Industry Solutions GmbH (vormals YLOG Industry Solutions) ist ein steirisches Unternehmen mit Sitz in Dobl und gehört der KNAPP-



Gruppe an. Dabei ist das Unternehmen im Bereich von intralogistischen Systemlösungen für mittelständische Unternehmen im Einsatz. Spezialisiert auf skalierbare Anlagen im Bereich der Lagerung und Arbeitsplatzversorgung, zeichnen sich die Systeme vor allem durch ihre energiesparende Funktionsweise aus. Das Produkt, welches sich hinter dem Unternehmen verbirgt, ist das System des YLOG-Shuttles (siehe Abbildung 1). Durch die Eigenschaften des Shuttles ist es unter anderem möglich skalierbare Lösungen anzubieten welche sich der Umgebung anpassen und jeder Zeit erweitert werden können. Eine genauere Beschreibung dieser Technologie befindet sich in Kapitel 4.4.1 - YLOG Shuttle (vgl. [YLO15]).



Abbildung 1: Das YLOG-Shuttle [YLO15]

## 2 Problemanalyse

Ausgehend von der für diese Arbeit benötigten Begriffe, wird im Anschluss auf das Problem, welches der Grund für diese Arbeit ist, näher eingegangen. Danach erfolgt eine kurze Beschreibung der aktuellen Situation im Allgemeinen sowie im Unternehmen KNAPP Industry Solutions. Zum Abschluss werden die Ziele dieser Masterarbeit festgelegt.

### 2.1 Begriffsdefinitionen

Hier werden die ab Kapitel 3 verwendeten Begriffe erläutert, um ihnen bei der Verwendung in den folgenden Kapiteln eine einheitliche Bedeutung zu verschaffen. Diese umfassen die grundlegendsten Begriffe, welche für diese Arbeit relevant sind.

#### Produktion

*„Gesamtheit von Technik, Organisation und Tätigkeit zur Neuherstellung, Wiederherstellung und Verwertung von nutzbaren Produkten.“* ([HEL10], S. 15)

Diese Definition lässt die Schlussfolgerung zu, dass sich in der Produktion alles um das Produkt dreht. Angefangen von der Produktentstehung bzw. -entwicklung, über die Reparatur, bis hin zur Verwertung von gebrauchten Gegenständen.

#### Fabrik

Eine Fabrik wird nach Helbin ([HEL10], S. 15) auf folgende Weise beschrieben: *„Materiell-technisches, technologisch-organisatorisches und örtlich-räumliches Systemgebilde der – industriellen – Produktion mit bestimmter Aufgabe (Produktionsaufgabe), Dimension, Struktur und Gestalt, in der die zur Neuherstellung, Wiederherstellung oder Verwertung von Produkten erforderlichen Prozesse in Systemen realisiert, durch ausgebildete Menschen organisiert und durch energieinanspruchnehmende Technik unterstützt werden.“*

Daraus ist abzuleiten, dass der Begriff der Produktion mit dem der Fabrik sehr stark verknüpft ist.

#### Lagern

*„Lagern ist das Aufbewahren und Bereithalten der Bestände einer Anzahl von Artikeln.“* ([GUD05], S.583)

Der Prozess des Lagerns lässt sich nach Gudehus in drei Prozesse aufsplitten ([GUD05], S.583):

- Einlagern
- Aufbewahren
- Auslagern

## Ladehilfsmittel

Es gibt mehrere Begriffe, die in der Logistik bedeutungsgleich neben der Bezeichnung der Ladehilfsmittel angeführt werden, wie bspw. Ladungsträger, Transporthilfsmittel oder aber auch Lagerhilfsmittel. Es handelt sich um Träger einer Ladung, deren Aufgabe es ist, durch den Einsatz von Hilfsmittel einheitliche Ladeeinheiten zu bilden. Denn genau diese Einheitenbildung ist der Schlüssel am Weg zur Mechanisierung und Automatisierung im Bereich des Warenflusses. Weitere Vorteile ergeben sich im Bereich hoher Stückzahlen, bei niedrigem Gewicht oder kleinen Abmessungen von Stückgütern. Das ist durch die Schaffung einer einheitlichen Schnittstelle zwischen den Artikeln und dem Materialflusssystem möglich. Dadurch wird eine wesentlich einfachere Handhabung ermöglicht. (vgl. [MAR14], S. 62; [HSN07], S. 23)

## Kommissionierung

*„Die Kommissionierung entspricht der Auslagerung vorgegebener Artikel zur Erstellung eines Auftrags, der aus einem oder mehreren Auftragspositionen besteht und die Menge jedes einzelnen Artikels angibt.“* ([MAR14], S. 396)

Als Schlussfolgerung daraus ergibt sich, dass die Kommissionierung den Wechsel der sortenreinen Lagerung im Warenlager, hin zum sortenunreinen Auftrag darstellt. (vgl. [MAR14], S. 396)

## 2.2 Problematik

Während dem Unternehmen KNAPP Industry Solutions die Anforderungen an andere Branchen ausreichend bekannt sind, ist dieses Wissen im Bereich der Produktionsbetriebe noch verschwommen.

Um jedoch erfolgreich und nachhaltig auch in diesem Bereich Fuß zu fassen, ist es das Ziel, die speziellen Eigenschaften die diese Unternehmen verlangen, zu ermitteln und die Weiterentwicklung in diesem Bereich voranzutreiben.

### 2.2.1 Allgemeine Situation

Automatisierte Lagerlösungen finden auch im Bereich der Produktionsbetriebe immer größere Beliebtheit. Mittlerweile gibt es eine Vielzahl an unterschiedlichen Technologien, die in diesem Bereich zum Einsatz kommen. Nahezu für jede Situation und Größe gibt es unterschiedliche Lösungen, welche ihre Stärken im jeweiligen Einsatzgebiet ausspielen können. Eine Auswahl an automatisierten Lagersystemen wird unter Kapitel 4.4, Marktanalyse, angeführt.

### 2.2.2 Situation bei KNAPP Industry Solutions

Die KNAPP Industry Solutions GmbH hat es mittlerweile geschafft, das YLOG Shuttle erfolgreich in verschiedenen Branchen einzusetzen. Die zukünftige Zielvorgabe lautet, das Shuttle vor allem im Bereich von Produktionsbetrieben einzusetzen und weiterzuentwickeln. Dort soll es sowohl zur Warenlagerung, als auch zu einer möglichen Arbeitsplatzversorgung eingesetzt werden. Besonders in diesem Bereich sieht man die Möglichkeit, die Stärken des Shuttles voll auszu-

spielen. Dafür ist es notwendig Ansprüche und Erwartungen zu befriedigen, welche von produktionslastigen Unternehmen an ihre Lagertechnologie gestellt werden. Durch die Behandlung dieses Themas soll sich eine Empfehlung herauskristallisieren, in welche Richtung die zukünftige Weiterentwicklung gehen soll und in welchen Anwendungsgebieten der produzierenden Betriebe eine große Chance für das Shuttle besteht. Abbildung 2 zeigt das Shuttle des Unternehmens bei der Handhabung von Behältern. Eine genauere Beschreibung des YLOG-Shuttles liefert Kapitel 4.4.1.



Abbildung 2: Das YLOG-Shuttle bei der Ladungsträgeraufnahme [YLO15]

## 2.3 Ziele der Masterarbeit

Das Ziel dieser Arbeit ist es, einen genaueren Einblick in den Bereich der Produktionsbetriebe zu erhalten. Der Fokus liegt dabei besonders auf Kennzahlen wie der Anzahl der Stellplätze oder dem Durchsatz. Zusätzlich zu diesen standardisierten Werten sollen auch Werte und Zustände ermittelt werden, welche mit der Firma KNAPP Industry Solutions abgesprochen wurden. Daneben gilt es ebenso, die eingesetzten Ladehilfsmittel aufzulisten und deren Einsatz genauer zu betrachten. Die Stärken und besonders die Schwächen des YLOG-Shuttles im Vergleich zur Konkurrenz sollen mit dieser Arbeit ebenfalls aufgezeigt werden. Aus diesen oben genannten Zielen sollen in weiterer Folge, zukünftige Entwicklungsschritte sowie mögliche Optimierungspotenziale abgeleitet werden. Darüber hinaus wird angestrebt, so viel wie möglich an brauchbaren Informationen im Bereich der Produktionsbetriebe mitzunehmen, um so eine bessere Sichtweise auf diese Branche zu erhalten.

## **3 Entwicklung von Maßnahmen – Vorgehensweise**

Dieses Kapitel beschäftigt sich zu Beginn mit dem Bereich der Produktionsbetriebe. Zunächst soll geklärt werden, wie ein solcher Betrieb in der Theorie gesehen wird. Ebenfalls wird auf die Materialbereitstellung in diesen Betrieben, sowie theoretische, zukünftige Anforderungen eingegangen. Im nächsten Schritt sind weiterführende Informationen zu den Begrifflichkeiten aus Kapitel 2.1 angeführt, um unterschiedliche Unterteilungen und Ausprägungen dieser Begriffe zu erhalten und Untersuchungen in diesem Bereich tätigen zu können. Im Anschluss werden anhand von Branchenvergleichen erste Tendenzen von Produktionsbetrieben im Vergleich zu anderen Bereichen herausgearbeitet. Danach wird ein kurzer Blick auf Analysemethoden geworfen, die bei der Unternehmensanalyse im nächsten Kapitel Anwendung finden. Diese werden benötigt um brauchbare Informationen aus einer Vielzahl an möglichen Ressourcen zu generieren. Im letzten Punkt dieses Kapitels werden Kennzahlen und Eigenschaften präsentiert, die sich bei Vorhandensein der Betriebsdaten, aus der Datenanalyse gewinnen lassen.

Im weiteren Verlauf gilt es dann in Kapitel 4 mit Hilfe von Unternehmensanalysen, Anforderungen zu erheben. Dabei geht es vor allem um eingesetzte Ladehilfsmittel, Stellplätze und Durchsätze dieser Unternehmen. Im Anschluss an diese Hauptaufgabe der Masterarbeit, wird das System des YLOG-Shuttles anderen Systemen gegenübergestellt (4.4-Marktanalyse). Aus dieser Gegenüberstellung, sowie den Ergebnissen aus den Unternehmensanalysen, werden im Kapitel 5 (Bewertung der Vorgehensweise) Rückschlüsse aus den getätigten Untersuchungen gezogen. Daraus werden dann mögliche Optimierungspotenziale und Entwicklungsziele für das YLOG-Shuttle-System abgeleitet und mögliche Einsatzgebiete näher betrachtet.

### **3.1 Produktionsbetrieb**

Da der Fokus dieser Arbeit auf der Gruppe der Produktionsbetriebe liegt, soll nun auch dieser Begriff ein wenig genauer durchleuchtet werden. Was verbirgt sich hinter dem Begriff und wie kann dieser abgegrenzt werden? Danach wird ein Blick auf die theoretische Lagergliederung dieser Betriebe geworfen und zum Schluss wird noch auf mögliche, zukünftige Anforderungen eingegangen.

#### **3.1.1 Die Produktion**

Zusätzlich, zu der unter Kapitel 2.1 angeführten Begriffserklärung der Produktion, ist es möglich die Produktion zu untergliedern. Zu unterscheiden ist hierbei die natürliche Produktion und die technisch-organisatorische Produktion. Bei der natürlichen Form bedarf es nur einem geringen Einsatz von Technik und Mensch. Der Großteil der Arbeit wird von der Natur erledigt, wie z.B. im Bereich der Forstwirtschaft. Bei der zweiten Form der Produktion ist man sehr wohl auf technische Einrichtungen, sowie auf Menschen, angewiesen. Daher wird sie auch die „industrielle Produktion“ genannt, welche nahezu ausschließlich in Fabriken verwirklicht wird. (vgl. [HEL10], S. 15)

### 3.1.2 Lagergliederung im Produktionsbereich

Im Rahmen eines Produktionsbetriebes spielt in vielen Fällen die Montage eine entscheidende Rolle. Derzeitige Trends zielen darauf ab, die Kernkompetenzen eines Betriebes gut einzusetzen. Dieser Umstand führt zu erhöhten Kooperationen und einer sinkenden Fertigungstiefe. Daraus lässt sich ableiten, dass der Wertschöpfungsanteil der Montage stark zunimmt, da es vermehrt zur Montage von Baugruppen oder Modulen kommt.

Für einen Produktionsbetrieb stellen sich daher folgende Herausforderungen (vgl. [LW12], S. 285f):

- Beschaffung, Lagerung und Bereitstellung einer größeren Anzahl hinsichtlich Materialmenge und –sorten. Dieses größere Beschaffungsvolumen führt zwangsweise zu einem erhöhten Personalaufwand um eine gleichbleibende Handhabung (Planung, Bearbeitung, usw.) zu gewährleisten.
- Verstärkte Beschaffung und Integration von Dienstleistungen.
- Starke Abhängigkeit der eigenen Termintreue, sowie der Qualität vom Lieferanten.
- Die Gesamtkosten sind zu einem großen Teil auch von den Einkaufspreisen der Baugruppen bzw. Dienstleistungen am Markt abhängig. Größere Absatzmengen haben positiven Einfluss auf Einkaufspreis. Jedoch gilt es, die größere Menge auch angemessen zu lagern.

In der Mehrheit der Produktionsbetriebe ist es nicht möglich, den gesamten Materialfluss von einem zentralen Lager aus, effizient zu gestalten. Abbildung 3 zeigt nun beispielhaft die Gliederung eines Lagers. Zu Beginn steht das **Rohlager**, welches beispielsweise den Wareneingang oder die Lagerung der Rohstoffe übernimmt. Im Anschluss daran befindet sich das **Fertigungslager**, indem alle Lagerungen, die während der Produktion nötig sind, erfolgen. Zum Schluss gelangen die fertigen Produkte in das **Absatzlager**, bevor sie zum Kunden kommen. (vgl. [LW12], S.306 f; [HAR02])

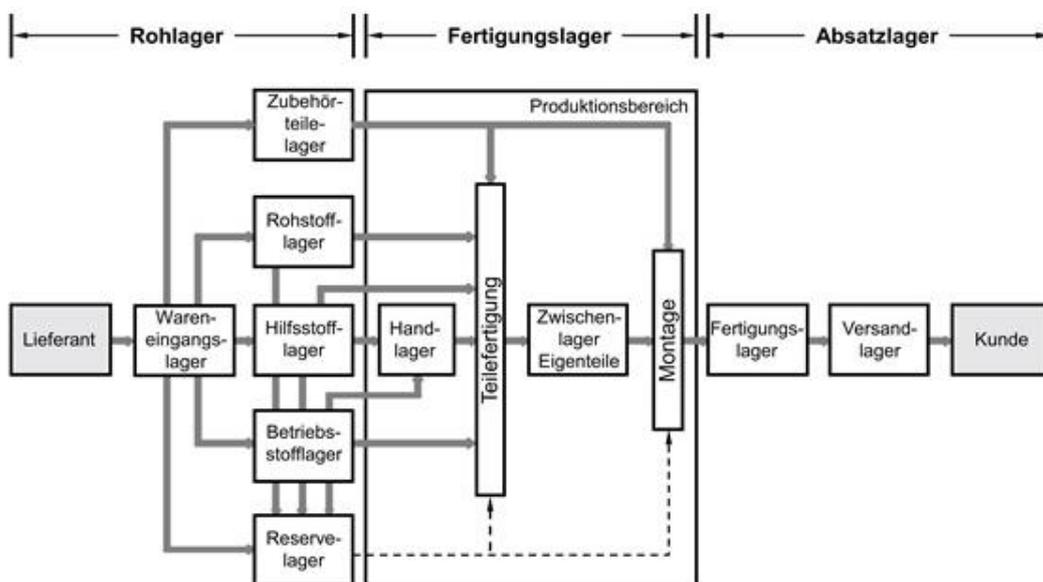


Abbildung 3: Lagergliederung eines Produktionsbetriebs ([LW12], S. 307; [HAR02])

### 3.1.3 Anforderungen an eine zukünftige Produktion

In diesem Kapitel geht es darum, einen Blick auf mögliche Anforderungen von zukünftigen Produktionen zu werfen.

In erster Linie richten sich die Anforderungen nach dem spezifischen Produktionsprogramm eines Unternehmens. Es ist davon auszugehen, dass dieses aufgrund der ungewissen Marktentwicklung, in einer Vielzahl von Segmenten relativ flexibel sein muss. Aus diesem Grund wird es nötig sein, seine Produktion rasch anzupassen oder sogar neu auszurichten. (vgl. [WRN14], S. 45)

Des Weiteren werden Eigenschaften genannt, die eine zukunftssichere Produktion aufweisen soll. Diese werden im Folgenden näher erklärt (vgl. [WRN14], S. 48ff):

- Hinter dem Begriff der **Grenzwertorientierung** verbirgt sich die Überwindung bestehender Grenzen und die Forderung nach einer Minimierung von Wertschöpfungsschritten gegen einen theoretisch möglichen, minimalen Grenzwert. Ein Beispiel für einen Wertschöpfungsschritt auf Basis der Warenlagerung, ist die Minimierung der Lagerkosten auf ein Minimum. Im Bereich der Bearbeitung ist es bspw. eine Komplettbearbeitung, was zum Wegfall von Wartezeiten führen würde. (vgl. [WDK+00])
- Es wird empfohlen, Mitarbeitern einen höheren Handlungsspielraum, sowie mehr Verantwortung bei Entscheidungen zu gewähren. Dies aber nicht nur in ihrem Arbeitsbereich, sondern auch bei grundlegenden Gestaltungs- bzw. Veränderungsfragen in der Unternehmung. Diese höhere **Selbstorganisation** der Mitarbeiter führt zu höherer Einsatzbereitschaft, Steigerung der Produktivität, Qualitätsverbesserungen und zu eigenen, innovativen Ideen. (vgl. [GJK89])
- Die **Vernetzung/Kooperation** zielt darauf ab, den Nutzen aus unternehmensübergreifenden Partnerschaften zu ziehen. Dabei geht es beispielsweise darum, die Kernkompetenzen des Partners in Anspruch zu nehmen und davon zu profitieren. Dies reicht heutzutage bis hin zu Entwicklungsverbänden. (vgl. [WIE96])
- Eine hohe **Transparenz** zielt auf eine klare, für jeden ersichtliche Darstellung der Abläufe und Informationen, wie z.B. Produktionszahlen oder Materialverbrauch, für Mitarbeiter ab.
- Mit **Attraktivität** soll ein angemessenes Erscheinungsbild in interner Sicht erreicht werden.
- Hinter der **Reaktionsschnelligkeit** verbirgt sich schlichtweg die Forderung, Kundenwünsche termin- und qualitätsgerecht erfüllen zu können. Um dieser Forderung möglichst gerecht zu werden, ist es nötig nur das zu produzieren, was in Auftrag gegeben wird („Production on Demand“). (vgl. [HB07])

- Die meisten heutigen Produktionen sind auch durch eine stark schwankende Nachfrage, sowie die immer weiter zunehmende Anzahl an Varianten gekennzeichnet. Daher muss eine wirksame Strategie der Produktion entwickelt werden, um eine hohe **Mengenflexibilität** zu erzielen und so beispielsweise, saisonalen Schwankungen entgegenzuwirken. Die geforderte **Flexibilität hinsichtlich Varianten** wird derzeit mit Hilfe eines Baukastensystems oder sogenannten Plattformkonstruktionen gemanagt.
- **Markenbezogen** bezeichnet den Markenauftritt, der von außen wahrgenommen wird, während mit der **Produktbezogenheit** der Aufbau eines Produktimages einhergeht.
- Die **Nachhaltigkeit** beschreibt das Bemühen, den Energieverbrauch zu senken, sowie den schützenden und pflichtbewussten Umgang mit der Umwelt. Aus ökonomischer Sicht ist es nicht nachhaltig, Gewinnmaximierung auf Kosten der Umwelt zu betreiben. Auf die Ökologie bezogen, gilt es den Verbrauch stets unter jenem Maß zu halten, dass durch Erneuerung oder Substitution zur Verfügung steht. Die soziale Komponente verbietet das Ausbeuten der Mitarbeiter in jeglicher Hinsicht.
- Unter der **Unternehmenskultur** werden die Grundlagen des Handelns einer Unternehmung verstanden. Dies können beispielsweise festgelegt Werte, Visionen, Leitbilder oder Denkweisen sein.

## 3.2 Lagersysteme

Je nach zu lagernden Materialien, Ladehilfsmitteln, oder weiteren Kriterien, kommen unterschiedliche Systeme und Konzepte von Lagern zum Einsatz.

Der Aufbau eines Lagers ist durch Lagerplätze geprägt. Diese Lagerplätze können wiederum in Stellplätze unterteilt sein. Das bedeutet, dass einem Lagerplatz mindestens ein Stellplatz zugeordnet ist. Im Gegenzug besteht aber auch die Möglichkeit, dass diesem, mehrere Stellplätze zugeordnet sind. Je nach Ware und Lagerart kann solch ein Stellplatz dann eine (Einplatzlager), oder falls möglich auch mehrere Ladeeinheiten aufnehmen (Mehrfachplatzlager). (vgl. [GUD05], S.590)

Es gibt unterschiedliche Möglichkeiten, um die verschiedenen Arten der Lager zu gliedern. Eine Variante ist es, sie nach drei Gestaltungskriterien mit jeweils zwei Zuständen zu unterscheiden. Diese Gliederung ist in Tabelle 1 dargestellt und führt zu sechs Grundtypen (vgl. [GUD05], S.591f):

- Blockplatzlager
- Sortierspeicher
- Fachregallager
- Kanalregallager
- Verschieberegallager
- Umlauflager

Tabelle 1: Gestaltungskriterien eines Lagers und deren Zustände (vgl. [GUD05], S.591f)

Kriterium	Zustand 1	Zustand 2
Stellplätze	Unbeweglich	Beweglich
Lagerplätze	Stationär	Mobil
Anordnung	Eben	Räumlich

### 3.2.1 Grundtypen von Lagersystemen

Durch Kombination der in Tabelle 1 genannten Zustände, lassen sich die im Folgenden behandelten, sechs unterschiedlichen Grundtypen ableiten.

#### Blockplatzlager

Abbildung 4 zeigt ein Blockplatzlager. Ausgehend von einem Bedienungsgang für die Ein- u. Auslagerung, werden entweder zu einer oder zu beiden Seiten Blocklagerplätze eingerichtet. Diese sind unbeweglich und werden mit Hilfe von Staplern oder Kränen bedient. In manchen Fällen kann auch eine getrennte Ein- u. Auslagerung über zwei Seiten erfolgen. Diese würde aber die doppelte Anzahl an Gängen benötigen. Eine wichtige Voraussetzung dabei ist die Stapelbarkeit der Artikel. Das First in First Out Prinzip kann dabei aber nicht eingehalten werden. [vgl. [GUD05], S. 592 ff]



Abbildung 4: Blocklagerung eines Getränkeherstellers [LEH15]

#### Sortierspeicher

Es handelt sich hierbei nicht um Lagerplätze im herkömmlichen Sinn, sondern um Einschubkanäle oder Durchlaufbahnen. Diese befinden sich in einer Ebene direkt nebeneinander. Beim Einsatz von Durchlaufbahnen (siehe Abbildung 5) erfolgt die Ein- u. Auslagerung von zwei verschiedenen Seiten, während es sich

bei Einschubkanälen um die gleiche Seite handelt. D.h. während bei der ersten Variante das FIFO-Prinzip auf einfachste Weise eingehalten wird, ist das bei Einschubkanälen nicht möglich. In den meisten Fällen wird die Bewegung mit Hilfe von fördertechischen Mitteln erreicht. In manchen Fällen kann sich die Ware auch selbstständig bewegen. Diese Art von Lagerung eignet sich hervorragend für den Einsatz als Pufferspeicher. [vgl. [GUD05], S. 595]

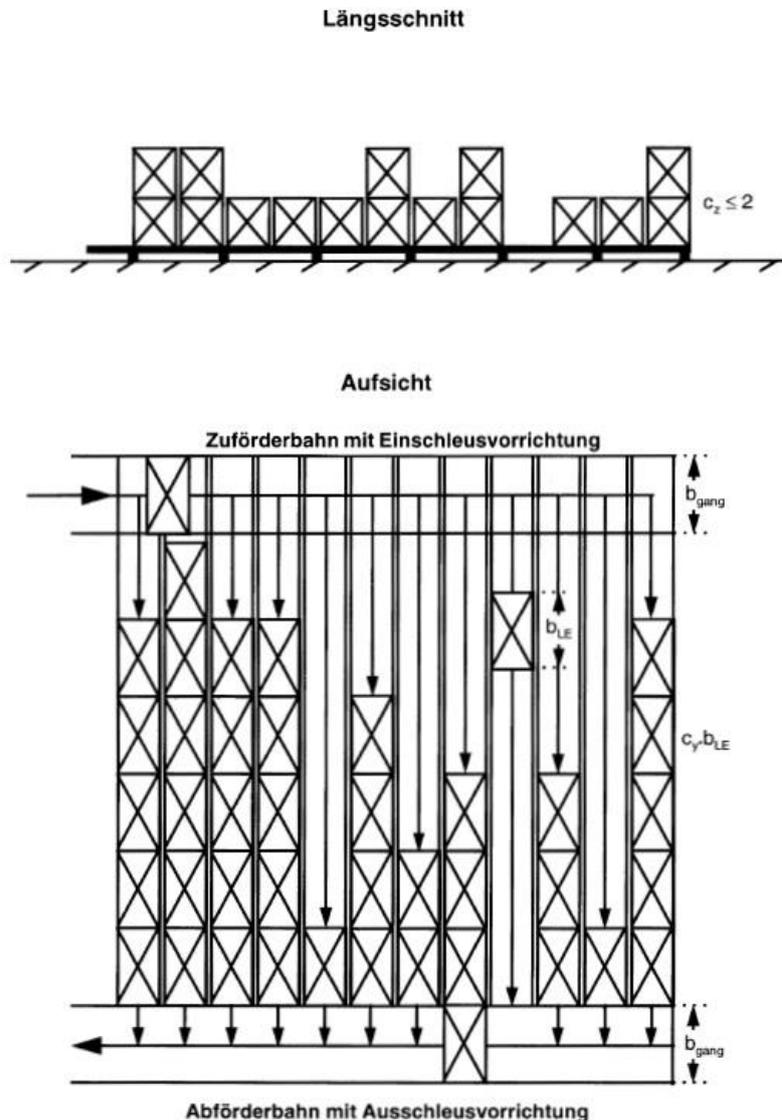


Abbildung 5: Prinzip eines Sortierspeichers [GUD05]

## Fachregallager

Ihr Aufbau ist durch Fachmodule geprägt, die dabei mehrere Lagerplätze, aber mindestens einen, beinhalten können. Diese Fachmodule sind nun über- und nebeneinander als Regalkonstruktion ausgeführt, sodass sich beim Blick von vorne ein Raster ergibt. Die meisten Lager dieser Art werden als Einzelplatzlager betrieben. Das bedeutet, dass ein Direktzugriff auf die Lagerartikel möglich ist. Daraus folgt, dass trotz kombinierter Ein- u. Auslagerung von der gleichen Seite, das FIFO-Prinzip eingehalten werden kann. Aber auch der Betrieb für eine mehrfach-tiefe Lagerung ist möglich. (vgl. [GUD05], S. 595ff)

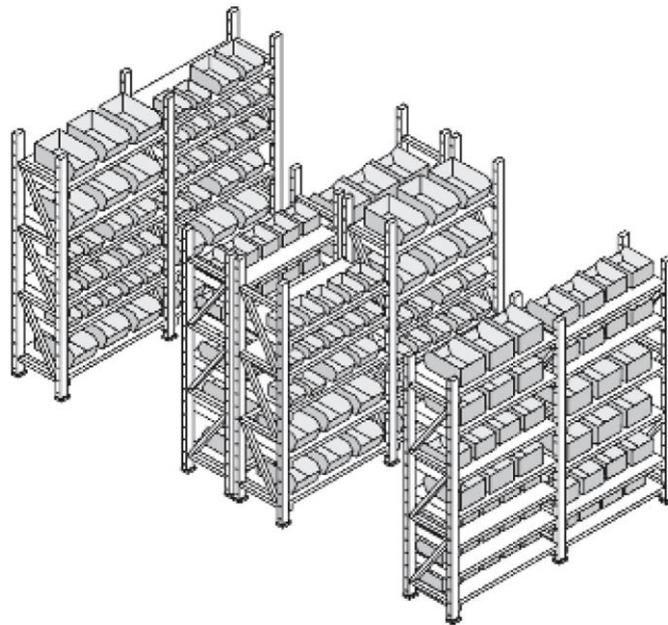


Abbildung 6: Beispiel eines Fachregallagers [HSN07]

### Kanalregallager

Es ist ähnlich dem Sortierspeicher, mit dem entscheidenden Unterschied, dass die Einschubkanäle bzw. Durchlaufbahnen räumlich angeordnet sind. Wird das Lager von vorne betrachtet, sind die Kanäle oder Bahnen sowohl über- als auch nebeneinander angeordnet. Der entscheidende Vorteil gegenüber dem Sortierspeicher ist also die bessere Raumausnutzung. (vgl. [GUD05], S.599f)

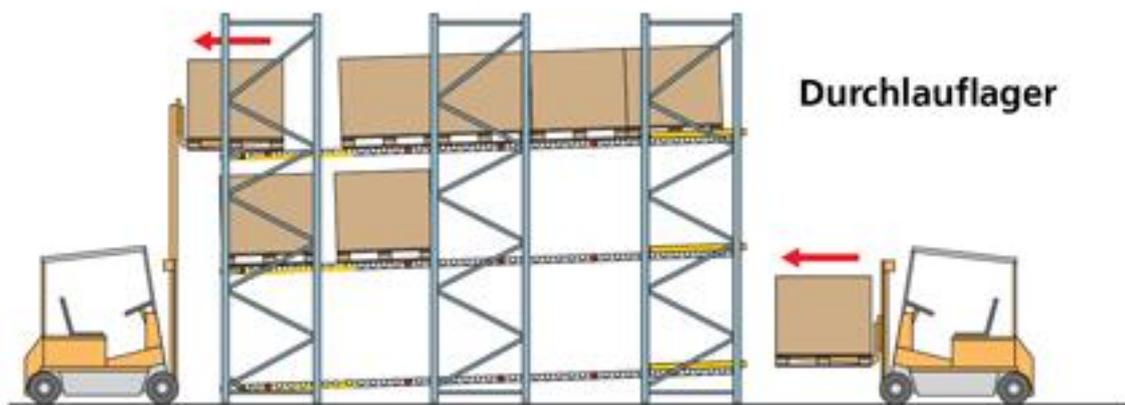


Abbildung 7: Kanalregallager als Durchlauflager [HLF15]

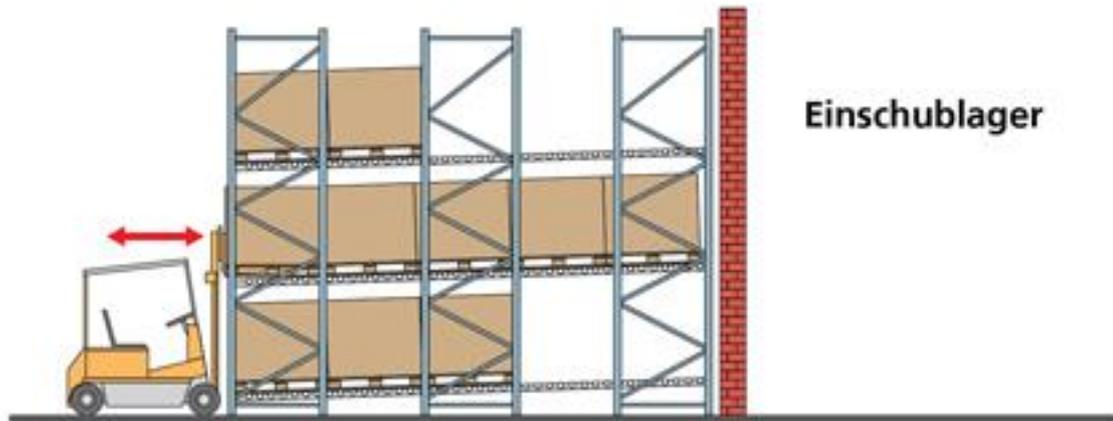


Abbildung 8: Kanalregallager als Einschublager [HLF15]

### Verschieberegallager

Beim Verschieberegallager handelt es sich um mehrere Fachregallager, welche allerdings beweglich sind. Im Vergleich zum stationären Fachregallager, wo die Gassen eine fixe Anordnung haben, werden diese beim Verschieberegallager erst durch das Verschieben der einzelnen Lagerreihen gebildet. Diese Bewegung ist entweder mit Hilfe von Schienen und Fahrschemmeln oder durch den Einsatz von Rollen und einer Führung möglich. Mit dieser Technik wird die Raumausnutzung nochmals deutlich verbessert. Dieser Vorteil wird jedoch durch höhere Zugriffszeiten, aufgrund des ständigen Verschiebens, teuer erkauft. Deshalb werden sie vorwiegend bei Artikeln eingesetzt, welche zu den langsam drehenden gehören. (vgl. [GUD05], S. 601; [MAR95]; [HSN07], S.88f)

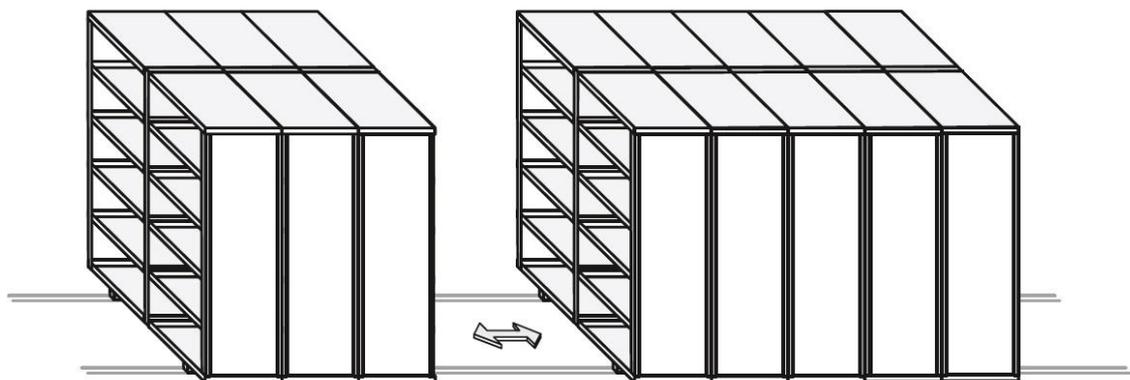


Abbildung 9: Verschieberegallager [HSN07]

### Umlauflager

Bei den Umlaufregalen wird nach ihrer Bewegungsrichtung in zwei Bauformen unterschieden:

- vertikal - Paternosterregal
- horizontal - Karusselllager

Dabei werden je nach Bauart, entweder die Spalten oder die Zeilen mit Hilfe der Stetigfördertechnik bewegt und so das „Ware zur Person – Prinzip“ verwirklicht. (vgl. [GUD05], S. 602f; [ARN95]; [HSN07], S. 85)

### **Vertikales Umlaufregal**

In Abbildung 10 ist das Prinzip eines Paternosterregales dargestellt. Dabei werden die Fachböden, auf denen sich die Artikel direkt oder in Ladehilfsmitteln befinden, mit Hilfe eines Kettenantriebes zu einem Zugriffsbereich gedreht. Die erzielbare Leistung des Lagers ist dabei vor allem von der Bauhöhe, aber auch der Anzahl der Entnahmebereiche abhängig. (vgl. [HSN07], S. 85f)

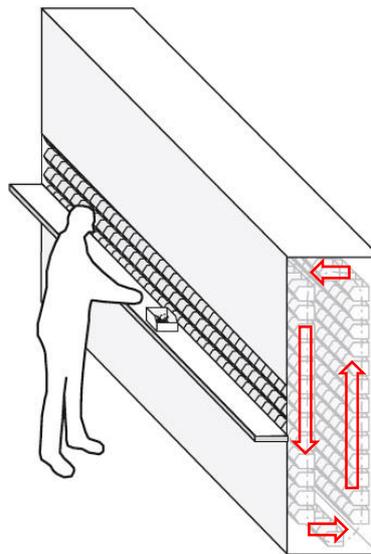


Abbildung 10: Paternosterregal (Vertikales Umlauflager) [HSN07]

### **Horizontales Umlaufregal**

Abbildung 11 zeigt im Vergleich dazu ein Karusselllager. Die Verschiebung erfolgt hierbei in horizontaler Richtung. Auch bei dieser Variante kommen vorwiegend Kettenantriebe zum Einsatz. Die Position von der aus der Bediener, die Ware entnimmt, befindet sich meist auf der Stirnseite. (vgl. [HSN07], S. 86f; [GUD05], S. 603; [ARN95])

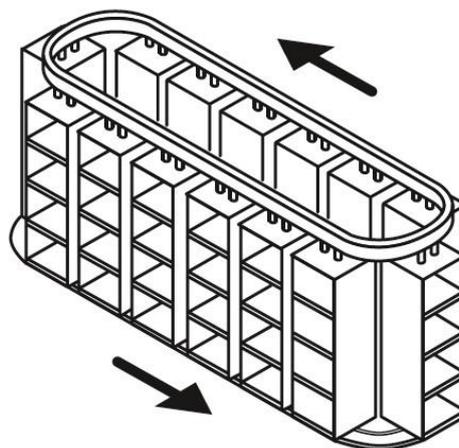


Abbildung 11: Karusselllager (horizontales Umlauflager) [HSN07]

### 3.2.2 Weitere Lagersysteme

In Kapitel 3.2.1 wurde auf eine Einteilung von Lagerarten eingegangen. Neben den dort erläuterten Grundtypen, gibt es noch daraus abgeleitete, oder erweiterte, heutzutage häufig eingesetzte Lagertypen. Auch gibt es bekannte Arten, die in dieser Untergliederung einfach untergehen. Die bekanntesten dieser Art werden im Folgenden nun beschrieben.

#### AKL – Automatisches Kleinteilelager

Sie kommen bei der Lagerung geringer Mengen eines Artikels oder von Artikeln kleiner Abmessung zum Einsatz. Als Ladehilfsmittel dienen dabei überwiegend Kleinladungsträger (KLT), wie z.B. Behälter oder Tablare (siehe dazu auch 3.3.2 Nicht unterfahrbare Ladehilfsmittel). Daher wird solch ein Kleinteillager auch häufig als Behälterlager bezeichnet. Normalerweise werden solche Behälterregale durch automatische RBG (Regalbediengeräte) betrieben, woher auch die Bezeichnung des automatischen Kleinteilelagers kommt. In Abbildung 12 ist ein AKL abgebildet. Das niedrige Gewicht ermöglicht eine Lagerung der Ladehilfsmittel auf Auflagekonsolen oder Fachböden. Die Ein- und Auslagerung der Ladungsträger übernimmt dabei das RBG, indem es bspw. den betroffenen Behälter herauszieht und bei Einlagerung wieder hineinschiebt. Aber auch andere Techniken, wie z.B. eine reibschlüssige Ein- u. Auslagerung mittels Gurtförderer, sind möglich. (vgl. [HSN07], S. 67ff)



Abbildung 12: Regalbediengerät entnimmt die Ware aus den Hochregallagern [FRI15]

## Shuttlesystem

Diese Technologie ist dem automatischen Kleinteilelager mit Regalbediengerät sehr ähnlich. Es handelt sich um ein Lager, dessen Aufbau in Form eines Regalsystems durch Ebenen und Gassen geprägt ist. Der Zugriff auf die Lagerplätze in den entsprechenden Gassen erfolgt mit Hilfe von autonomen Fahrzeugen, sogenannten Shuttles (werden teilweise auch als Roboter bezeichnet). Im Regal befinden sich auch die Schienen bzw. Fahrbahnen, auf welchen sich die Shuttles bewegen. Die Anknüpfung an die Vorzone, sowie der Wechsel zwischen den Ebenen wird durch einen Vertikalförderer realisiert. Dieser „Lift“ hat die Aufgabe, entweder die Shuttles samt Ladungsträger oder die Ladungsträger alleine auf und ab zu bewegen. Nach ihrer Bewegungsfreiheit ist es noch möglich, in zwei- und dreidimensionale Systeme zu unterteilen. Während es bei den dreidimensionalen Systemen möglich ist, mit jedem Shuttle, jeden Lagerplatz zu erreichen, sind die Shuttles bei der zweidimensionalen Variante, den Gassen zugeordnet. Angetrieben werden die Shuttles von Elektromotoren, die ihre Energie aus den Führungsschienen, oder durch im Shuttle verbaute Energiespeicher beziehen. In vielen Fällen sind sie mittels WLAN mit einem Leitreechner verbunden, der die Koordination übernimmt. Die Lastaufnahme erfolgt dabei über einen Ziehmechanismus oder Riemenförderer. Nach außen hin sind diese über verschiedene Schnittstellen mit z.B. Kommissionierstationen oder Warenein- u. Warenausgangsbereich verbunden.

Der wesentliche Vorteil der Shuttle-Technology liegt in der Variabilität hinsichtlich der Anzahl der eingesetzten Shuttles. Weitere Vorteile sind unter dem Unterpunkt „Direkter Vergleich AKL – Shuttle-Systeme“ ersichtlich. Zusätzlich ermöglicht der simple Aufbau auch eine relativ einfache Erweiterbarkeit. Abbildung 13 zeigt ein Shuttle im Einsatz. (vgl. [HSN07],S. 75f; [DEM15], [YLO15])



Abbildung 13: Shuttle-System der Firma Knapp [LAG15]

## Direkter Vergleich AKL – Shuttle-Systeme

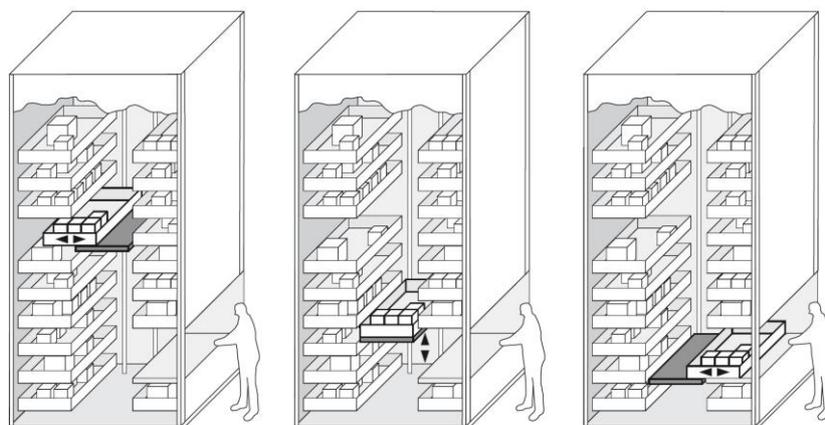
Um die Unterschiede dieser beiden Technologien noch deutlicher darzustellen, sollen im Folgenden (Tabelle 2), die Vorteile beider Systeme gegenübergestellt werden.

**Tabelle 2: Gegenüberstellung der Vorteile eines AKL und Shuttle-Systemen (vgl. [IND16]; [GEB16]; [VEL16])**

AKL	Shuttle-Systeme
Einfacher Regalaufbau.	Größere Flexibilität – Anzahl der Lifte/Heber und Shuttles können frei gewählt werden.
Steuerung sowie Sensorik sind einfacher.	Unterstes Anfahrmaß sehr niedrig, da Schienenaufbau und Fahrwerk nicht benötigt wird.
Robustere Variante mit weniger Technik.	Keine Einhaltung eines guten Höhen- zu Längenverhältnisses nötig.
	Anwendung im Hochleistungsbereich wo RBG nicht konkurrenzfähig, sowie im unteren Leistungsbereich wo RBG überdimensioniert ist.
	Einzelne Störung führt nicht notgedrungen zum kompletten Stillstand.

## Liftsysteme

Wie Abbildung 14 zeigt, besteht dieses System aus einem zentralen Lift, der über Ketten, Riemen oder Seile angetrieben wird. Der Lift hat die Aufgabe, die Tablare, welche links und rechts angeordnet sind, zur Ausgabeposition zu befördern, wo sie von einem Mitarbeiter entnommen werden. Um Zugriff auf die Tablare zu bekommen, kann er sich vertikal bewegen, um in die richtige Ebene zu gelangen. Zur Aufnahme der Tablare ist danach eine horizontale Bewegung nötig. Auf diesen Tablaren befinden sich die Artikel in beliebigen Lagerhilfsmitteln. Aber auch eine direkte Lagerung der Artikel auf den Tablaren ist möglich. Bei ausreichend hohen Lagersystemen besteht durch mehrere Entnahmepositionen, die Möglichkeit von unterschiedlichen Gebäudeetagen auf das Lager zuzugreifen. Oft wird es auch als Turmregal bezeichnet. (vgl. [HSN07], S. 78ff)



**Abbildung 14: Liftsystem [HSN07]**

### 3.3 Ladehilfsmittel

Da es mittlerweile eine beachtliche Anzahl an unterschiedlichen Ladehilfsmitteln gibt, besteht die Möglichkeit, diese anhand ihrer Bodenunterfahrbarkeit einzuteilen, wie in Abbildung 15 dargestellt.

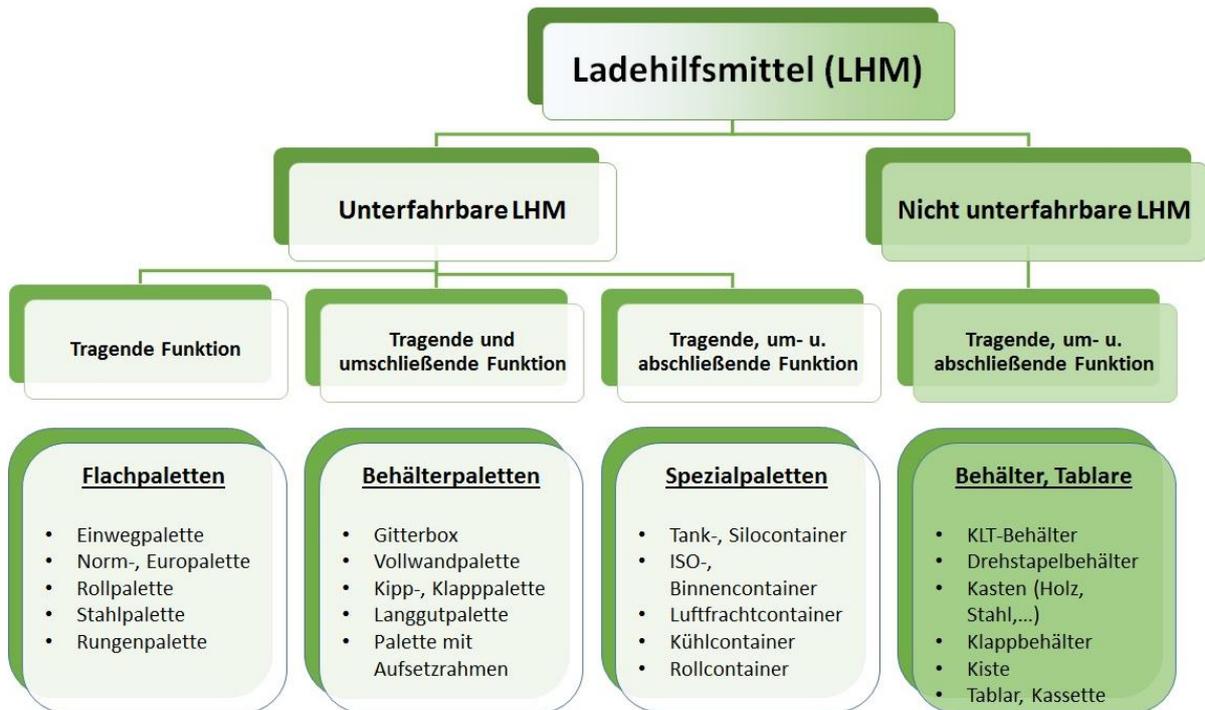


Abbildung 15: Einteilung der Ladehilfsmittel (nach [HUS15b])

Im Folgenden wird nun genauer auf die Unterscheidung der unterfahrbaren und nicht unterfahrbaren Ladehilfsmittel eingegangen. Dazu wird jeweils das bekannteste Ladehilfsmittel dieser beiden Gruppen genauer betrachtet, da diese beiden auch in den folgenden Kapiteln 3 und 4 häufig Anwendung finden.

#### 3.3.1 Unterfahrbare Ladehilfsmittel

Sie werden als Großladungsträger (GLT) bezeichnet. Dabei handelt es sich um Ladehilfsmittel mit einer Fläche, die größer als 400 x 600mm ist. Sie haben den Zweck, Stückgüter zu größeren Ladeeinheiten zu vereinigen, sowie eine Unterfahrbarkeit herzustellen, um die Lagerung und den Transport zu erleichtern. Sie werden aufgrund ihrer Abmessungen und dem Gewicht mit Hilfe von Flurförderzeugen transportiert. Innerhalb der Gruppe der unterfahrbaren Ladehilfsmittel ist eine weitere Unterteilung, hinsichtlich ihrer Funktion, wie in Abbildung 15 zu sehen, möglich. (vgl. [MAR14], S. 64f; [KLU10], S. 150)

Die wichtigste Untergruppe hierbei bildet die **Flachpalette**.

Flachpaletten gibt es in unterschiedlichen Ausführungen. Die bekanntestes und gleichzeitig bedeutendste ist dabei die DIN-Palette (auch Europoolpalette oder Europalette). Bei Bedarf kann sie als „Tauschpalette“ eingesetzt werden. Das bedeutet, dass bei der Lieferung, beladene gegen unbeladene Paletten ausgetauscht

werden, um eine kontinuierliche Transportkette zu erreichen. Die genormten Abmessungen einer Europalette betragen 1200x800x150 mm (LxBxH). Sie ist in Abbildung 16 dargestellt. Ihre maximale Traglast liegt dabei bei einer Tonne, bei beliebiger Verteilung der Ware. Wird die Last über die ganze Fläche verteilt, erhöht sich die Tragfähigkeit auf bis zu 2 Tonnen. Weitere Ausführungsformen von Flachpaletten, sind z.B. Rollpaletten oder Flachpaletten mit Aufsteckrahmen. (vgl. [MAR14], S. 67; [ANR15])

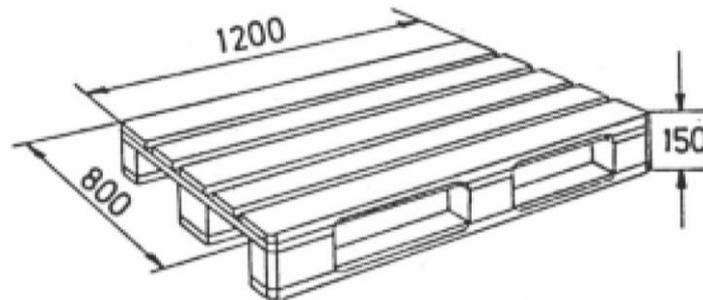


Abbildung 16: Abmessungen einer DIN- bzw. Europalette ([MAR14], S.65)

### 3.3.2 Nicht unterfahrbare Ladehilfsmittel

Die zweite Gruppe bilden die Kleinladungsträger (KLT), d.h. Behälter mit einer maximalen Grundfläche von 400 x 600mm, wie beispielsweise Tablare, Kisten, Schachteln usw. (siehe Abbildung 15). (vgl. [MAR14], S. 62)

Die hierbei bekannteste und wichtigste Form ist der **KLT-Behälter**.

Der KLT-Behälter wurde in Zusammenarbeit der VDA (Verband der Automobilindustrie) und der VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau) entwickelt. Durch seine Konstruktion weist er trotz seines geringen Eigengewichtes eine hohe Steifigkeit auf und besitzt eine große Anzahl an Eigenschaften zur leichteren Handhabung (siehe Abbildung 17). Die Abmessungen eines KLT-Behälters beruhen auf einem modularen Maßsystem, das auf den Abmessungen der Europalette (1200x800mm) aufbaut. (vgl. [MAR14], S. 62f; [KLU10], S. 150)

Beispiel für die Bezeichnung eines KLT-Behälter: 6428

Bedeutung: Länge 600mm, Breite 400mm, Höhe 280mm.

(vgl. [MAR14], S. 64)

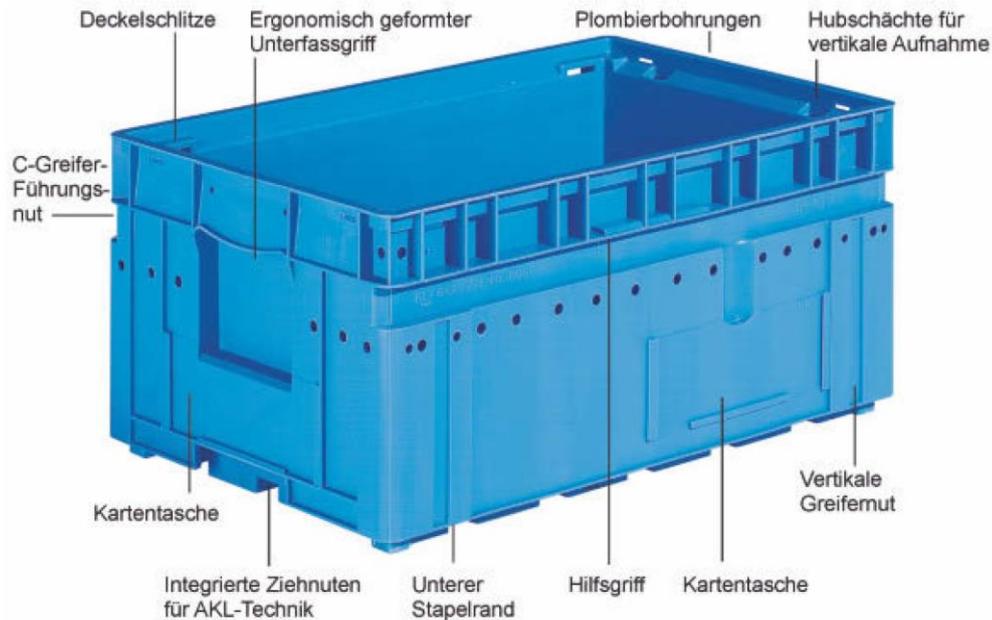


Abbildung 17: Bauweise und Eigenschaften eines KLT-Behälters ([MAR14], S. 63)

### 3.4 Kommissioniersysteme

Ausgehend von der Definition der Kommissionierung, unter Kapitel 2.1, können folgende Grundfunktionen genannt werden, welche durch das Kommissionieren abgedeckt werden (vgl. [MAR14], S. 396ff):

- 1) **Warenbereitstellung:** Es gilt, die geforderte Ware in ihrer Bereitstellungseinheit an dem Entnahmeplatz abzuliefern. Unterschieden wird dabei die statische (Abbildung 18, links) und die dynamische Bereitstellung (Abbildung 18, rechts).
  - a) **Statische Bereitstellung:** Die Ware wird vom Kommissionierer an einem festen Lagerplatz abgeholt (Mann zur Ware).
  - b) **Dynamische Bereitstellung:** Ware wird von einem Lager zu einem Kommissionierplatz transportiert und erst dort entnommen (Ware zum Mann).
- 2) **Bewegung des Kommissionierers:** Die Fortbewegung des Kommissionierers geschieht nur bei der statischen Bereitstellungsvariante. Sie beinhaltet alle Bewegungen, die der Sammler (Person, die die Ware einsammelt) tätigt. Von Auftragsannahme bis zur Abgabe der Ware am Kommissionierplatz.
- 3) **Warenentnahme:** Die tatsächliche Entnahme der Ware kann entweder manuell (Entnahme des Sammlers mit der Hand) oder automatisch (Kommissionierautomat) durchgeführt werden.
- 4) **Warenabgabe:** Entspricht der Übergabe der gesammelten Artikel, an den nachfolgenden Arbeitsplatz, wie z.B. der Verpackungsabteilung.

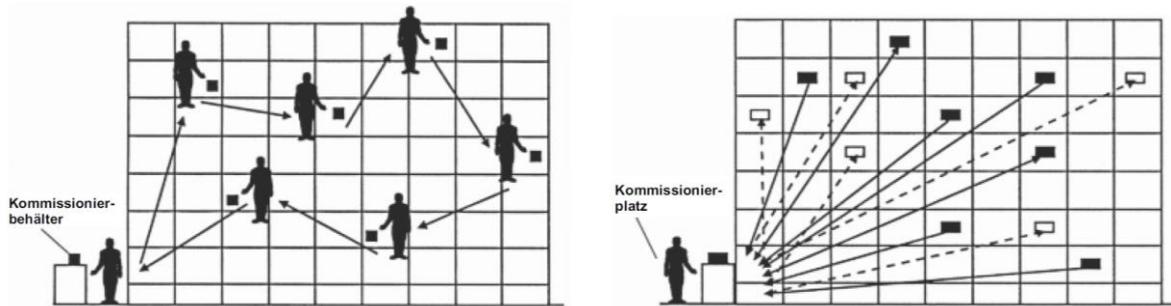


Abbildung 18: Statische und dynamische Warenbereitstellung im Vergleich ([MAR14], S. 397)

### 3.4.1 Ablaufstrategie

Die Ablaufstrategie beschreibt die Herangehensweise bei der Zusammenstellung von Aufträgen. Unterschieden wird dabei zwischen (vgl. [MAR14], S. 398f):

- **Auftragsorientiert (einstufiges Kommissionieren):** Es wird Schritt für Schritt und nacheinander jeder Artikel von der Pickliste (Kommissionierliste) erledigt. Am Ende ist der gesamte Auftrag abgearbeitet und fertig kommissioniert.
- **Artikelorientiert (zweistufiges Kommissionieren):** In der ersten Stufe werden die Artikel mehrerer Aufträge gleichzeitig zusammengesammelt, um in der zweiten Stufe den genauen Aufträgen zugeteilt zu werden.
- **Zonenteilung:** Handelt es sich um besonders große Aufträge, sehr große Kommissionierlager oder solche mit unterschiedlicher Artikelstruktur, kann die Auftragsliste gesplittet werden, was zu einer Zonenaufteilung führt. Nun besteht die Möglichkeit, dass der Auftrag entweder seriell (nacheinander) oder parallel (gleichzeitig) von mehreren Sammlern, auftrags- oder artikelorientiert abgearbeitet wird.

### 3.4.2 Kommissioniertechnik

Es lassen sich nach Art der Informationsweitergabe drei Bereiche unterscheiden (vgl. [MAR14], S. 399f; [MAR14], S. 411):

- **Pickliste:** Die Informationen erhält der Kommissionierer dabei über eine Kommissionierliste („Papierkommissionierung“). Dabei handelt es sich um eine Arbeitsanweisung, die den Artikel, die Entnahmeposition sowie die geforderte Anzahl beinhaltet.
- **Beleglose Kommissionierung:** Hierbei handelt es sich um ein Kommissioniersystem, das teilautomatisch arbeitet. Es unterscheidet sich von der Papierkommissionierung durch eine Bedienführung, wie z.B.: Pick-by-Light, Pick-by-Voice, etc.
- **Automatische Kommissionierung:** Charakteristisch für diese Gruppe ist, dass die Aufträge ohne jedes manuelle Mitwirken, vollständig automatisch bearbeitet werden. Dies ist durch Kommissionierautomaten möglich, sofern die Artikel bestimmte Voraussetzungen, wie z.B. die Greifbarkeit durch Zangen oder andere Greifmittel, erfüllen.

### 3.5 Abgrenzung der Produktionslogistik von anderen Logistikbereichen

Bei einem Warenlager handelt es sich nicht um ein standardisiertes System, welches sich für jedes beliebige Unternehmen eignet. Je nach Anwendungsgebiet werden unterschiedliche Forderungen nach gewissen Eigenschaften gestellt, während wiederum andere in diesem Fall vernachlässigbar sind. Daher werden die Anwendungsgebiete meist in Branchen unterteilt. Werden diese Branchen miteinander verglichen, so folgt daraus, dass die Anforderungen stark variieren. Während beispielsweise der Lebensmitteleinzelhandel durch einen sehr hohen Durchsatz charakterisiert wird, geht es bei der Ersatzteilversorgung um eine immens hohe Anzahl an Artikeln, wie in Abbildung 19 ersichtlich. Ein Produktionsbetrieb ist dabei im Bereich Produktionspuffer und Fertigwarenlager anzusiedeln. Hierbei handelt es sich um eine mögliche Unterteilung der Branchen. (vgl. [JUN07], S. 57)

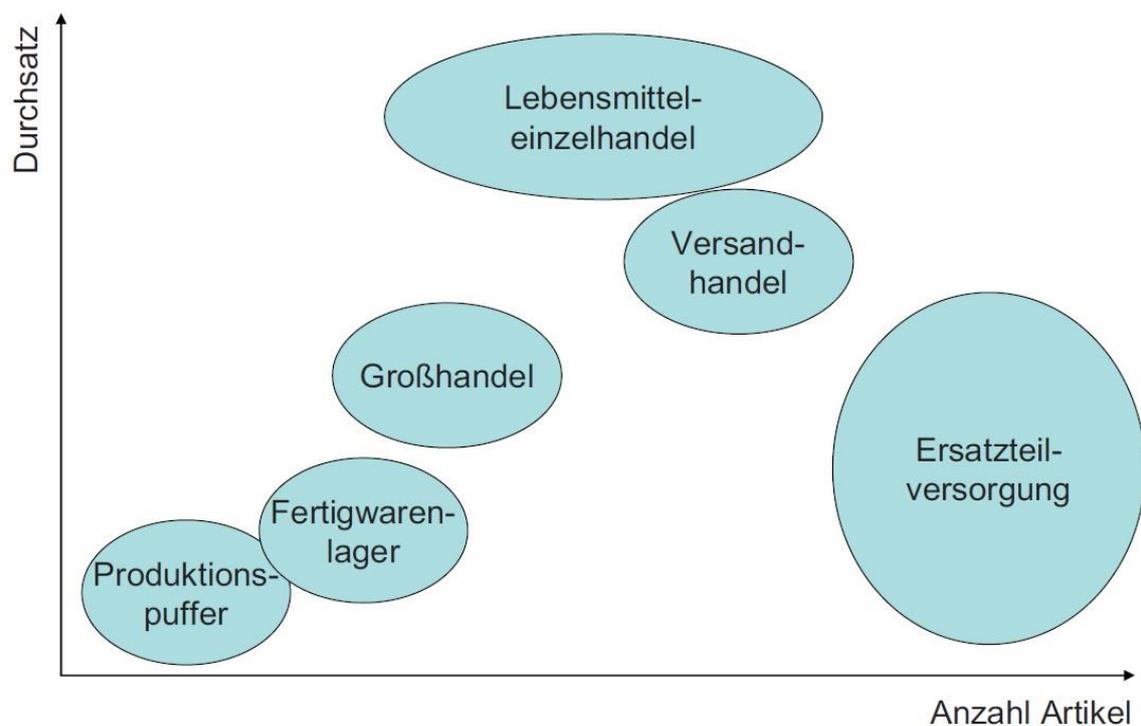


Abbildung 19: Branchenunterschiede hinsichtlich Artikelanzahl und Durchsatz ([JUN07], S.57)

Wird die Gruppe der Distributionslager mit den Produktionslagern (siehe Tabelle 3) verglichen, so fallen folgende Unterschiede auf (vgl. [JUN07], S. 57f):

- Hinsichtlich der Bauhöhe haben diese einen wesentlichen Unterschied. Bei einem Distributionslager ergibt sich die Bauhöhe in vielen Fällen durch das geforderte Lagervolumen, wodurch auch Regalsysteme mit mehr als 40m realisiert werden. Dem gegenüber gilt es in Produktionsbetrieben, das Lagersystem in die bestehenden Hallen zu integrieren, deren Höhe im Bereich von 5m liegt.
- Es gibt deutliche Abweichungen im Bereich der Leistung sowie in der Artikelanzahl.
- Der Kommissionierung kommt im Produktionsbereich im Vergleich zum Distributionslager eine untergeordnete Rolle zu, da oft keine stückgenaue Kommissionierung im Vorfeld durchgeführt wird, sondern die Entnahme erst am Arbeitsplatz, bei Bedarf durchgeführt wird.

So unterschiedlich diese genannten Punkte auch sein mögen, gibt es dennoch Eigenschaften, die von beiden Lagern gefordert werden (vgl. [JUN07], S. 57f):

- Wenn auch im Distributionslager, das Artikelwachstum wesentlich höher als im Produktionslager ist, fordern beide Bereiche eine geeignete Erweiterungsmöglichkeit, um dieser Zunahme Herr zu werden.
- Beide fordern eine sequenzgerechte Auslagerung, welche im Produktionsbereich der Einhaltung der geplanten Reihenfolge dient. Im Distributionsbereich geht es dabei darum, aufgrund einer sequenzierten Auslagerung bspw. eine optimierte Lagereinheitenbildung durchführen zu können.

**Tabelle 3: Anforderungen eines Distributions- und Produktionslagers im Vergleich (nach [JUN07], S.58)**

Anforderungen	Distributionslager	Produktionslager
Bauhöhe	> 10 m	ca. 5 m
Leistung	> 6.000 OL/h	> 50 OL/h
Artikel	> 20.000 SKU	ca. 3.000 SKU
Sequenzierung	ja	ja
Erweiterungsmöglichkeiten	ja	ja
Kommissionierung	ja	seltener
Artikelwachstum	hoch	mittel

*OL/h ... Orderlines pro Std. SKU ... stock keeping units*

Der gleiche Trend ist auch anhand eines weiteren Beispiels erkennbar und in Tabelle 4 dargestellt. Auch hier zeigt sich, dass ein Produzent von Elektrohaushaltsgeräten im Vergleich zu einem Versandhandel, nur den Bruchteil an Artikeln hat, was sich genauso in der Lagergröße widerspiegelt. Aber auch die Zahl seiner Auftragspositionen pro Tag (Leistungsgröße) entspricht nur einem kleinen Teil derer des Versandhändlers.

**Tabelle 4: Lagerkennzahlen unterschiedlicher Branchen im Vergleich (nach[HS10], [KL01] S. 6)**

	Versandhandel (sehr groß)	Pharmagroßhan- del	Lebensmittel Regionallager	Produzent Elekt- rohaushaltsge- räte
Kunde	Endkunden, Sam- melbesteller, Filia- len	Apotheken	Filialen	Stationärer Handel
Anzahl der Versch. Artikel	250.000	130.000	8.150	200
Lagerhaltung	25 Mio. Stk.	4,5 Mio. Stk.	2 Mio. Einh.	150.000 Stk
Personal	≥ 2.000	ca.300	ca. 300	75
Kommissionie- rung	2.700 Pal.-Plätze 740.000 Karton- plätze	125.000 Fächer	32.000 Pal.Plätze 15.000 Bodenplätze	4.000 Pal.-Plätze
Aufträge/Tag	190.000	6.800	780	350
Auftragspos. (je Tag)	650.000	105.000	300.000	4.000
WE-Lieferun- gen (je Tag)	150 LKW/Tag	220 EP/Tag	100 LKW/Tag	625 EP/Tag
WA-Sendungen (je Tag)	≈Aufträge (≈190.000)	≈ Aufträge (≈6.800)	100 LKW/Tag	722 EP/Tag
Durchlaufzeit (je Auftrag)	4-5 h	50 min.	24 h	4 h

WE ... Wareneingang

WA ... Warenausgang

Das bedeutet, dass die Trends bzw. Relationen der einzelnen Branchen, die hier aufgrund zweier Beispiele aufgezeigt werden, übereinstimmen. Der Grund warum die einzelnen Werte des Produktionsbetriebes im speziellen voneinander abweichen, kann mehrere Ursachen haben, da es besonders im Produktionsbetrieb schwer ist, Vergleiche zu schaffen. Abhängig vom Produkt, der Produktionsstrategie, dem Sektor in dem sie tätig sind und vor allem der Unternehmensgröße können sich diese sehr stark unterscheiden (siehe dazu auch 5 Bewertung der Vorgehensweise).

### 3.6 Analysewerkzeuge

Um an geeignete Informationen zu gelangen verwendet man Analysemethoden. Diese haben den Zweck, einer planmäßigen, strukturierten Vorgehensweise bei der Ermittlung von Zahlen, Aussagen oder selbst durchgeführten Erhebungen. Je nachdem, welche Informationen gewünscht sind, sowie auf welche Ressourcen man bei der Informationsgewinnung zurückgreifen kann, gibt es unterschiedliche Varianten, welche in Kapitel 3.6.1 näher erläutert werden. Wurden mit Hilfe dieser Methoden erfolgreich Informationen ermittelt, so ist es in manchen Fällen möglich, diese mit Hilfe von Kennzahlen darzustellen. Diese Kennzahlen werden im Anschluss an die Analysemethoden näher erklärt.

### 3.6.1 Analysemethoden

Abbildung 20 zeigt eine Übersicht von Analysemethoden. Sehr wichtig bei der Analyse und der Auswertung ist die ständige Kenntnis darüber, um welche Werte (Durchschnitts- oder Spitzenwerte) es sich handelt und worauf sich diese beziehen (Artikel, Produktgruppe, etc.). Unterschieden wird hierbei zwischen der direkten und indirekten Analyse. Während es sich bei der direkten Variante um Befragungen und Beobachtungen handelt, befasst sich die indirekte Analyse mit der Sichtung sowie Auswertung bestehender Unterlagen. (vgl. [MAR14], S. 464; [HSN07], S. 340)

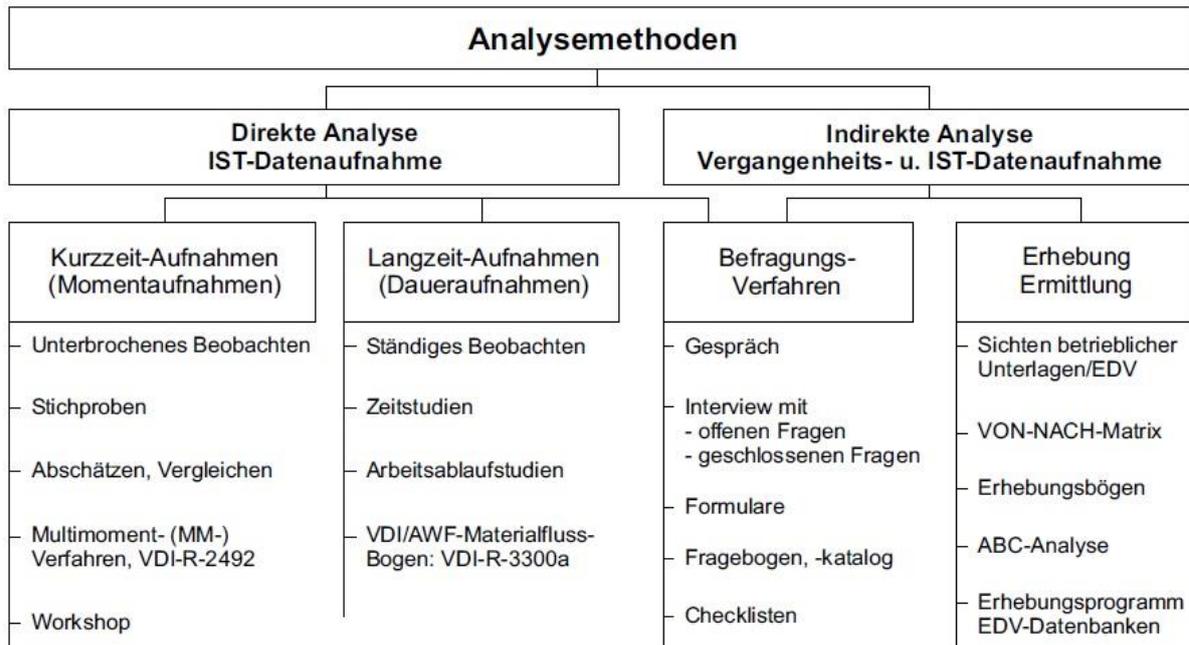


Abbildung 20: Gliederung von Analysemethoden ([MAR14], S. 464)

Die nun im Folgenden näher erklärten Analysemethoden kamen bei der in Kapitel 4 durchgeführten Unternehmensanalyse zum Einsatz (vgl. [MAR14], S. 464):

- **Fragebogen/-katalog:** Er ist eine der universellsten Methoden, da er ganz auf die Bedürfnisse und Ziele der erhebenden Person ausgerichtet werden kann. In Kapitel 4 kam dabei ein Fragebogen zum Einsatz, der sowohl Unternehmensinformationen, den Ablauf im Produktionsbereich sowie auch Informationen über die Lagerbereiche generieren soll. Zusätzlich enthält er noch die Kennzahlen aus Kapitel 3.6.2, da diese in manchen Fällen auch aufgrund von Mitarbeiteraussagen zu beantworten sind.
- **Sichten von Betriebsunterlagen:** Betriebsinterne Unterlagen sind eine sehr vertrauliche Informationsquelle, da einem Einblick in die Firmengedanken gewährt wird. Im Zuge der in Kapitel 4 durchgeführten Unternehmensanalyse wurde in allen drei Fällen auch in solche Dokumente Einblick gewährt.
- **Zugriff auf EDV-Datenbanken:** Durch die Auswertung von Auszügen aus Datenbanken und ERP-Systemen, können Kennzahlen und weitere Aussagen mit Hilfe einer Materialflussanalyse ermittelt werden. In einem der

betrachteten Unternehmen wurden Kennzahlen auch direkt vom ERP-System erfasst.

- **Interview:** Beim Interview handelt es sich um einen Frage-Antwortdialog, wobei die fragestellte Person, das Publikum repräsentiert. Bereits in der Vorbereitung auf das Interview hat die fragende Person sich darüber im Klaren zu sein, welches Ziel mit dem Interview erreicht werden soll. Dabei gilt es, sich auch auf den Interviewpartner vorzubereiten und sich auch in der Thematik, um die es im Gespräch geht, auszukennen. Die Fragen sollten dabei offen gestaltet werden, um es dem Gesprächspartner zu ermöglichen, von sich aus etwas zu erzählen. (vgl. [KNI16])

### 3.6.2 Kennzahlen

Dabei handelt es sich um bekannte, in der Literatur zu findende, Kennzahlen sowie firmenspezifische Kriterien, die für einen Produktionsbetrieb bzw. dessen Lager von Bedeutung sind. Im Folgenden werden zunächst alle Kennzahlen definiert und konkretisiert, welche in der Literatur als logistische Kennzahlen vorkommen. Im Anschluss daran kommen jene an die Reihe, welche keine Kennzahlen im eigentlichen Sinne darstellen bzw. nicht als logistische Kennzahlen in der Literatur deklariert sind, aber in den Untersuchungen für KNAPP Industry Solutions eine Rolle spielen.

Werden diese Kennzahlen nicht bereits vom Unternehmen erfasst, werden sie mit Hilfe einer Materialflussanalyse ermittelt oder es handelt sich um Werte, die durch einfache Aussagen der Unternehmen bestimmt werden können.

#### 3.6.2.1 Kennzahlen aus der Literatur

Hierbei handelt es sich um gängige Kennzahlen, welche in der Literatur zu finden sind.

##### **Anzahl der Stellplätze [Anzahl]**

Der Aufbau eines Lagers ist durch Lagerplätze geprägt. Es gibt die Möglichkeit, dass ein Lagerplatz einen, oder aber auch mehrere Stellplätze hat. Diese Stellplätze können in Abhängigkeit der Ladeinheit mindestens eine (Einzelplatzlagerung) oder mehrere Ladungsträger (Mehrfachplatzlagerung) aufnehmen. (vgl. [GUD05], S. 590)

##### **Durchsatz $\lambda$ [Stück/Stunde]**

Beim Durchsatz handelt es sich um eine der wichtigsten und aussagekräftigsten Kenngrößen eines Lagersystems. Es ist ein gemittelter Stückgutstrom je Stunde. Als Stückgutstrom werden hierbei alle Ein- u. Auslagerungsvorgänge berücksichtigt. (vgl. [FRA15])

$$\lambda = \frac{\sum \text{Eingänge} + \sum \text{Ausgänge}}{\text{Stunden d. betrachteten Zeitraums}} \quad (1)$$

**Lebensdauer von SKU's [Zeit]**

Es geht um die Frage, wie lange sogenannte SKU's (entspricht einem Artikel im Sortiment) im Lager verweilen, bis diese nicht mehr im Lager verfügbar sind bzw. überhaupt nicht mehr geführt werden. Eine SKU kann vereinfacht als Code angesehen werden, der für einen Artikel, d.h. eine Art eines Produktes, im Sortiment steht. (vgl. [DAT15])

**Lagerreichweite [Tage]**

Bei der Lagerreichweite handelt es sich um eine Kennziffer, die eine Aussage über die Zeitdauer liefert, wie lange mit dem betrachteten Artikel im Durchschnitt das Auslangen gefunden wird. (vgl. [AIK+08], S. 450)

$$\text{Lagerreichweite} = \frac{\text{mittlerer Bestand}}{\text{Anzahl der Lagerabgänge}} \quad (2)$$

**Drehung/Umschlaghäufigkeit [1/Periode]**

Die Umschlaghäufigkeit ist eine Kennzahl, die die Dynamik des Lagers beschreibt. Eine hohe Umschlaghäufigkeit ist gekennzeichnet durch einen hohen Verbrauch im Verhältnis zum Bestand und steht zugleich für ein dynamisches Lager. Gleichzeitig bedeutet dies auch eine kurze Lagerdauer und auch eine Minderung der Lagerkosten. Sie kann entweder auf Artikel, das ganze Lager oder auch kapitalmäßig ausgedrückt werden. (vgl. [PUL15]; [HS10], S. 68)

$$\text{Umschlaghäufigkeit} = \frac{\text{Lagerabgänge einer Periode}}{\varnothing \text{Bestand}} \quad (3)$$

**Durchschnittlicher Bestand [Stück]**

Gibt an, wie hoch der gemittelte Bestand an im Lager befindlichen Artikeln ist.

$$\varnothing \text{Bestand} = \frac{\text{Anfangsbestand} + \text{Endbestand}}{2} \quad (4)$$

Bei unregelmäßiger An- und Auslieferung liefert folgende Formel ein aussagekräftigeres Ergebnis:

$$\varnothing \text{Bestand} = \frac{\text{Anfangsbestand} + 12 * \text{Monatsendbestand}}{13} \quad (5)$$

(vgl. [PUL15])

**Wareneinsatz [Stück]**

Entspricht der Gesamtheit der verwerteten Waren, im Laufe eines Jahres. Kann aber auch für einzelne Artikel ermittelt werden.

$$\text{Wareneinsatz} = \text{Jahresanfangsbestand} + \text{Lagerzugänge} - \text{Jahresendbestand} \quad (6)$$

(vgl. [PUL15])

**Auftragszeilen pro Auftrag [Anzahl]**

Ein Auftrag setzt sich aus mindestens einer, oder auch aus mehreren Auftragszeilen (Auftragspositionen, Orderlines) zusammen. Dabei enthält jede Auftragszeile noch die gewünschte Menge dieses Artikels. (vgl. [FRA15])

Es wird die mittlere Anzahl an Auftragszeilen (Positionen) pro Auftrag, bezogen auf einen bestimmten Zeitbereich ausgewertet.

$$\emptyset \text{Anzahl Auftragszeilen pro Auftrag} = \frac{\sum \text{Auftragszeilen d. betrachteten Aufträge}}{\text{Anzahl d. betrachteten Aufträge}} \quad (7)$$

**3.6.2.2 Weitere Kennzahlen**

Die folgenden Werte stellen Kennzahlen dar, welche mit KNAPP Industry Solutions festgelegt wurden. Dabei kann es sich um einfache Zahlenwerte handeln, die in der Literatur nicht als logistische Kennzahlen geführt werden oder aber bspw. auch um eigens definierte Werte.

**Anzahl der Produkte/unterschiedliche Artikel [Anzahl]**

Unter der Anzahl der Produkte ist das Produktsortiment zu verstehen, das sich im Lager befindet. Es gibt an, wie viele unterschiedliche Arten von Produkten, zu einem bestimmten Zeitpunkt gelagert werden.

**Ein-/Auslagerungen [Anzahl/Zeit]**

Es wird die Anzahl der gesamten Ein- sowie Auslagerungsvorgänge, bezogen auf einen bestimmten Zeitraum ausgewertet.

**Saisonale Schwankungen**

Es ist möglich, dass Produkte die das Unternehmen herstellt, zu einem bestimmten Zeitpunkt begehrter sind, als zu einem anderen. Das bedeutet gleichermaßen höhere Auftragszahlen in den „saisonalen Hochs“, wie auch höhere Anforderungen an die Leistung des Lagers.

**Summe aller Ein-/Auslagerungen pro Tag Gesamt [Stück]**

Hierbei handelt es sich um die Summe aller Ein- und Ausgänge. Egal ob es sich darum beispielsweise um eine Auslagerung zur Kommissionierung oder eine zum Versand handelt.

**Durchschnittliche Durchlaufzeit pro Auftrag [Zeit]**

Zeitdauer von Kundenkontakt, bis zur Lieferung des Auftrages.

**Wareneingangs-Lieferungen pro Periode [Anzahl]**

Es wird die Anzahl an Produkten analysiert, welche pro Periode durch den Wareneingang in das Unternehmen gelangen. Dabei müssen nicht zwangsweise alle eingelagert werden.

**Warenausgangs-Lieferungen pro Periode [Anzahl]**

Wie viele Produkte verlassen das Unternehmen durch den Warenausgang auf dem Weg zum Kunden.

**Durchschnittliche Anzahl an gleichen Produkten je Einlagerung [Anzahl]**

In vielen Fällen wird ein- und derselbe Artikel gleich in größerer Stückzahl bestellt. Dies kann entweder mit Mengenvorteilen zusammenhängen, oder einfach am hohen Verbrauch liegen. Solange es sich nicht um sehr sperrige Ware handelt, muss daher nicht jedes Stück einzeln eingelagert werden, sondern es kann je nach Ladehilfsmittel, eine größere Anzahl gleichzeitig eingelagert werden.

**Durchschnittliche Anzahl an gleichen Produkten je Auslagerung [Anzahl]**

Gleiches wie zuvor gilt auch bei der Auslagerung von fertigen Produkten. Erlaubt es die Lagerung, mehrere Stück gleichzeitig zu lagern, kann mit einem Auslagerungsvorgang eine größere Stückzahl des gleichen Produktes ausgelagert werden.

**Durchschnittliche Anzahl an Auftragszeilen je Auftrag [Anzahl]**

Ebenfalls kann es bei der Fertigung oder Montage zu Mengeneffekten kommen. Fließen bspw. mehrere Stück eines Artikels in einen Auftrag, so kann dies im Idealfall ebenfalls mit nur einem Auslagerungsvorgang bewerkstelligt werden.

**Ladungsträgerstrom [Anzahl]**

Durch eine Annahme von Durchschnittswerten von Gewicht und Abmessungen, wird eine bestimmte Menge, einem Ladungsträger zugewiesen. So ist es möglich, einen annähernden Strom dieser Ladeeinheiten zu errechnen.

**Auftragszeilen je Tag [Anzahl]**

Damit wird die Anzahl an Zeilen ermittelt, die pro Tag abgearbeitet wird. Das bedeutet beispielsweise, wenn 8 Ladungsträger eines Produktes ausgelagert werden, dann handelt es sich um eine Auftragszeile. Anders kann dieser Wert auch als Anzahl der Ein- oder Auslagerungsprozesse angesehen werden, wenn sich die Ware theoretisch auf einem Ladungsträger befindet.

## 4 Methodik der Vorgehensweise

In diesem Kapitel geht es zunächst um die Unternehmensanalyse von drei Produktionsbetrieben. Neben einer persönlichen Besichtigung und Führung durch die drei Betriebe, kamen je nach Bereitschaft des Unternehmens alle, oder eine Auswahl von folgende Analysemethoden zur Anwendung (siehe dazu auch 3.6 Analysewerkzeuge):

- Fragebogen
- Sichten von Betriebs-Unterlagen
- Zugriff auf EDV-Datenbanken
- Interview

Das Hauptaugenmerk der Analyse lag dabei auf dem Bereich der Warenlager. Dabei wurden die unterschiedlichen Lagerbereiche und Lagertechnologien (siehe dazu auch 3.2.1-Grundtypen von Lagersystemen und 3.2.2-Weitere Lagersysteme) untersucht und auch die Gliederung dieser Lagerbereiche (siehe 3.1.2-Lagergliederung im Produktionsbereich) näher betrachtet. Aber auch jene Bereiche, die eine Schnittstelle zu den Warenlagern darstellen, werden beschrieben. Des Weiteren wurden die eingesetzten Ladehilfsmittel und deren Einsatz aufgelistet. Für das bessere Verständnis zu diesem Thema sei auf Kapitel 3.3-Ladehilfsmittel verwiesen. Zusätzlich wurden Informationen zu stattfindenden Prozessen eingeholt, welche je nach Bedarf, genauer erklärt werden. Danach soll mit Hilfe des Kapitels Artikelklassifizierung ein Gefühl für die Dimensionen der Ware hinsichtlich Abmessungen oder Gewicht gegeben werden. Den dritten Unterpunkt der jeweiligen Unternehmensanalyse bildet eine Datenauswertung, in der die unter Kapitel 3.6.2 genannten Kennzahlen ermittelt werden. Die Anzahl der ermittelten Kennzahlen richtet sich dabei nach den Informationen, die von Seiten der Unternehmen bereitgestellt wurden. Abgeschlossen wird diese Analyse mit einem kurzen Interview, in dem die Gesprächspartner ihre persönliche Meinung sowie die Unternehmenssicht schildern können.

Aufgrund der, in diesem Kapitel dargestellten Unternehmensinformationen, sollen im folgenden Kapitel 5, Gemeinsamkeiten und Tendenzen der drei Betriebe im Bereich der Warenlagerung, Ladehilfsmittel und Kennzahlen herausgearbeitet werden. Ebenfalls sollen Übereinstimmungen mit den in Kapitel 3, herausgearbeitet Themen berücksichtigt werden.

Danach wird speziell auf das Produkt von KNAPP Industry Solutions, das YLOG-Shuttle, eingegangen. Zunächst wird es genauer erklärt und technische Daten aufgezeigt, um danach einen Vergleich mit anderen Produkten zu schaffen. Speziell geht es hierbei um direkt mit dem YLOG-Shuttle vergleichbare Produkte, sowie um Technologien, die ebenfalls zur automatisierten Lagerung von Kleinladungsträgern eingesetzt werden. Für die Beschaffung dieser Informationen wurden folgende Quellen genutzt:

- Unternehmenshomepages
- Produktbroschüren
- Internetrecherche
- Persönlicher Kontakt mit den Unternehmen

Diese gewonnenen Informationen sollen im folgenden Kapitel 5 einen Systemvergleich ermöglichen.

## 4.1 Unternehmen 1 - MOSDORFER GmbH

Die Firma Mosdorfer ist ein in Weiz ansässiges Unternehmen, das Teil der KNILL Gruppe ist und Produkte für den Bereich der Hochspannungs-Freileitungen (Abbildung 21) herstellt.



Abbildung 21: Hochspannungsfreileitung [MOS15]

Ihr Einsatzgebiet in diesem Zweig umfasst vor allem die Entwicklung und Produktion von Kettenarmaturen, Armaturen von Lichtwellenleitern, Dämpfungssysteme, Isolatordecken und Armaturen von Hochtemperaturseilen. Des Weiteren wird die Entwicklung und Produktion für Sonderanfertigungen angeboten, die aber nur einen geringen Anteil ausmacht. (vgl. [MOS15])

Das Unternehmen erwirtschaftete im Jahr 2014 einen Umsatz von ca. 50 Mio. € und beschäftigt derzeit 125 Mitarbeiter am Standort Weiz. Kunden des Unternehmens sind nahezu ausnahmslos Bauunternehmen. Diese werden von energievorsorgenden Unternehmen aus der ganzen Welt mit dem Gesamtauftrag des Leitungsbaus beauftragt. Nur in Ausnahmefällen, wie bspw. für Wartungsarbeiten, kommt es noch vor, dass direkt ein Energieversorger als Kunde auftritt.

Die im Anschluss angeführte Analyse und Kennzahlenerhebung stützt sich auf eine im Jahr 2012/13 durchgeführte Studie des Unternehmens, die lt. Firmenangaben aktuell ist, da das Unternehmen in letzter Zeit seinen Schwerpunkt auf Stabilisierung und Optimierung setzt, aber kein größeres Wachstum vollzogen hat. Auch wurden Informationen durch Firmenbesichtigungen und ein persönliches Gespräch eingeholt.

### 4.1.1 Analyse der Produktionslogistik

In Abbildung 22 ist der Grundriss der Firma Mosdorfer dargestellt. Im Wesentlichen besteht das Gebäude aus einem Abteil mit Büros (1), Fertigungsabteilungen (2, 3, 4, 6, 9), einem Prüfraum (5), Warenein-(11) u. Warenausgangsbereich (12) sowie einem Kommissionierbereich (7). Hinzu kommen noch die Lagerbereiche (8, 12, 13, 15, 16).

Die angrenzende Verzinkerei (14) ist mittlerweile aus der Mosdorfer GmbH ausgegliedert und wird als eigenständiges Profit-Center geführt, das jedoch zu 50% für Mosdorfer arbeitet.



1 Bürogebäude	6 Werkzeugbau	11 Wareneingang
2 Mechanische Bearbeitung	7 Kommissionierbereich	12 Rohmateriallager
3 Schmiede	8 Fertigteilager	13, 15, 16 Freiluftlager
4 Wärmebehandlung	9 Werkstatt	14 Verzinkerei (eigenständig)
5 Prüfraum	10 Versand	17 Fertigungszwischenlager

Abbildung 22: Grundriss der Mosdorfer GmbH in Weiz

Die Ware wird nach ihrer Herkunft auf folgende Weise unterschieden:

- **Handelsware**  
Als Handelsware gelten extern zugekaufte Komponenten, egal ob aus dem Aus- oder Inland.
- **Ware vom Tochterunternehmen (Slowakei)**  
Der Standort in Weiz steht in enger Zusammenarbeit mit seiner Tochterfirma in der Slowakei. Diese Zusammenarbeit kann auf drei Wegen entstehen:
  - 1) Es erfolgt eine Umlagerung, der in Weiz gefertigten Teile zur weiteren Verwendung in die Slowakei
  - 2) Die in der Slowakei hergestellten Artikel werden zur weiteren Anwendung nach Weiz überstellt
  - 3) Die fertige Ware aus der Slowakei trifft in Weiz nur noch zur Lagerung vor dem Versand ein.

- **Fertigware**

Als Fertigware wird die in Weiz fertiggestellte Ware bezeichnet. Da es hier am Standort keine Montage mehr gibt, handelt es hier um Teile die gefertigt werden.

#### 4.1.1.1 Warenein-/Warenausgang und Kommissionierung

Die drei Bereiche der Kommissionierung, Wareneingang sowie Warenausgang sind räumlich getrennt. Jedoch sind diese als eine organisatorische Einheit anzusehen. Die Mitarbeiter verrichten zwar die, ihrem Bereich zugeordnete Arbeit, jedoch sind diese flexibel ausgebildet. Das bedeutet, dass sie in allen drei Bereichen eingesetzt werden können.

Die tägliche Anlieferung und Abholung ist nicht exakt koordiniert. Jedoch weiß das Unternehmen in den meisten Fällen, aufgrund von Informationen der Spedition, ziemlich genau über den Zeitpunkt Bescheid. Auch gibt es keine entkoppelte Kommissionierung und Lagerbewirtschaftung. Diese Tätigkeiten werden so durchgeführt, wie sie anfallen.

#### **Einlagerung**

Die Warenanlieferung in Weiz erfolgt ausschließlich per LKW. Diese werden per Stapler entladen und die Ware zunächst im Bereich 11 (siehe Abbildung 22) im Freien, vor dem Wareneingang abgelegt. Während grundsätzlich eine 24 stündige Frist für die Einbuchung ins System herrscht hat diese beim Rohmaterial sofort zu erfolgen, wird aber unter Umständen zunächst gesperrt. Die Erfassung der Ware im System erfolgt über die händische Eingabe in das ERP-System. Da es sich meist um eine große Anzahl an Produkten handelt, wird meist nur die Anzahl der Kisten zur Bestimmung der richtigen Menge herangezogen. Aus jeder dieser Kisten werden 2-3 Probestücke entnommen und maßlich sowie hinsichtlich ihrer Verzinkungsqualität geprüft. Sind es Teile die unter Belastung zum Einsatz kommen, so folgt zusätzlich noch eine mechanische Prüfung, wie z.B. eine Zugprüfung. Nach erfolgter Einbuchung ins System werden diese dann entweder im Palettenlager (8) eingelagert, bleiben im Bereich 11 für die anstehende Kommissionierung stehen oder werden mit Hilfe eines Schienenfahrzeuges durch den Bereich 8 in das Rohstofflager (12) befördert und dort eingelagert. Handelt es sich um Fertigware von der Tochterfirma, so wird diese bereits fertig verpackt angeliefert und nur noch im Freilager bis zur Abholung gelagert.

#### **Auslagerung**

Die Kommissionierung der Ware erfolgt im Bereich 7. Waren werden entweder aus dem Fertigteillager (8) abgeholt, kommen direkt nach der Fertigung hierher oder stehen schon bereit, da sie nicht eingelagert wurden. Im Anschluss wird der Auftrag in Kisten/Paletten zusammenkommissioniert. Unterstützt werden die Mitarbeiter hierbei durch Zählwaagen. Die fertig kommissionierten Aufträge werden in das Freiluftlager zur Abholung gebracht. Dabei verbleibt meist eine Versandeinheit im Kommissionierbereich, um eine Kundenabnahme zu ermöglichen. Es kommt eine fertigungsbegleitende Qualitätsprüfung zum Einsatz, um mögliche Fehler so schnell wie möglich zu beseitigen. Nach der Fertigung gibt es eine interne Prüfung hinsichtlich der Maße und der Verzinkungsqualität. Im

Zuge der Abnahmeprüfung erfolgt eine mechanische Prüfung (mit oder ohne Kunden) für das Abnahmeprotokoll (Kerbschlagzähigkeit, Streckgrenze, Dehnung, usw.). Der Warenausgang wird im Bereich 10 durchgeführt. Es werden sowohl Kunden im Inland, sowie auch im EU-Raum beliefert und auch weltweite Exporte werden durchgeführt.

Da das Unternehmen großteils als Auftragsfertiger agiert, wird 75-85% der in Weiz gefertigten Ware nur noch zur Abholung gelagert. Eine richtige Einlagerung erfolgt nur in Ausnahmefällen, wenn bspw. die Kapazität eine Vorausarbeit zulässt, oder es sich um Stammware handelt. Des Weiteren führt die Rolle des Auftragsfertigers dazu, dass die meiste Ware speziell für einen Kunden gefertigt wird und daher nicht als Lagerware definiert ist.

#### 4.1.1.2 Lagerbereiche

Die Lager können hinsichtlich ihrer Funktion und ihrem Standort unterschieden werden in (siehe Abbildung 22):

##### **Rohmateriallager (12)**

Die Rohmaterialien lagern hier Großteils in Stangenform in einer Art Fachregallager für Langgutware, wie in Abbildung 23 zu sehen. Die Besonderheit hierbei ist, dass es sich um ein Konsignationslager handelt, d.h. das Lager gehört dem Lieferanten. Örtlich liegt das Rohstofflager ungünstig, da bei der Einlagerung einmal quer durch die Halle gefahren werden muss.



Abbildung 23: Rohstofflager

##### **Fertigteillager (8)**

In einem Hochregallager in Paletten mit Aufsetzrahmen (siehe Abbildung 24) lagern Fertigteile und Verbindungsmaterial (Schrauben, Muttern, Splinte, etc.). Folgende Ware wird als Fertigteil deklariert:

- Definierte Lagerware - Ware für den Standardmarkt, die trotz großer Produktvielfalt immer wieder benötigt wird. Als Standardmarkt gilt der europäische Markt, im speziellen Österreich, Deutschland und Skandinavien.

- Überproduktion – Ware die aus verschiedensten Gründen in zu hohen Stückzahlen produziert wurde oder nicht verkauft wurde, welche in der Zukunft aber noch verkauft werden könnte.

Das Lager verfügt über 1250 Stellplätze, wobei hier derzeit keine besondere Anordnung bzw. Zonung angewandt wird. Es wird lediglich versucht darauf zu achten, dass zusammengehörende Artikel in unmittelbarer Nähe lagern.



Abbildung 24: Paletten-Hochregallager

### Produktionszwischenlager (17)

In einem kleinen Außenbereich liegt das Fertigungszwischenlager in Form eines Freilagers. Die Hauptfunktion dieses Lagers liegt in der nötigen Verzögerung der Produktion, wie beispielsweise der Abkühlung nach der Wärmebehandlung (siehe Abbildung 25) oder dem Ablegen der zugeschnittenen Teile für den Schmiedeprozess, was in Abbildung 26 zu sehen ist.



Abbildung 25: Zwischenlagerung der Bauteile zur Abkühlung



Abbildung 26: Zwischenlagerung des zugeschnittenen Materials

### Freiluftlager (13, 15, 16)

Den größten Teil dieses Freiluftlagers stellt das Versandlager (13) (siehe Abbildung 27) dar. Hier werden die versandfertigen Waren bis zur Abholung ein letztes Mal gelagert. Diese Lagerung geschieht in Form einer Blocklagerung (siehe Kapitel 3.2.1). Die Aufträge werden hier auftragsrein zusammengestellt und gekennzeichnet. Da sich große Projekte bspw. aus Handelsware aus China sowie Spanien und zusätzlicher Fertigware aus Weiz zusammensetzen, ist hier besonderes Geschick im Umgang mit dem zur Verfügung stehenden Platz gefordert. Im hinteren Bereich (15, 16) werden auf ehemaligen Mitarbeiterparkplätzen vor allem Verpackungsmaterial sowie verschiedenste Materialien von Projekten gelagert.



Abbildung 27: Freiluftlagerung der versandbereiten Kisten

Die Lagerung von Handelsware kommt nur äußerst selten vor. Ist dies der Fall, wird diese im Freien abgestellt, was jedoch eine mögliche Beschädigung zur Folge hat.

#### 4.1.1.3 Eingesetzte Software im Lagerbereich

Als Software kommt das von Microsoft stammende ERP-System Navision zum Einsatz. Dieses führt Aufgaben wie Bestellabwicklung, Lagerzugänge, Umlagerungen (Weiz-Slowakei), Lagerbewirtschaftung und Produktdefinition durch. Die Fertigungsplanung erfolgt in Zusammenarbeit des ERP-Systems mit einem PPS-Programm (Produktionsplanungs-Steuerung).

Auszug der Daten die in MS Navision gespeichert werden:

- Buchungsdatum
- Laufende Nummer
- Postenart
- Beleginformationen
- Artikelnummer
- Seriennummer
- Beschreibung
- Produktgruppe
- Informationen zum Fertigungsauftrag
- Beschaffungsmethode
- Lagercode
- Mengenangaben
- Gewichtsangaben
- Preisinformationen
- Kunden-/Lieferanteninformationen
- Status der Qualitätskontrolle

#### 4.1.1.4 Ladehilfsmittel

##### Produktion

Als Ladehilfsmittel kommen im Bereich der Produktion häufig DIN-Paletten mit Aufsetzrahmen sowie Blechkisten (bis der letzte Warmarbeitsgang abgeschlossen ist) zum Einsatz. Diese Ladehilfsmittel wurden bereits in Abbildung 25 und Abbildung 26 dargestellt.

##### Lagerung

Auch die Lagerung im Fertigteillager erfolgt mit Paletten samt Aufsetzrahmen. Handelsware die gelagert werden muss, wird meist im angelieferten Ladungsträger aufbewahrt.

##### Versand

Im Versandbereich kommen für den Inlandsmarkt Paletten mit Aufsetzrahmen zum Einsatz.

Für den Auslandsmarkt werden hingegen fast ausschließlich Exportkisten verwendet. Dabei handelt es sich meist um Holzkisten mit IPPC Kennzeichnung. Diese müssen für bestimmte Länder wärmebehandelt werden und werden im Anschluss mit ölbeständigem Papier ausgelegt. Diese Art von Kisten haben keine Normabmessungen, jedoch wurde eine firmeninterne Norm aufgrund der Containergrößen erstellt.

Weitere Möglichkeiten sind Einwegpaletten mit PAL-Boxen für Schweizer Kunden, sowie Gitterboxen für den deutschen Markt.

#### **4.1.1.5 Weitere Fakten**

##### **Fertigstellungstermin-Liefertermin**

Der Zeitraum zwischen Fertigstellungstermin und Liefertermin kann bis zu vier Wochen betragen. In dieser Zeit geschieht das Zusammenstellen der Ware, das Erstellen der Packliste, die Abnahmeprüfung (mit oder ohne Kunden) sowie das Einreichen des Abnahmeprotokolls und der Versanddaten beim Kunden, da auf eine Lieferfreigabe von Seite des Kunden gewartet werden muss.

##### **Organisation der Produktion**

Die Fertigung im Betrieb wird so organisiert, dass jede Woche „eingefroren“ wird und für diese eine Maschinenbelegung erstellt wird. Diese Wochenpläne werden vom Planer erstellt und sind abzuarbeiten.

##### **Arbeitszeiten**

Gearbeitet wird im Unternehmen in der mechanischen Bearbeitung, der Wärmebehandlung und dem Werkzeugbau in drei Schichten. In der Schmiede in zwei Schichten und im Bereich der Kommissionierung, Versand und Wareneingang nur einschichtig.

#### **4.1.2 Artikelklassifizierung**

Anhand der vorliegenden Daten können zwei Einteilungen, jedoch alle nur nach dem Gewicht, vollzogen werden. Zum einen ist es möglich eine Einteilung aller umgeschlagenen Artikel im Zeitraum Jänner 2011 – Oktober 2013 durchzuführen und zum anderen können Aussagen über die Versandeinheiten, die im Lager ein- und ausgehen, aus dem Jahre 2009 – 2012, erstellt werden.

##### **4.1.2.1 Umgeschlagene Artikel**

Anhand aller Buchungen die im System getätigt worden sind, ist es nun möglich eine Einteilung anhand des Stückgewichtes durchzuführen. Auch wenn es sich bei den im Unternehmen durchgeführten Aufträgen meist um mehrere tausend Stück handelt, liefert Abbildung 28 einen Überblick, um welche Produkte es sich bei Mosdorfer handelt.

Daraus kann abgeleitet werden, dass 75% der umgeschlagenen Artikel, ein Teilgewicht von maximal einem Kilogramm aufweist. Eine weitere Aussage ist, dass mehr als 95% der Teile in die ersten beiden Bereiche, d.h. bis maximal 10 Kilogramm fallen. Das durchschnittliche Gewicht aller verbuchten Teile liegt bei 2,88kg je Stück. Die Anzahl und Verteilung der unterschiedlichen Produkte ist unter 4.1.3 (Datenauswertung) zu finden.

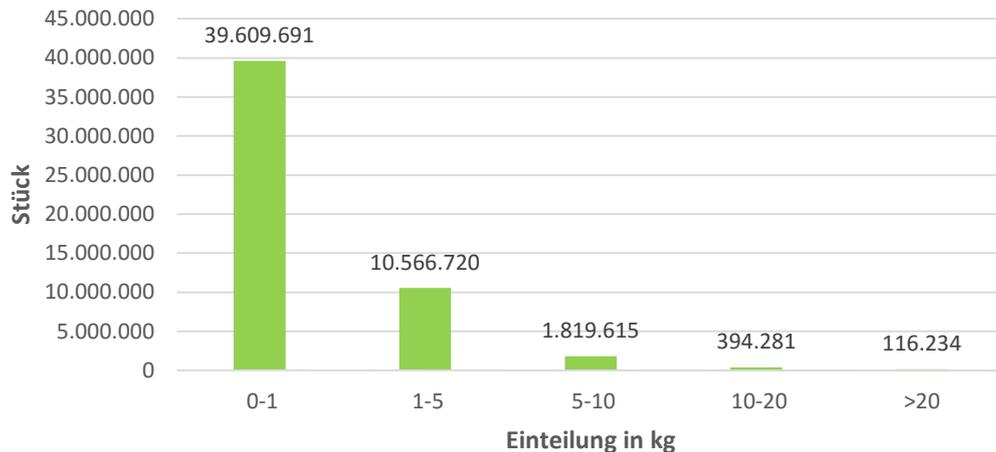


Abbildung 28: Klassifizierung der umgeschlagenen Stück nach dem Gewicht

#### 4.1.2.2 Versandeinheiten

Anhand der vorliegenden Daten, kann auch eine Einteilung der Versandeinheiten vorgenommen werden. Dabei handelt es sich um eine Klassifizierung nach dem Gewicht des Ladungsträgers, egal ob es sich hierbei um eine Palette, Kiste oder jede andere Form von Ladungsträger handelt. Diese ist in Abbildung 29 dargestellt. Knapp die Hälfte aller Versandeinheiten hat ein Gewicht von mehr als 500kg.

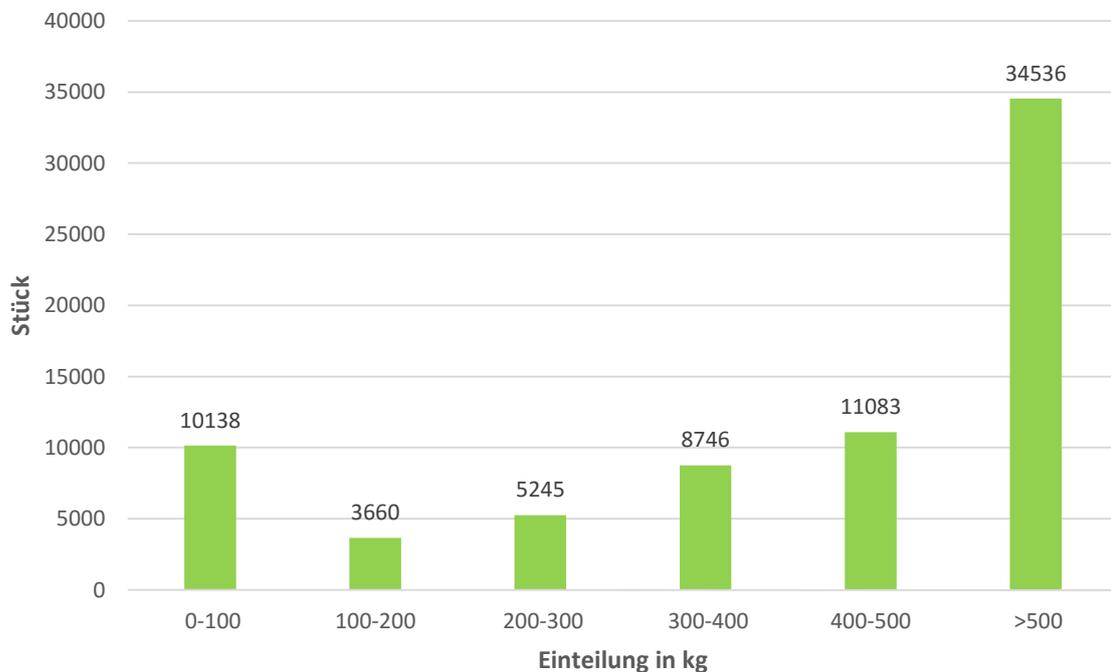


Abbildung 29: Klassifizierung der Versandeinheiten nach dem Gewicht

### 4.1.3 Datenauswertung

In diesem Fall werden seitens des ERP-Systems keine Kennzahlen erhoben, daher wurden diese durch eine Materialflussanalyse selbst erarbeitet. Da die Ermittlung dieser, mit Hilfe der bereitgestellten Daten oft nicht ohne weiteres möglich ist und diese oft nicht eindeutig sind, wird im Folgenden neben den Werten auch die Vorgehensweise kurz beschrieben.

#### Anzahl der Stellplätze

Das Hochregallager verfügt über **1250 Stellplätze**. Zusätzlich zu diesem, verfügt das Unternehmen noch über **2500m<sup>2</sup> Freilagerfläche** (Schätzung aufgrund Grundrissplanes).

#### Anzahl der unterschiedlichen Artikel

Aufgrund der Auswertung der Lagerbestände im Zeitraum Jänner2011-Juni2012 ergeben sich im Schnitt **2438 verschiedene Artikel**, die in der Lagerbestandsliste pro Monat geführt werden. Eine Einteilung nach Art der Produkte wird in Abbildung 30 dargestellt. Die über Ein- und Ausgänge erfasste Anzahl unterschiedlicher Artikel in den Jahren 2011-Oktober 2013 beträgt jedoch ein Vielfaches davon, nämlich 9761. Was darauf schließen lässt, dass es sich nur bei 25% aller Artikel um Lagerware handelt, die im Zuge der monatlichen Kontrolle in der Lagerbestandsliste geführt werden.

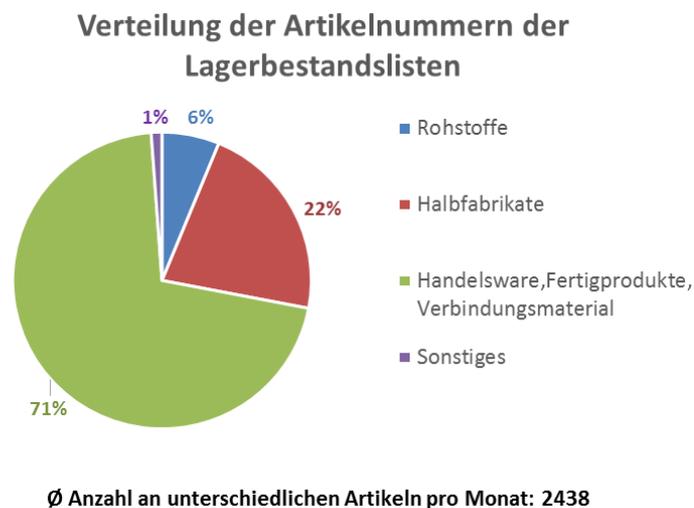


Abbildung 30: Verteilung der Artikelnummern nach Warenart

#### Ein-/Auslagerungen pro Tag

Da das ERP-System keinerlei Informationen zur Kommissionierung speichert, die kommissionierte Ware nach der Kommissionierung im Freilager zur Abholung bereitgestellt wird und nur noch mittels Stapler manipuliert wird, wird hier vereinfacht mit der Summe der Wareneingänge und Warenausgänge gerechnet. Diese Rechnung ergibt im Durchschnitt **62.170 Stück an fertigen Produkten oder Rohmaterialien** die täglich bewegt werden.

## Ladungsträgerstrom

Da die Anzahl der Ladungsträger im Zeitraum 2012 bekannt ist, kann mit Hilfe der Arbeitstage ein mittlerer Ladungsträgerstrom berechnet werden. Dieser beträgt **224 Ladungsträger pro Tag**, welche Ein-, Aus- oder Umgelagert werden.

## Durchsatz

Der Durchsatz kann mit den Ein-/Auslagerungen je Tag berechnet werden. Wird der einschichtige Betrieb, in diesem Bereich des Unternehmens berücksichtigt, so ergibt sich ein Durchsatz von **7771 Stück pro Stunde**.

## Saisonale Schwankungen

Durch die Betrachtung der verkauften Anzahl an Produkten ergibt sich der in Abbildung 31 dargestellte Verlauf. Erkennbar ist, dass in allen drei betrachteten Jahren in den Sommermonaten ein kleiner Rückgang vorliegt, was einfach gesagt an der Urlaubszeit liegen kann. Des Weiteren ist ein jährlicher, leicht steigender Trend erkennbar.

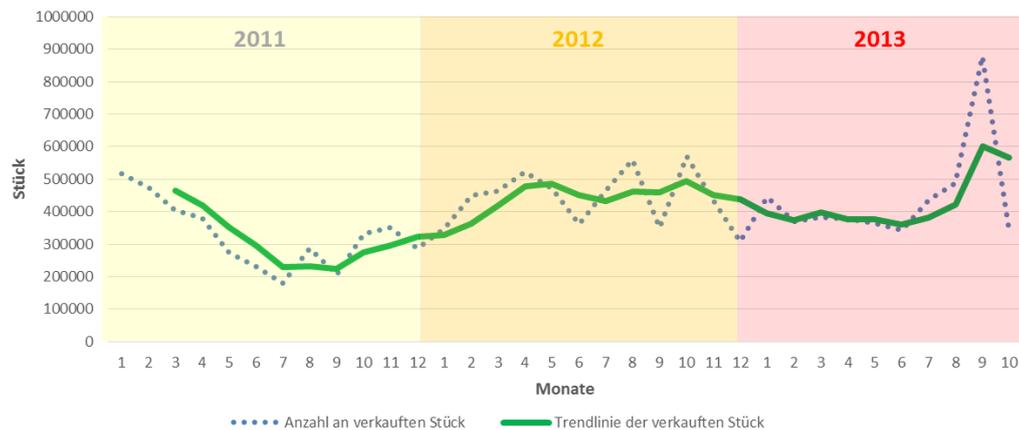


Abbildung 31: Verkaufte Stück in den Jahren Jänner 2011 – Oktober 2013

## Lebensdauer von SKU's

Da es sich hierbei entweder um Standardprodukte handelt, die immer wieder Verwendung finden, oder um Einzelanfertigungen, ist über diese Kennzahl keine Aussage möglich.

## Lagerreichweite

Die Anwendung der Formel (2) ergibt eine Lagerreichweite von durchschnittlich **32 Tagen**. Jedoch ist die Kennzahl in diesem betrachteten Unternehmen nebensächlich, da es sich, wie schon öfters angemerkt, um einen Auftragsfertiger handelt, der wenig fertige Ware lagert.

## Drehung bzw. Umschlaghäufigkeit

Das Lager wird im Mittel, **14 mal pro Jahr umgeschlagen**. Dieser sehr hohe Wert der Kennzahl spiegelt die Tatsache wider, dass die meiste Ware, ohne eingelagert zu werden zum Kunden geht.

## Durchschnittlicher Bestand

Zu beachten ist hierbei, dass das Rohstofflager nicht Eigentum der Firma ist. Außerdem wird dieses in Kilogramm geführt. Daher wird dieses eigenständig betrachtet. Ausgewertet wurden die Daten für ein Jahr, von Juli 2011 – Juni 2012. Die Informationen können aus Tabelle 5 entnommen werden.

Tabelle 5: Durchschnittlicher Lagerbestand

Ø Lagerbestand Halbfabrikate	181.872 Stk.
Ø Lagerbestand Handelsware, Fertigware, Verbindungsmaterial	936.366 Stk.
Ø Lagerbestand Sonstiges	15.741 Stk.
<b>Σ Ø Lagerbestand</b>	<b><u>1.133.979 Stk.</u></b>
Σ Ø Lagerbestand Rohstoffe	75.606 kg

## Wareneinsatz

Der Wareneinsatz (Rohstoffe werden nicht berücksichtigt) im Zeitraum Juli 2011 – Juni 2012 beträgt **15.928.202 Stück unterschiedlichster Warenarten**.

## Durchschnittliche Anzahl an Auftragszeilen

Dieser Wert liegt nach Unternehmensaussagen bei **40-50 unterschiedlichen Positionen** je Auftrag, was einer Tonnage von 100-400t gleichkommt.

Dieser Wert ist nur als Richtwert anzusehen und kann je nach Art des Auftrages (Leistungsneubau oder Reservematerial für Wartungsarbeiten) und der Leitungslänge stark schwanken.

## Durchschnittliche Durchlaufzeit (Auftragsabwicklungszeit)

Während die Durchlaufzeit für Standardteile bei zwei bis sechs Wochen liegt, liegt diese beim Projektgeschäft bei einem Zeitraum von fünf Monaten bis hin zu zwei Jahren.

## Wareneingangslieferungen/Tag

Die Bestimmung des Mittelwertes der Wareneingangslieferungen des Jahres 2012 ergibt im Schnitt **27258 Stück**, die im System als Wareneingang verbucht werden. Dies entspricht der Summe der eingehenden Teile welche zugekauft werden (Handelsware) und derer die vom Tochterunternehmen aus der Slowakei kommen.

## Warenausgangslieferungen/Tag

Die mittlere Anzahl an Warenausgangslieferungen pro Tag, ermittelt aus den Buchungen des Jahres 2012, ergeben einen Mittelwert von **34912 Stück**. Hierbei werden alle verkauften Produkte, sowie Lieferungen an das Tochterunternehmen berücksichtigt.

## Durchschnittliche Anzahl gleicher Produkte bei Einlagerung

Beim Erfassen der Ware im Wareneingang handelt es sich im Durchschnitt jeweils um **713 Stück** der gleichen Sorte.

### **Durchschnittliche Anzahl gleicher Produkte bei Auslagerung**

Der Warenausgang handhabt im Mittel **559 Stück** des gleichen Artikels pro Erfassung im System.

### **Auftrags – Zeilen je Tag**

Die Summe aller Buchungszeilen (Ein- u. Aulsagerungen) dividiert durch die Anzahl der durchschnittlichen Arbeitstage pro Jahr, ergibt im Mittel **105 Auftragszeilen pro Tag**, die in unterschiedlicher Weise am Standort Weiz abgearbeitet werden.

### **4.1.4 Rücksprache mit dem Unternehmen**

Die Fragen wurden mit dem zuständigen Produktionsleiter diskutiert.

### **Über die aktuelle Lagersituation im Unternehmen**

Das Unternehmen ist mit der derzeitigen Situation unglücklich, da es im Ganzen als eher chaotisches System bezeichnet werden kann. Begründet wird diese Aussage beispielsweise durch teilweise Mehrfachlagerung der gleichen Produkte in kleineren Mengen, was zu einer Platzverschwendung führt. Ein weiterer Umstand ist, dass die Lagerpolitik nicht klar geklärt ist. Das hat zur Folge, dass reichlich Ware im Lager liegt, die dort nicht hingehört. Auch kann jeder Mitarbeiter auf das Lager zugreifen, was als nicht ideal angesehen wird. Das größte Problem stellt das Freilager dar, welches keine Überdachung aufweist. Ist die Ware über längere Zeit der freien Natur ausgesetzt, können Beschädigungen auf lange Zeit nicht mehr vermieden werden.

Ein Stück weit wird der heutigen Situation Verständnis eingeräumt. Mit zunehmender Unternehmensgröße sind Abteilungen gewachsen, Maschinen hinzugekommen und die heutige Lagersituation hat sich danach in die heutige Richtung entwickelt. Aufgrund dieser Tatsache ist auch bekannt, dass der in der Produktionshalle vorherrschende Materialfluss nicht ideal ist. Das liegt auch an der Tatsache, dass es nicht möglich ist, teure, aufwendige Maschinenfundamente ohne größeren Aufwand immer wieder zu versetzen.

### **Über die Anforderungen für ein neues bzw. modernisiertes Lager**

Da die Überlegungen eines firmeneigenen Logistikzentrums in den letzten Jahren an den Kosten gescheitert sind, wird nicht damit gerechnet in den nächsten Jahren ein hochmodernes Lager anzuschaffen.

Das Ziel muss sein, die derzeitige Situation durch einfache Maßnahmen (z.B. einer Überdachung) so optimal wie möglich zu gestalten, um zumindest eine trockene Lagerung, der im freien befindlichen Produkte zu ermöglichen.

### **Über die Automatisierung eines Lagers**

In der Automatisierung eines Lagers sieht das Unternehmen großes Potenzial, jedoch wird in diesem Bereich noch gar nicht soweit gedacht. Denn dieser Schritt würde eine Bereinigung des aktuellen Lagers voraussetzen. Anschließend müsste die komplette Lagerstrategie hinterfragt werden und die Frage geklärt werden: „Was gehört wirklich über längere Zeit gelagert?“

## **Über die Software bzw. Technologie**

Eine automatische Identifikation, sowie Zuordnung der Ware ist eine Funktion, in der großes Potenzial gesehen wird. Eine weitere, wünschenswerte Funktion ist eine optische Visualisierung des Lagers, um sich einen raschen Überblick zu verschaffen. Zudem sollen Lagerstandskorrekturen schnell und ohne großen Aufwand durchführbar sein.

## **Über das Prinzip YLOG-Shuttle und einen möglichen Einsatz im Unternehmen**

Es gilt zu untersuchen ob dieses System im eigenen Unternehmen seine Stärken ausspielen kann und dessen Anschaffung daher Sinn macht. Ist dies der Fall, gilt es zunächst einmal abzuklären welcher Nutzen aus diesem optimal geplanten System folgt. Rechnet sich dieser Nutzen im Vergleich zu den vermutlich recht hohen Kosten ist es eine Option.

Der große Nutzen wird im eigenen Unternehmen nicht gesehen. Es besteht von Seiten der Fertigung nur sehr geringer Bedarf an Zubehörteilen. Auch gibt es heutzutage keine Montage mehr am Standort Weiz, welche mit Teilen zu versorgen ist und für das Rohmateriallager stellt es sowieso keine Alternative dar.

Die Zweifel an der Sinnhaftigkeit werden durch das Argument der auftragsbezogenen Fertigung nochmals unterstrichen. Denn wird ein Auftrag abgearbeitet, wird er vom Rohmaterialzuschnitt bis zur versandfertigen Lagerung im Außenbereich, ohne zusätzlichen Einlagerungsvorgang durchgezogen.

Sofern ein auftragsbezogener Produktionsbetrieb keine Montage beheimatet, hat er nicht viel Ware auf Lager und solch eine Investition scheint nicht rentabel. Bevor solch eine Möglichkeit überhaupt in Betracht gezogen werden kann, bedarf es zuvor, klarer Verhältnisse im Lager. Das heißt es muss geklärt werden, was überhaupt gelagert wird und welcher Bedarf an Stellplätzen daraus resultiert.

### 4.1.5 Zusammenfassung

In Tabelle 6 sind nochmals alle Kennzahlen und deren Werte zusammengefasst. Es sei jedoch auf Kapitel 4.1.3 Daten verwiesen, um die genaue Bedeutung und deren Ermittlung zu verstehen. In Tabelle 7 sind die eingesetzten Ladehilfsmittel aufgelistet.

Tabelle 6: Zusammenfassung der Kennzahlen bei Mosdorfer

KENNZAHL	WERT
Stellplätze	Hochregallager mit 1250 Palettenstellplätzen sowie 2500m <sup>2</sup> Freilagerplatz
Ø Anzahl der unterschiedlichen Artikel im Lager	2438
Ladungsträgerstrom	224 Ladungsträger/Tag
Theoretischer Durchsatz	7771 Stk./Std.
Saisonelle Schwankungen	Kleiner Rückgang in den Sommermonaten
Lebensdauer von SKU's	-
Lagerreichweite	32 Tage
Ø Ein-/Auslagerungen pro Tag	62.170 Stk./Tag
Umschlaghäufigkeit des gesamten Lagers	14 mal pro Jahr
Ø Lagerbestand	1.133.979 Stk. (ohne Rohstoffe)
Wareneinsatz	15.928.202 Stk.
Ø Anzahl der Auftragszeilen	40-50
Ø Durchlaufzeit des Auftrages	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standardteile: 2 - 6 Wochen</li> <li>• Projektgeschäft: 5 Monate - 2 Jahre</li> </ul>
Ø Wareneingangslieferungen/Tag	27.258 Stk.
Ø Warenausgangslieferungen/Tag	34.912 Stk.
Ø Anzahl gleicher Produkte bei der Einlagerung	713 Stk.
Ø Anzahl gleicher Produkte bei der Auslagerung	559. Stk.
Auftragszeilen	105 Zeilen/Tag

Tabelle 7: eingesetzte Ladehilfsmittel bei Mosdorfer

Bereich	Ladehilfsmittel
Produktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN-Paletten mit Aufsetzrahmen</li> <li>• Blechkisten</li> </ul>
Lagerbereich	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN-Paletten mit Aufsetzrahmen</li> <li>• Ladungsträger in denen Ware angeliefert wird (meist unterschiedliche Holzkisten)</li> </ul>
Versand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• DIN-Paletten mit Aufsetzrahmen</li> <li>• Exportkisten (IPPC)</li> <li>• Einwegpalette mit PAL-Box</li> <li>• Gitterboxen</li> </ul>

## 4.2 Unternehmen 2 - Voestalpine Böhler Welding Group GmbH

Die Voestalpine AG ist ein weltweit agierendes Unternehmen mit Hauptsitz in Linz, Österreich. Der gesamte Konzern beschäftigt weltweit mehr als 47.000 Mitarbeiter und erwirtschaftete im Geschäftsjahr 2014/15 einen Umsatz von 11.189,5 Mio. EUR.



Die an der Börse notierte AG untergliedert sich in vier Divisions:

- Steel Division
- Special Steel Division
- Metal Engineering Division
- Metal Forming Division

Die Voestalpine Böhler Welding Group GmbH (kurz Böhler Welding) ist Teil der Voestalpine AG. Sie gehört der Metal Engineering Division an und einer ihrer Produktionsstandorte befindet sich in Kapfenberg, in der Steiermark. (vgl. [VOE15a])

Böhler Welding ist im Bereich der Schweißzusatzwerkstoffe im Verbindungsschweißen tätig, welche beim Lichtbogenschweißen zum Einsatz kommen. Der Schwerpunkt liegt dabei im Bereich der mittel- bzw. hochlegierten Materialien.

Das Angebot umfasst mehr als 2000 verschiedene Artikel im Bereich der Schweißzusatzwerkstoffe. Hergestellt werden hierbei sowohl Stabelektroden, als auch Massiv- und Fülldrahtspulen. Abbildung 32 zeigt das Anwendungsbeispiel einer Stabelektrode. Diese wird mit Hilfe des WIG-Verfahrens (Wofram-Intertgas) verarbeitet. (vgl. [VOE15b])



**Abbildung 32: Schweißarbeiten mit Hilfe des WIG-Verfahrens (vgl. [VOE15b])**

Böhler Welding am Standort Kapfenberg produziert pro Monat 1200 Tonnen an Schweißzusätzen und beschäftigt derzeit in etwa 300 Mitarbeiter.

Zu den Kunden des Unternehmens zählen neben zahlreichen Händlern und Vertriebspartnern vor allem auch Direktabnehmer für Arbeiten in den verschiedensten Bereichen, wie z.B. dem Kraftwerks- oder Pipelinebau. Der Standort Kapfenberg besteht aus mehreren Produktionshallen, sowie einer kombinierten Produktions-/Logistikhalle.

Die im Folgenden gegebenen Einblicke resultieren Hauptteils aus den Aussagen

und Informationen, sowie einer Führung durch den zuständigen Leiter im Bereich der Logistik. Außerdem sei angemerkt, dass sich die Untersuchungen nur auf die kombinierte Produktions-/Logistikhalle beziehen.

#### 4.2.1 Analyse der Produktionslogistik

Abbildung 33 zeigt in einer Skizze den Grundriss der Produktions-/Logistikhalle, inklusive der Bezeichnung der Bereiche. Die dicken Linien stellen dabei eine räumliche Trennung durch Mauern dar, die dünnen die Abgrenzung der einzelnen Bereiche.

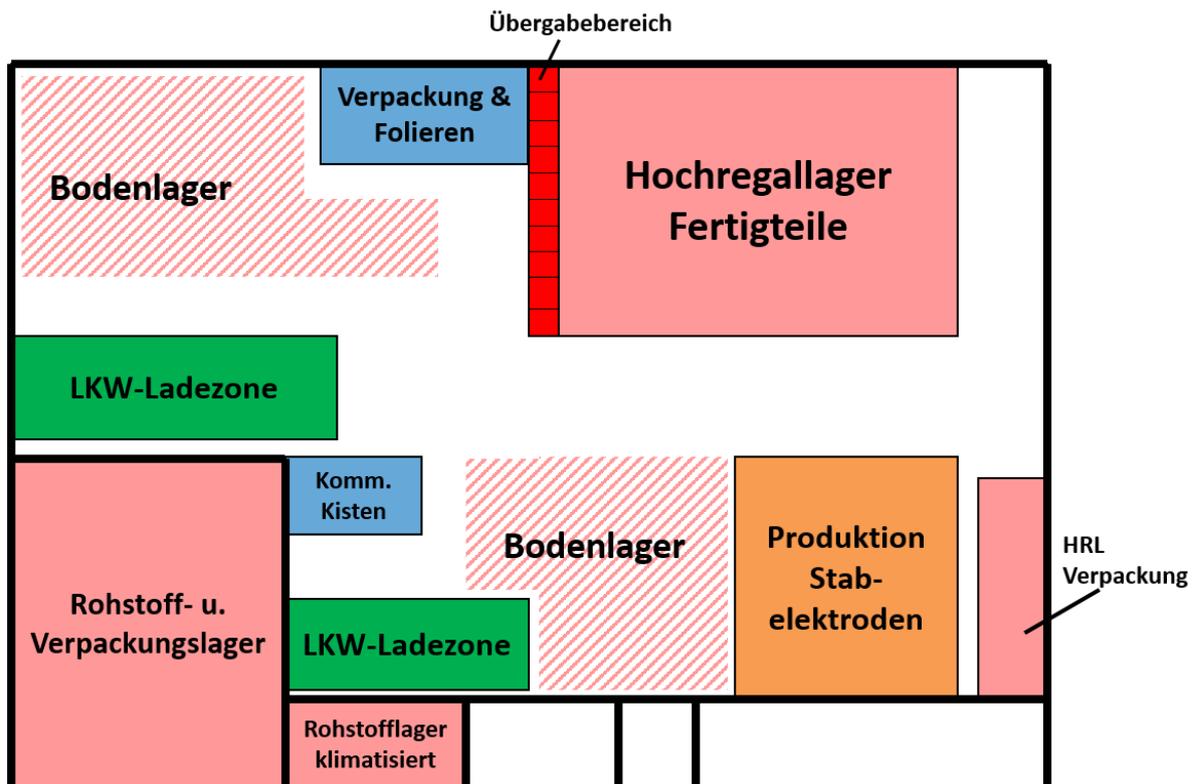


Abbildung 33: Skizze der Lager-/Produktionshalle bei Böhler Welding

In dieser kombinierten Halle erfolgt neben der Logistik für den Standort Kapfenberg, auch die Produktion von Stabelektroden. Dabei ist anzumerken, dass alle produzierten Einheiten die Produktionslinie in kleinere Einheiten verpackt verlassen (Kartons, oder luftdichte Verpackung) und bei Bedarf mit Hilfe einer Palettiermaschine auf einer Palette gestapelt werden, wie in Abbildung 34 dargestellt.



Abbildung 34: Mögliche Verpackungsvariante auf einer Europalette

Hinsichtlich der Ware, kann eine Einteilung wie folgt getroffen werden:

**Fertigware aus dem Standardprogramm:** Das Standardsortiment wird im Vorhinein produziert und in das Hochregallager eingelagert. Das bedeutet, dass es in der Regel immer lagernd ist. Innerhalb Österreichs wird hier ein 24 Std.-Service und Europaweit ein 48 Std.-Service angeboten.

**Fertigware aus dem Sonder-/Ergänzungsprogramm:** Speziell vom Kunden angeforderte Ware, wird für den Kunden innerhalb von 6-8 Wochen produziert, wobei von Kundenseite eine gewisse Mindestmenge abgenommen werden muss. Auch zählen sehr große Bestellungen von Standardware zu dieser Kategorie, da diese dann nicht aus dem Lager entnommen wird, sondern komplett neu produziert wird. Diese Warengruppe wird nach der Produktion nicht mehr eingelagert, sondern nur im Bereich eines der beiden Bodenlager abgelegt.

**Rohstoffe und Vormaterialien:** Die zur Herstellung benötigten Ausgangsmaterialien, wie Drahtrollen, Pulvermaterialien, und andere Materialien.

Das Verhältnis zwischen der Fertigware aus dem Standardprogramm und dem Sonderprogramm ergibt sich wie folgt:

- Bei 80% der Aufträge handelt es sich um lagernde Ware. Nur 20% umfassen Sonderartikel.
- Mengenmäßig ändert sich dieses Verhältnis. Annähernd 60% der gefertigten Menge gehört dem Sonderprogramm an und der Rest dem Standardprogramm.

Diese Wechselwirkung lässt sich durch die viel größeren Abnahmemengen beim Sonderprogramm erklären.

#### 4.2.1.1 Warenein-/Warenausgang und Kommissionierung

Bereichsmäßig wird unterschieden:

- Wareneingang von Vormaterialien, Rohstoffen und Hilfsstoffen
- Wareneingang von fertigen Produkten und Warenausgang

Die Unterscheidung der beiden Wareneingänge ist zum einen aufgrund der unterschiedlichen Lagerörtlichkeiten und zum anderen wegen der verschiedenartigen Wareneingangskontrolle nötig.

Der Wareneingang von fertigen Produkten und der Warenausgang sind gemeinsam zu betrachten, da bspw. für beide Vorgänge der Zugang zum Hochregallager möglich sein muss. Auch werden die ankommenden LKW im gleichen Bereich zunächst von Fertigteilen anderer Produktionen entladen welche ins Hochregallager kommen. Anschließend werden sie mit Fertigteilen für Kunden wieder beladen.

Die An- u. Auslieferungszeiten aller Warenarten sind vereinzelt fix festgelegt, so kommt z.B. jeden Montag zwischen 7 und 8 Uhr eine Lieferung der Tochterfirma aus Hamm (Deutschland). Der Großteil erfolgt aber flexibel, wie bspw. der tägliche Austausch mit den anderen Produktionen vor Ort.

### **Wareneingang von Vormaterialien, Rohstoffen und Hilfsstoffen**

Während der Walzdraht in großen Rollen angeliefert wird (siehe dazu auch Abbildung 38), werden die pulverförmigen Rohstoffe in verschiedenen Varianten angeliefert. Neben der Anlieferung in unterschiedlichen Behältnissen auf Paletten kommen auch verschiedene Arten von Säcken, je nach Hersteller zum Einsatz. Eine erste optische, mengenmäßige Kontrolle erfolgt dabei vom Logistikpersonal. Eine genauere Prüfung führen danach die Mitarbeiter der Qualitätssicherungsabteilung durch. Vom Walzdraht wird eine kleine Einheit zur Prüfung entnommen und zwischenzeitlich gesperrt. Erst nach erfolgreicher Bewertung kann er zur Produktion verwendet werden. Vor allem bei den pulverförmigen Rohstoffen erfolgt eine genaue chemische Analyse, die sehr aufwendig ist und höchste Qualität garantiert.

### **Wareneingang von fertigen Produkten und Warenausgang**

Die Anlieferung von fertigen Produkten aus anderen Produktionen erfolgt in bereits verpackten Einheiten (einzelne Karton-Einheiten, überwiegend auf Europaletten). Eine Wareneingangskontrolle in diesem Sinn gibt es hierbei nicht, da diese Produkte bereits in den Produktionsstandorten, wo sie hergestellt werden, von Mitarbeitern der Qualitätssicherung geprüft werden. Hier wird zum einen eine technische Prüfung in Form von Probeschweißungen und zum anderen eine analytische Prüfung im Labor durchgeführt. Bei den Laborprüfungen erfolgt der Vergleich von Sollwerten mit den erzielten Testergebnissen, um daraus Rückschlüsse zu ziehen.

Der Warenausgang ist so organisiert, dass Kundenaufträge aus dem Bereich Sonderartikel bereits fertigverpackt im Bereich des Bodenlagers auf die Weiterbeladung auf den LKW warten (Abbildung 35). Handelt es sich um einen Auftrag aus dem Standardsortiment, so wird dieser von den Bedienern der manuell geführten Regalbediengeräte im Lager kommissioniert und die Palette foliert um anschließend auf den LKW, an einem der beiden LKW-Verladeplätze, verladen zu werden. Der LKW bringt die Ware danach zur Spedition, die sich neben dem Unternehmen befindet. Diese führt dann den Versand durch. Das ist nötig, da z.B. keine eigenen Verloaderampen oder Stellplätze für Container vorhanden sind.



Abbildung 35: LKW-Anhänger der in der Halle auf die Beladung wartet

#### 4.2.1.2 Lagerbereiche

Hinsichtlich ihrer Funktion und ihrem örtlichen Standpunkt wird bei Böhler Welding zwischen folgenden Lagern unterschieden:

##### Fertigteillager

Hierbei handelt es sich um ein Hochregallager, in dem Europaletten mit zwei bedienergeführten Regalbediengeräten gelagert werden. Gelagert werden fertige Produkte aus dem Bereich des Standardprogramms. Mit Hilfe der Regalbediengeräte und der steuernden Mitarbeiter erfolgt sowohl die Ein- u. Auslagerung als auch die Kommissionierung aus dem Lager heraus. Dafür sind die Geräte mit Scannern ausgestattet, die eine papier- bzw. beleglose Kommissionierung ermöglichen (siehe 3.4.2-Kommissioniertechnik). Die Schnittstelle zwischen dem Lager und Warenein-/ausgang bildet ein Übergaberegal am Rand des Hochregallagers.

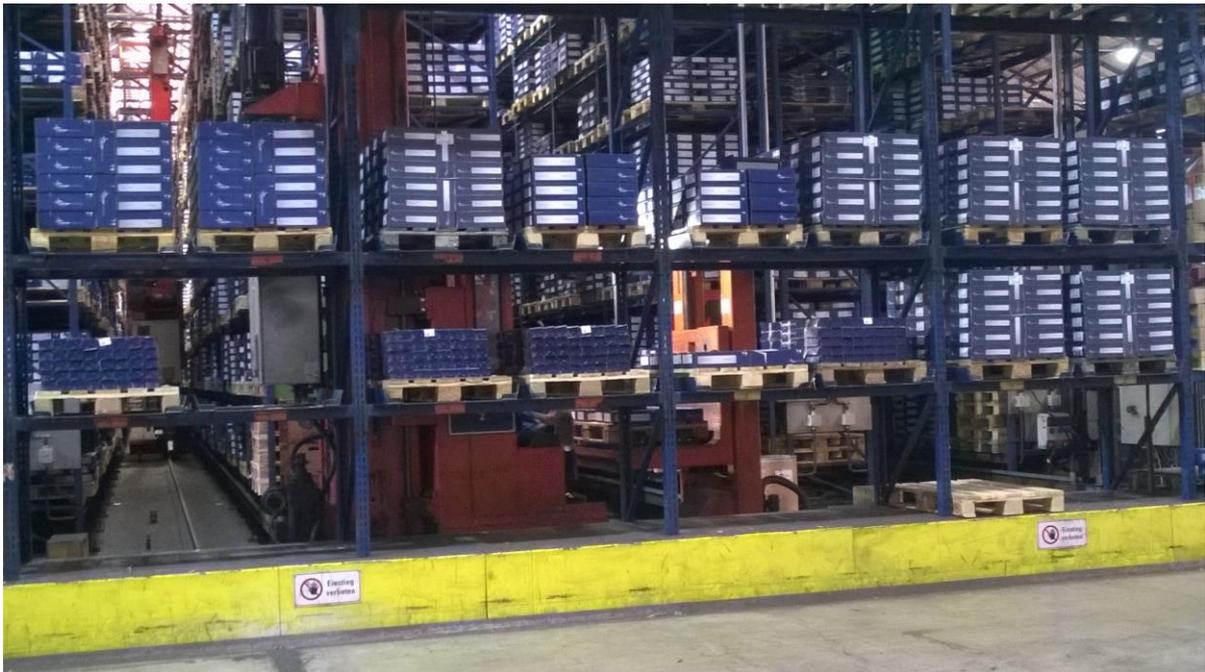


Abbildung 36: Übergabebereich. Im Hintergrund das Regalbediengerät (orange) und das Hochregallager

### Bodenlager

Hauptsächlich wird das Bodenlager für die Zwischenlagerung von Kundenaufträgen der Sonderkategorie verwendet, bevor diese auf den LKW verladen werden. Es wird aber auch als Puffer verwendet, wenn fertige Teile aus anderen Produktionen in das Hochregallager einzulagern sind. Abbildung 37 zeigt einen der beiden Bodenlagerbereiche.



Abbildung 37: Bodenlagerbereiche

### Klimatisiertes Rohstofflager

Hier werden die pulverförmigen Rohstoffe bei gleichbleibenden Temperaturen gelagert.

### Rohstofflager

Der Walzdraht wird in einem eigenen Hallenbereich, vor der Haupthalle, oft in gestapelter Form abgelegt. Er ist dabei auf großen Rollen aufgewickelt.



Abbildung 38: Lagerung der Walzdrähte

### Lager für Verpackungsmaterial

Primärverpackung: Als Primärverpackung wird bei Böhler Welding die Verpackung bezeichnet, die die tatsächliche Ware schützt (Kartonagen, Folien, etc.). Sie wird in einem weiteren kleinen Hochregallager in der Halle gelagert. Gerade diese Art von Verpackung macht einen nicht zu unterschätzenden Anteil aus. Abbildung 39 zeigt das Hochregallager, im hinteren Bereich, (blau) in dem die Primärverpackung lagert.

Sekundärverpackung: Als Sekundärverpackung werden Ladehilfsmittel wie Paletten oder Kisten bezeichnet. Sie lagern in der Nähe der Walzdrähte am Boden.



Abbildung 39: Lagerung der Primärverpackung in einem Hochregallager

### 4.2.1.3 Eingesetzte Software im Lagerbereich

Als Software verwendet Böhler Welding das ERP-System SAP. Im Bereich der Regalbediengeräte kommt eine vereinfachte Version von SAP, welche für den speziellen Einsatz mit Barcode-Scannern konzipiert ist, zum Einsatz. Die Identifizierung der Ware erfolgt auch außerhalb des Hochregallagers, z.B. bei der Aufnahme der Ware ins System, mit Hilfe der Barcode-Scanner.

Auszug der Daten, welche im EDV-System hinterlegt sind:

- Materialnummer
- Materialkurztext
- Herkunft
- Gruppe
- Bearbeiter des Datensatzes
- Bezeichnung
- Kundeninformationen
- Warengruppe
- Datumsinformationen
- Lagerortinformationen
- Lagerplatz (im HRL)
- Mengeninformationen
- Charge
- Kommissionierdatum

### 4.2.1.4 Ladehilfsmittel

Im Hochregallager kommen ausschließlich Euro-Paletten zum Einsatz. Auslieferungsfähige Ladeeinheiten (wie sie dann in den Bodenlagern vorkommen) werden im europäischen Raum, meist ebenfalls mit Hilfe von Euro-Paletten gebildet. In Ausnahmefällen, sowie bei Lieferungen im Überseebereich finden auch Holzkisten, Einwegpaletten, Sperrholzkisten und Kartons verstärkt Anwendung.

### 4.2.1.5 Weitere Fakten

#### Organisation der Fertigung

Es werden immer monatliche Planungen durchgeführt. So wird bspw. im November die Planung für den Dezember erstellt.

### 4.2.2 Artikelklassifizierung

Zur Artikelklassifizierung ist bekannt, dass die nach der Produktion entstehenden Einheiten, in den meisten Fällen in Form von Kartons, zwischen 15 und 20 Kilogramm betragen (siehe Abbildung 34).

### 4.2.3 Datenauswertung

Es werden vom Unternehmen vorwiegend Kennzahlen erhoben, welche einen monetären Hintergrund haben, oder solche die die Kundenzufriedenheit betreffen, wie die Liefertreue. Logistische Kennzahlen werden nur sehr wenige ermittelt. Die unten angeführten Kennzahlen wurden aufgrund verschiedener Auszüge aus dem ERP-System und einer damit verbundenen Materialflussanalyse ermittelt. Die Mengeneinheit bezieht sich dabei immer auf Kilogramm.

## **Anzahl der Stellplätze**

Das Hochregallager für Fertigteile verfügt über **4500 Palettenstellplätze**.  
Des Weiteren sind noch mehrere Lagerflächen für die Bodenlagerung von Rohstoffen, Fertigteilen verfügbar. Zusätzlich gibt es noch einen klimatisierten Lagerraum.

## **Anzahl der unterschiedlichen Artikel**

Das Standardprogramm, welches im Hochregallager lagert, umfasst am 21.8.2015 **1023 Artikel** (Fertigware)  
Insgesamt bietet das Unternehmen **mehr als 2000 unterschiedliche Artikel** (Fertigware) an. (vgl. [VOE15b])

## **Saisonale Schwankungen**

Es gibt Schwankungen beim Bedarf der Schweißzusätze. Allerdings sind diese nicht saisonal bedingt. Während der Absatz an die Vertriebspartner und Händler als konstant angesehen werden kann, treten die Schwankungen durch die Anzahl und Größe der Projekte auf, die gerade beliefert werden.

## **Lagerreichweite**

Die Lagerreichweite des Hochregallagers entspricht im Mittel **35 Tage**.

## **Ø Wareneingangslieferungen/Tag**

Gesamt: **87,3 Tonnen** Einlagerungen pro Tag.

Hochregallager: **56,1 Tonnen** Einlagerungen pro Tag.

## **Ø Warenausgangslieferungen/Tag**

Gesamt: **72 Tonnen** Auslagerungen pro Tag.

Hochregallager: **52,8 Tonnen** Auslagerungen pro Tag.

## **Summe der Ein-/Auslagerungen pro Tag**

Gesamt:

Im Schnitt wurden **159,3 Tonnen an Material pro Tag** Ein- u. Ausgelagert.

Hochregallager:

Insgesamt ergibt sich für das Hochregallager ein durchschnittlicher Wert von **108,9 Tonnen je Tag**.

## **Durchsatz**

Zur Durchsatzermittlung wird die ganze Logistikhalle als ein Lagersystem angesehen, d.h. alle Wareneingänge werden als Einlagerung und alle Warenausgänge als Auslagerung betrachtet. Das betriebene Arbeitszeitmodell geht von einem zweischichtigen Betrieb aus, wobei in der zweiten Schicht nur ein Regalbediengerät eingesetzt wird.

### Gesamt:

Im Zeitraum August 2014 bis Juli 2015 wurden im Mittel **159,3 Tonnen** täglich ein- und ausgelagert. Durch den zweischichtigen Betrieb ergibt sich eine Arbeitszeit von 16 Stunden je Arbeitstag. Daraus errechnet sich ein Gesamtdurchsatz von **10 Tonnen pro Stunde**.

### Hochregallager:

Werden für denselben Zeitraum nur die Aktivitäten im Hochregallager betrachtet, so ergibt sich ein durchschnittlicher Stundendurchsatz von **6,8 Tonnen je Stunde**.

### **Ladungsträgerstrom**

Unter der Annahme, dass sich wie in Abbildung 34 dargestellt, 48 Kartons zu je 15 Kilogramm auf einer Palette befinden, kann der Warenstrom anhand von Paletten abgeschätzt werden und führt zu einem Wert von **14 Paletten je Stunde**, die in irgendeiner Weise ein- oder ausgelagert werden.

### **Durchschnittlicher Bestand**

Am 21.8.2015 wies das Hochregallager einen Bestand von **2.683 Tonnen Fertigware** auf. Anders ausgedrückt, lagern zu diesem Zeitpunkt **4393 Paletten** darin. Bei einer Kapazität von 4500 Paletten entspricht das einer Belegung von 97,6%. Da das Hochregallager nach Angaben des Unternehmens immer eine Belegung zwischen 95 und 100% aufweist, kann dieser Wert als durchschnittlicher Bestand angesehen werden.

### **Auftragszeilen pro Auftrag**

Während Händler und Vertriebspartner hier quer durch die Bank bestellen und viele verschiedene Artikel pro Auftrag abnehmen, ist dies bei Direktlieferungen für die sofortige Anwendung meist anders. Hier wird meist nur ein Artikel in großer Stückzahl bestellt.

### **Durchschnittliche Durchlaufzeit (Auftragsabwicklungszeit)**

- Standardprogramm österreichweit: 24 Std.-Service
- Standardprogramm europaweit: 48 Std.-Service
- Sonderprogramm europaweit: 6-8 Wochen

Diese Werte sind von der Bestellung, bis zum Eintreffen beim Kunden zu verstehen.

### **Auftragszeilen je Tag**

Hierbei ist wieder eine Unterteilung nach dem Gesamtsystem und dem Hochregallager möglich:

Gesamt: **363 Zeilen** pro Tag

Hochregallager: **280 Zeilen** pro Tag

#### 4.2.4 Rücksprache mit dem Unternehmen

Der zuständige Leiter im Bereich der Logistik beantwortete die folgenden Fragen:

##### Über die aktuelle Lagersituation im Unternehmen

Die aktuelle Lagertechnologie stammt aus dem Jahre 1985, verrichtet ihre Dienste aber nach wie vor zuverlässig und gut. Dies ist auch auf die laufend erfolgten Modifizierungen zurückzuführen, wie z.B. der Erneuerung der Stromzufuhr oder der Erweiterung um eine Scanner-Funktion, zur papierlosen Kommissionierung.

Das Hauptproblem in der derzeitigen Situation ist die starke Auslastung des Hochregallagers. So weist dies, wie bereits in Kapitel 4.2.3 - Durchschnittlicher Bestand erwähnt, im Durchschnitt eine Belegung zwischen 95 und 100% auf, was als deutlich zu hoch angesehen wird. Daher wird eine zukünftige Änderung der Situation dringend notwendig. Der derzeitige Ansatz liegt in der Umlagerung von einzelnen Produktgruppen zwischen den Standorten Hamm und Kapfenberg.

In diesem Zug sollen auch die Lagerstrategie sowie der Materialfluss überarbeitet werden, was zu einer entspannteren Lagersituation führen soll.

Trotzdem wird vermutet, dass die Technologie in den nächsten 5 Jahren ausgetauscht werden muss.

##### Über die Anforderungen für ein neues bzw. modernisiertes Lager

Eine Neuplanung der Lagersituation wurde in der Vergangenheit bereits durchgeführt. Ein vollautomatisiertes Hochregallager, mit der Funktion der Rückeinlagerung von kommissionierten Versandeinheiten, hätte die derzeitige Technologie in diesem Szenario abgelöst. Diese Idee scheiterte an den hohen Investitionskosten. Weiteres wird eine Lösung für fehlende Verladerampen und mögliche Containerabstellplätze angestrebt.

##### Über die Automatisierung eines Lagers

Trotz des Alters funktioniert die gegenwärtige Anlage. Einem Austausch und einer Erneuerung, was gleichzeitig mit einer Automatisierung einhergehen würde, steht das Unternehmen kritisch gegenüber. Denn aus Unternehmenssicht ist dies aus wirtschaftlichen Gründen nicht sinnvoll.

Kommt es zu einer Neuerrichtung einer Halle, ist eine andere Sichtweise gegeben. Denn dann macht es Sinn in eine neue Technologie zu investieren, anstatt die alte Anlage abzubauen, zu übersiedeln und wieder aufzubauen.

##### Über die Software bzw. Technologie

Das als Hauptsoftware eingesetzte SAP erfüllt die geforderten Erwartungen. Die derzeitige Situation, in der die Kommissionierung im Hochregallager, mit Hilfe der vereinfachten SAP-Version eine papierlose Kommissionierung ermöglicht, ist für das Unternehmen zufriedenstellend.

Wird eine neue Technologie in Zukunft zum Einsatz kommen, würde die Kommissionierung außerhalb des Lagers auf Arbeitsplätzen erfolgen. Dieser Vorgang ist mit SAP nicht mehr möglich und bedarf einer neuen, geeigneten Software, welche über eine Schnittstelle mit SAP zusammenarbeitet.

## **Über das Prinzip YLOG-Shuttle und einen möglichen Einsatz im Unternehmen**

Aus Unternehmenssicht handelt es sich um ein gutes, vollautomatisiertes Konzept, dessen Anwendung speziell für Kleinteile interessant ist, die auch Mengemäßig nicht die Dimension der Shuttles überfordern. Eine interessante Variante wird in der Möglichkeit vermutet, den Lagerbereich in den Keller zu versetzen und mittels Lift in die obere Ebene zu verfahren. Auch die mögliche, komplexe Lagerplanung, die durch die freie Verfahbarkeit der Shuttles in Längs- u. Querrichtung möglich sind, ist ein sehr positiver Aspekt. Der optimale Anwendungsbereich wird im Bereich von Produktionen gesehen, in denen Maschinen bestückt werden müssen und diese Bestückung aus dem Lagerbereich heraus erfolgt.

## 4.2.5 Zusammenfassung

Im Folgenden sind nochmals die ermittelten Kennzahlen (siehe Tabelle 8), sowie die eingesetzten Ladehilfsmittel (siehe Tabelle 9) zusammengefasst.

Tabelle 8: Kennzahlen Böhler Welding

KENNZAHL	WERT
Stellplätze	Hochregallager (Fertigteile): 4500 Palettenstellplätze <u>Zusätzlich:</u> Hochregallager für Verpackungsmaterial Bodenlagerflächen Klimatisierter Lagerraum
Ø Anzahl der unterschiedlichen Artikel im Sortiment	Mehr als 2000
Theoretischer Durchsatz	Gesamt: 10 t/Std. Hochregallager (Fertigteile): 6,8 t/Std.
Saisonelle Schwankungen	Nein - Projektabhängige Schwankungen
Lagerreichweite	35 Tage
Ø Ein-/Auslagerungen pro Tag	Gesamt: 159,3 t Hochregallager: 108,9 t
Ø Lagerbestand	Hochregallager: 4393 Paletten 2683 t Fertigware
Ø Anzahl der Positionen pro Auftrag	Händler u. Vertriebspartner: mehrere Pos. Direktlieferungen f. Projekte: eine Pos.
Ø Durchlaufzeit des Auftrages	Standardprogramm Österreich: 24 Std. Standradprogramm Europa: 48 Std. Sonderprogramm: 6 – 8 Wochen
Ø Wareneingangslieferungen/Tag	Gesamt: 87,3 t Hochregallager: 53,1 t
Ø Warenausgangslieferungen/Tag	Gesamt: 56,1 t Hochregallager: 52,8 t
Ladungsträgerstrom	14 Paletten/Std.
Auftrags-Zeilen	363 Zeilen/Tag

Tabelle 9: Ladehilfsmittel Böhler Welding

Bereich	Ladehilfsmittel
Lagerbereich	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Euro-Paletten</li> </ul>
Versand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Euro-Paletten</li> <li>• Holzkisten</li> <li>• Einwegpaletten</li> <li>• Sperrholzkisten</li> <li>• Kartons</li> </ul>

### 4.3 Unternehmen 3 - XAL GmbH

Die XAL GmbH ist ein weltweit agierendes Unternehmen, welches im Jahre 1989 gegründet wurde und dessen Hauptsitz sich in Graz befindet. Das Unternehmen befasst sich mit der Entwicklung von Lichtlösungen, welche neben ihrer Funktionalität vor allem durch die ansprechende Ästhetik überzeugen. Beim überwiegenden Anteil der produzierten Ware handelt es sich um LED-Leuchten. Konventionelle Leuchten, wie z.B. HID Lampen (Hochdruckgasentladungslampen), befinden sich noch vereinzelt im Programm, scheiden aber nach und nach aus. Zu den Kunden die das Unternehmen mit Lichtlösungen ausstattet zählen neben exklusiven Shops und Hotels auch Wohnräume und Büros. Aber auch Kunstgalerien, oder Banken zählen zu den Kunden. Neben der Beleuchtung bietet XAL auch noch die Lichtplanung von Räumlichkeiten als Dienstleistung an. Weltweit werden derzeit in etwa 1100 Mitarbeiter beschäftigt, davon ungefähr 450 in Graz. Der Umsatz aus dem Jahre 2014 betrug ca. 87 Mio. €. (vgl. [XAL15], [CON15])



Abbildung 40: Ausstattung der KTM X-BOW Customer Area in GRAZ [XAL15]



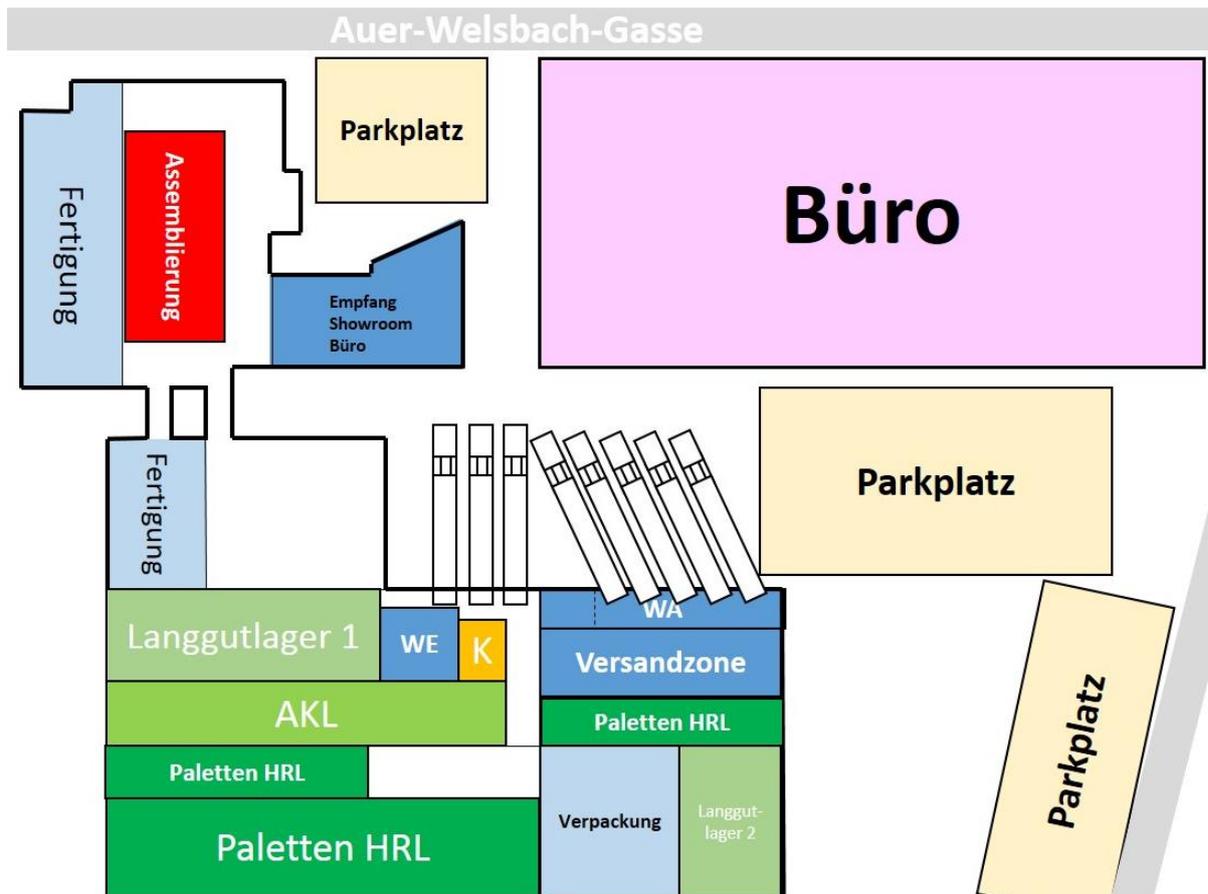


Abbildung 42 Detailansicht der XAL GmbH

Die Produktion besteht aus folgenden Bereichen:

**Wareneingang/ Warenausgang:**

Der Wareneingang (WE) und Warenausgang (WA) sind getrennt ausgeführt. Die fertig verpackte Ware wird dann im Bereich der Versandzone abgestellt, bis diese abgeholt wird.

**Montage-/ Assemblierungsbereich:**

Hier erfolgt der Zusammenbau zu Unterbaugruppen oder fertigen Produkten. Hierfür stehen mehrere Arbeitsplätze zur Verfügung. Bei kleineren Aufträgen wird an einem Arbeitsplatz die komplette Montage durchgeführt. Bei Großaufträgen kann auch eine Auftragsteilung erfolgen. Die Ware wird dabei entweder über Paletten oder Kunststoffbehälter, außerhalb des Montagebereichs, zur Verfügung gestellt. Die Ware auf der Palette in Abbildung 43 entspricht dabei einem Auftrag. Wird die Ware in einem Wagen zur Verfügung gestellt (Abbildung 44), so entspricht ein Fach des Wagens einem Auftrag. Danach wird die Ware auf andere Wagen verladen und damit in den Assemblierungsbereich gebracht, um die Reinheit zu gewährleisten. Durchschnittlich besteht ein Auftrag am Standort Graz aus zwei Behältern. Die mittlere Stückzahl die je Auftrag gefertigt wird, liegt bei sieben Stück.



**Abbildung 43: Für den Zusammenbau zur Verfügung gestellte Ware auf einer Palette**



**Abbildung 44: Für den Zusammenbau bereite Ware in einem Wagen**

**Fertigungsbereich:** In diesem Bereich werden bspw. die Profile auf die entsprechende Länge gekürzt und auch bearbeitet (Fräsen, Drehen, Schleifen, Bohren, etc.).

**Lagerbereiche:** Das ankommende Rohmaterial wird abhängig von den Abmessungen, den folgenden Lagerbereichen zugeteilt (siehe dazu 4.3.1.2 Lager):

- Kleinteile werden ins AKL eingelagert
- Stangenware kommt in den Bereich des Langgutlagers
- Ware die keiner der oberen Kategorien zugeordnet werden kann, wird in den anderen Lagerbereichen mit Hilfe von Paletten eingelagert.

An das AKL sind auch zwei Kommissionierstationen (K) angekoppelt (siehe Abbildung 42 und Abbildung 45). Hier können mehrere Aufträge gleichzeitig aus dem AKL kommissioniert werden. KLT-Behälter aus denen herauskommissioniert wird, gehen wieder ins AKL zurück. KLT-Behälter welche fertig kommissionierte Aufträge darstellen, gelangen über die Fördertechnik zu eigenen Entnahmeregalen.



Abbildung 45: Kommissionierstation

**Verpackungsbereich:** Die Ware wird in Kartons verpackt. Dabei kommen entweder Standardkartons zum Einsatz, oder es wird speziell nach den Produktabmessungen eine Kartonverpackung von einer Maschine erstellt. Danach wird die Ware auf Paletten zusammengestellt und verbleibt bis zur abschließenden Verpackung im Pufferbereich (siehe Abbildung 46). Die fertig verpackte Ware kommt bis zur Abholung in die Versandzone.



Abbildung 46: Pufferplatz im Bereich der Verpackung

#### 4.3.1.1 Warenein-/Warenausgang und Kommissionierung

Es stehen drei Laderampen im Bereich des Wareneinganges sowie fünf Laderampen im Bereich des Warenausganges zur Verfügung. Zeitlich sind diese nicht durchgeplant, allerdings hat es sich eingependelt, dass die Ware hauptsächlich am Vormittag von den Spediteuren angeliefert wird und am Nachmittag (ab ca. 14 Uhr) die Abholung der ausgefolgten Ware erfolgt.

Die Ersterfassung ins System im Wareneingang erfolgt noch durch manuelle Eingabe. Dabei werden auch Längen und Mengen abgestimmt. Danach wird ein internes Label erstellt und die weiteren Buchungen erfolgen mit Hilfe von Barcode Scannern. Im Warenausgangsbereich erfolgen die Buchungen ebenfalls mit mobilen Barcodescannern. Ausgenommen hiervon sind Spezialbuchungen, welche ebenfalls manuell durchgeführt werden. Mit dem Zeitpunkt der Lieferscheinerstellung verlässt die Ware das System. In der Versandzone wird dann über Listen und eine Versandsoftware die richtige Lieferung dem richtigen Spediteur zugeordnet.

Die Kommissionierung im gesamten Unternehmen erfolgt auftragsrein. Ausgenommen von dieser Regelung sind lediglich:

- Profile, welche einer Oberflächenbehandlung bedürfen und aufgrund der gleichen Farbe oder Beschichtung zusammengeführt werden.
- Auftragsrein kommissionierte Ware, welche nach Slowenien geliefert wird, wird wieder auf Paletten zusammengeführt.

#### 4.3.1.2 Lagerbereiche

Im Wesentlichen gibt es drei Lagerbereiche die unterschieden werden:

##### Kleinteilelager

Zur Kleinteilelagerung kommt ein aus dem Jahre 2005 stammendes AKL der Firma KNAPP zum Einsatz. Besonderheit dieses Systems ist, dass es aus zwei Ebenen besteht, d.h. die Regalbediengeräte arbeiten übereinander. Die Anlage ist

78 m lang und 9 m hoch. Es bietet 26.000 Stellplätze und beinhaltet derzeit 35.000 verschiedene Artikel. Die Regalbediengeräte erreichen dabei eine maximale Geschwindigkeit von 6 m/s. Eine Zonenzuordnung der Ware hinsichtlich ihrer Umschlaghäufigkeit gibt es nicht. Es wird aber eine gleichmäßige Gassenauslastung angestrebt. Das bedeutet, existieren 3 KLT-Behälter mit gleichen Artikeln, werden diese auf drei Gassen aufgeteilt. Abbildung 47 zeigt eine seitliche Ansicht des AKL „Speeder“. Im Anschluss an das AKL befinden sich zwei Kommissionierstationen.



Abbildung 47: AKL der Firma XAL

### Langgutlager

Da im Bereich der Leuchten verstärkt auf die Modulbauweise mit stranggepressten Aluminiumprofilen gesetzt wird, lagert auch eine große Menge dieser Profile in Stangenform vor Ort. Diese Ware wird im Rohzustand in Kragarmregalen gelagert. Zum besseren Handling mit dem Stapler und zusätzlichem Schutz, liegen diese in Karton verpackt in Profilcontainern, in welchen sie auch angeliefert werden (siehe Abbildung 48). Besonders die Toleranz dieser Profile, auf große Längen bezogen, spielt eine entscheidende Rolle bei der Endqualität. Abbildung 49 zeigte Halbfertigfabrikate in Stangenform, welche im Bereich der Fertigung zur Verfügung stehen. Weiters lagert Langgutware, welche in geringen Stückzahlen vorhanden ist, im Bereich Langgutlager 2.



**Abbildung 48: Lagerung der Stangenware in Kragarmregalen**



**Abbildung 49: Lagerung von langen Halbfertigfabrikaten**

### Übrige Lagerbereiche

Als übrige Ware wird all jenes bezeichnet, was nicht in Stangenform vorliegt bzw. zu groß für das AKL ist. Für diese Ware gibt es noch genug Lagerplatz in Form von Hochregallagerbereichen für Paletten (siehe dazu Abbildung 50). Die Ware lagert hierbei überwiegend in Kartons auf Europaletten. Teilweise wird hier aber auch Stangenware mit kleinen Abmessungen in Holzkisten gelagert (siehe Abbildung 51).



Abbildung 50: Einblick in das Palettenhochregallager bei XAL



Abbildung 51: Weiterer Teil des Palettenhochregallagers bei XAL

#### 4.3.1.3 Eingesetzte Software im Lagerbereich

Als Software kommt bei der Firma XAL derzeit Microsoft Navision zum Einsatz. Dies wird in nächster Zeit vom, auch von Microsoft stammenden Produkt Dynamics AX abgelöst, welches nach Aussagen der Firma XAL speziell im Bereich großer Unternehmen erhebliche Vorteile bringt.

#### 4.3.1.4 Ladehilfsmittel

Im Bereich der Produktion und Assemblierung kommen vor Allem KLT-Behälter (Standard und auch elektrisch leitende ESD-Behälter), sowie Holzpaletten zum Einsatz. Zur Kleinteilelagerung werden im AKL ausschließlich KLT-Behälter, mit einer Abmessung von 600x400 mm verwendet. Langgutware (Aluminiumprofile, o.ä.) wird meist direkt in den angelieferten Profilcontainern und Kartonagen eingelagert. Alle weiteren Waren wird üblicherweise in den unterschiedlichsten Gebinden (verschiedenste Kartoneinheiten) auf Europaletten abgelegt. Zur Bildung der Versandeinheiten gibt es neben den Standardkartons noch eine eigene Maschine, die Kartonverpackungen speziell nach den Produktabmessungen erstellt.

#### 4.3.2 Artikelklassifizierung

Die Ware die im Unternehmen gelagert und produziert wird, weist hinsichtlich der Abmessungen eine enorme Schwankungsbreite auf. Sie reicht vom kleinen Widerstand im Millimeterbereich, über fertige Lichtlösungen im Meterbereich, bis hin zu Rohstoffen wie Aluminiumprofilen in einer Größenordnung von mehreren Metern. Daraus ist auch abzuleiten, dass die Gewichtsverteilung der Waren einen sehr großen Bereich abdeckt.

### **4.3.3 Datenauswertung**

Das Unternehmen führt eine Erhebung von logistischen Kennzahlen durch, warnt aber vor Fehlinterpretationen mancher Kennzahlen, vor allem jenen die auf Stückbasis beruhen. Grund dafür ist die große Schwankungsbreite in den Produktabmessungen (siehe 4.3.2-Artikelklassifizierung).

#### **Anzahl der Stellplätze**

Das AKL verfügt über **26.000 Stellplätze**. Zusätzlich gibt es noch Hochregallager für Paletten, sowie ein Kragarmregal für Langgutware.

#### **Anzahl der unterschiedlichen Artikel**

**43.192 unterschiedliche Artikel** liegen auf Lager.

Im AKL befinden sich 35.000 verschiedene Artikel. Vom Rohteil über das Halbfabrikat bis hin zur fertigen Ware.

#### **Durchsatz/Ladungsträgerstrom**

Der Durchsatz der beiden Kommissionierstationen die an das AKL angekoppelt sind, liegt im Bereich von **100-150 KLT-Behälter je Stunde**.

#### **Lebensdauer von SKU's**

Im Durchschnitt beträgt die Lebensdauer von verschiedenen Artikeln **drei Jahre**. In dieser Zeit erfolgt meist ein viel zu großer Sprung bei der Effizienz solcher Leuchten. Bei gängigen Artikeln kann sich dieser Zeitraum auf bis zu fünf Jahre ausweiten.

#### **Durchschnittlicher Bestand**

Derzeit befindet sich **25.781.249** auf Lager. Die Zahl ist jedoch schwer zu interpretieren, da es sich um einen Mischwert handelt. Hierbei werden Einheiten wie Stück und Meter vermischt. Die Einheit Laufmeter wird einheitenlos hinzuzugediert.

Der durchschnittliche Lagerbestand je Artikel beträgt **597 Stk./Artikel**.

#### **Einlagerungszeilen pro Tag**

Die Anzahl an Einlagerungszeilen pro Woche beträgt 980 bei einer Gesamtmenge von 1,3 Mio. Stück. Verteilt man diesen Wert auf fünf Arbeitstage, ergibt dies einen Wert von **196 Einlagerungszeilen je Tag**.

#### **Auslagerungszeilen pro Tag**

Je Woche werden 4000 Auslagerungszeilen (Versand) abgearbeitet, welche sich auf durchschnittlich 650 Aufträge verteilen. Dies entspricht einer Menge von 48.000 Stück. Daraus folgt, dass die mittlere Anzahl **800 Auslagerungszeilen pro Tag** beträgt.

**Produktionskommissionierzeilen pro Tag**

Pro Woche werden 9500 Zeilen für die Produktion kommissioniert. Dabei werden im Mittel 250.000 Stück kommissioniert. Das ergibt einen Wert von **2375 Produktionskommissionierzeilen je Tag**.

**Durchschnittliche Gesamtanzahl an Auftragszeilen/Tag**

Wird die Summe der Auftragszeilen aus Einlagerung, Auslagerung und Kommissionierung gebildet, ergibt das einen Wert von **3371 Auftragszeilen/Tag**.

**Anzahl der Auftragszeilen**

Ein durchschnittlicher Auftrag besteht aus **20 unterschiedlichen Auftragszeilen**.

**Durchschnittliche Durchlaufzeit (Auftragsabwicklungszeit)**

Durchlaufzeiten können stark variieren. Sie hängt besonders vom Lagergut ab. Ist sämtliche, benötigte Ware lagernd kann von einer Durchlaufzeit von 10 Tagen ausgegangen werden. Werden überwiegend Beschaffungsartikel für den Auftrag benötigt, werden 8 Wochen angegeben.

Benötigt ein Kunde eine Ware dringend, wie z.B. auf einer Großbaustelle, werden andere Aufträge zurückgereiht und die Durchlaufzeit erheblich gesenkt. In diesem Fall wird von einer Durchlaufzeit von 2 Wochen gesprochen.

### **4.3.4 Rücksprache mit dem Unternehmen**

Der zuständige Leiter im Bereich der Logistik nahm Stellung zu folgenden Fragen:

#### **Über die aktuelle Lagersituation im Unternehmen**

Die aktuelle Situation ist sehr zufriedenstellend. Das Zusammenspiel Produktion und Warenlager funktioniert gut. Durch die verschiedenen Lagervarianten (Kragarmregal, AKL, Palettenhochregallager) können die unterschiedlichsten Waren gelagert werden, was einen enormen Vorteil darstellt. Aber gerade dieser Punkt stellt auch eine Herausforderung dar, da alle Lagervarianten einer unterschiedlichen Bedienung bedürfen.

Würde man das AKL heute nochmals neu bauen, dann würde es über die ganze Hallenlänge verlaufen und die Verbindungsgänge, die zu den unterschiedlichen Bereichen führen, würden am Rand verlaufen.

#### **Über die Anforderungen für ein neues bzw. modernisiertes Lager**

Geht man von einer kompletten Neuplanung aus, dann ist ein Layout mit einem zentralen Lager, welches von Arbeitsplätzen umringt wird, sehr interessant. Das bedeutet, dass nach jedem Arbeitsschritt wieder in das mittlere Zentrallager eingelagert wird und dann an die nächste Arbeitsstation weitergeht.

Für eine mögliche Erweiterung im eigenen Unternehmen, ist ein Shuttle-System derzeit am wahrscheinlichsten.

#### **Über die Software bzw. Technologie**

Da hier Handlungsbedarf bestand, wird mit Microsoft Dynamics AX ab Mai ein komplettes WMS (Warehousingmanagementsystem) zum Einsatz kommen. Dieses bietet Vorteile im Bereich Ladungsträger, Lagerplätze, Rückverfolgbarkeit und ist in Summe ein detaillierteres Programm.

#### **Über das Prinzip YLOG-Shuttle und einen möglichen Einsatz im Unternehmen**

Das System des YLOG-Shuttles ist bekannt und stellt eine interessante Variante für eine mögliche Erweiterung des Warenlagerbereiches im eigenen Unternehmen dar. Besonders die Erweiterbarkeit und die Flexibilität des Systems werden als positiver Aspekt angesehen. Interessant wäre allerdings erst eine Variante mit Ladungsträgern ab 800x600mm.

Abgesehen von der eigenen Situation, sieht man im Shuttlesegment ein großes Potenzial für die Zukunft.

### 4.3.5 Zusammenfassung

Abschließend sind in Tabelle 10 die Kennzahlen und in Tabelle 11 die verwendeten Ladehilfsmittel zusammengefasst.

Tabelle 10: Kennzahlen XAL GmbH

KENNZAHL	WERT
Stellplätze	AKL mit 26.000 Stellplätzen Mehrere Palettenhochregallager-Bereiche Kragarmregale für Stangenmaterial
Anzahl der unterschiedlichen Artikel im Sortiment	Im gesamten Lager 43.192 Im AKL 35.000 verschiedene
Durchsatz Kommissionierstation	100-150 KLT-Behälter/Std.
Lebensdauer von SKU's	Standardprodukte 3 Jahre Gängige Produkte 5 Jahre
Ø Bestand	25.781.249
Ø Bestand/je Artikel	597 Stk./Artikel
Einlagerungszeilen/Tag	196
Auslagerungszeilen/Tag	800
Produktionskommissionierzeilen/Tag	2375
Ø Gesamtanzahl Auftragszeilen	3371
Anzahl Auftragszeilen/Auftrag	20
Ø Durchlaufzeit	Nicht lagernd: 10 Tage Lagernd: 8 Wochen Variiert sehr stark.

Tabelle 11: Ladehilfsmittel XAL GmbH

Bereich	Ladehilfsmittel
Produktion	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KLT-Behälter (Standard und ESD)</li> <li>• Holzpaletten</li> </ul>
Lagerung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• KLT-Behälter (600x400)</li> <li>• Kartons</li> <li>• Europaletten</li> </ul>
Versand	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Europaletten</li> <li>• Kartons</li> </ul>

## 4.4 Marktanalyse

Im Bereich der automatisierten Kleinteilelagerung sind die Anbieter von Shuttle-Systemen stark vertreten. Aber es gibt auch völlig andere Ansätze zur effektiven Kleinteillagerung. Doch worin liegen die Unterschiede der einzelnen Systeme und welche Alternativen gibt es dazu? Diese beiden Fragen werden im Folgenden, durch den Vergleich ausgewählter Produkte am Markt, näher betrachtet.

Da es das Ziel dieser Arbeit ist, die Weiterentwicklung und Optimierung des Y-LOG-Shuttles voranzutreiben, wird dieses zunächst beschrieben und die dazugehörigen technischen Daten aufgelistet. Die Auswahl der Produkte, mit denen das YLOG-Shuttle im Folgenden verglichen wird, erfolgte nach zwei Gruppen. Die erste Gruppe beinhaltet andere Shuttle-Konzepte. Die zweite Gruppe behandelt Konzepte, die durch eine völlig andere Funktionsweise, das gleiche Ergebnis liefern, nämlich die Lagerung von Kleinladungsträgern. Hierbei wird kein Vergleich mit einem AKL angeführt, da der Unterschied von Shuttle-Systemen gegenüber einem AKL mit Regalbediengerät bereits in Kapitel 3.2.2, im Unterpunkt „Direkter Vergleich AKL – Shuttle-Systeme“, aufgezeigt wurde.

Bei all den betrachteten Produkten handelt es sich um dynamische Bereitstellungsvarianten, die das Ware-zum-Mann Prinzip verfolgen (siehe Kapitel 3.4 Kommissioniersysteme).

Die im Folgenden angeführten Daten und Informationen stammen zum einen aus Internetrecherchen, Produkthomepages sowie Produktbroschüren und zum anderen aus der persönlichen Kontaktaufnahme mit Firmenmitarbeitern.

### 4.4.1 YLOG Shuttle

Das von der Firma KNAPP Industry Solutions entwickelte YLOG-Shuttle stellt ein ganzheitliches System dar, welches neue Möglichkeiten im Segment der Shuttle-Anwendungen ermöglicht. Die größte Stärke des Systems liegt in der Beweglichkeit der Shuttles. Getreu dem Slogan „Querdenken-Querlenken“ sind durch die, im System in alle Richtungen verfahrbaren Shuttles (siehe Abbildung 52), völlig andere Geometrien des Lagers, sowie eine bessere Anpassung an gegebene Situationen möglich. (vgl. [YLO15])



**Abbildung 52: YLOG-Shuttle bei einer 90°-Drehung**

Es sind, in Abhängigkeit der Abmessungen der Ladungsträger, drei verschiedene Shuttles verfügbar. Abbildung 53 zeigt zwei dieser drei Shuttles. Des Weiteren besteht die Möglichkeit der Anpassung an Sonderabmessungen.



**Abbildung 53: Zwei mögliche Baugrößen des YLOG-Shuttles**

Die Shuttles erhalten ihre Aufträge entweder per WLAN über das gekoppelte ERP-System oder durch eine Bestätigungsaktivität eines Mitarbeiters, welche im Hauptrechner wiederum eine Aktivität auslöst. Über den Shuttle-Lift gelangen sie in die gewünschte Ebene. Dabei wird ihre Position immer wieder durch die RFID Technologie überprüft. In dieser angekommen, gilt es den Weg in die rich-

tige Gasse (Querfahrt) sowie an den richtigen Lagerplatz zu finden. Nach Aufnahme/Abgabe der Ware wird das Shuttle wieder über den Lift in die Ebene gebracht, in der die nächsten Schritte erfolgen (Abgabe an verschiedenste Stationen oder Aufnahme neuer einzulagernder Ware, siehe Abbildung 54). Alle Shuttles übernehmen dabei sowohl Ein-, wie auch Auslagerungen.

Der große Vorteil des Systems ist, dass jedes Shuttle jeden Lagerplatz erreichen kann. So ist rein theoretisch, in einem mehrgassigen Lager mit mehreren Ebenen, schon ein Betrieb mit nur einem Shuttle möglich. Dadurch wird eine noch höhere Verfügbarkeit der gesamten Anlagen erreicht. Fällt bspw. ein Shuttle-Lift aus, ist die betroffene Gasse dennoch verfügbar, indem das Shuttle den nächsten Lift nutzt und einen eventuell längeren Weg in Kauf nimmt.

Je nach gewünschter Leistung, wird das System mit der benötigten Anzahl an Shuttles sowie Shuttle-Liften bestückt. Bei sehr leistungsstarken Anwendungen besteht auch die Möglichkeit, die Shuttle-Lifte durch Lifte zu ersetzen, welche nur die Ladungsträger zwischen den Ebenen befördern und die Shuttles fixen Ebenen zugewiesen sind.

Dieses System kann mit vielseitiger Fördertechnik oder verschiedensten Arbeitsstationen mit den anderen Bereichen (bspw. Produktion) verbunden werden.

Tabelle 12 beinhaltet die Eigenschaften dieses Systems.



Abbildung 54: YLOG-Shuttle bei der Aufnahme eines Ladungsträgers [YLO15]

Tabelle 12: Eigenschaften des YLOG-Shuttle Systems

Eigenschaft	Wert
Beschleunigung	Shuttle: 1-4m/s <sup>2</sup> (je nach Anforderungen) Lift: 5m/s <sup>2</sup>
Geschwindigkeit	Shuttle: Längsbewegung: 1,8 m/s Querbewegung: 0,8 m/s Lift: 5 m/s
Gewicht	70 kg
Durchsatz	Abhängig von Geometrie und Anzahl der Shuttles. <u>Richtwerte</u> : Shuttle: 20-40 DS/h Lift: 100-250 DS/h
Lastaufnahme	50 kg bei 600 x 400 mm und 660 x 460 mm 60 kg bei 800 x 600 mm (Abhängig von Behältergröße)
Ladungstypen	Kunststoffbehälter, Tablare, Kartons
Ladungsgrößen	600 x 400 mm 660 x 460 mm 800 x 600 mm In Sonderfällen anpassbar
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Shuttle kann sich in gesamter Ebene bewegen</li> <li>• Jedes Shuttle kann jeden Lagerplatz erreichen</li> <li>• Bauhöhen von bis zu 22,5 m realisierbar</li> <li>• Räder um 90° drehbar, daher auch Querfahrten möglich</li> <li>• Hohe Verfügbarkeit des Gesamtsystems</li> <li>• Um 90° drehbares Shuttle ermöglicht komplexe Lagergeometrie</li> <li>• Richtungsunabhängige Fahrmöglichkeit bietet den Vorteil, das System einfach zu verlassen (Servicearbeiten, etc.)</li> <li>• Möglichkeit der doppeltiefen Lagerung</li> </ul>

#### 4.4.2 Shuttle – Systeme

Speziell im Shuttle-Segment herrscht ein großer Machtkampf mit relativ ähnlichen Produkten. Beispielsweise ist bei allen Shuttle-Systemen die Erweiterbarkeit des Systems gegeben. Die ganz großen Unterschiede sind nicht erkennbar, allerdings gibt es doch winzige Details, die einen großen Unterschied ausmachen können. Da sich die Systeme im Aufbau kaum unterscheiden, sei hier auf den Unterpunkt Shuttlesystem, in Kapitel 3.2.2 verwiesen.

Im Wesentlichen wird bei den Shuttlesystemen zwischen zwei- und dreidimensionalen Systemen unterschieden. Während bei der zweidimensionalen Variante, die Shuttles und Lifte einer fixen Gasse zugeordnet sind, ist es bei dreidimensionalen System möglich, mit den Shuttles, die Gasse zu wechseln. Das bedeutet auch, dass nicht jede Gasse zwingend einen eigenen Lift benötigt (siehe Abbildung 55). Folgende Aufzählung zeigt die Zugehörigkeit, der in dieser Arbeit behandelten Shuttle-Systeme:

- YLOG-Shuttle – 3D
- Dematic Multishuttle 2 – 2D
- Vanderlande Adapto – 3D
- Servus ARC3 – 3D
- TGW Stingray – 2D

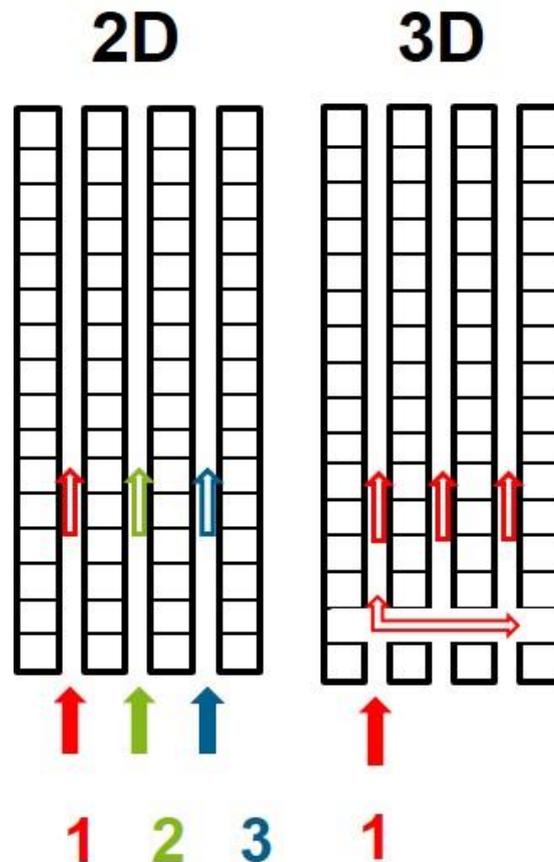


Abbildung 55: 2D- und 3D-Systeme im Vergleich

#### 4.4.2.1 Dematic Multishuttle 2

Beim Dematic Multishuttle 2 handelt es sich um die nächste Generation der Shuttlefahrzeuge der Firma Dematic. Das Hauptaugenmerk lag bei der Entwicklung auf der Steigerung der Flexibilität. Im Vergleich zum Vorgänger ist das neue Multishuttle nur halb so schwer, doppelt so schnell, kann eine höhere Nutzlast bewegen und ermöglicht eine mehrfachtiefe Lagerung.

Es sind 3 unterschiedliche Varianten des Shuttles verfügbar:

- **Static:** Teleskop-Lastaufnahmemittel - feste Breite
- **Flex:** Teleskop-Lastaufnahmemittel – breitenverstellbar (siehe Abbildung 56)
- **Belted:** Gurtförderer

Das Mutlishuttle 2 Flex verdankt seine Flexibilität den in der Breite verstellbaren Teleskoparmen, sowie den 4 „Fingern“ mit denen diese bestückt sind. Durch die Teleskoparme kann sich das LAM (Lastaufnahmemittel) des Shuttles variabel auf die Breite des Ladungsträgers einstellen. Die Finger bieten eine Variabilität hinsichtlich der Tiefe des Ladungsträgers, da je nach Abmessung zwei unterschiedliche Fingerpaare zum Einsatz kommen. In Abbildung 56 ist dieses Prinzip ersichtlich, da weitere Komponenten und Teile ausgeblendet wurden.

(vgl. [DEM15])

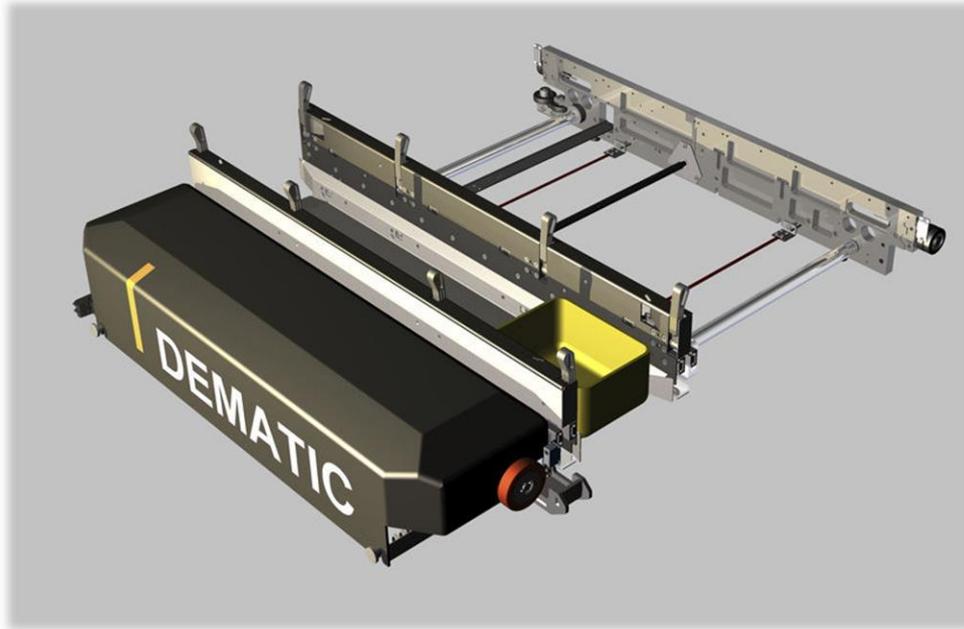


Abbildung 56: Unvollständige Darstellung des Multishuttle 2 -Prinzip des variables LAM [VIR15]

Die Shuttles bewegen sich horizontal durch die Ebenen. Jede Ebene in jedem Gang verfügt über ein eigenes Shuttle, wodurch ein ansehnlicher Durchsatz erzielt werden kann. Das heißt, Shuttles sowie auch Lifte sind dabei fix den Gassen zugeordnet. Die Artikel, welche sich je nach Shuttleausführung auch in unterschiedlichen Lagerhilfsmitteln befinden können, werden von den Shuttles zum Lift (Doppellift) gebracht, welcher sie danach in eine andere Ebene bringt. Die Lifte werden dabei von einem Einlagerförderer versorgt und beliefern andererseits einen Auslagerförderer. Tabelle 13 zeigt die Eigenschaften dieses Shuttle Modells.

(vgl. [DEM15])

Tabelle 13: Daten des Dematic Mutlishuttle 2 (vgl. [DEM15])

Eigenschaft	Wert
Beschleunigung	bis zu 2 m/s <sup>2</sup>
Geschwindigkeit	bis zu 4 m/s
Durchsatz	Abhängig von Lagergeometrie u. Anzahl der Shuttles
Lastaufnahme	Bis 50 kg
Ladungstypen	Kunststoffbehälter, Kartons, Tablare, Gebinde
Ladungsgrößen	Behälter 200-875 x 150-650 x 50-600 (LxBxH) Kartons/Gebinde 200-850 x 150-625 x 50-600 (LxBxH)
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Lagerdichte durch doppel-, oder mehrfachtiefe Lagerung</li> <li>• Hohe Flexibilität und Steigerung der Lagerdichte durch verschiedene Ladungsträgergrößen</li> <li>• Sequenzierung</li> <li>• 3 unterschiedliche Lastaufnahmemittel-Varianten</li> <li>• Möglichkeit des Einsatzes in gekühlten Lagern (bis -30°C)</li> <li>• Kommunikation über DPC (Dematic Powerrail Communication – kein WLAN notwendig)</li> </ul>

#### 4.4.2.2 Vanderlande Adapto

Der niederländische Hersteller Vanderlande bietet mit seinem System Adapto eine dreidimensionale Shuttle-Lösung. Ähnlich dem YLOG-Shuttle ist es dem Shuttle möglich, sich sowohl längs in den Gassen zu bewegen, als auch durch Querfahrten die Gassen zu wechseln.

Der Unterschied zum YLOG-System liegt in der Technologie, mit der die Querfahrten ermöglicht werden. Beim System Adapto verfügen die Microshuttles über acht Räder. Für jede Richtung in der Ebene kommen vier zum Einsatz. Die Lastaufnahme erfolgt dabei mit Hilfe einer Riemenkonstruktion, welche ein Stück in Richtung Ladungsträger ausfährt und diesen mit dem Riemen auf das Shuttle „hinaufzieht“ (siehe Abbildung 57). Tabelle 14 zeigt die Informationen zum System. Zu den technischen Daten liefert der Hersteller keine Angaben (k.A.). (vgl. [VAN15]; [VAN16])

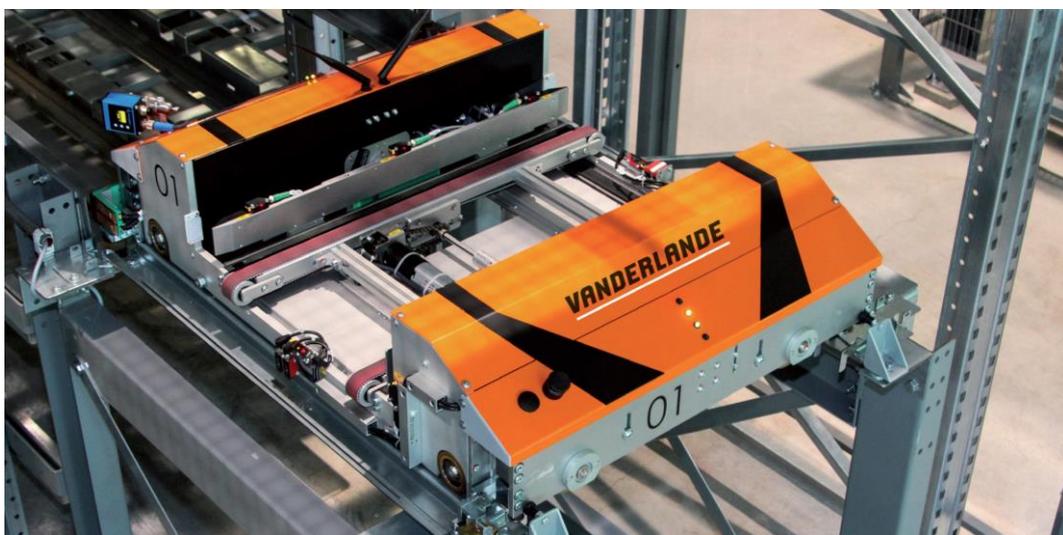


Abbildung 57: Multidirektionales Microshuttle des Adapto-Systems [VAN15]

Tabelle 14: Daten des Adapto-Systems (vgl. [VAN15])

Eigenschaft	Wert
Beschleunigung	k.A.
Geschwindigkeit	k.A.
Durchsatz	k.A.
Lastaufnahme	k.A.
Ladungstypen	Behälter
Ladungsgrößen	k.A.
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Dimensionales Shuttle-Konzept</li> <li>• Nahezu hundertprozentige Verfügbarkeit (jedes Shuttle erreicht jeden Platz)</li> <li>• Verschiedenartige Erweiterbarkeitsmöglichkeiten gegeben</li> </ul>

#### 4.4.2.3 Servus ARC3

Der ARC3 (Autonomous Robotic Carrier) stellt die dritte Generation von Robotern der Firma Servus Intralogistik dar. Die Abmessungen (Länge, Breite) und auch die Leistung des Shuttles wird individuell, je nach Kundenwunsch, angepasst. Bei diesem System werden die Shuttles als Roboter bezeichnet.

Die Roboter sind in drei verschiedenen Ausführungen der Lastaufnahmemittel erhältlich:

- **Leanloader:** Durch unterfahren des Ladungsträgers
- **Smartloader:** Aufnahme mit Hilfe zweier Riemen, die entweder als Teleskope oder als Förderbänder verwendet werden können. Abbildung 58 zeigt dieses System bei der Aufnahme eines Behälters, mit ausgefahrenen Teleskopen.
- **Universalloader:** In Anlehnung an den Smartloader, jedoch mit zwei eigenständig arbeitenden Riemenpaaren ausgestattet, ermöglicht er eine gewisse Flexibilität hinsichtlich der Abmessungen, die jedoch eingeschränkt ist.



Abbildung 58: ARC3 mit dem Lastaufnahmemittel Smartloader [SER15]

Das System besteht aus dem ARC3, einem Regalsystem, Liften, sowie einem Streckensystem, welches völlig flexibel installiert werden kann (auch Kurven). Abbildung 59 zeigt den möglichen Aufbau. Dabei ist das Streckennetz an der Decke montiert. Die richtige Gasse des Lagerbereichs wird über Bedienung der entsprechenden Weiche angesteuert. Die richtige Ebene wird mit Hilfe von Liften erreicht, die sich im Anschluss an die Weichen befinden. Es ist möglich, dass die Shuttles das System wieder rückwärts verlassen. Eine weitere Möglichkeit ist die Einführung eines Einbahnsystems, in dem die Shuttles über Lifte am hinteren Ende wieder aus den Gassen austreten. Das Lagersystem (Abbildung 59, oben) kann noch mit Produktionsstandorten, Warenein- u. Warenausgang, oder anderen Bereichen verbunden werden. (vgl. [SER15])

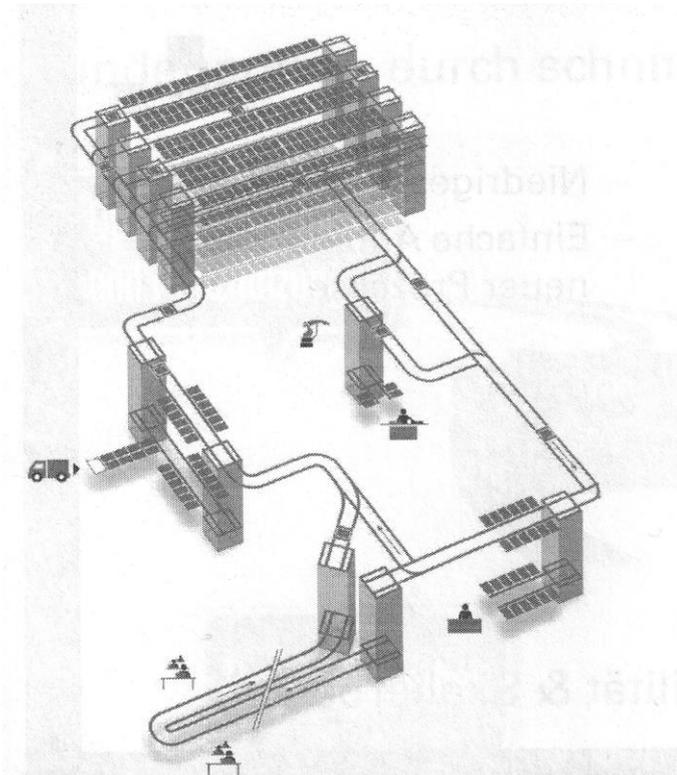


Abbildung 59: Möglicher Aufbau des Servus-Systems (vgl. [BEE15])

Die Aufträge erhält der Roboter von einer Zentrale, die mit der Lager- oder Kundensoftware gekoppelt ist. Das Streckennetz der Roboter wird durch den Einsatz von Kurven und Weichen anders gestaltet als bei den anderen Systemen. Durch Kommunikation des ARC3 mit Weichen und Liften, sogenannten Assistenten, wird der richtige Lagerplatz erreicht.

Eine weitere Besonderheit ist die Möglichkeit, die Roboter mit Roboterarmen, Werkzeugträgern oder Schüttguttrichtern auszustatten (siehe Abbildung 60). Weiteres bietet das Unternehmen eine Kooperation mit Kardex Remstar und deren Liftsystemen (siehe 4.4.3.2 Kardex Remstar Shuttle XP) oder Umlaufregalen. Tabelle 15 zeigt die technischen Daten des Systems. (vgl. [SER15], [WEK15])



Abbildung 60: Servus Roboter mit integriertem Roboter-Knickarm [SER15]

Tabelle 15: Daten des Servus ARC3 (vgl. [SER15])

Eigenschaft	Wert
Beschleunigung	k.A.
Geschwindigkeit	Shuttle: 3 m/s Lift: 4 m/s
Durchsatz	Abhängig von Lagergeometrie u. Anzahl der Shuttles
Gewicht	im Mittel 35 kg
Lastaufnahme	bis 50kg
Ladungstypen	Je nach Abmessung und Ausstattung: Kartons, Boxen, spezielle Werkstückträger, Schüttgutbehälter
Ladungsgrößen	Je nach Kundenwunsch (fixe Abmessungen) Beim Universalloader flexibel hinsichtlich einiger Abmessungen (2 getrennte Riemenpaare) (20-2000mm)
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Andersartiges Streckennetz durch Kurven und Weichen</li> <li>• Ausstattung der Shuttles mit Roboterarmen, individuellen Werkzeugträgern o.ä. möglich</li> <li>• Möglichkeit, das Streckennetz an der Decke zu befestigen</li> <li>• Abmessungen u. Leistung anpassbar</li> <li>• ABS, ASR, ERS (Energierückgewinnung)</li> <li>• Doppeltiefe Lagerung möglich</li> <li>• Keine zentrale Steuerung - ARC3 kommuniziert mit Assistenten (Weiche, Lift)</li> <li>• Jedes Shuttle kann jeden Lagerplatz erreichen</li> </ul>

#### 4.4.2.4 TGW Stingray

Das von der Firma TGW entwickelte Shuttle nennt sich Stingray und ist in zwei Varianten verfügbar:

- **Stingray N:** fixe Größe
- **Stingray V:** variables Lastaufnahmemittel

Bei der Auslegung wird zwischen Voll- und Teilbestückung unterschieden. Bei einer Teilbestückung werden die Shuttles noch mit Hilfe des Shuttlehebers zwischen den Ebenen verteilt. Das bedeutet, dass Shuttle-Lifte zusätzlich zu den Doppelliften (Transportieren die Ladungsträger) installiert werden müssen. Nimmt die Anzahl der Shuttles zu, verfügt bald jede Ebene über mindestens ein Shuttle. Diese Situation wird als Vollbestückung bezeichnet.

Die Lagereinheiten werden von einem Ein- oder Doppelspielheber (auf beiden Seiten der Gasse ein Heber) in der jeweiligen Ebene, in einem dafür definierten Pufferbereich zur Verfügung gestellt. Von hier aus erfolgt die Verteilung der Ware durch die Shuttles an die einzelnen Lagerplätze. Die Shuttles selbst wechseln durch sogenannte Shuttleheber die Ebenen, sofern es sich nicht um eine Vollbestückung handelt. Das variable Lastaufnahmemittel bietet den Vorteil, dass durch Direkthandling der Verpackungseinheiten, das „Umpacken“ erspart wird, was Prozesskosten senkt und Bearbeitungszeiten verbessert. Des Weiteren bietet

das Stingray-Shuttle ein breites Anwendungsfenster hinsichtlich der Betriebstemperatur von  $-30$  bis  $+40^{\circ}\text{C}$ . Tabelle 16 beinhaltet die Eigenschaften des Shuttle-Systems der Firma TGW. (vgl. [TGW15a]; [TGW15b])



Abbildung 61: TGW Stingray Shuttle [VIR15]

Tabelle 16: Eigenschaften des Stingray-Shuttle Systems

Eigenschaft	Wert
<b>Beschleunigung</b>	bis $2 \text{ m/s}^2$
<b>Geschwindigkeit</b>	bis $4 \text{ m/s}$
<b>Gewicht</b>	Stingray N: $60 \text{ kg}$ Stingray V: $72 \text{ kg}$
<b>max. Höhe</b>	$25 \text{ m}$
<b>Durchsatz</b>	Abhängig von Lagergeometrie und Bestückung
<b>Lastaufnahme</b>	$35 \text{ kg}$ $50 \text{ kg}$ (bei teilweise reduzierter dynamischer Werte)
<b>Ladungstypen</b>	Behälter, Tablare, Kartons
<b>Ladungsgrößen</b>	Stingray N: einheitliche/fixe Größe Stingray V: variables Lastaufnahmemittel $\rightarrow 150\text{-}900 \times 200\text{-}800 \times 50\text{-}600\text{mm}$ (LxBxH)
<b>Besonderheiten</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Allradantrieb</li> <li>• Rückspeisung der Bremsenergie</li> <li>• Auch für Anwendungen bei sehr tiefen Temperaturen (bis zu <math>-30^{\circ}\text{C}</math>)</li> <li>• Gleichmäßige Energieversorgung u. Kommunikation erfolgt über eine zweipolige Stromschiene</li> <li>• Optimierter, minimaler Ebenenabstand führt zu höherer Lagerdichte (negativ auf Flexibilität)</li> <li>• Doppel-, mehrfachtiefe Lagerung möglich</li> </ul>

### 4.4.3 Alternative Möglichkeiten zur automatisierten Kleinteilelagerung

Auch andere Konzepte im Bereich der automatisierten Kleinteillagerung kommen am Markt zum Einsatz. Durch ihren andersartigen Aufbau schaffen sie es sich von den Shuttle-Systemen zu differenzieren und so ihre Stärken noch klarer auszuspielen.

#### 4.4.3.1 Autostore

Ein völlig neuartiges Konzept bei der Kleinteilelagerung entwickelte der Jakob-Hatteland Konzern aus Norwegen. Hinter Autostore verbirgt sich ein Konzept, das sich vor allem durch eine nahezu optimale Raumausnutzung auszeichnet. (vgl. [HUS15a])

##### Aufbau

Abbildung 62 zeigt den Aufbau eines Autostore-Systems. Grundlage bildet ein, aus Aluminium bestehendes Behälterregal, welches zum einen die Behälter beinhaltet und auf dem sich die Roboter (ähnlich den Shuttles aus dem Kapitel 4.4.2) in einem Raster bewegen. (vgl. [HUS15a])



Abbildung 62: Aufbau einer Austostore Anlage ([AML15])

Die Behälter werden direkt übereinander, in den einzelnen Kammern gelagert, bis hin zu einer maximalen Höhe von 5,40m. Ab hier erreichen die Roboter ihre Grenzen und können die Behälter nicht mehr greifen. Die Innenabmessungen der Behälter entsprechen dabei mit 600x400mm den Außenabmessungen eines genormten Behälters. Dadurch können Normbehälter und Kartons ohne weiteren

Umpackvorgang, in die Autostore-Behälter eingelagert werden. Bezüglich der Innenhöhe der Behälter gibt es eine Variante mit 210mm und eine mit 310mm. Es spricht nichts dagegen die beiden unterschiedlich hohen Behälter in einem System zu vermischen.

Die Roboter bewegen sich auf der obersten Ebene in einem Schienensystem. Sie haben acht Räder. Vier davon um sich vor und zurück zu bewegen und vier um seitlich verfahren zu können. Somit kann jeder Lagerkanal des Rasters erreicht werden. Ausgerüstet sind sie mit einer Hubeinrichtung, welche die Kisten an die Oberfläche befördert (siehe Abbildung 63). Die Energieversorgung der Roboter wird von zwei Hochleistungsakkus erledigt. Diese werden alle 16-20 Stunden an Andockstationen aufgeladen, abhängig von der derzeitigen Auslastung. (vgl. [HUS15a]; [AML15])

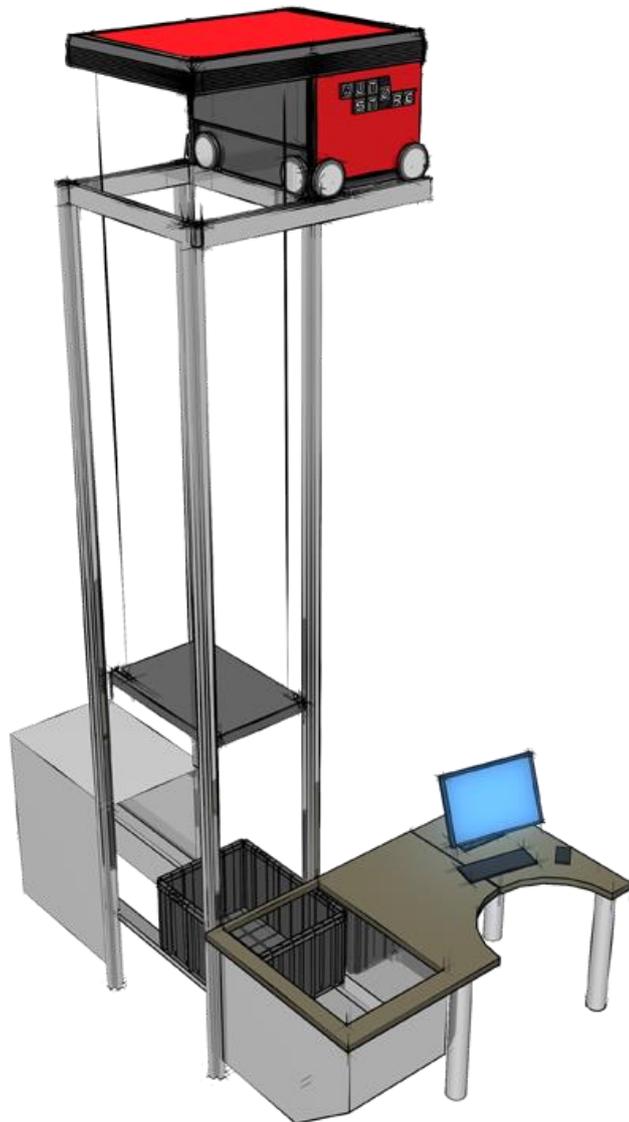


Abbildung 63: Autostore-Roboter bei der Arbeitsplatzversorgung (Standardport) [AML15]

### **Funktionsweise**

Die Roboter, welche nicht untereinander verbunden sind und somit nicht miteinander kommunizieren, agieren völlig eigenständig. Über einen Hauptrechner außerhalb des Systems erhalten sie ihre Aufträge. Mit diesem sind sie kabellos gekoppelt. Als Schnittstelle zwischen dem Autostoresystem und dem Unternehmen dienen deren ERP-Systeme. Außer SAP werden auch noch weitere, am Markt verbreitete Lösungen, unterstützt. Das heißt, dass die Aufträge vom ERP-System an das Autostore-System übermittelt werden.

Der Roboter bewegt sich zur gewünschten Position und hebt den betroffenen Behälter heraus. Er fährt damit zum Arbeitsplatz (werden als Ports bezeichnet), an dem der Artikel angefordert wurde und senkt diesen ab. Mit geeigneter Förder-technik ist es möglich, dass der Roboter nach der Kistenabgabe auch gleich wieder eine Kiste zur Einlagerung aufnimmt. Dafür gibt es zwei Lösungsansätze, nämlich den „Standard Port“ und den leistungsfähigeren „Carousel Port“.

Die Anzahl der Ports, sowie deren Position kann nahezu frei gewählt werden. Empfohlen wird eine Anordnung an den Seiten, wie auch in Abbildung 62 dargestellt ist. Aber auch eine Anordnung unterhalb des Lagers ist bei den baulichen Gegebenheiten möglich. Ein Bedienpanel am Arbeitsplatz liefert dem Mitarbeiter die nötigen Informationen.

Eine berechtigte Aussage ist, dass es sehr lange dauert, wenn sich der gewünschte Artikel in der untersten Ebene befindet, da alle darüberliegenden Behälter in diesem Fall umsortiert werden müssen. Um diese Situation zu bewältigen, werden schnelle Zugriffszeiten durch folgende Überlegungen erzielt:

**Dynamische Warenlagerung:** Bei Autostore verfügt kein Behälter über einen fixen Lagerplatz. Dieses Chaos entwickelt sich im Laufe der Zeit als Stärke des Systems. Wird z.B. ein Behälter (=Zielbehälter) aus den unteren Ebenen benötigt, werden zunächst alle darüber befindlichen Behälter hochbefördert und an einer anderen Stelle zwischengelagert, bis der benötigte Behälter greifbar ist. Während dieser zum Port geliefert wird, werden die vorher entnommenen Kisten wieder in ihrer ursprünglichen Reihenfolge eingelagert, nur eben eine Ebene tiefer, da der benötigte Behälter entfernt wurde. Ist die Kommissionierung aus dem Zielbehälter abgeschlossen und kommt dieser wieder retour, wird er an die oberste Stelle der Kisten gesetzt, welche vorher über ihm lagen. Dadurch stellt sich mit der Zeit von selbst eine Reihenfolge ein, was zur Folge hat, dass sich die schnelldrehenden Artikel möglichst an der Oberfläche befinden, während die anderen unten platziert werden.

**Deadlines:** Um die Vorgänge zu optimieren werden Behälter, welche im System bestellt werden, mit einer Deadline versehen, innerhalb derer sie benötigt werden. Kommt es nun zu einer oben beschriebenen Umschichtung, so werden solche Behälter an der Oberfläche positioniert und nicht mehr eingelagert, um einen schnellen Zugriff zu gewähren.

**Zusammenarbeit:** Damit eine solche Entnahme der untersten Ebene nicht zu viel Zeit in Anspruch nimmt, ist es möglich, dass mehrere Roboter gleichzeitig an der Auslagerung an einer Rasterposition mitarbeiten und diese so beschleunigen.

Tabelle 17 zeigt eine Zusammenfassung der Daten des Systems. Laut dem Hersteller haben die Variablen, Lagergröße, Roboter- sowie Arbeitsplatzanzahl, Einfluss auf den Durchsatz. Die Anzahl der Ebenen spielt hingegen nur eine geringe Rolle. (vgl.[HUS15a];[AML15];[DAS15])

Tabelle 17: Technische Daten des Autostore-Systems (vgl.[HUS15a];[AML15];[DAS15])

Maximale Höhe	5,4m
Lastaufnahme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ausgelegt für 50kg</li> <li>• Realisierte Anlagen 30kg</li> </ul>
Innenabmessungen Behälter	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 601x401x200mm (LxBxH)</li> <li>• 601x401x310mm</li> </ul>
Ladungstypen	Autostore-Behälter
Robotergeschwindigkeit	3,1 m/s
Roboterbeschleunigung	0,8m/s <sup>2</sup>
Roboterhubgeschwindigkeit	1,6m/s
Energieverbrauch des Roboters	< 100W/h
Typischer Durchsatz eines Roboters	25 Behälter/Std.
Typischer Durchsatz pro Arbeitsplatz	120-500 Behälter/Std.
Typische Lagerkapazitäten	2.000 – 200.000 Behälter
Abreitsplatzleistung	Standard Port: max. 180-240 Behälter/Std. Carousel Port: max. 400-500 Behälter/Std.
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Völlig neuartiges Konzept</li> <li>• Ermöglicht eine nahezu maximale Lagerdichte</li> <li>• Kombination unterschiedlicher Behälterhöhen ohne Raumverlust</li> <li>• Algorithmus führt mit der Zeit zu selbstständiger Zonung, die sich immer wieder erneuert</li> <li>• Dead-Line Taktik verhindert meist unnötig lange Sortiervorgänge</li> <li>• Zusammenarbeit mehrerer Roboter möglich</li> </ul>

#### 4.4.3.2 Kardex Remstar Shuttle XP

Auf einem völlig anderen Prinzip beruht der Kardex Remstar Shuttle XP. Dabei handelt es sich um ein Liftsystem (siehe auch Unterpunkt Liftsysteme), welches vertikal verfährt und so Zugriff auf die gelagerte Ware erhält. Der große Vorteil liegt in der guten Raumnutzung, sowie dem Verhältnis von Lagerfläche zu verwendeter Bodenfläche. (vgl. [KAR15a], S. 2ff)

##### Aufbau

Abbildung 64 zeigt den Aufbau des Kardex Shuttle XP in einer aufgebrochenen Darstellung. Die Höhe ist dabei nahezu frei wählbar und kann auch im Nahhinein abgeändert werden. Grundsätzlich ist das ganze System, mit Ausnahme der

Bedienöffnungen, geschlossen. Im Inneren lagern die Artikel sowohl auf der Vorder- wie auch Rückseite auf Tablaren. Die Länge und Breite der Tablare kann millimetergenau, je nach Wunsch gefertigt werden. Die einzelnen Tablare können mit Hilfe von Behältern, Boxen, oder geeignetem Trennmateriale weiter untergliedert werden und bieten höchste Flexibilität (siehe Abbildung 64). Die roten Pfeile beschreiben die Bewegungen, welche bei den Ein- u. Auslagerungsvorgängen vollzogen werden. Die Anordnung der Tablare im Inneren kann entweder manuell vorgegeben werden, oder das System gestaltet diese nach der Häufigkeit der Zugriffe. (vgl. [KAR15a], S. 2ff)



Abbildung 64: Aufbau des Kardex Shuttle XP [EAS15]



Abbildung 65: Tablare bilden die Basis der Lagereinheiten und können flexibel unterteilt werden (KAR15a], S. 7)

### Funktionsweise

Die Steuerung des Systems kann im einfachsten Fall über die sogenannte Logicontrol erfolgen. Dabei handelt es sich um ein Control-Panel, das jede weitere Hardware überflüssig macht und die Lagerplatzverwaltung sowie Informationsaufgaben übernimmt.

Die zweite Möglichkeit ist die Verknüpfung des Systems mit dem firmeninternen ERP-System. Dabei erhält das Kardex-Shuttle die Aufträge vom System und der Mitarbeiter kümmert sich nur mehr um die Entnahme der Ware. Die Manipulation der Tablare im Inneren erfolgt durch den Extraktor. Er wird über das Control-Panel, das Scannen eines Strichcodes oder eben durch das ERP-System aktiviert. Er bewegt sich über einen Zahnriemenantrieb auf die Ebene des benötigten Fachbodens, entnimmt das Tablar und bringt es zur Bedienöffnung. An der Bedienöffnung öffnet sich die automatische Hubtür und der Bediener kann die benötigten Artikel entnehmen. Währenddessen kann der Extraktor bereits das nächste Tablar hinter der Hubtür bereitstellen.

Beim Einlagerungsvorgang wird die benötigte Höhe im System durch die Optiflex-Technologie ermittelt, um möglichst wenig Platzverschwendung zuzulassen. Dadurch wird eine sehr effektive Raumausnutzung gewährleistet. Des Weiteren unterstützt das System auch die Option des Multi-Order-Picking, dass es ermöglicht mehrere Aufträge zeitgleich abzuarbeiten.

Die technischen Daten und Eigenschaften des Liftsystems XP250/500 werden in Tabelle 18 zusammengefasst. (vgl. [KAR15b])

### Bauformen

Es werden folgende Bauformen, mit leicht abgewandelter Bauweise oder unterschiedlicher Traglast angeboten:

- Shuttle XP 250/500 – bis 560kg/Tablar
- Shuttle XP 700 – bis 725kg/Tablar
- Shuttle XP 1000 – bis 1000kg/Tablar
- Shuttle XPlus – Kombination mehrerer Liftsysteme der XP-Baureihe nebeneinander mit nur einem Extraktor. Dieser bewegt sich auch diagonal, so werden auch Ecken und Nischen nutzbar.
- Shuttle XPmultiple – Anordnung zweier Hochregalsysteme hintereinander, wobei zwei Extraktoren vorhanden sind. Das Tablar wird dann von hinten nach vorne durchgereicht. Diese Lösung ist ideal, wenn räumlich Gegebenheiten keine Anordnung nebeneinander möglich machen.

(vgl. [KAR15a], S. 12ff)



Abbildung 66: Logicontrol zur Steuerung des Kardex Remstar Shuttles [KAR15b]

Tabelle 18: Technische Daten Kardex Remstar Shuttle XP (vgl. [KAR15a], S. 2ff)

Höhe	2,55 – 30,05m
Breite	1,58 – 4,38m
Tiefe	2,312 – 4,292m
Tablarbreite	1,25 – 4,05m
Tablartiefe	0,61 – 1,27m
Lagerplatzraster	25mm
Minimaler Tablarabstand	75mm
Ein-/Auslagergeschwindigkeit	bis 0,7m/s
Vertikalgeschwindigkeit	bis 2,0m/s
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimale Raumausnutzung (Einsparung von bis zu 85% gegenüber herkömmlicher Regallagerung)</li> <li>• Hohes Verhältnis von Lagerfläche zu Stellfläche</li> <li>• Keine zusätzliche Hardware nötig</li> <li>• Ständige Erweiterbarkeit</li> <li>• Vollständig abgeschlossenes System</li> <li>• Aufrüstmöglichkeiten zur Kommissionierungsführung, wie bspw. LED-/Laserpointer oder Hebevorrichtungen</li> <li>• Möglichkeit die Anlage außerhalb des Betriebsgebäudes zu installieren und an die Halle direkt anzubinden</li> <li>• Mehrstöckiges System möglich (durch mehrere Entnahmestellen)</li> <li>• Niedrige Lärmbelastung durch geschlossene Hubtüren</li> <li>• Optiflex-Technologie</li> <li>• Hohe Flexibilität hinsichtlich der Abmessungen der Lagerartikel</li> <li>• Sehr breites Anwendungsfeld von Kunden: Produktionsunternehmen, Krankenhäuser, Banken, Büros, Flughäfen</li> <li>• Möglichkeit, Lagerbereiche für Benutzer (z.B. Lehrlinge) zu sperren</li> <li>• Einsatz von Tablaren unterschiedlicher Tragfähigkeit möglich</li> </ul>

**Beispiel**

Tabelle 19 zeigt die Daten einer beispielhaften Planung eines Kardex Remstar Shuttles XP.

**Tabelle 19: Konfigurationsbeispiel Kardex Remstar Shuttle XP**

Auslegungsdaten		
	Turmhöhe	10 m
	Tablarlänge	2450 mm
	Traglast je Tablar	200 kg
	Max. Höhe des Lagergutes	520 mm
Ergebnisse		
	Anzahl an Tablaren	62 Stück
	Stellfläche	8,55 m <sup>2</sup>
	Lagerfläche	132 m <sup>2</sup>
	Doppelspielzeit (o.Option)	38 s
Preisinformationen		
	Listenpreis ohne Montage	€ 54.000,-
	Preis/Lagerfläche	€ 400,-/m <sup>2</sup>

#### 4.4.3.3 StoreBiter 300 MLS

Die Firma Gebhardt bezeichnet ihr System als Mutli-Level-Shuttle. Hinter diesem Namen verbergen sich Shuttles, welche für einen gewissen Höhenbereich zuständig sind, sogenannte Module (siehe Abbildung 67). Die Höhe des maximalen Zuständigkeitsbereichs liegt bei 2 Metern.

Wie bei den meisten Shuttle-Systemen bewegen sich die Shuttles entlang von Schienen. Wobei die Gassen bei Bedarf erweitert werden können. Der StoreBiter 300 MLS ist mit verschiedensten Lastaufnahmemitteln verfügbar und kann so Behälter unterschiedlichster Abmessungen aufnehmen.

Das System wird in drei Antriebs-Varianten angeboten:

- 750.01: berührungsloser Antrieb durch Polscheiben
- 750.02: Omega-Antrieb mit Zahnriemen
- 750.03: Allradantrieb

Einzig die Variante mit dem Zahnriemenantrieb ist an ihre Ebene gebunden. Bei den beiden anderen Varianten kann ein Ebenenwechsel mittels Heber durchgeführt werden. (vgl. [GEB15b])

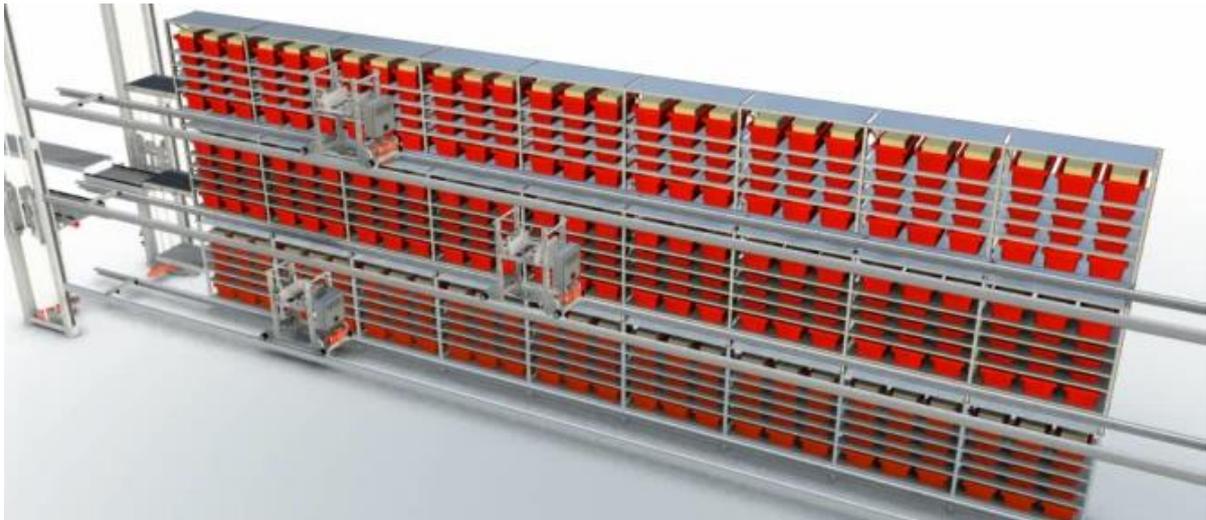


Abbildung 67: Multi-Level Shuttle StoreBiter 300 MLS [GEB15b]

Tabelle 20 zeigt die Eigenschaften und Leistungsdaten des Systems.

Tabelle 20: Eigenschaften des StoreBiter 300 MLS (nach [GEB15b];[GEB15c])

Eigenschaft	Wert
max. Nutzlast	50 kg
max. Höhe	2 m
Hubgeschwindigkeit	1,0 m/s
Hubbeschleunigung	0,8 m/s <sup>2</sup>
Fahrgeschwindigkeit	4,0 m/s
Fahrbeschleunigung	2,0 m/s <sup>2</sup>
Durchsatz	125 DS/h Behälter / Karton / Tablar
Fördergut	Behälter, Kartons, Tablare und Ladungsträger unterschiedlicher Abmessungen
Datenübertragung	WLAN im Schlitzhulleiter
Besonderheiten	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrere Ebenen mit einem Shuttle bedienbar, ohne Ebenen zu wechseln</li> <li>• 4-Ebenen-System mit 20m Länge erreicht einen Durchsatz von 500 Ein-/Auslagerungen</li> <li>• Unterschiedliche Lastaufnahmemittel</li> <li>• Einfach- bis Mehrfachtiefe Lagerung</li> </ul>

## 5 Bewertung der Vorgehensweise

In diesem Kapitel gilt es nun Erkenntnis aus den erarbeiteten Informationen der Kapiteln 3 und 4 zu gewinnen. Dies soll insbesondere durch den Vergleich der Unternehmensinformationen untereinander sowie mit der Theorie aus Kapitel 3 erreicht werden. Hierbei sollen mögliche Übereinstimmungen oder Unterschiede aufgezeigt werden.

Im nächsten Punkt werden die Information aus Kapitel 4.4, Marktanalyse, gegenübergestellt und die Stärken und Schwächen der einzelnen Produkte im Vergleich zum YLOG-Shuttle ausgewiesen. Beurteilt werden hierbei die folgenden Eigenschaften:

- Verfügbarkeit
- Flexibilität
- Ladungsträger
- Flexibilität Planung u. Erweiterung
- Geschwindigkeit
- Beschleunigung
- Raumausnutzung

Zum Abschluss dieses Kapitels werden Optimierungsvorschläge für das YLOG-Shuttle anhand der Unternehmensanalysen und dem Produktvergleich unterbreitet.

### 5.1 Schlussfolgerungen aus den Unternehmensanalysen

Im Folgenden werden nun Punkte angesprochen, welche sich aus der Unternehmensanalyse und den zuvor behandelten Themen aus Kapitel 3 ergeben. Es handelt sich hierbei um Aspekte, welche im Vergleich der Unternehmen untereinander oder im Vergleich mit den aus Kapitel 3 erarbeiteten theoretischen Angaben, einer näheren Betrachtung bedürfen:

- 1) **Einteilung in Branchen:** Wird ein Vergleich der Informationen aus der Unternehmensanalyse mit den Richtwerten aus der Literatur durchgeführt, fällt auf, dass die in Kapitel 3 erarbeitete Abgrenzung der Produktionslogistik von anderen Bereichen mit den selbst durchgeführten Untersuchungen nur bedingt bestätigt werden kann. Es geht weder die Betrachtung der Artikelanzahl, noch die der Leistung, in Form von Auftragszeilen, in eine Richtung. Während die Anzahl der Auftragszeilen bei Böhler Welding und Mosdorfer unter dem Wert von 50 Zeilen je Std. aus Tabelle 3 liegen, übersteigt die Leistung diesen Wert bei XAL deutlich. Das gleiche Ergebnis ergibt sich bei Betrachtung der Artikelanzahl.

Daraus folgt, dass eine Einteilung in Branchen, wie in Kapitel 3 gezeigt, zwar ihre Berechtigung hat, jedoch geht aus den Unternehmensanalysen hervor, dass diese speziell im Bereich der produzierten Unternehmen nicht so einfach durchzuführen ist. Aufgrund der Vielzahl an unterschiedlichen Einflussfaktoren, welche in einem Produktionsbetrieb eine Rolle spielen, ergibt sich aus deren Kombination ein enormes Spektrum, in dem sich ein Betrieb hinsichtlich seiner logistischen Aufgaben bewegt. Einflussfaktoren, die sich bei dem Vergleich der Unternehmen aus Kapitel 4 sowie den persönlichen Firmenbeurteilungen herauskristallisieren, sind bspw.:

- Produktart
- Anzahl an unterschiedlichen Produkten
- Produktabmessungen
- Produktgewicht
- Fertigungstiefe
- Produktionsleistung (Anzahl an Produkten die erstellt wird)
- Losgrößen (Abnahmemenge des Kunden)
- Verpackungsaufwand für den Versand
- Auftragsbezogene Fertigung oder Produktion auf Lager
- Unternehmensgröße bzw. Mitarbeiterzahl
- etc.

2) **Weitere Untergliederung der Produktionsbetriebe:** Aus den drei Beispielen aus Kapitel 4 ist auch eine deutliche Abgrenzung ersichtlich. Während in den ersten beiden Unternehmen (Mosdorfer, Böhler) keine Assemblierungsaufgaben zu erfüllen sind, wird bei XAL auch der Zusammenbau vor Ort durchgeführt. Diese Tatsache führt uns zu einer weiteren Gliederung innerhalb der Produktionsbetriebe, wie in Abbildung 68 dargestellt.

a) **Fertigungslastige Betriebe:** Hier liegt das Hauptaugenmerk auf der Fertigung von verkaufsfähigen Komponenten oder solchen, die in irgendeiner Form weiterverwendet werden. Die Assemblierung der unterschiedlichen Bestandteile zu einem Produkt spielt hier keine Rolle. Daher liegt die Hauptaufgabe in der Erstellung einer großen Anzahl an Produkten. Aus diesem Grund spielt die Kommissionierung im Vergleich zu den montagelastigen Unternehmen keine so große Rolle. Auch wird bei solchen Betrieben meist die Fertigung so rasch wie möglich durchgeführt, ohne unnötige Zwischenlagerungsprozesse.

b) **Montagelastige Betriebe:** In diesen Betrieben überwiegt die Montagetätigkeit in Form von Assemblierungsvorgängen. Es gilt, mehrere Einzelteile zu einem fertigen Bauteil zusammzusetzen. Daher rückt hier die Kommissionierung stärker in den Fokus. Oft geht mit dieser Tatsache auch eine mehrfache Einlagerung von Teilen in Form von Halbfabrikaten einher.

Für die in Kapitel 4 durchgeführten Unternehmensanalysen heißt dies, wie in Abbildung 68 dargestellt, dass die beiden Unternehmen Mosdorfer und Böhler Welding zu den fertigungslastigen Betrieben gehören. Sie zeichnen sich durch die Fertigung von Produkten in großen Losen, ohne Assemblierungsvorgänge und nahezu keinen Zwischeneinlagerungen aus. Auch besitzen sie ähnliche Größen, was die Anzahl der Auftragszeilen betrifft.

Die Firma XAL übernimmt sowohl die Fertigung als auch die Assemblierung der gefertigten Komponenten in Verbindung mit Zukaufteilen. Daher nimmt sie eine Mittelstellung in Abbildung 68 ein. Die Kommissionierung hat hierbei einen ganz anderen Stellenwert, da teilweise Aufträge mit wenigen Komponenten zu geringen Losgrößen zusammengestellt werden müssen. Was zu einer viel höheren Auftragszahl führt. Daher wird das Produkt auch bis zu viermal wieder eingelagert, bevor es fertiggestellt ist. Dies spiegelt sich auch im Vergleich der Auftragszeilen der drei Betriebe wider.

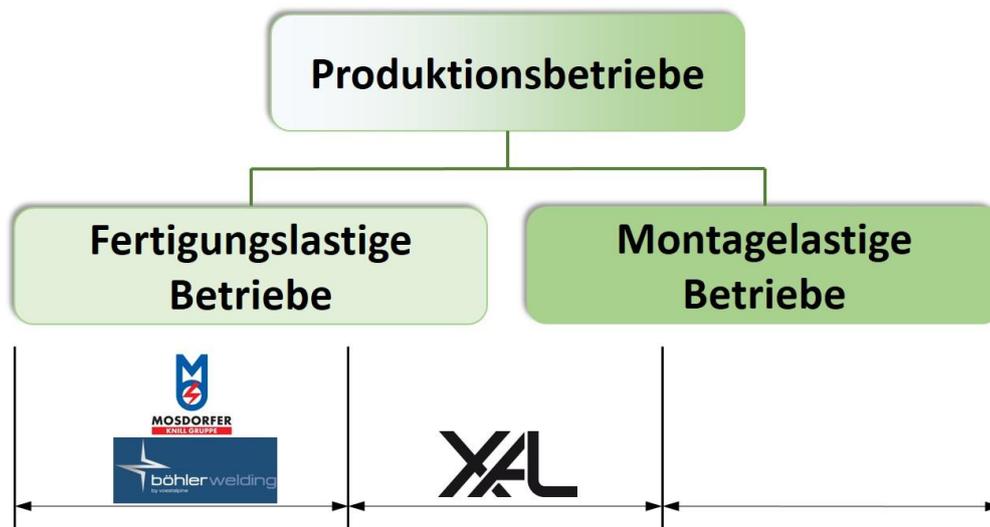


Abbildung 68: Untergliederung und Einteilung der untersuchten Unternehmen

- 3) **Kennzahlen:** Aufgrund der unterschiedlichen Datenbasis ist es schwer einen exakten, direkten Vergleich zu schaffen. Dies beginnt schon bei den unterschiedlichen Einheiten, die bei der Erfassung im ERP-System zum Einsatz kommen. In Tabelle 21 werden Werte angegeben, die bei allen drei Betrieben erhoben werden konnten. Dabei fällt eine riesige Schwankung in nahezu allen Bereichen auf. Am deutlichsten zum Vorschein kommt der Unterschied bei der Betrachtung der Auftragszeilen. Bei Mosdorfer und Böhler bewegt sich dieser Wert in einer einigermaßen gleichen Größenordnung. Die Auftragszeilen bei XAL übertreffen die Werte der beiden anderen aber mehr als deutlich. Betrachtet man die Mitarbeiterzahlen, kann man zwar festhalten, dass mit steigender Mitarbeiterzahl auch die Auftragszeilen oder die Anzahl der Artikel steigen, jedoch handelt es sich hier um keinen abschätzbaren Zusammenhang.

Bei den Stellplätzen handelt es sich um die direkt zugewiesenen Stellplätze. Zusätzlich verfügt jeder Betrieb noch über weitere Lagerflächen, die nicht eindeutig definiert sind. Die detaillierten Informationen dazu sind in Kapitel 4.1.3, 4.2.3 und 4.3.3 zu finden.

Tabelle 21: Vergleich von Kennzahlen

	Mosdorfer	Böhler Welding	XAL
<b>Stellplätze</b>	1.250 Palettenstellplätze	4.500 Palettenstellplätze	26.000 KLT-Behälter Plätze
<b>Auftragszeilen</b>	105 AZ/Tag	363 AZ/Tag	3371 AZ/Tag
<b>Auftragszeilen je Auftrag</b>	40-50	Projekt: 1 Händler: mehrere	20
<b>Artikelanzahl</b>	2.438	-	43.192
<b>Durchsatz</b>	7771 Stk./Std	10 t/Std	319.600 Stk/Tag
<b>Lagerbestand</b>	1.133.979 Stk	2683t (Fertigware)	25.781.249
<b>Durchlaufzeit</b>	2Wochen – 2Jahre	1Tag – 8 Wochen	10Tage – 8Wochen
<b>Mitarbeiter</b>	125	300	450

AZ ... Auftragszeilen

- 4) **Layout & Materialfluss:** Des Öfteren ist es der Fall, dass die gegenwärtige logistische Situation (Materialfluss, Warenlagerung, ...) nicht fein säuberlich geplant wurde. Der Betrieb verfügt über kein ideales Layout und auch über keine, auf die Bedürfnisse des Betriebs abgestimmte Lagertechnologie. Immer wieder kommt es vor, dass diese Unternehmen mit der Zeit stark wachsen, sich aufgrund neuer Großaufträge umstrukturieren müssen, oder durch Anpassung an verschiedenste Marktsituationen versucht wird die neue Situation mit den alten Gegebenheiten zu vereinbaren. Dass hierbei einmal ein Punkt erreicht wird, an dem das Layout nicht mehr optimal ist, zeigt das Beispiel der Firma Mosdorfer. Es ist aber schwer möglich bzw. nicht zielführend, sehr teure Maschinen mit ihren zugehörigen Maschinenbetten zu versetzen. Auch das Rohmateriallager am anderen Ende der Halle ist nicht ideal positioniert.
- 5) **Lagergliederung:** Die in Kapitel 3.1.2 angeführte Gliederung der Lager nach Rohlager, Fertigungslager und Absatzlager findet in zwei unserer drei Beispiele Anwendung. Während bei Mosdorfer und Böhler Welding in diesem Prinzip vorgegangen wird, untergliedert XAL seine Lager nach der Größe. Es kommt z.B. alles in das AKL, was von der Größe hineinpasst. Ob es sich hierbei um Rohstoffe oder fertige Produkte handelt, spielt dabei keine Rolle. Abzuleiten ist, dass ein Produktionsbetrieb nicht aus einem einzigen Lager heraus arbeiten kann und in irgendeiner Weise eine Lagergliederung aufweisen muss.
- 6) **Hallendimension:** Die Aussage über die Höhe der Produktionshalle aus Kapitel 3.5 (Tabelle 3), wonach sich die Höhe im Bereich von 5m bewegt, stimmt für Mosdorfer. Bei Böhler und XAL wird dieser Wert deutlich überschritten und liegt im 10m-Bereich.
- 7) **Flexibilität schaffen:** Ein Punkt der sich sowohl aus der Theorie in Kapitel 3.1.3 sowie auch aus den Unternehmensanalyse aus Kapitel 3 ergibt, ist die steigende Flexibilität. Diese gilt es in Bezug auf folgende Punkte zu erfüllen:
- a) **Lagergröße:** Um mögliche Erweiterungen u. Anpassungen so einfach wie möglich durchführen zu können. Erweiterungen bzw. Veränderungen sind in allen drei Betrieben in nächster Zukunft geplant. Dabei wird die Struktur des Lagers bzw. der Halle, der entscheidende Punkt bei der Schwierigkeit der Realisierung sein.
  - b) **Ladehilfsmittel:** Wird bspw. nur ein starres Ladehilfsmittel verwendet, so kann eine mögliche Produktpassung, o.ä. die Leistung der Lagertechnologie erheblich beeinträchtigen. Dieser Punkt wird bei Mosdorfer und Böhler durch den überwiegenden Einsatz von Europaletten erfüllt. Das bedeutet, es werden im Vergleich zu den Produktabmessungen schon deutlich größere Ladungsträger eingesetzt und daher eine gewisse Flexibilität gewahrt. Bei XAL wird dies gelöst, indem die Ware, der Größe nach getrennt und den geeigneten Lagern und Ladehilfsmitteln zugeteilt wird.
  - c) **Produktionsprogramm:** Die gesamten logistischen Tätigkeiten, sowie die Lagertechnologie muss flexibel auf das Produktionsprogramm reagieren kön-

- nen. Sei dies nur in mengenmäßiger Hinsicht, oder durch völlige Überarbeitung des Produktionsprogramms. Solche Schritte sollen den Materialfluss sowie das Warenlager nicht zu einem limitierenden Faktor machen.
- 8) **Ladehilfsmittel:** im Bereich der Ladehilfsmittel kommen in den drei Betrieben hauptsächlich Europaletten zum Einsatz. Diese werden sowohl zur Anlieferung von Ware, zum Lagern, zum innerbetrieblichen Transport und auch zum Versand verwendet. Daneben wird bei XAL verstärkt auf KLT-Behälter gesetzt. Weiteres kommen zwar noch andere Ladehilfsmittel zum Einsatz, welche aber in den betrachteten Betrieben keine größere Bedeutung haben.
  - 9) **Ware:** Als primärer Werkstoff kamen bei allen drei Betrieben verschiedenste Metalle zum Einsatz. Bei Mosdorfer wurden sehr viele Gussteile aus Stahl hergestellt und bei der Stabelektrodenproduktion bei Böhler Welding wurde ebenfalls Walzdraht aus Stahl als Ausgangsmaterial verwendet. XAL verwendet überwiegend Aluminium-Profile als Basis für die Leuchten.
  - 10) **Bedeutung des Warenlagers:** Es gibt heutzutage nahezu für jeden Anwendungsfall eigens konzipierte Lagertechnologien. Allerdings ist es oft der Fall, dass bei den Produktionsbetrieben die Kernkompetenzen der Produktion (Fertigung, Assemblierung) im Vordergrund stehen. Das bedeutet, dass man mehr Sinn darin sieht, neue Maschinen für den Erstellungsprozess von Produkten anzuschaffen, als in eine neue Lagertechnologie zu investieren. Sowohl Mosdorfer, als auch Böhler Welding mussten ihre geplanten Projekte aufschieben bzw. verwerfen.
  - 11) **Weiterentwicklung des Lagerverwaltungssystems:** Wenn noch nicht integriert, ist es sinnvoll unternehmensspezifische, wichtige Vorgänge zu integrieren. Da in Zukunft die Fertigungstiefe vermutlich weiter sinken wird, und noch stärker auf Kooperationen gesetzt wird (siehe Anforderungen an eine zukünftige Produktion, 3.1.3), werden solche Schnittstellenprozesse vermehrt an Bedeutung gewinnen. Diese Tatsache spiegelt sich auch in den drei Betrieben wider, da in jedem die Qualitätskontrolle eine ganz entscheidende Rolle spielt. Auch ist es erstrebenswert, Kunden mit denen ein Betrieb ständig in Kontakt steht, in diesem Bereich einzubeziehen. XAL strebt dies an, indem die eintreffende Ware bereits mit Labels angeliefert wird. Dadurch ist es möglich die Ware sofort mittels Barcode ins eigene System einzulesen und die manuelle Erfassung wird überflüssig.
  - 12) **Minimierung der Umlagerungs-/Umpackvorgänge:** Jeder einzelne Umpackvorgang kostet neben Zeit, auch Arbeitskraft die bei Vermeidung dieser Umlagerungen in anderen Bereichen eingesetzt werden kann. Diese Minimierung ist entweder durch Verwendung gemeinsamer Ladungsträger von Lieferanten und Abnehmer, oder durch eine völlig flexible Lagermöglichkeit zu erreichen, in der es möglich ist die ankommende bzw. abgehende Ware gleich in/auf den vorhandenen Ladungsträgern zu belassen. Dieser Vorteil wird bei XAL schon zum Teil genutzt, indem der Austausch von KLT-Behältern mit Lieferanten ermöglicht wird, oder an die Behälter angepasste Kartons verwendet werden.

**13) Schutz der Ware vor schädlichen Umwelteinflüssen:** Was heutzutage zum Standard zählen sollte, bereitet Unternehmen trotzdem noch Probleme. Es muss das oberste Gebot sein, lagernde Ware vor äußeren, schädlichen Einflüssen zu schützen, da ansonsten eine Wertminderung, bis hin zur Unbrauchbarkeit, nicht vermeidbar ist. Sowohl XAL als auch Böhler Welding erfüllen diese Anforderungen. Bei Mosdorfer wird noch an einer Lösung im Bereich der geschützten Lagerflächen gekämpft.

## 5.2 Schlussfolgerungen aus dem Konkurrenzvergleich

In diesem Teil sollen zunächst die, unter Kapitel 4.4.2 angeführten Shuttle – Systeme und danach die unter 4.4.3 aufgelisteten Alternative Möglichkeiten zur automatisierten Kleinteilelagerung angeführten Produkte, mit deren technischen Daten und Eigenschaften, direkt dem YLOG-Shuttle gegenübergestellt werden. Die Bedeutung dieser Eigenschaften werden im Folgenden erklärt. Danach soll eine Bewertung (5-sehr gut; 1-schlecht) dieser Systeme hinsichtlich der im Folgenden genannten Kriterien stattfinden. Getrennt werden die Produkte wieder nach Shuttle-Systemen und alternativen Möglichkeiten zur automatisierten Kleinteilelagerung.

**Verfügbarkeit:** Hinter der Verfügbarkeit verbirgt sich die Eigenschaft, welche den Anteil an der Gesamtzeit angibt, in der die Anlage richtig funktioniert. Zwar gibt es diesbezüglich von den Herstellern keine Werte, aber dies kann anhand der Funktionsweise und dem Aufbau des Systems abgeschätzt werden. (vgl. [GUD05], S.524)

**Flexibilität gegenüber Ladungsträger:** Es wird bewertet, wie flexibel das gesamte System hinsichtlich der aufzunehmenden Ladungsträger ist.

**Flexibilität in Planung u. Erweiterung:** Dabei geht es um die planerische Freiheit bei der Neugestaltung der Anlage sowie bei einer möglichen Erweiterung.

**Geschwindigkeit:** Angeführt wird die höchste, zu erreichende Geschwindigkeit.

**Beschleunigung:** Es wird der maximal erreichbare Beschleunigungswert zum Vergleich herangezogen.

**Raumausnutzung:** Abhängig vom Aufbau und der Funktion des Systems, wird bei manchen Systemen eine sehr hohe Lagerdichte erreicht. Bei anderen Systemen wiederum, fällt ein gewisser Anteil aufgrund fixen Leerraumes weg, da dieser für die Funktion nötig ist.

### 5.2.1 Shuttle – Systeme

Auch wenn sich die Shuttle-Systeme an sich nicht wesentlich voneinander unterscheiden, sollen hier Vergleiche anhand der unter Kapitel 5.2 beschriebene Eigenschaften durchgeführt werden.

#### Technische Daten

Im Folgenden werden die beiden dynamischen Werte der Geschwindigkeit und Beschleunigung, sowie das Eigengewicht und die Lastaufnahmefähigkeit miteinander verglichen. Tabelle 22 zeigt eine Zusammenfassung aus Kapitel 4.4.2. Das YLOG-Shuttle hat einen deutlichen Nachteil was die maximale Geschwindigkeit betrifft. Dem gegenüber weist es den höchsten Beschleunigungswert auf.

Laut den zur Verfügung gestellten Werten, ist es das einzige System, das mehr als 50kg Traglast bewältigen kann.

Tabelle 22: Gegenüberstellung der technischen Daten der Shuttle-Systeme

Eigenschaft	YLOG-Shuttle	Dematic Multishuttle 2	Vanderlande Adaption	Servus ARC3	TGW Stingray V
max. Geschwindigkeit [m/s]	1,8	4	k.A.	3	4
max. Beschleunigung [m/s <sup>2</sup> ]	4	2	k.A.	k.A.	2
Eigengewicht [kg]	70	k.A.	k.A.	35	72
Lastaufnahme [kg]	50 bzw. 60*	50	k.A.	50	35 bzw. 50**

\*höhere Traglast bei Ladungsträger 800x600mm; \*\* bei 50kg niedrigere Geschwindigkeit und Beschleunigung

k.A. ... keine Angabe

### Bewertung

Anhand von sechs Kriterien wurden die Shuttle-Systeme mit Punkten bewertet, wobei 5 für eine optimale Erfüllung des Kriteriums steht und 1 von einer geringen Zufriedenstellung in diesem Bereich zeugt. Die genaue Auflistung inklusive Begründung ist in Kapitel Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.) zu finden. Tabelle 23 zeigt das zusammengefasste Ergebnis. Die grafische Darstellung dieses Ergebnisses ist in Abbildung 69 zu finden.

Tabelle 23: Bewertung unterschiedlicher Shuttle-Systeme

Eigenschaften	YLOG-Shuttle	Dematic Multishuttle 2	Vanderlande Adaption	Servus ARC3	TGW Stingray
Verfügbarkeit	5	3	5	4	3
Flexibilität Ladungsträger	4	5	k.A.	5	5
Flexibilität Planung u. Erweiterung	5	2	4	3	2
Geschwindigkeit	2	4	k.A.	3	4
Beschleunigung	5	3	k.A.		3
Raumausnutzung	2	2	2	2	2
<b>SUMME (MAX.30)</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>11</b>	<b>17</b>	<b>16</b>

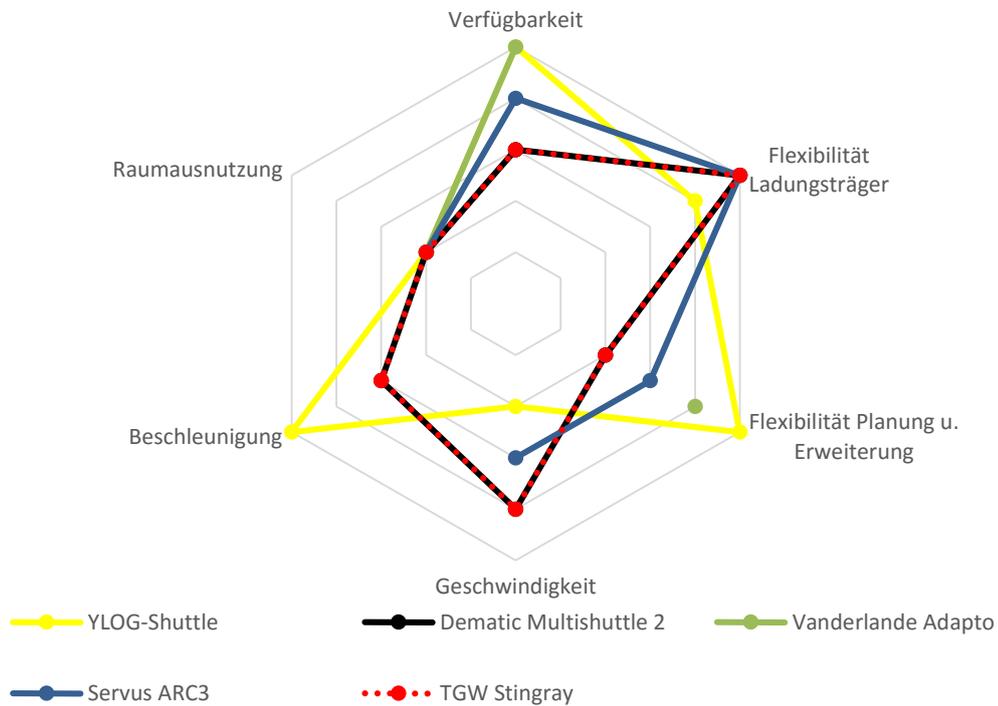


Abbildung 69: Shuttle-Systeme im Vergleich

## 5.2.2 Alternative Möglichkeiten zur automatisierten Kleinteilelagerung

Der direkte Vergleich unterschiedlicher Systeme ist in manchen Bereichen nicht exakt möglich, jedoch kann er den entscheidenden Vorteil bestimmter Systeme, in bestimmten Bereichen, darstellen.

### Technische Daten

Ähnlich wie beim Vergleich der Shuttle-Systeme unter Kapitel 5.2.1 soll auch hier ein Vergleich des YLOG-Shuttles mit anderen Technologien vollzogen werden. Da es sich hierbei allerdings um unterschiedliche Funktionsprinzipien handelt, sei nochmals auf die einzelnen Funktionsbeschreibungen unter Kapitel 4.4.3 verwiesen.

Tabelle 24: Gegenüberstellung der technischen Daten unterschiedlicher Funktionsprinzipien

Eigenschaft	YLOG-Shuttle	Autostore	Kardex Remstar Shuttle XP	Store Biter 300 MLS
max. Höhe [m]	22,5	5,4	30,05	2 (je Ebene)
max. Lastaufnahme [kg]	50 bzw. 60*	50 bzw. 30**	1000 je Tablar***	50
max. Geschwindigkeit [m/s]	1,8	3,1	0,7	4
max. Beschleunigung [m/s <sup>2</sup> ]	4	0,8	k.A.	2
Hubgeschwindigkeit [m/s]	5	1,6	2	1,5
Richtwerte für Durchsatz	20-40 DS/h je Shuttle	25 Behälter/h je Roboter	38 DS/h****	125 DS/h je Ebene

\*60 kg Bei Behälter 800x600mm; \*\*Ausgelegt für 50kg, realisiert bisher mit max. 30kg, \*\*\*Abhängig von Variante sowie Tablar, maximal 1000kg \*\*\*\* Wert aus Bsp. aus Tabelle 20

Auch im Vergleich mit anderen Technologien weist das YLOG-Shuttle bei den Beschleunigungswerten den Höchstwert auf und ist bei den Geschwindigkeiten abgeschlagen. Interessant ist die Tatsache, dass es eine ähnliche maximale Bauhöhe wie das Kardex Remstar Shuttle XP aufweist und diesem in Sachen Hubgeschwindigkeit (YLOG-Shuttle: Hub des Shuttles durch den Lift; Kardex Shuttle: Hubbewegung des Extraktors) sogar überlegen ist.

Die angeführten Durchsatzwerte sind nur Richtwerte und sind sehr stark von der Gestaltung des Lagers abhängig.

### Bewertung

Auch zu diesem Segment wurde eine Bewertung durchgeführt (Genaue Vorgehensweise siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**). Tabelle 25 zeigt diese Beurteilung. Die grafische Auswertung ist in Abbildung 70 zu finden.

Tabelle 25: Bewertung unterschiedlicher Lagertechnologien

Eigenschaften	YLOG-Shuttle	Autostore	Kardex Remstar Shuttle XP	Gebhardt StoreBiter 300 MLS
Verfügbarkeit	5	5	1	2
Flexibilität Ladungsträger	4	2	4	2
Flexibilität Planung u. Erweiterung	5	5	3	2
Geschwindigkeit	2	3	2	4
Beschleunigung	5	2	k.A.	3
Raumausnutzung	2	5	4	2
<b>SUMME (MAX.30)</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>12</b>

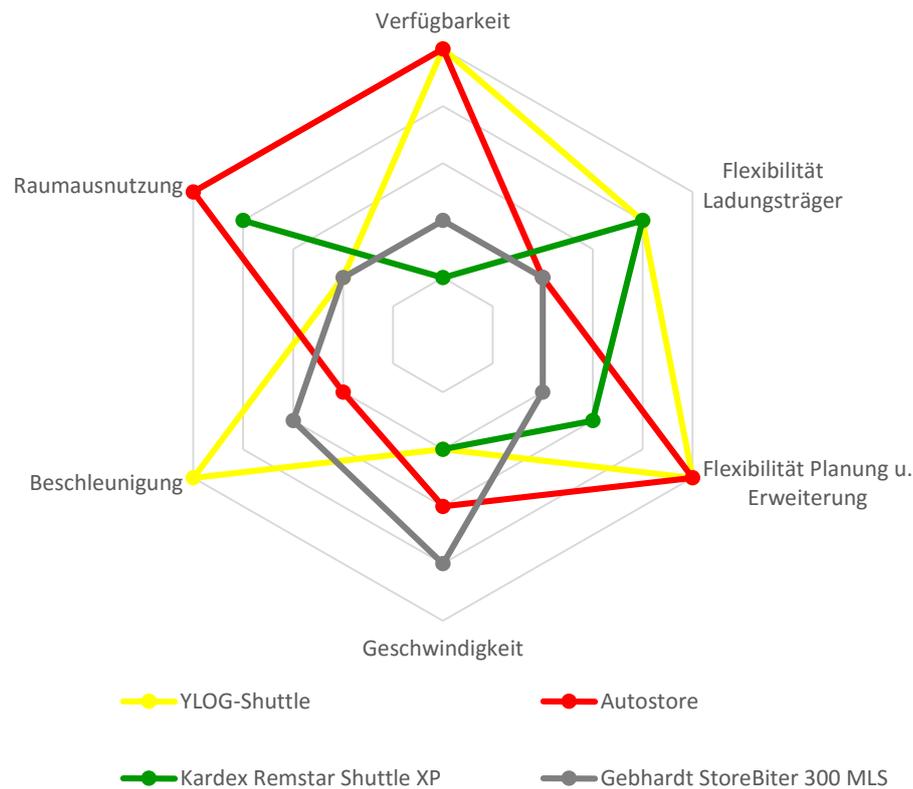


Abbildung 70: Alternative Lagermöglichkeiten im Vergleich

### 5.3 Optimierungsvorschläge

In Kapitel 5.1 werden Aspekte genannt, von denen einige im Folgenden zu Optimierungsvorschlägen dienen. Auch wenn die Unterschiede im Bereich der Produktionsbetriebe groß sind, bietet das YLOG-Shuttle mit seiner Flexibilität und der Planungsfreiheit eine gute Ausgangsbasis für diese verschiedenartigen Bereiche. Des Weiteren zeigt Abbildung 71 das Abschneiden des YLOG-Shuttles bei den Bewertungen unter 5.2.1 und 5.2.2 im Vergleich zum Höchstwert in jeder Kategorie. In Sachen Verfügbarkeit der gesamten Anlage, Flexibilität bei der Planung und Erweiterung sowie dem Beschleunigungsverhalten, führt es das Feld an. Zunächst gilt es auch in diesen Punkten die Entwicklungen voranzutreiben, um weiterhin erfolgreich zu sein. Die Kombination aus dem Vergleich mit anderen Produkten (Kapitel 5.2) und den Rückschlüssen aus den Unternehmensanalysen (Kapitel 5.1) ergibt Ansatzpunkte für neue bzw. weitere Entwicklungen. Mögliche Entwicklungsfelder, in diese laut dieser Auswertung verstärkt investiert werden soll, sind:

#### 1) Optimierung der Raumausnutzung

Wie in Kapitel 5.1, Schlussfolgerungen aus den Unternehmensanalysen, ersichtlich, bewegt sich die Höhe der Hallen in einem Bereich zwischen 5 und 10m. Auch das Abschneiden im Vergleich mit anderen Produkten offenbart hier Aufholbedarf. Jedoch ist zu erwähnen, dass diese Raumausnutzung der generellen Bauweise von Shuttle-Systemen geschuldet ist. Einzig Systeme wie Autostore, oder das Kardex Remstar Shuttle weisen

hier einen besseren Wert auf, da diese auf einer anderen Funktion und folglich einem anderen Aufbau beruhen. Der einzige Punkt an dem der Raumnutzungsgrad des YLOG-Systems gesteigert werden kann, ist in der Höhe. Mögliche Ansatzpunkte wären hier die Minimierung des Raumes zwischen den Ebenen auf ein Minimum oder der Einsatz von unterschiedlich hohen Ladungsträgern, je nach Ebene. Durch Steigerung der Raumausnutzung und dadurch resultierenden zusätzlichen Ebenen, kann im Umkehrschluss Stellfläche eingespart werden.

## 2) Lagerverwaltungssystem

Die Weiterentwicklung des Lagerverwaltungssystems sollte ebenso ständig vorangetrieben werden. Aus der Unternehmensanalyse ergibt sich ein Punkt, auf den vermehrt Wert gelegt werden sollte. Es ist die Einbindung der Kunden und Lieferanten (Schnittstellenprozesse) in das gesamte System. Wie schon in Kapitel 5.1 beschrieben, erhält die Firma XAL in Zukunft ihre Ware bereits mit einbuchbaren Labels bedruckt, was eine weitere Effizienzsteigerung bewirkt.

Auch in Kapitel 3.1.3-Anforderungen an eine zukünftige Produktion geht man von einer sinkenden Fertigungstiefe und einer daraus folgenden, steigenden Kooperationsbereitschaft aus. Steigt die Kooperation, nimm auch der Austausch zwischen Kunden und Lieferanten weiter zu und die Schnittstellenprozesse zwischen dem eigenen Unternehmen und den Kunden bzw. Lieferanten gewinnen an Bedeutung.

## 3) Erweiterung der Lastaufnahmemöglichkeit

Speziell im Produktionsbereich wird häufig auch mit metallischen Produkten gearbeitet (auch bei den drei untersuchten Betrieben). Wird der kleinste Ladungsträger des YLOG-Shuttles mit den Abmessungen 600x400mm und Höhe von 300mm angenommen, so ergibt dies ein nutzbares Volumen von 0,072 m<sup>3</sup>. Wird in weiterer Folge davon ausgegangen, dass darin Aluminium-Teile ( $\rho=2700\text{kg/m}^3$ ) mit einer Packdichte von 0,4 lagern, würde das einem Behältergewicht von 78kg entsprechen. Dies übersteigt den zulässigen Wert von 50kg bereits deutlich. Wird die gleiche Abschätzung mit Stahl( $\rho\approx 7850\text{kg/m}^3$ ) durchgeführt, so ergibt sich ein Behältergewicht von 225kg. Wird es geschafft, das maximale Gewicht zu erhöhen, kann das Shuttle auch für produzierte Metallteile interessant werden und würde sich zusätzlich von der Konkurrenz abheben. (vgl. [HUG16])

## 4) Hybride Shuttle-Lösung

Sollten Shuttles mit erhöhter Aufnahmelast zum Einsatz kommen, dann könnte man eine Mischung von Shuttles, mit unterschiedlichem Lastaufnahmevermögen verwenden. Zum Einsatz kommen sowohl Standard-Shuttles (50kg Aufnahmelast) sowie auch „Schwerlast-Shuttles“. Kommt es nun zu einem Zugriff auf die schwerere Ware, so wird vom System, das Shuttle mit der höheren Lastaufnahme angefordert. Alle anderen Zugriffe können weiter von jedem Shuttle durchgeführt werden. Auch die Verfügbarkeit würde darunter nur bedingt leiden. Sollte das „Schwerlast-Shuttle“ nicht

einsatzfähig sein, kann durch Lagerung der schweren Ware in der untersten Ebene, ein leichter händischer Zugriff ermöglicht werden. Damit wäre auch ein weiterer Punkt aus dem Kapitel 3.1.3, Anforderungen an eine zukünftige Produktion, erfüllt. Durch ein höheres Aufnahmegewicht wäre das Shuttle in der Lage eine größere Menge je Ladungsträger zu befördern und es würde eine gewisse Mengenflexibilität geschaffen werden.

##### 5) Flexibilität der Ladungsträger

In diesem Bereich scheint ein variables Lastaufnahmemittel, die Lösung zu sein. Durch ein variables Lastaufnahmemittel, mit welchem es möglich ist Ladungsträger verschiedener Größen aufzunehmen, können Umpackvorgänge gegen ein Minimum reduziert werden. Auch gibt es Anbieter, die verschiedene Lastaufnahmemittel (TGW, Servus, Dematic) anbieten und dem Kunden hier eine Auswahl ermöglichen.

Hier besteht Aufholbedarf im Vergleich zur Konkurrenz. Allerdings gilt es vorher abzuklären, ob diese Flexibilität vom Kunden gewünscht und auch honoriert wird. Es ist auch möglich, dass dies eine Funktion ist, die zwar auf den ersten Blick beeindruckt, dem Kunden aber keine wesentlichen Vorteile liefert. Denn auch durch den Einsatz von Tablaren anstatt von Behältern beim YLOG-System ist ein gewisses Maß an Flexibilität gegeben. Diese Tablare können auch mit unterschiedlich großen Kartons oder Behältern bestückt werden.

##### 6) Geschwindigkeit

In Sachen Spitzengeschwindigkeit ist das YLOG-Shuttle der Konkurrenz klar unterlegen. Aufgrund seiner beachtlichen Beschleunigungswerte kann die Maximalgeschwindigkeit jedoch sehr schnell erreicht werden. Mit höherer Geschwindigkeit könnte der Durchsatz gesteigert werden oder auch die Anzahl der Shuttles bei gleicher Leistung gesenkt werden. Was in weiterer Folge eine Verminderung der benötigten Shuttles, würde in weiterer Folge zur Senkung von Investitionskosten führen.

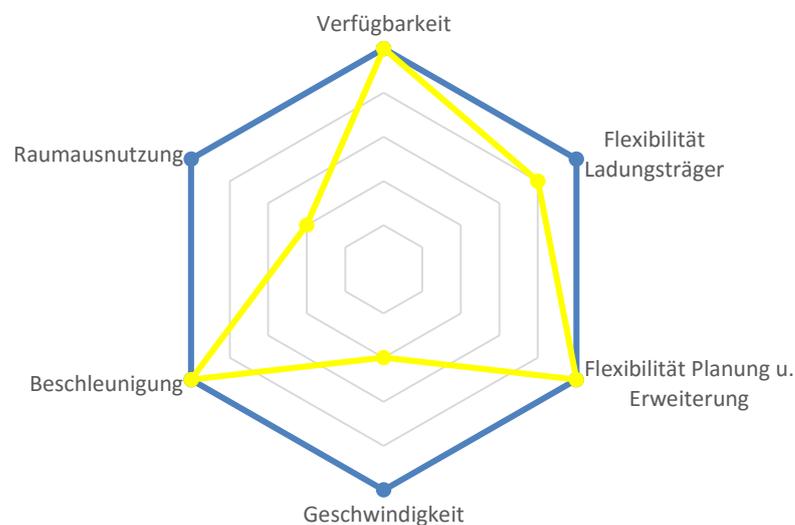


Abbildung 71: Optimierungspotenziale des YLOG-Shuttles

## 5.4 Einsatzgebiet des YLOG-Shuttles

Die große Stärke des Systems des YLOG-Shuttles liegt in seiner Skalierbarkeit, der Beweglichkeit der Shuttles und der daraus folgenden Flexibilität bei der Planung des Gesamtsystems. Durch den Einsatz mehrerer Shuttles erreicht man eine große Dynamik im Lager. Grenzen gibt es hinsichtlich des maximalen Gewichtes der Ladungsträger.

Es ist abzuleiten, dass sich das Einsatzgebiet des Shuttles im Bereich der montagelastigen (im Sinne von Zusammenbau bzw. Assemblierung) und im Zwischenbereich der fertigungs- u. montagelastigen Betriebe befindet (siehe Abbildung 68). Bei den fertigungslastigen Betrieben aus der Unternehmensanalyse, Mosdorfer und Böhler Welding, kommt es kaum zu Zwischeneinlagerungen und die Fertigung erfolgt möglichst durchgängig. Auch handelt es sich bei der produzierten Ware um große Lose, welche in Summe ein enormes Gewicht je Auftragszeile darstellen und das maximal zulässige Ladungsgewicht des Shuttles weit übersteigen.

Im Gegensatz dazu stellt die Firma XAL eine Mischform aus einem fertigungs- und montagelastigen Betrieb dar. Die Ware wird mehrmals bis zur Fertigstellung eingelagert, die Kommissionierung wird deutlich wichtiger und die durchschnittlichen Losgrößen sind niedrig. Auch die Anzahl an Auftragszeilen, welche pro Tag abgearbeitet werden müssen, übersteigen die der beiden anderen Betriebe sehr deutlich. Weiteres müssen die fertig kommissionierten KLT-Behälter vom AKL-Bereich in den einige Meter entfernten Assemblierungsbereich überstellt werden, was vom Shuttle durchführbar wäre. Die Lagergliederung nach der Größe der Produkte, wie sie bei XAL durchgeführt wird, kommt dem YLOG-Shuttle ebenfalls entgegen, da es kein Problem mit großer, sperriger Ware gibt, da diese einen Lagerplatz in einer anderen Lagertechnologie findet. All dies sind Punkte, die das System des YLOG-Shuttle für einen Einsatz in diesen Bereich der Produktionsbetriebe empfehlen.

Folgt man dieser Tendenz, dann lässt sich daraus vermuten, dass das Shuttle-System in einem montagelastigen Betrieb noch besser einsetzbar wäre.

## 5.5 Beantwortung der Forschungsfrage

Zu Beginn dieser Arbeit, in Kapitel 1.2, wurde eine Forschungsfrage definiert, die mit Hilfe dieser Arbeit erläutert werden soll. Sie lautet folgendermaßen:

**Welche Erwartungen muss ein gegenwärtiges bzw. in naher Zukunft eingesetztes Warenlager in einem Produktionsbetrieb erfüllen um die Produktion positiv zu beeinflussen?**

Wie schon in Kapitel 5.1 beschrieben, muss festgehalten werden, dass der Begriff des Produktionsbetriebes sehr weite Grenzen besitzt, da die Profile von Produktionsbetrieben völlig konträr sein können. Daraus lässt sich auch ableiten, dass klare Anforderungen bzw. zukünftige Trends kaum auszumachen sind und wenn vorhanden, keine allgemeine Gültigkeit für den gesamten Produktionsbereich besitzen.

Was heutzutage von den Warenlagern verlangt wird, ist die Grundlagen der Lagerhaltung zu erfüllen. Das bedeutet, dass die Ware soll vor schädlichen Umwelteinflüssen sowie Unbefugten Zugriff geschützt werden muss. Weiteres muss klar festgelegt werden was einer Lagerung bedarf und was nicht. Diese zu lagernden Produkte müssen so gelistet sein, dass der Betrieb jederzeit über den Bestand, sowie den Lagerort Bescheid weiß. Diese Punkte sind unerlässlich und stellen die Grundlagen dar. Um darüber hinaus einen positiven Einfluss zu bewirken, sollte die Lagertechnologie mit den Produkten, die gelagert werden harmonisieren und auf diese abgestimmt sein. Reicht bei mäßigen Zugriff auf Artikel noch ein starres Lager, kann eine automatisierte Variante bei steigender Zugriffsleistung positiven Einfluss haben. Um den Vergleich zu unseren Unternehmensanalysen aufzuzeigen sei folgendes angemerkt: Während bei Mosdorfer die Ein- u. Auslagerung noch durch Mitarbeiter erfolgt, ist bei XAL bereits ein automatisiertes AKL im Einsatz, da hier eine sehr viel höhere Anzahl an Zugriffen erfolgt.

Ebenso beeinflussen ein gut durchdachter Materialfluss, sowie ein gewisses Maß an Flexibilität hinsichtlich Ladungsträger, das Warenlager positiv. Daher kann eine Effizienzsteigerung, durch Minimierung der Umpackvorgänge erzielt werden.

## 6 Zusammenfassung

Im Zuge dieser Arbeit wird verdeutlicht, welchen großen Bereich der Begriff des Produktionsbetriebes abdeckt. Anders als bei anderen Branchen, wie z.B. einem Distributionslager, weist ein Lager eines produzierenden Betriebes mehr Einflussfaktoren auf und es ergeben sich zahlreiche mögliche Ausprägungsformen. Diese Tatsache lässt daher keine detaillierten, allgemeingültigen Aussagen für den Produktionsbetrieb zu. Die genauere Betrachtung von drei Betrieben aus dem Produktionsbereich gibt hierfür ein Beispiel an unterschiedlichen Ausprägungsformen. Dennoch wurden aufgrund der Unternehmensanalysen eine Vielzahl an Informationen hinsichtlich des Layouts, der Lagergliederung, der eingesetzten Ladehilfsmittel sowie Kennzahlen gewonnen.

Eine weitere Herausforderung in diesem Gebiet liegt in der fehlenden Erhebung von Kennzahlen der Unternehmen. Nur eines der drei Unternehmen führt eine Erhebung von logistischen Kennzahlen durch. Diese Umstände machen es umso schwerer, eine aussagekräftige Datenbasis aufzustellen, die auf der gleichen Berechnung und denselben Einheiten beruht.

Der Vergleich des YLOG-Shuttles mit anderen Systemen zeigt, wie eng diese Produkte hinsichtlich ihrer Technologie beisammen liegen. Es sind kleine Unterschiede, die ein System für bestimmte Bedingungen geeigneter machen, als das der Konkurrenz. Die bedeutendsten Vorteile des YLOG-Shuttles liegen in der Flexibilität bei der Planung, sowie der dreidimensionalen Bewegungsmöglichkeit des Shuttle-Systems. In Summe zählt es zu den Systemen, die am vielfältigsten eingesetzt werden können.

Für mögliche weitere Vorgehensweisen im Bereich der Unternehmensanalyse wäre es interessant einen montagelastigen Betrieb auf seine Anforderungen und die Eignung des YLOG-Shuttles zu untersuchen und so die Vermutung aus Kapitel 5.4 zu bestätigen oder zu verwerfen. Weiteres ist es zielführender, den Begriff der Produktionsbetriebe mit Hilfe von Kriterien einzugrenzen, welche Einfluss auf die Charakteristik des Betriebes haben (siehe dazu Unterpunkt „Einteilung in Branchen“ in Kapitel 5.1). Voraussetzung hierfür wäre, dass sich weitere Unternehmen dazu bereiterklären, an einer Unternehmensanalyse teilzunehmen und sich, wie die Betriebe in dieser Arbeit, engagiert miteinbringen. Dadurch ergibt sich die Möglichkeit, Betriebe zu untersuchen, die einander ähnlicher sind, als die in dieser Arbeit angeführten. Dadurch wird es zu mehr Überschneidungen in einzelnen Bereichen kommen und es werden detailliertere Aussagen möglich. Eine weitere Schwierigkeit stellt die Beschaffung einer einheitlichen Datenbasis dar. Wie die drei Unternehmensanalysen zeigen, werden teilweise unterschiedliche Einheiten verwendet und es ist schwer, direkt vergleichbare Werte zu erhalten.

Im Bereich der Marktanalyse wäre es ideal, die selbe Anlage, unter gleichen Rahmenbedingungen, von mehreren Anbietern planen zu lassen. Nur so können die Produkte direkt miteinander verglichen werden und stichhaltige Aussagen über Vor- und Nachteile der einzelnen Systeme erarbeitet werden.

## 7 Verzeichnisse

### 7.1 Literaturverzeichnis

- [AIK+08] **Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel et al.:** *Handbuch Logistik*. 3.Aufl., Berlin/Heidelberg: Springer, 2008. - ISBN 978-3-540-72928-0.
- [AML15] **AM-Lagertechnik GmbH:** *AutoStore*. URL: <http://www.am-automation.de/pages/Autostore.aspx> - Abrufdatum: 6.10.2015.
- [ANR15] **Anreu GmbH:** *Eigenschaften einer EUR - Flachpalette*. URL: [http://www.anreu-paletten.de/Eigenschaften+einer+EUR+Flachpalette/19\\_de\\_Eigenschaften+einer+EUR+Flachpalette.html](http://www.anreu-paletten.de/Eigenschaften+einer+EUR+Flachpalette/19_de_Eigenschaften+einer+EUR+Flachpalette.html) – Abrufdatum: 19.1.2016.
- [ARN95] **Arnold, Dieter:** *Materialflusslehre*. Braunschweig-Wiesbaden: Vieweg, 1995.
- [BEE15] **Beer Christian:** *Prozesse vom Wareneingang über AKL, Kommissionierung, Montage und Büro bis hin zum Warenausgang schnittstellenlos bedient*. Vortrag: Digitale Logistik, Veranstalter: Weka Fachmedien Österreich, Veranstaltungsort: Wien, 26. November 2015.
- [CON15] **CONCLUSIO PR Beratungs GmbH:** *Top of Styria*. URL: <http://www.topofstyria.at/tos2015/top100-aktuell.php> - Abrufdatum: 16.12.2015.
- [DAS15] **O.A.:** *Das AutoStore-Lagersystem*. URL: [http://www.paul-orzesek.de/lp\\_regalarten/autostore.htm](http://www.paul-orzesek.de/lp_regalarten/autostore.htm) - Abrufdatum: 6.10.2015.
- [DAT15] **DATAKOM Buchverlag GmbH:** *IT-Wissen*. URL: <http://www.itwissen.info/definition/lexikon/SKU-stock-keeping-unit.html> - Abrufdatum: 11.8.2015.
- [DEM15] **Dematic GmbH (Hrsg.):** *Dematic Multishuttle 2*. URL: [http://www.warehouse-logistics.com/Download/Flyer/DE\\_Flyer\\_Produkt\\_Dematic\\_WMS\\_004.pdf](http://www.warehouse-logistics.com/Download/Flyer/DE_Flyer_Produkt_Dematic_WMS_004.pdf) - Abrufdatum: 22.9.2015.
- [EAS15] **easyFairs Deutschland GmbH:** *Transport & Logistik – Schweiz 2011*. URL: [http://www.easyfairs.com/de/events\\_216/transport-logistik-schweiz2011\\_14843/transport-logistik-schweiz-2011\\_14905/visitors\\_14906/ausstellerkatalog\\_14917/stand/274029/](http://www.easyfairs.com/de/events_216/transport-logistik-schweiz2011_14843/transport-logistik-schweiz-2011_14905/visitors_14906/ausstellerkatalog_14917/stand/274029/) - Abrufdatum: 18.10.2015.
- [FRA15] **Fraunhofer-Institut für Materialfluss und Logistik IML (Hrsg.):** *Logipedia.de*. URL: <http://www.logipedia.de/lexikon/Durchsatz> - Abrufdatum: 28.7.2015.
- [FRI15] **Fritz Schäfer GmbH SSI SCHÄFER:** *Regalbediengerät für Behälter, Kartons und Table*. URL: [http://media.ssi-schaefer.de/typo3temp/pics/AKL\\_totale\\_c41e78bb69.jpg](http://media.ssi-schaefer.de/typo3temp/pics/AKL_totale_c41e78bb69.jpg) - Abrufdatum: 14.10.2015.
- [GEB15a] **GEBHARDT Fördertechnik GmbH:** *GEBHARDT Kleinteilelager - rechnergesteuerte Organisation mit schnellem Zugriff*. URL: <http://www.gehardt-foerdertechnik.de/produkte/lagertechnik/regalbediengerate/automatische-kleinteilelager-akl.html> - Abrufdatum: 18.10.2015.

- [GEB15b] **GEBHARDT Fördertechnik GmbH:** *StoreBiter 300 MLS - Shuttle Lagersystem mit effektivem Zugriff*. URL: <http://www.gebhardt-foerdertechnik.de/produkte/lagertechnik/shuttlesysteme/behaelter-und-kartons-storebiter-300-mls.html> - Abrufdatum: 18.10.2015.
- [GEB15c] **GEBHARDT Fördertechnik GmbH (Hrsg.):** *Storebiter300*. URL: [http://www.gebhardt-foerdertechnik.de/fileadmin/user\\_upload/PDF/StoreBiter\\_4Seiter\\_2402\\_Small.pdf](http://www.gebhardt-foerdertechnik.de/fileadmin/user_upload/PDF/StoreBiter_4Seiter_2402_Small.pdf) - Abrufdatum: 28.10.2015.
- [GEB16] **GEBHARDT Fördertechnik GmbH:** *Shuttlelager Teil 4 – Shuttle vs. Regalbediengerät*. URL: <https://intralogistics.wordpress.com/2013/10/17/shuttlelager-teil-4-shuttle-vs-rbg/> - Abrufdatum: 20.1.2016.
- [GJK89] **Greifenstein, R.; Jansen, P.; Kißler, L.:** *Sachzwang Partizipation? Mitbestimmung am Arbeitsplatz und neue Technologien*. In: Aichholzer, G./ Schienstock, G. (Hrsg.): *Arbeitsbeziehungen im Wandel*. Berlin: Edition Sigma, 1989.
- [GUD05] **Gudehus, Timm:** *Logistik – Grundlagen, Strategien, Anwendungen*. 3.Aufl., Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 2005. – ISBN 978-3-540-24113-3.
- [HAR02] **Hartmann, Horst:** *Materialwirtschaft: Organisation, Planung, Durchführung, Kontrolle*. 8. Aufl., Gernsbach, 2002.
- [HB07] **ten Hompel, Michael (Hrsg.); Bullinger, Hans-Jörg.:** *Internet der Dinge*. Berlin/Heidelberg: Springer, 2007. –ISBN 978-3-540-36733-8.
- [HEL10] **Helbing, Kurt:** *Handbuch Fabrikprojektierung*. Heidelberg/Dordrecht/London/New York: Springer, 2010. - ISBN 978-3-642-01617-2.
- [HLF15] **HLF HEISS Gesellschaft m.b.H.:** *Systemlösungen*. URL: <http://www.heiss.at/produkte-losungen/regalsysteme/paletten-durchlaufregale/systemloesungen> - Abrufdatum: 7.8.2015.
- [HS10] **ten Hompel, Michael; Schmidt, Thorsten:** *Warehouse Management – Organisation und Steuerung von Lager- und Kommissioniersystemen*. 4.Aufl., Heidelberg/Dordrecht/London/New York: Springer, 2010. ISBN 978-3-642-03184-7.
- [HSN07] **ten Hompel, Michael (Hrsg.); Schmidt, Thorsten; Nagel, Lars:** *Materialflusssysteme – Förder- u. Lagertechnik*. 3.Aufl., Berlin/Heidelberg/New York: Springer, 2007. - ISBN 978-3-540-73235-8.
- [HUS15a] **Huss-Medien GmbH (Hrsg.):** *Sparsam und flexibel – System Auto-store: Zukunft der Lagerhaltung*. URL: [http://www.hebezeuge-foerdermittel.de/sites/dev.hebezeuge-foerdermittel.de/files/System\\_AutoStore\\_Zukunft\\_Lagerhaltung\\_HF0510\\_228-230.pdf](http://www.hebezeuge-foerdermittel.de/sites/dev.hebezeuge-foerdermittel.de/files/System_AutoStore_Zukunft_Lagerhaltung_HF0510_228-230.pdf) - Abrufdatum: 6.10.2015.
- [HUG16] **HUG Industrietechnik und Arbeitssicherheit GmbH:** *Metallische Werkstoffe-Physikalische Eigenschaften*. URL: <http://www.hug-technik.com/inhalt/ta/metall.htm> - Abrufdatum: 24.1.2016.
- [HUS15b] **Huss-Medien GmbH (Hrsg.):** *Mit optimierten Ladehilfsmitteln*. URL: [http://www.hebezeuge-foerdermittel.de/sites/dev.hebezeuge-foerdermittel.de/files/HF0509\\_\\_Tipps\\_fuer\\_die\\_Praxis\\_0.pdf](http://www.hebezeuge-foerdermittel.de/sites/dev.hebezeuge-foerdermittel.de/files/HF0509__Tipps_fuer_die_Praxis_0.pdf) - Abrufdatum: 18.10.2015.

- [IND16] **Industriemagazin Verlag GmbH:** *Regalbediengerät oder Shuttle?* URL: <http://industriemagazin.at/a/regalbediengerat-oder-shuttle> - Abrufdatum: 23.1.2016.
- [JUN07] **Jungbluth, Volker:** *Verkettung von Produktion und Lager durch kombinierte Lager- und Transportsysteme.* In: Schenk, Michael (Hrsg.): *Logistik – Intelligenz in Produktion und Verkehr.* URL: <http://www.iff.fraunhofer.de/content/dam/iff/de/dokumente/publikationen/iff-wissenschaftstage-2007-logistik-tagungsband-fraunhofer-iff.pdf> - Abrufdatum: 29.7.2015.
- [KÄM07] **Kämpf, Melanie:** *Automatische Kleinteilelager bewältigen die Vielfalt.* In: *Blech in Form*, 3/2007, S. 104 - 106. URL: <http://www.logistik-journal.de/fileserver/henrich/files/2216.pdf> - Abrufdatum: 29.7.2015.
- [KAR15a] **Kardex AG (Hrsg.):** *Kardex Remstar Shuttle XP - Vertikale Liftsysteme für hochverdichtetes Lagern auf geringer Stellfläche[pdf].* URL: [http://www.kardex-remstar.de/fileadmin/user\\_upload/kardex-remstar/pdf-new/de/Kardex\\_Remstar\\_ShuttleXP\\_DE\\_low.pdf](http://www.kardex-remstar.de/fileadmin/user_upload/kardex-remstar/pdf-new/de/Kardex_Remstar_ShuttleXP_DE_low.pdf) - Abrufdatum: 6.10.2015.
- [KAR15b] **Kardex AG:** *Kardex Remstar Shuttle XP - Bei höchster Lagerverdichtung effizient lagern und kommissionieren.* URL: <http://www.kardex-remstar.de/nc/de/dynamische-lager-loesungen/vertikaleliftsysteme.html> - Abrufdatum: 6.10.2015.
- [KNI16] **Knill+Knill Kommunikationsberatung:** *Rhetorik.ch* – URL: [www.rhetorik.ch](http://www.rhetorik.ch) – Abrufdatum: 6.2.2016.
- [KL01] **Krampe, Horst (Hrsg.); Lucke, Hans-Joachim (Hrsg.):** *Grundlagen der Logistik – Einführung in Theorie und Praxis logistischer Systeme.* 2. Aufl., München: Huss-Verlag GmbH, 2001.
- [KLU10] **Klug, Florian:** *Logistikmanagement in der Automobilindustrie – Grundlagen der Logistik im Automobilbau.* Heidelberg/Dordrecht/London/New York: Springer, 2010. – ISBN 978-3-642-05293-4.
- [LAG15] **Lagertechnik.com:** *KNAPP AG - Firmenpräsentation bei Lagertechnik.com.* URL: <http://www.lagertechnik.com/info/knapp-ag-lagersysteme-intralogistik-lagerlogistik.html> - Abrufdatum: 13.8.2015.
- [LEH15] **Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik (FML) Technische Universität München:** *Blocklager.* URL: [http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set\\_ID=945&letter=B&title=Blocklager](http://www.fml.mw.tum.de/fml/index.php?Set_ID=945&letter=B&title=Blocklager) – Abrufdatum: 7.8.2015.
- [LW12] **Lotter, Bruno; Wiendahl, Hans-Peter (Hrsg.):** *Montage in der industriellen Produktion – Ein Handbuch für die Praxis.* 2.Aufl., Berlin/Heidelberg: Springer Vieweg, 2012. - ISBN 978-3-642-29061-9.
- [MAR95] **Martin, Heinrich:** *Transport- u. Lagerlogistik.* Braunschweig-Wiesbaden: Vieweg, 1995.
- [MAR14] **Martin, Heinrich:** *Transport- und Lagerlogistik - Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik.* 9.Aufl., Wiesbaden: Springer Vieweg, 2013. - ISBN 978-3-658-03143-5.
- [MOS15] **MOSDORFER GmbH:** *Mosdorfer.* URL: <http://www.mosdorfer.com> – Abrufdatum: 28.8.2015.

- [PUL15] **Pulic, Armin:** *Lagerkennzahlen.de*. URL: <http://www.lagerkennzahlen.de/lagerumschlagshaeufigkeit.html> - Abrufdatum: 16.10.2015.
- [SER15] **Servus Intralogistics GmbH:** *Mehr als ein Shuttle*. URL: [www.servus.info](http://www.servus.info) – Abrufdatum: 8.12.2015.
- [STÖ15] **Stöcker, Michael:** „*Flache Flitzer*“. In: Scope, Jänner 2015, S. 12-17. URL: [www.servus.info/download/SC\\_1\\_2015\\_07\\_Materialfluss\\_Logistik.pdf](http://www.servus.info/download/SC_1_2015_07_Materialfluss_Logistik.pdf) - Abrufdatum: 29.7.2015.
- [TGW15a] **TGW Logistics Group GmbH:** *Shuttle System*. URL: <http://www.tgw-group.com/at-de/produkte/lagersysteme/shuttle-solutions/> - Abrufdatum: 28.9.2015.
- [TGW15b] **TGW Logistics Group GmbH (Hrsg.):** *Stingray Shuttle System*. Firmenschrift: TGW 10/2014. – Firmenschrift.
- [VAN15] **Vanderlande (Hrsg.):** *ADAPTO*. Firmenschrift: 0036DE15/01. – Firmenschrift.
- [VAN16] **Vanderlande:** *ADAPTO*. URL: <https://www.vanderlande.com/warehouse-automation/innovative-systems/storage-asrs/adapto> - Abrufdatum: 3.1.2016.
- [VEL16] **Vehlow, Stefan:** *AKL mit Regalbediengerät vs. Shuttle System*. URL: <http://www.logistik-info.net/diverses/akl-rbg-vs-shuttle/> - Abrufdatum: 20.1.2016.
- [VIR15] **VirtualExpo:** *DirectIndustry*. URL: <http://www.directindustry.de/> - Abrufdatum: 8.12.2015.
- [VOE15a] **voestalpine AG:** Organigramm. URL: <http://www.voestalpine.com/> - Abrufdatum: 12.11.2015.
- [VOE15b] **voestalpine Böhler Welding Group GmbH:** *Böhler Welding*. URL: <http://www.boehler-welding.com/> - Abrufdatum: 12.11.2015.
- [WDK+00] **Wiendahl, Hans-Peter (Hrsg.); Doege, E.; Klocke, F. et al.:** *Potentiale der Grenzwertorientierung von Fertigungstechnologien und Abläufen*. Aachen: RWTH Aachen, 2000.
- [WEK15] **WEKA-Verlag Gesellschaft m.b.H.:** *Intelligente Schwarmroboter*. URL: <http://www.industrieweb.at/epapers/839731/files/assets/seo/page32.html> - Abrufdatum: 8.12.2015.
- [WIE96] **Wiendahl, Hans Peter et al.:** *Optimierung und Betrieb wandelbarer Produktionsnetze*. In: Kirsten, U./Dangelmaier, W. (Hrsg.): *Endbericht zum BMBF-Projekt Vision Logistik. Wandelbare Produktionsnetze zur Auflösung ökonomischökologischer Zielbereiche*. Karlsruhe: Forschungszentrum Karlsruhe, Wiss. Berichte Nr. 181., 1996.
- [WIL04] **Wildemann, Horst:** *Einkaufspotenzialanalyse - Leitfaden zur Kostensenkung und Gestaltung der Abnehmer-Lieferanten-Beziehung*. 11. Aufl., München: TCW Transfer-Centrum für Produktions-Logistik und Technologie-Management GmbH., 2004.
- [WRN14] **Wiendahl, Hans-Peter; Reichardt, Jürgen; Nyhuis, Peter:** *Handbuch Fabrikplanung - Konzept, Gestaltung und Umsetzung wandlungsfähiger Produktionsstätten*. 2.Aufl., München/Wien: Hanser, 2014. ISBN 978-3-446-43702-9.
- [XAL15] **XAL GmbH:** *XAL*. URL: <http://www.xal.com> – Abrufdatum: 16.12.2015.
- [YLO15] **YLOG Industry Solutions GmbH:** *YLOG-Shuttle-Querdenken-Querlenken*. URL: <http://www.ylog.at> – Abrufdatum: 1.11.2015.

- [ZUM14] O.A.: *Zumtobel stellt auf Servus um*. In: Materialfluss, November 2014, S. 30-31. URL: [www.servus.info/ViewDownloadsExec.php?targetid=320&fileid=134](http://www.servus.info/ViewDownloadsExec.php?targetid=320&fileid=134) – Abrufdatum: 1.8.2015.

## 7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Das YLOG-Shuttle .....	3
Abbildung 2: Das YLOG-Shuttle bei der Ladungsträgeraufnahme .....	6
Abbildung 3: Lagergliederung eines Produktionsbetriebs .....	8
Abbildung 4: Blocklagerung eines Getränkeherstellers .....	11
Abbildung 5: Prinzip eines Sortierspeichers .....	12
Abbildung 6: Beispiel eines Fachregallagers .....	13
Abbildung 7: Kanalregallager als Durchlauflager .....	13
Abbildung 8: Kanalregallager als Einschublager .....	14
Abbildung 9: Verschieberegallager .....	14
Abbildung 10: Paternosterregal (Vertikales Umlauflager) .....	15
Abbildung 11: Karusselllager (horizontales Umlauflager) .....	15
Abbildung 12: Regalbediengerät entnimmt die Ware aus den Hochregallagern .....	16
Abbildung 13: Shuttle-System der Firma Knapp .....	17
Abbildung 14: Liftsystem .....	18
Abbildung 15: Einteilung der Ladehilfsmittel .....	19
Abbildung 16: Abmessungen einer DIN- bzw. Europalette .....	20
Abbildung 17: Bauweise und Eigenschaften eines KLT-Behälters .....	21
Abbildung 18: Statische und dynamische Warenbereitstellung im Vergleich ...	22
Abbildung 19: Branchenunterschiede hinsichtlich Artikelanzahl und Durchsatz .....	23
Abbildung 20: Gliederung von Analysemethoden .....	26
Abbildung 21: Hochspannungsfreileitung .....	32
Abbildung 22: Grundriss der Mosdorfer GmbH in Weiz .....	33
Abbildung 23: Rohstofflager .....	35
Abbildung 24: Paletten-Hochregallager .....	36
Abbildung 25: Zwischenlagerung der Bauteile zur Abkühlung .....	36
Abbildung 26: Zwischenlagerung des zugeschnittenen Materials .....	37
Abbildung 27: Freiluftlagerung der versandbereiten Kisten .....	37
Abbildung 28: Klassifizierung der umgeschlagenen Stück nach dem Gewicht ..	40
Abbildung 29: Klassifizierung der Versandeinheiten nach dem Gewicht .....	40
Abbildung 30: Verteilung der Artikelnummern nach Warenart .....	41
Abbildung 31: Verkaufte Stück in den Jahren Jänner 2011 – Oktober 2013 ....	42
Abbildung 32: Schweißarbeiten mit Hilfe des WIG-Verfahrens .....	47
Abbildung 33: Skizze der Lager-/Produktionshalle bei Böhler Welding .....	48
Abbildung 34: Mögliche Verpackungsvariante auf einer Europalette .....	49
Abbildung 35: LKW-Anhänger der in der Halle auf die Beladung wartet .....	51
Abbildung 36: Übergabebereich bei Böhler .....	52
Abbildung 37: Bodenlagerbereiche .....	52
Abbildung 38: Lagerung der Walzdrähte .....	53
Abbildung 39: Lagerung der Primärverpackung in einem Hochregallager .....	53
Abbildung 40: Ausstattung der KTM X-BOW Customer Area in GRAZ .....	60
Abbildung 41 Übersicht der XAL GmbH .....	61
Abbildung 42 Detailansicht der XAL GmbH .....	62
Abbildung 43: Für den Zusammenbau zur Verfügung gestellte Ware auf einer Palette .....	63
Abbildung 44: Für den Zusammenbau bereite Ware in einem Wagen .....	63

Abbildung 45: Kommissionierstation .....	64
Abbildung 46: Pufferplatz im Bereich der Verpackung.....	65
Abbildung 47: AKL der Firma XAL.....	66
Abbildung 48: Lagerung der Stangenware in Kragarmregalen.....	67
Abbildung 49: Lagerung von langen Halbfertigfabrikaten .....	67
Abbildung 50: Einblick in das Palettenhochregallager bei XAL.....	68
Abbildung 51: Weiterer Teil des Palettenhochregallagers bei XAL .....	69
Abbildung 52: YLOG-Shuttle bei einer 90°-Drehung.....	75
Abbildung 53: Zwei mögliche Baugrößen des YLOG-Shuttles.....	75
Abbildung 54: YLOG-Shuttle bei der Aufnahme eines Ladungsträgers .....	76
Abbildung 55: 2D- und 3D-Systeme im Vergleich .....	78
Abbildung 56: Unvollständige Darstellung des Multishuttle 2 -Prinzip des variables LAM .....	79
Abbildung 57: Multidirektionales Microshuttle des Adapto-Systems .....	80
Abbildung 58: ARC3 mit dem Lastaufnahmemittel Smartloader .....	81
Abbildung 59: Möglicher Aufbau des Servus-Systems .....	82
Abbildung 60: Servus Roboter mit integriertem Roboter-Knickarm .....	82
Abbildung 61: TGW Stingray Shuttle .....	84
Abbildung 62: Aufbau einer Austostore Anlage.....	85
Abbildung 63: Autostore-Roboter bei der Arbeitsplatzversorgung (Standardport) .....	86
Abbildung 64: Aufbau des Kardex Shuttle XP .....	89
Abbildung 65: Tablare bilden die Basis der Lagereinheiten und können flexibel unterteilt werden .....	90
Abbildung 66: Logicontrol zur Steuerung des Kardex Remstar Shuttles .....	91
Abbildung 67: Multi-Level Shuttle StoreBiter 300 MLS [GEB15b] .....	94
Abbildung 68: Untergliederung und Einteilung der untersuchten Unternehmen .....	97
Abbildung 69: Shuttle-Systeme im Vergleich .....	102
Abbildung 70: Alternative Lagermöglichkeiten im Vergleich.....	104
Abbildung 71: Optimierungspotenziale des YLOG-Shuttles .....	106

## 7.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gestaltungskriterien eines Lagers und deren Zustände.....	11
Tabelle 2: Gegenüberstellung der Vorteile eines AKL und Shuttle-Systemen ...	18
Tabelle 3: Anforderungen eines Distributions- und Produktionslagers im Vergleich .....	24
Tabelle 4: Lagerkennzahlen unterschiedlicher Branchen im Vergleich .....	25
Tabelle 5: Durchschnittlicher Lagerbestand .....	43
Tabelle 6: Zusammenfassung der Kennzahlen bei Mosdorfer .....	46
Tabelle 7: eingesetzte Ladehilfsmittel bei Mosdorfer.....	46
Tabelle 8: Kennzahlen Böhler Welding.....	59
Tabelle 9: Ladehilfsmittel Böhler Welding .....	59
Tabelle 10: Kennzahlen XAL GmbH .....	73
Tabelle 11: Ladehilfsmittel XAL GmbH.....	73
Tabelle 12: Eigenschaften des YLOG-Shuttle Systems.....	77
Tabelle 13: Daten des Dematic Mutlishuttle 2 .....	79
Tabelle 14: Daten des Adapto-Systems .....	80
Tabelle 15: Daten des Servus ARC3.....	83
Tabelle 16: Eigenschaften des Stingray-Shuttle Systems.....	84
Tabelle 17: Technische Daten des Autostore-Systems .....	88
Tabelle 18: Technische Daten Kardex Remstar Shuttle XP .....	92
Tabelle 19: Konfigurationsbeispiel Kardex Remstar Shuttle XP .....	93
Tabelle 20: Eigenschaften des StoreBiter 300 MLS .....	94
Tabelle 21: Vergleich von Kennzahlen.....	97
Tabelle 22: Gegenüberstellung der technischen Daten der Shuttle-Systeme ...	101
Tabelle 23: Bewertung unterschiedlicher Shuttle-Systeme.....	101
Tabelle 24: Gegenüberstellung der technischen Daten unterschiedlicher Funktionsprinzipien .....	103
Tabelle 25: Bewertung unterschiedlicher Lagertechnologien.....	103
Tabelle 26: Bewertungsmatrix Shuttle-Systeme.....	122
Tabelle 27: Bewertungsmatrix alternative Möglichkeiten.....	123

## 7.4 Formelverzeichnis

(1) Durchsatz .....	27
(2) Lagerreichweite.....	28
(3) Umschlaghäufigkeit .....	28
(4) Durchschnittlicher Bestand 1.....	28
(5) Durchschnittlicher Bestand 2.....	28
(6) Wareneinsatz .....	28
(7) Durchschnittliche Anzahl an Auftragszeilen pro Auftrag .....	29

## 7.5 Abkürzungsverzeichnis

AG	Aktiengesellschaft
bspw.	beispielsweise
bzw.	Beziehungsweise
ca.	circa
d.h.	das heißt
ERP	Enterprise-Resource-Planning
ESD	electrostatic discharge = elektrostatische Entladung
Etc.	et cetera
FIFO	First in first out
GLT	Großladungsträger
GLT	Großladungsträger
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
h	Stunde
k.A.	keine Angabe
KLT	Kleinladungsträger
LKW	Lastkraftwagen
min	Minute
Mio	Million
o.ä.	oder ähnliches
OL	Orderlines
PPS	Produktionsplanung und Steuerung
RBG	Regalbediengerät
RFID	Radio Frequency Identification
SAP	Unternehmen - Anbieter von ERP-Systemen
SKU	stock keeping units
Std.	Stunde
u.	und
usw.	und so weiter
WIG	Wolfram- Inert- Gas
WMS	Warehousingmanagementsystem
z.B.	zum Beispiel

## 8 Anhang

### 8.1 Veröffentlichter Kurzttext - Deutsch

Diese Arbeit befasst sich mit den Eigenschaften und Merkmalen welche von einem Produktionsbetrieb an sein Warenlager gestellt werden.

Zu diesem Zweck wird zunächst das Problem dargestellt und erste Erkenntnisse mit Hilfe einer Literaturrecherche gewonnen. Im darauffolgenden Hauptteil werden drei Betriebe aus dem Produktionssegment analysiert. Hierbei wird vor allem auf das Warenlager, die eingesetzten Ladehilfsmittel, sowie erhobene Kennzahlen eingegangen. Daneben ist es eine weitere Aufgabe, verschiedene Produkte zur automatisierten Kleinteillagerung miteinander zu vergleichen und Schwachstellen und Stärken der einzelnen Produkte aufzudecken. Aus den Schwachstellen und den erarbeiteten Anforderungen der analysierten Produktionsbetriebe, sollen Optimierungspotenziale und Entwicklungsempfehlungen für ein Shuttle-System abgeleitet werden.

### 8.2 Veröffentlichter Kurzttext - Englisch

This thesis deals with the characteristics and properties of a warehouse, required by companies, working in the field of production.

First of all, the problem will be explained and initial information are figured out by doing a literature research. The main part analyses three production companies and especially their warehouses, the used loading devices and some characteristic numbers. Additionally, the thesis compares different products, used for the automatic warehousing of small parts, to identify advantages and disadvantages of these products. The results of these analysis and comparisons are used, for improving current systems and making suggestions for the future trend of a shuttle system.

### 8.3 Interviewfragen

Folgende Fragen kamen bei den Gesprächen bei den Unternehmensanalysen zum Einsatz:

- Wie würden Sie die derzeitige Situation ihres Warenlagers beschreiben? Welche Vor-/Nachteile besitzt das aktuelle System?
- Welche Anforderungen würden Sie an ihr Lager stellen, wenn Sie dieses neu planen würden bzw. wie sollte das Gesamtkonzept aussehen?
- Was spricht für eine Automatisierung des Lagers und was dagegen?
- Vor-, Nachteile Ihrer Software bzw. welche Wünsche hätten Sie für die nächste Software?
- Was halten Sie vom Prinzip „YLOG-Shuttle“? Was müsste sich ändern, um es für Sie interessanter bzw. geeigneter zu machen?

## 8.4 Fragebogen

### Allgemeines

- Grundriss der Produktion und Lagerflächen?
- Grobe Analyse des Materialflusses vom Wareneingang bis zum Warenausgang?

### Wareneingang/Warenausgang

- Ist der WE/WA getrennt?
- Was geschieht vor dem WE?
- Wie erfolgt die Wareneinlagerung u. Kommissionierung? Ist diese zeitlich überlagert, oder entkoppelt?
- Wie oft erfolgt eine An-/Auslieferung am Standort?
- Wie erfolgt Aufnahme der Ware ins System?
- In welchem Zustand bzw. Ladehilfsmittel erfolgt die Anlieferung der Ware?

### Lager

- Welche Art von Lagern wird verwendet?
- Wie oft wird gelagert bzw. wie sind die Lager gegliedert?
- Welche Lagerordnung/-zonung wird verfolgt?

### Software

- Welche kommt zur Lagerverwaltung zum Einsatz?

### Ladehilfsmittel

- Welche Ladehilfsmittel kommen in welchem Bereich zum Einsatz?

### Artikelklassifizierung

- Um welche Artikel handelt es sich und in welchem Größen- bzw. Gewichtsbereich bewegen sich diese?

### Informationen zum Unternehmen

- Wie hoch war der Umsatz des letzten Jahres?
- Wie viele Mitarbeiter werden derzeit beschäftigt?
- Wer sind die Kunden?
- Wie setzt sich das Produktsortiment zusammen?

## 8.5 Bewertungsmatrix

Tabelle 26: Bewertungsmatrix Shuttle-Systeme

## SHUTTLE-SYSTEME

Eigenschaft		YLOG-Shuttle	Dematic Multishuttle 2	Vanderlande Adapto	Servus ARC3	TGW Stingray	
1	Verfügbarkeit	Punkte	5	3	5	4	3
		Beschreibung	+Bei Liftausfall kann über zweiten Lift gesamtes System erreicht werden. +Probleme in einem Bereich führen nur zum Abschalten dieses Bereiches, der Rest kann nach wie vor erreicht werden. +Shuttleausfall wird von anderen Shuttles kompensiert.	-Liftausfall führt zu Ausfall von ganzer Gasse u. Stillstand aller Shuttles der betroffenen Gasse. -Shuttleausfall kann nicht von allen Shuttles abgefangen werden, sondern nur von denen in der betroffenen Gasse (wenn nur ein Shuttle, ergibt dies einen Totalausfall der Gasse -Je nach Aufbau, ist bei Störung meist die ganze Gasse betroffen und nicht mehr erreichbar	+Bei Liftausfall kann über zweiten Lift gesamtes System erreicht werden +Probleme in einem Bereich führen nur zum Abschalten dieses Bereiches, der Rest kann nach wie vor erreicht werden +Shuttleausfall wird von anderen Shuttles kompensiert +Im Notfall können Lagerplätze auch manuell erreicht werden	+Jedes Shuttle erreicht jeden Lagerplatz +Ausfall eines Shuttles kann von anderen kompensiert werden -Bei Liftausfall jedoch die ganze Gasse nicht verfügbar, da Lift erst nach Weichen kommt -Auch Probleme mit Weiche führen zu Ausfall der ganzen Gasse	-Liftausfall führt zu Ausfall von ganzer Gasse u. Stillstand aller Shuttles der betroffenen Gasse -Shuttleausfall kann nicht von allen Shuttles abgefangen werden, sondern nur von denen in der betroffenen Gasse (wenn nur ein Shuttle, ergibt dies einen Totalausfall der Gasse -Je nach Aufbau, ist bei Störung meist die ganze Gasse betroffen und nicht mehr erreichbar
2	Flexibilität Ladungsträger	Punkte	4	5		5	5
		Beschreibung	~3 Abmessungen + Möglichkeit eines Sondermaßes +Durch den Einsatz von Tablaren sehr flexibel	+variables LAM +verschiedene LAM-Varianten	-Fixe Abmessungen (keine genauen Angaben)	+variable Abmessungen +verschiedene LAM + einzigartige LAM (Schüttgutbehälter, Roboterarme,...)	+variable Abmessungen +verschiedene LAM
3	Flexibilität Planung u. Erweiterung	Punkte	5	2	4	3	2
		Beschreibung	+Komplexe Lagerstrukturen möglich (Querfahrt). +Möglichkeit das ganze Lagersystem zu drehen (90°Drehung des Shuttles). +Erweiterung in beide Richtungen möglich ohne zwingend einen Lift zu installieren. +Zusätzliche Shuttles können in gesamten System eingesetzt werden.	-Erweiterung ohne zusätzlichen Lift nur in Längsrichtung. -Bei zusätzlicher Gasse ist ein Lift erforderlich. -Zusätzliche Shuttles nur in einer Gasse nutzbar.	+Komplexe Lagerstrukturen möglich (Querfahrt). +Erweiterung in beide Richtungen möglich. +Bei Erweiterung um zusätzliche Gasse nicht zwingend ein Lift nötig. +Zusätzliche Shuttles für gesamtes System nutzbar.	-Erweiterung ohne zusätzlichen Lift nur in Längsrichtung. -Bei zusätzlicher Gasse ist ein Lift sowie Weichen erforderlich. +Zusätzliche Shuttles in ganzem System nutzbar + Neuartige Konzepte durch Kurven und Weichen möglich	-Erweiterung ohne zusätzlichen Lift nur in Längsrichtung. -Bei zusätzlicher Gasse ist ein Lift erforderlich
4	Geschwindigkeit	Punkte	2	4		3	4
		Beschreibung	1,8 m/s	4 m/s		3 m/s	4 m/s
5	Beschleunigung	Punkte	5	3			3
		Beschreibung	4 m/s <sup>2</sup>	2 m/s <sup>2</sup>			2 m/s <sup>2</sup>
6	Raumausnutzung	Punkte	2	2	2	2	2
		Beschreibung	~Regalsystem mit fixen Höhen und Gassen -Gassen u. fixe Regalhöhen benötigen einiges an Platz	~Regalsystem mit fixen Höhen und Gassen -Gassen u. fixe Regalhöhen benötigen einiges an Platz	~Regalsystem mit fixen Höhen und Gassen -Gassen u. fixe Regalhöhen benötigen einiges an Platz	~Regalsystem mit fixen Höhen und Gassen -Gassen u. fixe Regalhöhen benötigen einiges an Platz	~Regalsystem mit fixen Höhen und Gassen -Gassen u. fixe Regalhöhen benötigen einiges an Platz

SUMME DER PUNKTE

18

16

11

17

16

Tabelle 27: Bewertungsmatrix alternative Möglichkeiten

## ALTERNATIVE MÖGLICHKEITEN

Eigenschaft		YLOG-Shuttle	Autostore	Kardex Remstar Shuttle XP	Gebhardt Regalbediengerät	Gebhardt StoreBiter 300 MLS	
1	Verfügbarkeit	Punkte	5	5	1	2	
		Beschreibung	+ Bei Liftausfall kann über zweiten Lift gesamtes System erreicht werden. +Probleme in einem Bereich führen nur zum Abschalten dieses Bereiches, der Rest kann nach wie vor erreicht werden. +Shuttleausfall wird von anderen Shuttles kompensiert.	+Roboter ausfall führt zu keinen Problemen, andere Roboter übernehmen Arbeit. +Fehler im Hubmechanismus führt zu Roboter ausfall, was von anderen kompensiert werden kann. +Fehler bei Arbeitsstation führt zur Verlagerung zur anderen Arbeitsstation, aber nicht zu komplettem Stillstand.	-Problem in irgendeiner Weise (Extraktor, Hubtür,...) führt zu Totalstillstand. -Auch kein manueller Zugriff auf Ware möglich.	-Bei Störung des Regalbediengerätes steht das ganze System. -Störung in der Gasse führt zum Ausfall der gesamten Gasse (Ausn. Mehrgassiges System).	+Man ist nicht so sehr auf den Lift angewiesen, da das System von selbst mehrere Ebenen bedienen kann. -Probleme mit Liftsystem können Ebenwechsel der Shuttles und deren Warenabgabe verhindern. - Shuttles sind an Gassen gebunden.
2	Flexibilität Ladungsträger	Punkte	4	2	4	2	
		Beschreibung	~ 3 Abmessungen + Möglichkeit eines Sondermaßes. +Durch den Einsatz von Tablarern sehr flexibel.	-Eine Behältergröße mit 2 untersch. Höhen.	+Nahezu beliebige Behältergrößen (u. Teilungsraster) auf Tablar möglich.	-Fixe Behältergrößen (keine genauen Angaben)	-Fixe Behältergrößen (keine genauen Angaben)
3	Flexibilität Planung u. Erweiterung	Punkte	5	5	3	1	2
		Beschreibung	+Komplexe Lagerstrukturen möglich (Querfahrt). +Möglichkeit das ganze Lagersystem zu drehen (90°Drehung des Shuttles). +Erweiterung in beide Richtungen möglich ohne zwingend einen Lift zu installieren. +Zusätzliche Shuttles können in gesamten System eingesetzt werden.	+Einfache Erweiterung in beide Richtungen. +Keine neuen Arbeitsstationen zwingend nötig. +Zusätzlicher Roboter im gesamten System nutzbar.	+Erweiterbarkeit des bestehenden Systems in der Höhe gegeben. +Weiteres System nebenan bauen (Erweiterung Leistungssteigerung). -Leistungssteigerung in bestehendem System nicht möglich.	-Keine geplante Erweiterbarkeit. -Keine nachträgliche Leistungssteigerung mehr möglich.	+Erweiterung in Längsrichtung ohne Probleme. -Erweiterung um zusätzliche Gasse erfordert Shuttle + Lift -Leistungssteigerung durch zusätzliches Shuttle (Begrenzter Einsatz da weniger Shuttle-Ebenen)
4	Geschwindigkeit	Punkte	2	3	2	5	4
		Beschreibung	1,8 m/s	3,1 m/s	2 m/s	5 m/s	4 m/s
5	Beschleunigung	Punkte	5	2		4	3
		Beschreibung	4 m/s <sup>2</sup>	0,8 m/s <sup>2</sup>		3 m/s <sup>2</sup>	2 m/s <sup>2</sup>
6	Raumausnutzung	Punkte	2	5	4	2	2
		Beschreibung	~ Regalsystem mit fixen Höhen und Gassen -Gassen u. fixe Regalhöhen benötigen einiges an Platz	+optimale Raumausnutzung, da Behälter direkt über- und nebeneinander lagern.	+sehr gute Raumausnutzung, durch selbstständige Höhenbestimmung. -Extraktor benötigt Platz.	~ Regalsystem mit fixen Höhen und Gassen -Gassen u. fixe Regalhöhen benötigen einiges an Platz	~ Regalsystem mit fixen Höhen und Gassen -Gassen u. fixe Regalhöhen benötigen einiges an Platz

SUMME DER PUNKTE

18

20

14

11

12

MAXIMAL 30

Wertung: schlecht 1 .....5 sehr gut

LAM...Lastaufnahmemittel

Bei keinen genauen Angaben wurden Annahmen lt. Videos u. Abbildungen getroffen