

Masterarbeit

MODELLUNTERSTÜTZTE KONZEPTERSTELLUNG FÜR E-COMMERCE-PROJEKTE IM CHINESISCHEN MARKT

ausgeführt am



FACHHOCHSCHULE DER WIRTSCHAFT

Fachhochschul-Masterstudiengang
Automatisierungstechnik-Wirtschaft

von

Markus Ruderer, BSc.

1510322024

betreut und begutachtet von

Ing. DI (FH) Werner Josef Frissenbichler

Graz, im Dezember 2016

A handwritten signature in blue ink that reads "Markus Ruderer". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal dotted line.

Unterschrift

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

A handwritten signature in purple ink that reads "Markus Ruster". The signature is written in a cursive style and is positioned above a horizontal dotted line.

Unterschrift

DANKSAGUNG

In diesem Abschnitt möchte ich die Möglichkeit nutzen, um mich bei all denjenigen zu bedanken, die mich bei der Erarbeitung meiner Masterarbeit tatkräftig unterstützt haben. Ein besonderes Dankeschön gilt Ing. DI (FH) Werner Josef Frissenbichler für die Betreuung meiner Arbeit.

Einen ganz speziellen Dank möchte ich an meine Familie und an meine Lebensgefährtin Julia richten, die mich in jeder noch so schwierigen Situation moralisch unterstützt haben und mir mit Rat und Tat zur Seite standen.

Darüber hinaus möchte ich mich noch bei Fa. KNAPP AG bedanken. Ohne meine berufliche Erfahrung wäre ich nicht in der Lage gewesen, eine Masterarbeit mit dieser herausfordernden Aufgabenstellung zu verfassen.

KURZFASSUNG

Aufgrund des enormen Wachstums des elektronischen Handels (E-Commerce) im chinesischen Markt steigt die Nachfrage an automatisierten und flexiblen Distributionszentren. Um den dynamischen Marktanforderungen und Herausforderungen des chinesischen Marktes erfolgreich zu entsprechen, bedarf es einer effizienten Konzepterstellung in der Vertriebsphase seitens der Fa. KNAPP AG.

Ziel der Arbeit war es, ein Konzeptionierungstool zu erstellen, in dem anhand der Eingabe von wenigen Kundendaten, die Lösung des zu dimensionierenden Distributionszentrums automatisch berechnet wird. Dabei wurden jene Lager- und Kommissionierbereiche im Auslegungstool berücksichtigt, die aufgrund der strategischen Ausrichtung der Fa. KNAPP AG auf das chinesische Marktgebiet umgesetzt werden sollen.

Die Durchführung der Arbeit erforderte neben den Berechnungsgrundlagen der Distributionslogistik sowie der Dimensionierung von Lager- und Kommissionierbereichen, die Auswahl einer geeigneten Anwendungsapplikation anhand einer Nutzwertanalyse.

Die Umsetzung des Auslegungstools erfolgte im Microsoft Excel in Kombination mit der Skriptsprache VBA (Visual Basic for Applications). Dadurch kann eine ressourcenschonendere und transparentere Ausarbeitung des Konzeptes erzielt werden. Zusätzlich werden mithilfe des Auslegungstools kundenrelevante Anforderungen wie das Vollzeitäquivalent und der erforderliche Platzbedarf berechnet.

Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass sich mithilfe dieser umgesetzten Methode eine effizientere Konzepterstellung erzielen lässt. Gegenüber der konventionellen Konzeptionierung können 4 reguläre Arbeitstage eines Mitarbeiters eingespart werden.

ABSTRACT

The enormous growth in the electronic commerce (e-commerce) in the Chinese market leads to an increase in demand for automated and flexible distribution centres. To meet the dynamic requirements and challenges of the Chinese market, an efficient concept development in the sales phase is necessary, on behalf of the company KNAPP AG.

The purpose of this master thesis was to create a concept dimensioning tool. With the help of this tool it should be possible to dimension the distribution centre required by the customer automatically, by feeding the tool with a few customer requirements data. In addition, only storage and picking areas were included, which are relevant for the company KNAPP AG based on the strategic direction towards the Chinese market.

Besides the calculation principle of the distribution logistics, there was an emphasis on the dimensioning of storage and picking areas, as well as the selection of an appropriate application tool based on a use-value analysis.

The implementation of the concept dimensioning tool was done in Microsoft Excel, combined with Visual Basic for Applications (VBA) in order to ensure a faster and more transparent solution of the concept. Furthermore the number of required operators and space requirement for the new warehouse were calculated with the concept dimensioning tool.

The conclusion of the study was, besides an easier concept development, 4 working days of a KNAPP AG employee can be saved compared with the former approach, due to the increased efficiency of the established dimensioning tool.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	1
1.1	Ausgangssituation	1
1.2	Zielsetzung.....	1
1.3	Unternehmensvorstellung der Fa. KNAPP AG.....	2
2	E-Commerce in der Distributionslogistik	4
2.1	E-Commerce (Business to Consumer)-Entwicklung in China	6
2.2	Konzepterstellung von Distributionszentren China vs. Europa	7
3	Distributionszentrum.....	9
3.1	Wareneingang.....	10
3.2	Lagerung.....	11
3.3	Kommissionierung	14
3.4	Versandvorbereitung und Warenausgang.....	16
3.5	Erweiterte Funktionsbereiche eines Distributionszentrums.....	17
4	Berechnungsgrundlagen der Distributionslogistik.....	20
4.1	ABC-Klassifizierung	20
4.2	Materialfluss in Logistiksystemen	21
4.2.1	Warten und Bedienen im Materialfluss (Wartesystemmodelle).....	22
4.2.2	Das M M 1-Modell.....	25
4.3	Leistungsermittlung von Kommissioniersystemen.....	27
4.3.1	Person-zur-Ware-Kommissionierung.....	28
4.3.2	Ware-zur-Person-Kommissionierung.....	30
5	Dimensionierung der Lager- und Kommissionierbereiche	34
5.1	OSR Shuttle™-System	35
5.2	Fachbodenregalanlage	37
5.3	Durchlaufregalanlage.....	39
5.4	Einzelstückkommissionierung von Paletten	41
6	Auswahl einer geeigneten Anwendungsapplikation.....	42
6.1	Nutzwertanalyse	42
6.2	Auswertung und Ergebnis der Nutzwertanalyse.....	43
7	Aufbau des Lösungskonfigurators.....	45
7.1	Eingabedaten und Datenanalyse	47
7.1.1	Datenbasis (Eingabemaske).....	47
7.1.2	E-Commerce (B2C)	50
7.2	Dimensionierung der Lager- und Kommissionierbereiche	55
7.2.1	OSR Shuttle™ Kommissionierung.....	55
7.2.2	Fachbodenregalkommissionierung.....	58
7.2.3	Durchlaufregalkommissionierung	59
7.2.4	Palettenkommissionierung.....	60
7.3	Erweiterte Funktionsbereiche	61

7.3.1	Kühlbereich und Gefahrenzone	61
7.3.2	Sperrige Güter	63
7.3.3	Retouren	64
7.3.4	Cross-Docking	65
8	Ergebnis	66
8.1	Konzeptionierung der unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche	66
8.2	Vollzeitäquivalent	67
8.3	Platzbedarf	68
9	Verifizierung mit bereits umgesetzten Projekten	70
9.1	Verifizierung mit einem chinesischen E-Commerce-Projekt	70
9.2	Verifizierung mit einem europäischen E-Commerce-Projekt	72
10	Resümee und Ausblick	75
11	Literaturverzeichnis	77
	Abbildungsverzeichnis	78
	Tabellenverzeichnis	81
	Quelltextverzeichnis	82
	Anhang 1: Nutzwertanalyse	83
	Anhang 2: Lösungskonfigurator	84

1 EINLEITUNG

Aufgrund des rasanten Wachstums des elektronischen Handels (E-Commerce) sind Logistikunternehmer gezwungen, auf die dynamischen und auf stetig steigenden Anforderungen des Marktes zu reagieren. Durch vorausschauende und nachhaltige Planung von anforderungsgerechten Kommissioniersystemen, erzielen Unternehmen gegenüber ihren Mitbewerbern einen wesentlichen Wettbewerbsvorteil in Bezug auf Leistung und Servicequalität. Vor allem im B2C-Geschäft (Business to Customer) haben die Anforderungen, die in Bezug auf die Leistungserfüllung seitens des Kunden an ein Unternehmen gestellt werden, stark zugenommen. Die erforderliche Belieferung der Endkunden erfordert eine Reduzierung der Auftragsgrößen und ein erhöhtes Aufkommen an kleinteiligen Sendungen. Aus diesem Grund werden die Anforderungen an die Warendistribution hinsichtlich auf Flexibilität, Lieferzeit und Durchlaufzeit enorm strapaziert.¹

Um den erfolgreichen Betrieb von Distributionszentren gewährleisten zu können, müssen die vorhin genannten Anforderungen schon in der Konzeptionierungsphase berücksichtigt werden.

1.1 Ausgangssituation

Die Fa. KNAPP AG ist seit mehreren Jahren erfolgreich am chinesischen Markt mit der Automatisierung von Distributionslagern tätig. Aufgrund des ungebremsen Wachstums im elektronischen Handel steigerte sich die Nachfrage nach innovativen Lösungen der Firma KNAPP AG enorm. Um den dynamischen Marktanforderungen und Herausforderungen des chinesischen Marktes erfolgreich zu entsprechen, bedarf es einer effizienten Lösungsfindung in der Vertriebsphase.

Um den Anforderungen und Bedürfnissen der chinesischen Kunden gerecht zu werden, ist die Fa. KNAPP AG an eine äußerst kurze und zeitintensive Konzeptionierungsphase gebunden. Aus diesem Grund soll anhand der vorliegenden Masterarbeit eine Lösung angestrebt werden, um eine kurze Ausarbeitungszeit der Konzepte von E-Commerce-Projekten zu garantieren.

1.2 Zielsetzung

Ziel der Arbeit ist es, ein Auslegungstool zu erarbeiten, anhand dessen eine möglichst ressourcenschonende und effiziente Konzepterstellung für E-Commerce-Projekte (B2C) erwirkt werden kann. Zusätzlich soll das erarbeitete Tool nach einer Einschulungsphase ausgewählten Mitarbeitern innerhalb des Konzerns zur Verfügung gestellt werden, um den Konzeptionierungsprozess zu beschleunigen. Darüber hinaus soll das Auslegungstool so aufgebaut sein, dass in weiterer Folge zusätzliche Geschäftsprozesse, wie zum Beispiel die Belieferung von Shops (B2B-Business), integriert werden können. Aufgrund der strategischen Ausrichtung der Fa. KNAPP auf das chinesische Marktgebiet, werden folgende Kommissionierbereiche untersucht:

¹ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 1.

- ✓ Kommissionierung von Paletten
- ✓ Kommissionierung aus Durchlaufregalen
- ✓ Kommissionierung mittels OSR Shuttle™
- ✓ Kommissionierung aus Fachbodenregalen

Im theoretischen Teil werden die Berechnungsgrundlagen der Lagerlogistik analysiert, damit in weiterer Folge ein Anwendertool erstellt werden kann. Dabei richtet sich der Inhalt verschärft auf die Dimensionierung von Distributionslagern und die Anforderungen des E-Commerce-Handels an die Intralogistik. Um die Ergebnisse bewerten zu können, ist die Validierung des Auslegungstools mit bereits umgesetzten E-Commerce-Projekten ein maßgeblicher Bestandteil dieser Arbeit.

1.3 Unternehmensvorstellung der Fa. KNAPP AG

Die KNAPP AG ist ein international tätiges Unternehmen im Bereich der Lagerlogistik und Lagerautomation und zählt zu den globalen Marktführern unter den Anbietern intralogistischer Komplettlösungen und automatisierter Lagersysteme.

Die Fa. KNAPP AG erzielte im Wirtschaftsjahr 2014/15 einen Jahresumsatz von ca. 470 Millionen Euro. Aufgrund dieses erfolgreichen Wirtschaftsjahres konnte die KNAPP AG den höchsten Umsatz seit der Unternehmensgründung im Jahr 1952 erreichen.

Aufgrund der hohen Exportquote von 98 % können sich Kunden in aller Welt aus den Branchen Pharma, Retail, Fashion, Food und Industry die Erfahrung und Innovationskraft der KNAPP AG zunutze machen.

Die Kernkompetenzen der Fa. KNAPP AG umfassen die Entwicklung, Planung und Installation von automatisierten Lagersystemen sowie die umfassende Nachbetreuung von bereits installierten Anlagen und die kontinuierliche Beratung.

Das Headquarter befindet sich in Hart bei Graz, wo ungefähr 2000 der 3000 beschäftigten Mitarbeiter tätig sind. Des Weiteren verzeichnet die Fa. KNAPP AG 25 Niederlassungen und 13 Repräsentanzen, welche in der gesamten Welt verteilt sind.²

² Vgl. KNAPP AG (2016), Online-Quelle [28.07.2016]



Abb. 1: Headquarter der Fa. KNAPP AG, Quelle: KNAPP AG (2016), Online-Quelle [04.07.2016].

Durch die globale Ausrichtung der Organisation ist es der Firma KNAPP AG gelungen, neben den Absatzmärkten Europa und Nordamerika, auch in Asien und Australien eine starke Präsenz zu generieren.³

Vor allem im Fashion-Bereich wurde in den vergangenen 3 Jahren sehr viel Know-how und Kompetenz erarbeitet, welches sich in weiterer Folge stark in den nachfolgenden Umsatzzahlen widerspiegelte. Aufgrund des breiten Branchenspektrums und der internationalen Ausrichtung können wirtschaftliche Schwankungen einzelner Märkte ausgeglichen und ein erfolgreiches Bestehen des Unternehmens sichergestellt werden.

³ Vgl. KNAPP AG (2016), Online-Quelle [28.07.2016].

2 E-COMMERCE IN DER DISTRIBUTIONSLOGISTIK

Unter dem Begriff E-Commerce (elektronischer Handel) versteht man das Abwickeln von Geschäften über das Internet zwischen Unternehmen und/oder Privatpersonen. Der wichtigste Einflussfaktor des elektronischen Handels ist das Internet. Sowohl bei Geschäftsleuten und Unternehmen als auch bei Privatpersonen hat sich das Internet bei der Beschaffung von Waren zum Einkaufsstandard entwickelt. Um ein Gefühl dafür zu bekommen, welche Dimensionen sich hinter diesem Geschäftsmodell verbergen: Es werden beispielsweise bei Amazon an den Spitzentagen vor Weihnachten 6,3 Mio. Artikel bestellt. In Summe werden 185 Mio. Produkte kommissioniert, die in weiterer Folge in mehr als 210 Länder geliefert werden. Der E-Commerce-Umsatz in Deutschland steigerte sich in den letzten Jahren auf 670 Mrd. Euro und dabei ist festzustellen, dass sich das kontinuierliche Wachstum weiter fortsetzt. Nicht nur die Bestellung wird mithilfe des Internets abgewickelt, auch der Preis- und Produktvergleich findet dadurch statt.⁴

Verglichen mit dem klassischen stationären Handel steigert der elektronische Handel aufgrund der vermehrten Warensendungen und kleineren Auftragsgrößen die Waren- und Materialflussanforderungen in einem Distributionszentrum. Deshalb gilt es, diese Anforderungen anhand von flexiblen und innovativen Lösungen zu bewältigen.

Der positive Aspekt des elektronischen Handels ist das Einsparungspotenzial sowohl in der Beschaffung als auch in der Lagerung und Verwaltung. Folgende Einsparungspotenziale sind aus der Praxis bekannt:⁵

- ✓ Senkung der Lagerkosten (um 20 – 50 %)
- ✓ Reduktion der Verwaltungskosten
- ✓ schneller ROI (Return on Invest)
- ✓ Optimierung der Informationsversorgung
- ✓ Verringerung der Einstandspreise
- ✓ weniger Datenerfassungsfehler durch reduzierte Schnittstellen

⁴ Vgl. Wannenwetsch (2010), S. 243.

⁵ Vgl. Wannenwetsch (2010), S. 245.

Um die unterschiedlichen Interaktionsformen des E-Commerce besser verstehen zu können, ist in Abb. 2 die E-Commerce-Interaktionsmatrix zu sehen.

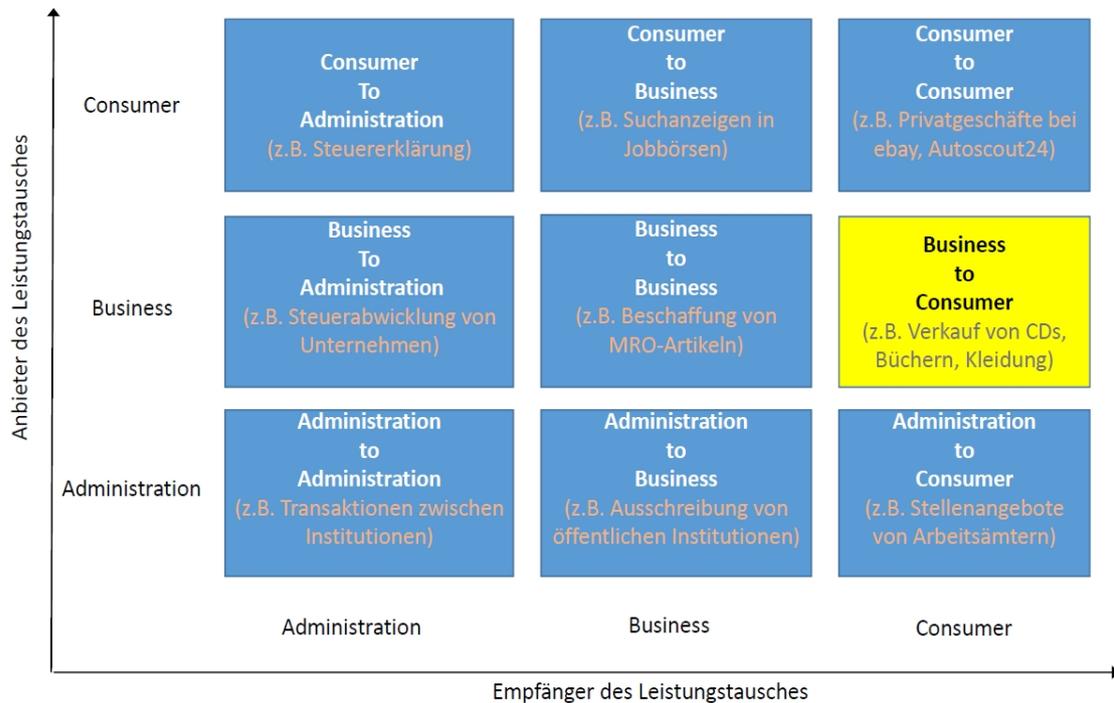


Abb. 2: Interaktionsmatrix des E-Commerce, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Wannewetsch (2010), S. 249.

Anhand dieser Matrix ist zu erkennen, wo sich das Business-to-Consumer-Geschäft (B2C) im E-Commerce-Sektor eingliedert. Wie eingangs schon erwähnt, richtet sich der Fokus dieser Arbeit ausschließlich auf das B2C-Geschäft im Rahmen des E-Commerce.

Beim B2C kommt es zu einer Geschäftsabwicklung zwischen Hersteller-Unternehmer und Endverbraucher. Hierbei wird die Ware im Internet vom Lieferanten (Unternehmer) auf einer Verkaufsplattform angeboten, welche sich der Endverbraucher per Mausklick erwerben kann. Die am meist verkauften Produktgruppen im B2C sind:⁶

- ✓ Bücher
- ✓ Bekleidung
- ✓ Kosmetik
- ✓ Software
- ✓ Hardware

Dabei werden die Produkte von diversen Lieferanten sortenrein (z. B. Onlineshop Mediamarkt) oder produktübergreifend (z. B. Amazon) im Internet zum Verkauf angeboten.

⁶ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 250.

2.1 E-Commerce (Business to Consumer)-Entwicklung in China

Die Entwicklung des E-Commerce-Marktes in China erlebte in den letzten Jahren einen rasanten Anstieg, sodass 2013 die USA als führender Online-Sales-Markt abgelöst wurden. Laut der China National Development and Reform Commission (NDRC) wird sich das Kaufverhalten der Chinesen auch in ferner Zukunft nicht verändern. Es tendieren also immer mehr Chinesen zu einer Bestellung über das Internet, was als Folge eine enorme Auswirkung auf die gesamte Supply Chain (Lieferkette) mit sich bringt (siehe Abb. 3).⁷

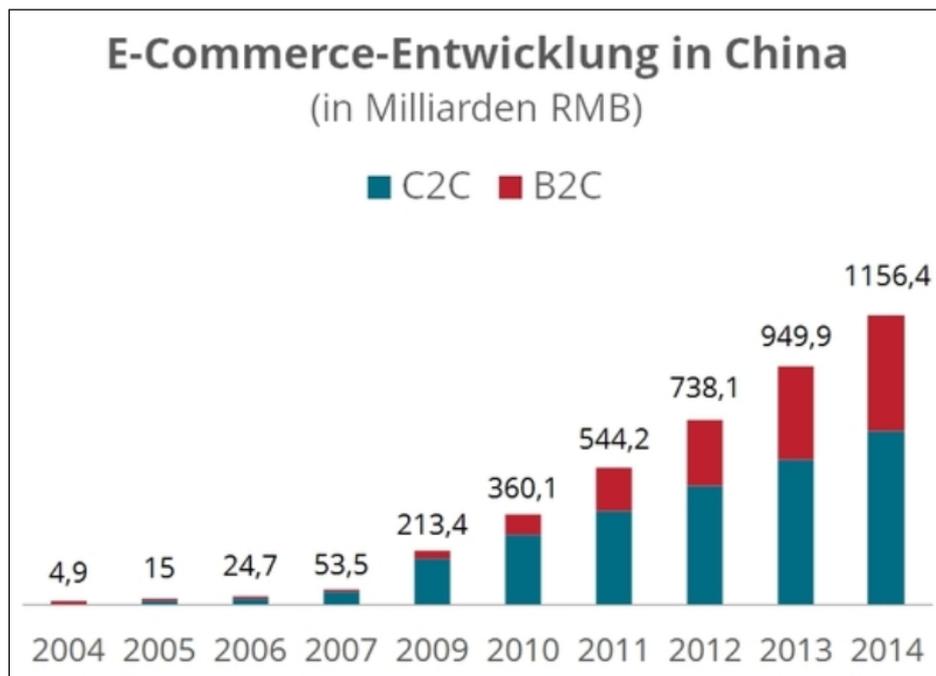


Abb. 3: E-Commerce-Entwicklung in China, Quelle: Z'graggen (2014), Online-Quelle [07.05.2016].

Grund für diesen enormen Anstieg ist einerseits die hohe Bevölkerungsdichte aber auch die Nutzung von Mobiltelefonen und Internet. Verglichen mit Europa und der USA werden E-Commerce-Onlineplattformen vor allem in den Metropolen wie Shanghai oder Peking deutlich mehr genutzt. Auch die Urbanisierung spielt eine große Rolle im Wachstum des E-Commerce-Geschäfts. In China leben zurzeit rund 30 % der Bevölkerung in den Ballungszentren. Laut Prognosen sollen 2020 schon 60% der Bevölkerung in den Städten leben.⁸

Aufgrund dieses Wachstums wird die Firma KNAPP AG vermehrt von chinesischen Unternehmen kontaktiert, um mithilfe flexibler Lösungen auf die dynamischen Anforderungen des chinesischen Marktes erfolgreich eingehen zu können.

⁷ Vgl. Z'graggen (2014), Online-Quelle [07.05.2016].

⁸ Vgl. Handelsblatt (2006), Online-Quelle [05.07.2016].

2.2 Konzepterstellung von Distributionszentren China vs. Europa

Unter einem Konzept versteht man in diesem Zusammenhang den ersten Entwurf eines Distributionszentrums, wobei alle erforderlichen Hauptfunktionalitäten innerhalb eines Verteilzentrums abgebildet sind. Im Konzept werden sowohl die unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche als auch der Wareneingang- und ausgang grafisch in einem Layout dargestellt. Einer der wenigen Unterschiede zu einem Detaillayout ist hier die Verbindung der einzelnen Funktionsbereiche. Dabei wird im Konzept die erforderliche Karton- und Behälterfördertechnik aufgrund des Zeitdruckes meist nicht im Detail dargestellt. In Abb. 4 ist der Workflow dargestellt, der innerhalb der Fa. KNAPP AG für die Ausarbeitung eines neuen Projektes durchlaufen wird.

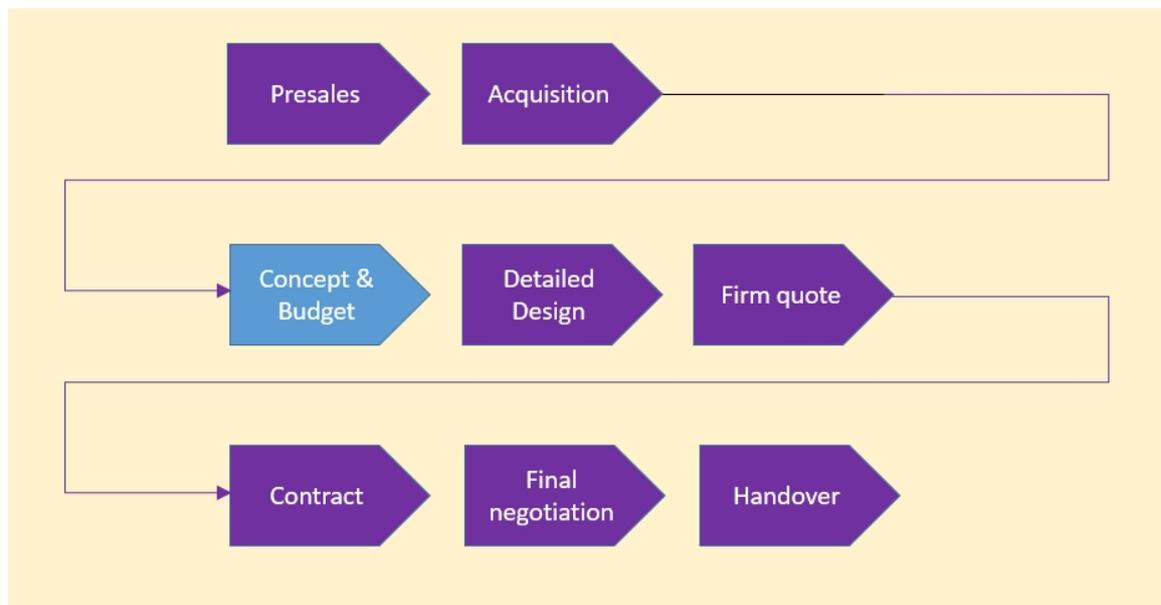


Abb. 4: Workflow Neuprojekte Fa. KNAPP AG, Quelle: Eigene Darstellung.

Damit ein Konzept und in weitere Folge ein Budgetpreis erstellt werden kann, sind folgende Informationen bzw. Unterlagen vom Kunden essentiell:

- ✓ Verwendungsbereich des zu konzipierenden Verteilzentrums
- ✓ Geschäftsmodell (B2C, B2B, Retail, etc.)
- ✓ Materialfluss
- ✓ Ausschreibung falls vorhanden
- ✓ logistische Prozesse
- ✓ repräsentative Daten (Leistungszahlen, Produktdaten, ABC-Kurve etc.)
- ✓ Fördergutspezifikation
- ✓ u. v. m.

Grundsätzlich sind die eben genannten Anforderungen von Knapp den europäischen Kunden bewusst und werden großteils termingerecht geliefert, damit mit der Ausarbeitung des Konzeptes begonnen werden kann.

Ohne eine gemeinsame Datenbasis ist die Erarbeitung eines Konzeptes wertlos, da der Lieferant, speziell der Projektierer der Anlage, das Geschäft des Kunden zunächst verstehen muss.

Aus der Erfahrung heraus zeigt sich jedoch, dass für den asiatischen Markt, speziell in China, eine gemeinsame Datenbasis in der Verkaufsphase nicht generierbar ist. Folgende Gründe führen zu diesen Umständen:⁹

- ✓ Zukunftsprognosen aufgrund des rasanten Wachstums nur schwer möglich
- ✓ Unwissenheit der Kunden (vor allem Newcomer im Markt)
- ✓ kulturell bedingte Missstände
- ✓ Auf-die-Probe-stellen des Lieferanten (Lieferant ist Experte, Kunde ist Geldgeber)
- ✓ Kommunikationsschwierigkeiten

Aufgrund fehlender Ausschreibungen, Daten und Prozesse ist es beinahe unmöglich, dem Kunden eine vernünftige Lösung vorzustellen. Trotz dieser Missstände werden von chinesischen Kunden Lösungen gefordert. Aus diesem Grund sind sehr viele Annahmen zu treffen und gleichzeitig ist eine Menge an Erfahrung erforderlich damit das ausgearbeitete Konzept durch Annahmen verursachte Schwankungen, ausgleichen kann. Deswegen ist es für solche Projekte essentiell, dass die erarbeitete Lösung in Form eines Datenmodells dokumentiert ist und dem Kunden somit gezeigt werden kann, wie das Konzept ausgearbeitet wurde. In weiterer Folge dient diese Dokumentation auch als Vertragsgrundlage, um spätere Diskrepanzen in der Realisierung vermeiden zu können.

Ein weiterer wesentlicher Unterschied zu den europäischen Kunden ist die geforderte Reaktionszeit des Kunden. Trotz fehlender Informationen müssen Konzepte binnen ein bis zwei Wochen ausgearbeitet und vor Ort präsentiert werden. Um solchen Forderungen gerecht zu werden, müssen seitens der Fa. KNAPP AG gewaltige Kapazitäten an Ressourcen zur Verfügung gestellt werden.

⁹ Vgl. KNAPP AG (2016), Interkulturelles Training China.

3 DISTRIBUTIONSZENTRUM

Der Begriff Logistik beinhaltet die Planung und Koordination sowie auch die Kontrolle der Waren- und Materialflüsse zwischen Absatz- und Beschaffungsmarkt. Beschaffungs-, Produktions-, Distributions- (Absatz) und Entsorgungslogistik bilden die Fachdisziplinen der Logistik. Ein Distributionszentrum hat die Aufgabe, den Warenstrom zwischen der Produktion und dem Absatzmarkt (Verbraucher) auszugleichen. Darüber hinaus beinhaltet ein Distributionszentrum die Gestaltung, Steuerung und Kontrolle aller Prozess der Distributionspolitik die erforderlich sind, um Güter von einer Produktionsstätte oder einem Handelsunternehmen zu den Kunden zu überführen.¹⁰

Der Aufbau eines Distributionszentrums kann in 4 Hauptbereiche unterteilt werden:¹¹

- ✓ Wareneingangsbereich
- ✓ Lagerbereich
- ✓ Kommissionierbereich
- ✓ Warenausgangsbereich

In Abb. 5 ist der der Aufbau eines Distributionszentrums dargestellt.

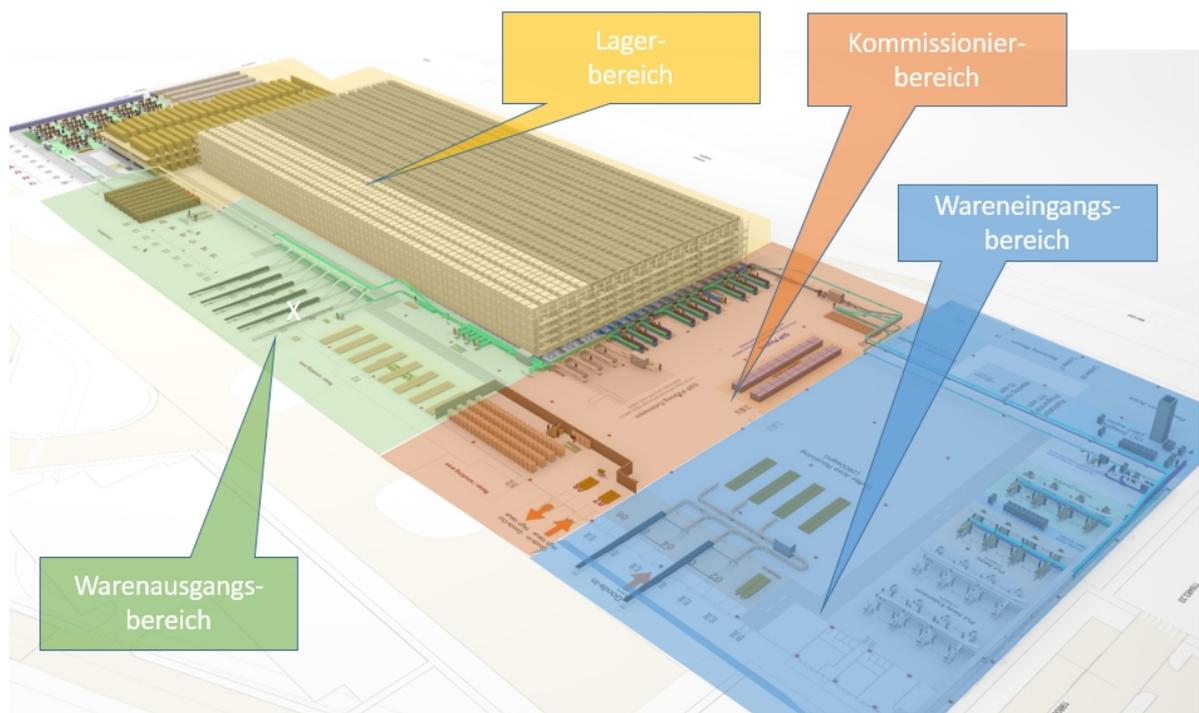


Abb. 5: Darstellung eines Distributionszentrums, Quelle: Eigene Darstellung.

¹⁰ Vgl. Bichler/Krohn/Schöppach (2010), S. 15 ff.

¹¹ Vgl. Arnold/Isermann/Kuhn (2007), S. 383.

3.1 Wareneingang

Im Wareneingang erfolgt die Annahme der gelieferten Ware von den Lieferanten, Produktionsstätten und anderen Umschlagslagern. Dabei ist in den meisten Fällen darauf zu achten, dass in der Warenannahme im Laufe des Tages sehr unterschiedliche Arbeitsbelastungen auftreten. So sind etwa in der Regel in den Morgenstunden sehr starke Anlieferungsfrequenzen zu berücksichtigen. Auch die Wochentage charakterisieren den Warenstrom in der Warenannahme. Um solche Spitzen der Warenströme zu verringern, sollte mit den Hauptlieferanten über Anlieferstage und Anlieferzeiträume eine präventive Glättung der Warenströme anvisiert werden.¹²

Nach der Entladung der Ware ist zu empfehlen, dass jedes angenommene Paket oder Ladehilfsmittel mit einer fortlaufenden Identifikationsnummer (z.B. Barcode) ausgestattet wird, um eine eindeutige Nachverfolgung der Ware innerhalb des Distributionslagers zu gewährleisten. Bevor die Ware im Lager eingelagert wird, kommt es zur Wareneingangsprüfung und zur Vorbereitung für die Lagerung. Die Wareneingangsprüfung beinhaltet folgende Arbeitsschritte:¹³

- ✓ Prüfung der Papiere
- ✓ Prüfung der erhaltenen Menge
- ✓ Prüfung der Richtigkeit der Artikel
- ✓ Prüfung der äußeren Beschaffenheit.

Anhand dieser Wareneingangsprüfung kann eine Überprüfung und Korrektur der Stammdaten sowie auch eine funktionelle Überprüfung der Ware erfolgen. Je nach Beziehung zu den einzelnen Lieferanten wird die Ware stichprobenartig oder zu 100 % kontrolliert.¹⁴

Auch Retouren, sofern sie im Verteilzentrum bearbeitet werden, kommen über die Warenannahme ins Lager. Für diese Produkte ist eine 100%-Kontrolle vorzusehen, um die Ursache der Rücksendung eruieren zu können.

Nach der Wareneingangskontrolle werden die Pakete gegebenenfalls ausgepackt und für das nachstehende Lager in geeignete Ladehilfsmittel (Tablare, Behälter) umgepackt, um einen stabileren Transport und eine sichere Lagerung sowie eine bessere Verfolgbarkeit zu erzielen. Ziel des Wareneingangs ist es, die Ware so schnell wie möglich ins Lager zu bekommen, damit die beinhalteten Artikel für die Kommissionierung freigegeben werden können.¹⁵

¹² Vgl. Bichler/Krohn/Schöppach (2010), S. 141.

¹³ Vgl. Bichler/Krohn/Schöppach (2010), S. 141 ff.

¹⁴ Vgl. Bichler/Krohn/Schöppach (2010), S. 141 ff.

¹⁵ Vgl. Bichler/Krohn/Schöppach (2010), S. 141.

In Abb. 6 ist ein typischer Wareneingangsbereich eines Distributionszentrums ersichtlich.



Abb. 6: Wareneingang eines Distributionslagers, Quelle: Eigene Darstellung.

3.2 Lagerung

Der Lagerbereich in einem Distributionszentrum beinhaltet 2 Hauptfunktionen:¹⁶

- ✓ Entkopplungsfunktion zwischen Beschaffungs- und Absatzmarkt
- ✓ Verteilfunktion zwischen größeren Anlieferungsmengen und kleineren Bedarfsmengen (Kommissionierung)

Ziel der Lagerung ist es, die benötigten Waren auf Lager zu haben und dabei darauf zu achten, den Übervorrat so weit wie möglich zu reduzieren, um nicht unnötig Lagerkapazitäten zu verschwenden. Das Bevorratungskonzept und die Disposition beeinflussen die Lagerkapazität entscheidend. Grundsätzlich kann die erforderliche Lagerkapazität aufgrund von Erfahrungswerten oder anhand von Näherungsberechnungen ermittelt werden. Die Berechnungen des Teilvolumens, der Reichweitenbevorratung und der Aufnahmekapazität (Füllgrad der eingesetzten Ladehilfsmittel) lassen eine exaktere Lagerkapazität der einzelnen Teilbereiche bestimmen. Dabei ist auch zu erwähnen, dass eine Lagererweiterung in vielen Fällen durch eine sinnvolle Bestandsreduzierung und durch die Optimierung der Lagerhilfsmittel im verfügbaren Lagerraum vermieden werden kann. Ein wesentlicher Faktor des Lagerbereiches ist auch die Raumvolumennutzung. Durch die Wahl der richtigen Lagerhöhe, Lagerweite und Gangbreite sowie die Umstellung von einer Festplatzverwaltung zu einer freien Lagerplatzverwaltung lassen sich bis zu 30 % des Lagervolumens einsparen.¹⁷

¹⁶ Vgl. Bichler/Krohn/Schöppach (2010), S. 138.

¹⁷ Vgl. Bichler/Krohn/Schöppach (2010), S. 146 f.

Das Lagersystem umfasst neben der Lagertechnik auch die Gesamtheit der zur Ausführung der Lagerfunktion erforderlichen Förder- und Informationsmittel. Die Lagerhaltung beinhaltet folgende Bestandteile:¹⁸

- ✓ Lagergebäude, Verkehrswege
- ✓ Lagerhilfsmittel (Palette, Behälter), Fördermittel (Fördertechnik), Transportmittel (Stapler)
- ✓ Lagertechnik, Lagersoftware und die zu lagernden Waren

Grundsätzlich erfolgt die Lagerorganisation in größeren Lager nach der Umschlaghäufigkeit. Dabei wird die Lagerung in Schnelldreher (hoher Warenumsatz der zu lagernden Artikel pro Periode) und Langsamdreher (geringer Warenumsatz der zu lagernden Artikel pro Periode) unterteilt. Die unterschiedlichen Lagerarten können wie in Tab. 1 dargestellt unterschieden werden.

Lagertechnik	<ul style="list-style-type: none"> • Bodenlager ohne Lagerhilfsmittel • Blocklager • Zeilenlager • Regallager
Lagereinrichtung	<ul style="list-style-type: none"> • Regallager • Palettenlager • Behälterlager • Schranklager • Vitrinenlager
Lagertransportmittel	<ul style="list-style-type: none"> • Lager mit Stetigförderern • Lager mit Unstetigförderern

Tab. 1.: Einteilung nach Lagerarten, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Wannewetsch (2010), S. 320.

Des Weiteren können Lager in die unterschiedlichen Lagertypen, wie in Abb. 7 ersichtlich, eingeteilt werden. Hinsichtlich dieser Abbildung ist zu erwähnen, dass die Bodenlagerung die Lagerung ohne Lagerhilfsmittel (Lagereinrichtung) beinhaltet.¹⁹

¹⁸ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 319 f.

¹⁹ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 320.

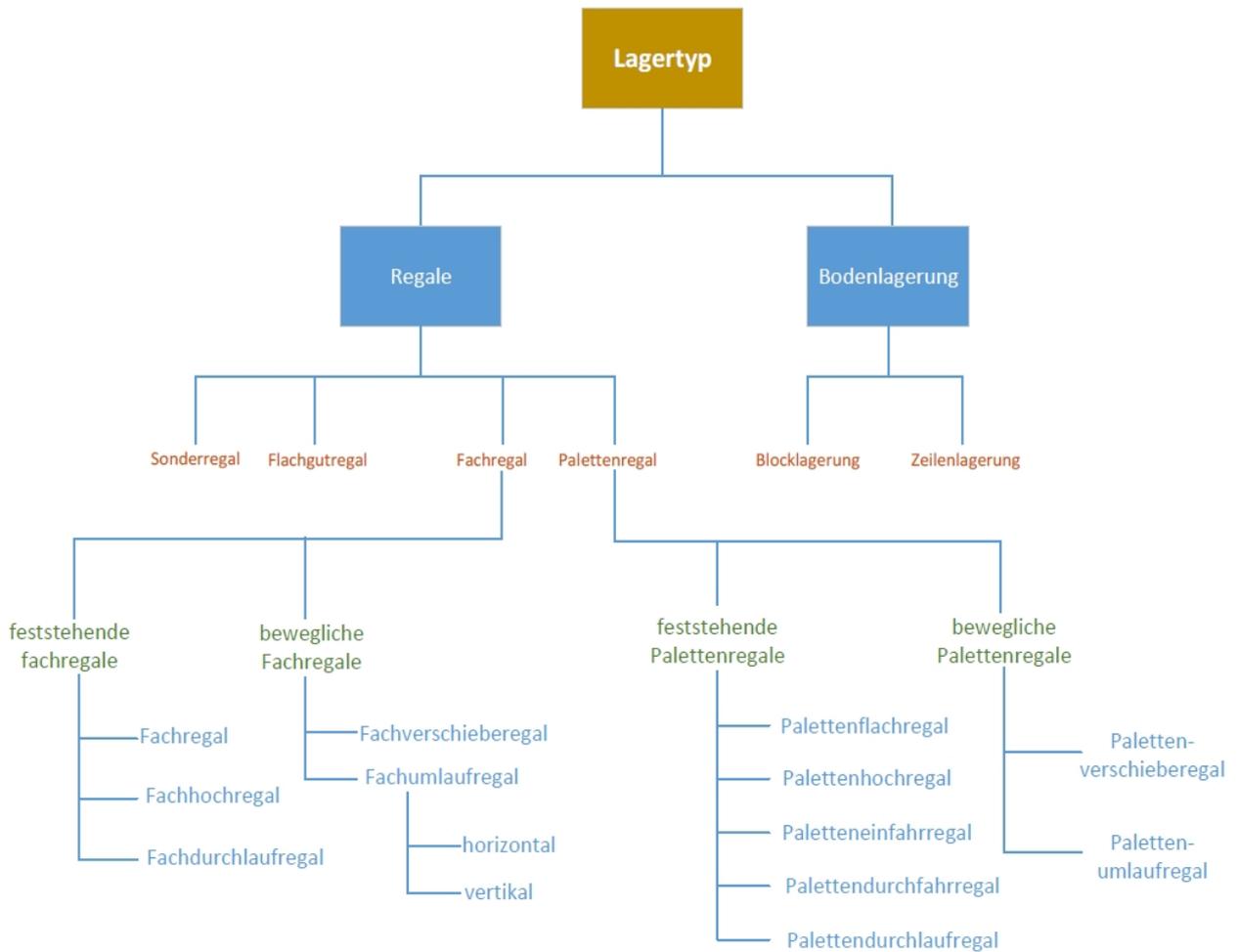


Abb. 7: Einteilung nach Lagertypen, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Wannewetsch (2010), S. 320.

In Abb. 8 ist der Lagerbereich eines Distributionszentrums zu sehen. Dabei handelt es sich um eine Regallagerung mit feststehenden Fachregalen.

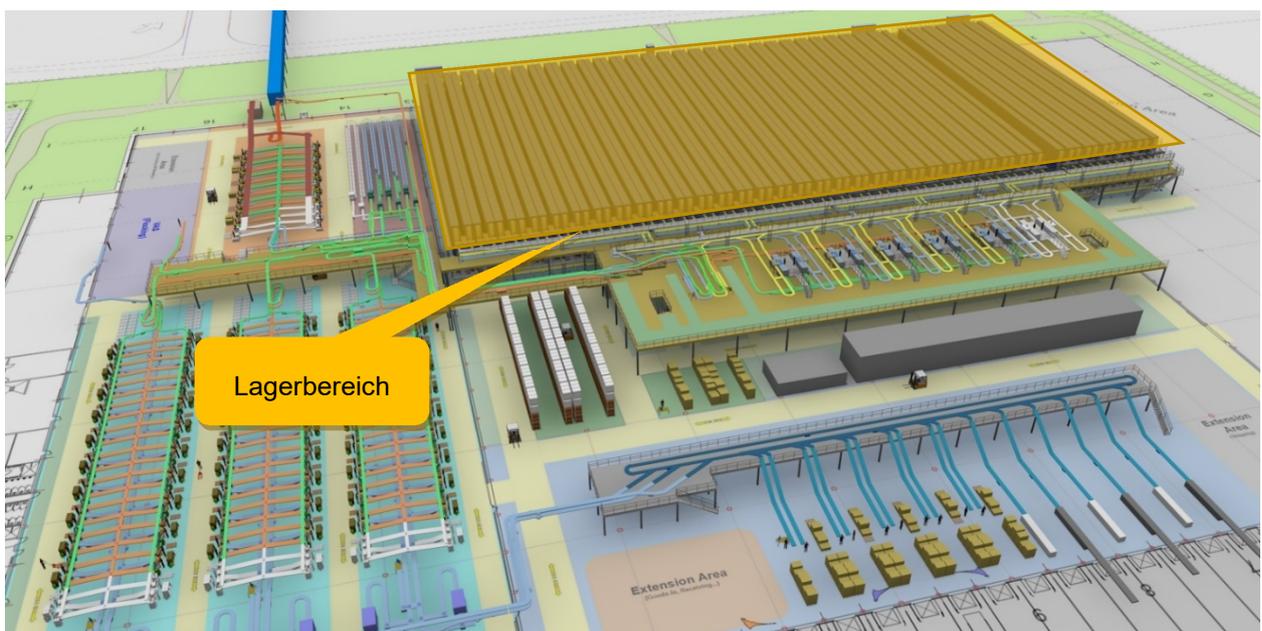


Abb. 8: Lagerbereich eines Distributionszentrums, Quelle: KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.

3.3 Kommissionierung

Laut VDI 1977 (3590/1,2,3 ff) umfasst die Kommissionierung das Zusammenstellen von bestimmten Artikeln (Teilmengen) aus einer bereitgestellten Gesamtmenge (Sortiment) aufgrund von Bedarfsinformationen (Aufträge). Dabei erfolgt die Umwandlung eines Zustandes von lagerspezifisch in einen verbrauchspezifischen Zustand.²⁰

Im Kommissionierbereich eines Distributionszentrums werden verschiedene Artikel abhängig von einem Auftrag zusammengetragen. Dabei kann der Auftrag von einem Kunden (absatzorientierter Auftrag) angefordert werden oder es kann sich um einem innerbetrieblichen Auftrag (produktionsorientierter Auftrag) handeln. Grundsätzlich wird in den meisten Verteilzentren der Kommissionierprozess anhand automatisierter Lager- und Kommissioniersysteme vollautomatisch unterstützt, wobei das Entnehmen der erforderlichen Ware aus einem Lagerbehälter und die Abgabe in den erforderlichen Zielbehälter manuell durchgeführt wird.²¹

In Abb. 9 ist ein Kommissioniersystem (Ware-zur-Person) zu sehen, in welchem die Ware von einem Lagerbereich automatisch zum Mitarbeiter transportiert und anschließend an der Arbeitsstation kommissioniert wird (Ware-zum-Mann).

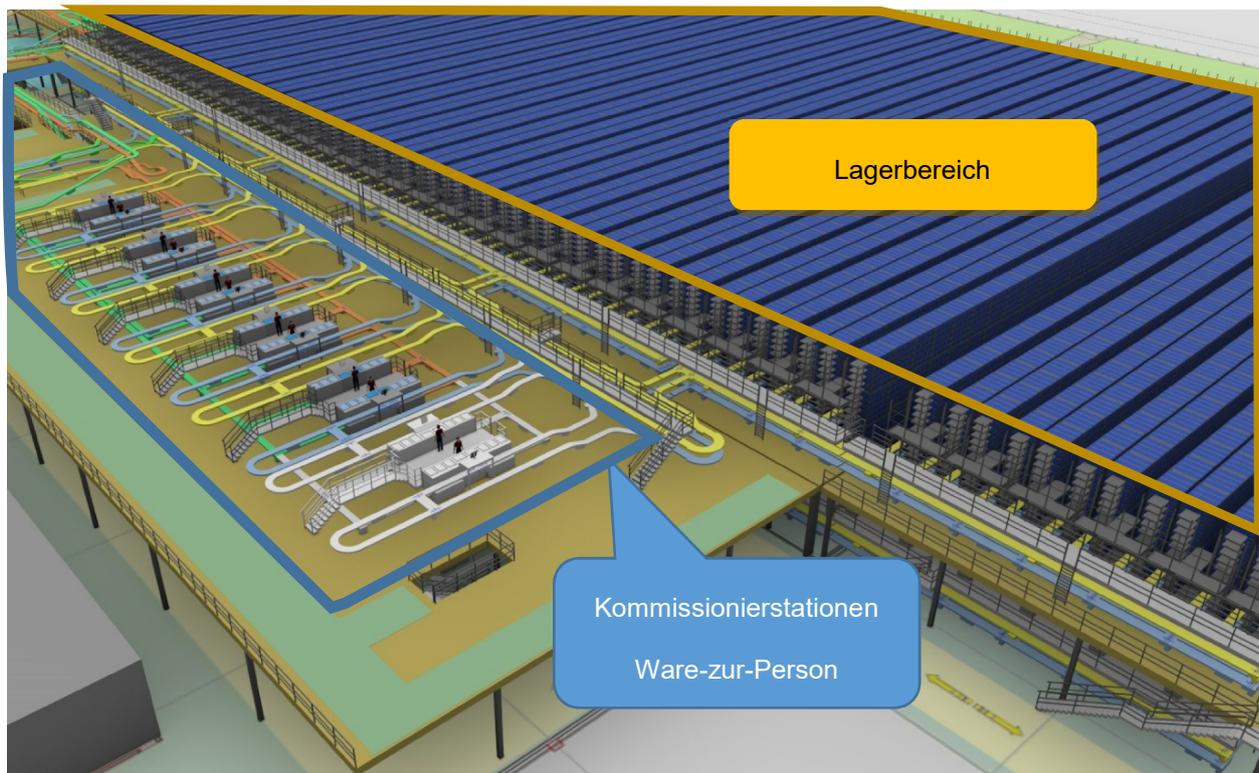


Abb. 9: Kommissioniersystem Ware-zur-Person, Quelle: KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.

²⁰ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 333.

²¹ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 333 f.

Die Kommissionierung ist ein Teilbereich des Materialflusses wobei der Waren- und Informationsfluss eine entscheidende Rolle spielt. In Tab. 2 sind die einzelnen Tätigkeiten der Kommissionierung zu sehen.

Tätigkeit	Aufgaben
Disposition	<ul style="list-style-type: none"> • Integration des Kommissioniersystems in die Unternehmung • Personaleinsatzplanung • Festlegung der Auftragsreihenfolge • Sicherstellung einer optimalen Systemauslastung
Kontrolle und Überwachung	<ul style="list-style-type: none"> • Starten der Auftragsbearbeitung • Vollständigkeitsprüfung, Störungsbehebung • Rückmeldung • Bearbeiten von Eilaufträgen
Physische Abwicklung	<ul style="list-style-type: none"> • Bestandskontrolle • Einlagerung • Kommissionieren von Eilaufträgen • Verpacken, Erstellen von Rückmeldebelegen • Übergabe an nachgelagerte Betriebsbereiche

Tab. 2: Tätigkeitsfelder im Kommissioniersystem, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Wannewetsch (2010), S. 336.

Artikel, die primär für die Kommissionierung erforderlich sind, werden in einen separaten Lagerbereich umgelagert. Dieser Bereich wird auch als Kommissionierlager bezeichnet. Je nach Anforderungen des Kunden werden der Lagerbereich (Lagerung des Übervorrates) und das Kommissionierlager entweder physikalisch getrennt oder, wie in Abb. 8 dargestellt, als zentraler Lagerbereich realisiert. Im Kommissionierlager sind Artikel meistens nur kurze Zeit und in geringen Mengen verfügbar und müssen vom Übervorrat nachgespeist werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Artikel im Kommissionierlager zu jeder Zeit verfügbar sind, um keine Leistungseinschränkungen zu generieren. Transportmittel, wie z.B. Fördertechnik, haben die Aufgabe, die Transportzeiten bei der Kommissionierung zu reduzieren und die Bediener der Kommissionierstation bei der Erfüllung der Aufträge zu unterstützen.²²

²² Vgl. Wannewetsch (2010), S. 335.

3.4 Versandvorbereitung und Warenausgang

Nach der Kommissionierung muss die Ware nach Erfordernis kontrolliert, verpackt, verschnürt, adressiert und beschriftet werden. Je nach Auslieferung kommt es zusätzlich noch zu einer Sortierung, indem die Versandeinheiten auf unterschiedliche Routen, Speditionen, Abfahrtstouren etc. verteilt werden. Sendungen, die derselben Auslieferung zugeordnet sind, werden am Warenausgangstor in der Nähe der Verladefläche bereitgestellt. Des Weiteren kann die Ware anhand spezieller Förderer direkt in den LKW geladen werden.²³

In Abb. 10 ist der Warenausgang einschließlich der Versandvorbereitung zu sehen.

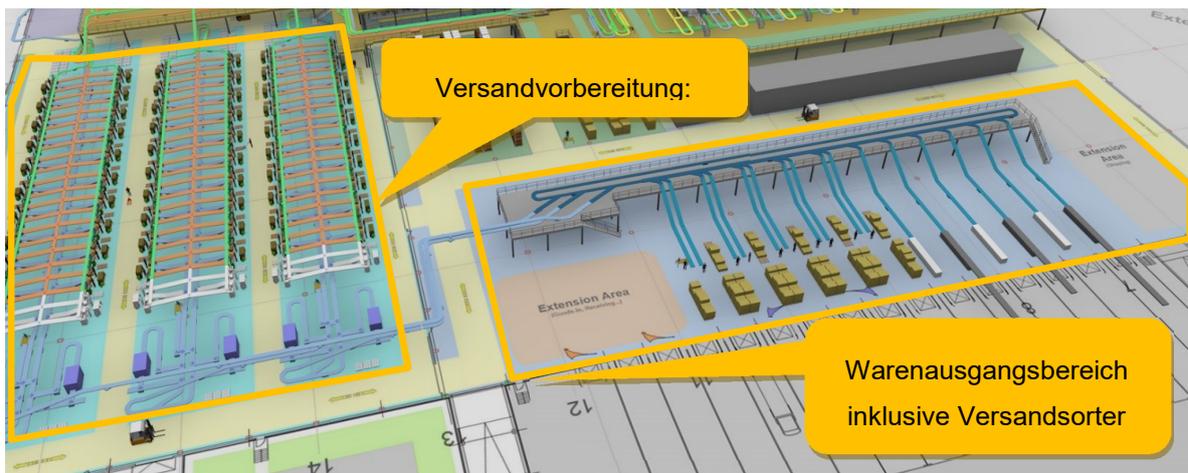


Abb. 10: Versandvorbereitung und Warenausgang eines Distributionszentrums, Quelle: Eigene Darstellung.

Nachdem der Auftrag kommissioniert wurde, werden die Aufträge nach Bedarf zu einer Warenausgangskontrolle befördert. Die Warenausgangskontrolle sichert die Qualität der kommissionierten Aufträge. Grundsätzlich werden zwei unterschiedliche Fehlerarten in diesem Bereich einbegriffen:

- ✓ Fehler, die schon zuvor bei der Kommissionierung vom Lagerverwaltungssystem erkannt wurden, werden vor dem Verpackungsprozess dieser Kontrolle zugestellt. Diese Fehler treten durch Bestandsfehlern an Lagerorten und durch Identifikationsfehler von Produkten oder Ladungsträgern auf.
- ✓ Nicht durch das Lagerverwaltungssystem erkannte Fehler können nur manuell bzw. durch teilautomatisierte Fehlererkennungseinrichtungen entdeckt werden.

Diese Kontrolle wird je nach Branche und Kundenanforderungen wie folgt ausgeführt:²⁴

- 100%-Kontrolle
- Stichprobenkontrolle
- Gewichtskontrolle

²³ Vgl. Martin/Heinrich (2006), S. 320.

²⁴ Vgl. Hompel/Michael/Thorsten (2010), S. 52 f.

Bei der Verpackung werden die bereitgestellten oder kommissionierten Güter nach bestimmten Kriterien zusammengeführt, für den bevorstehenden Transport verpackt und danach dem Versand zugeführt. In größeren Verteilzentren setzen sich Kundenaufträge aus Teilmengen unterschiedlicher Lagerbereiche zusammen. Hierbei wird je nach Anwendungsfall entweder vor oder nach dem Verpacken ein Puffer herangezogen, um die erforderlichen Teilmengen zu konsolidieren, bevor sie das Lager verlassen. Solche Puffer können sowohl automatisch (hochdynamische Pufferlager) sowohl als auch manuell (Regale) eingesetzt werden. Nachdem die Ware in den Versandkarton verpackt wurde und die benötigten Papiere, Lieferscheine, Versandetiketten beigegeben wurden, wird der Versandkarton in den Versandbereich transportiert.²⁵

Im Versand werden die verpackten Aufträge zu den jeweiligen Warenausgangstoren befördert. Bei größeren Verteilzentren kommt aufgrund des Durchsatzes und der hohen Anzahl an Touren, Fahrzeugen oder Zielregionen ein Versandsorter zum Einsatz. Nach der Sortierung wird die Ware in das Fahrzeug verladen – somit gelangt die Ware auf den Weg zum Kunden. In Abb. 11 ist ein Versandsorter (Quergurtsorter) der Fa. Interroll zu sehen.

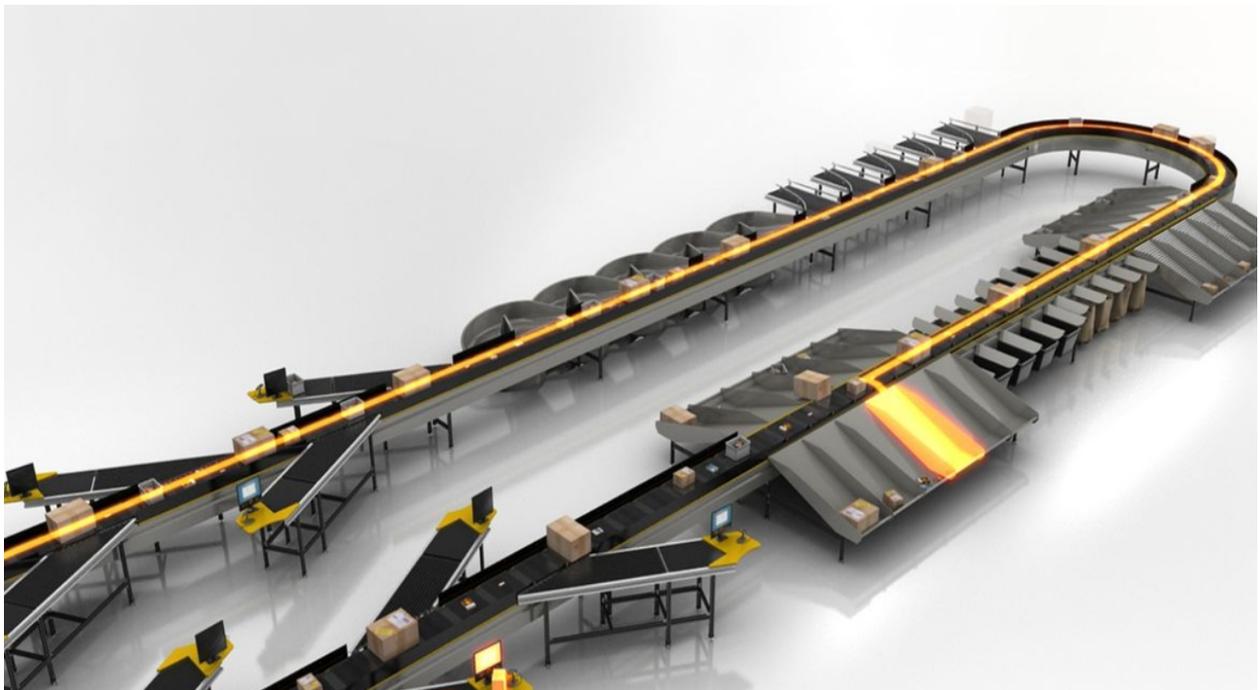


Abb. 11: Versandsorter der Fa. Interroll, Quelle: Interroll (2016), Online-Quelle [18.07.2016].

3.5 Erweiterte Funktionsbereiche eines Distributionszentrums

In diesem Unterkapitel werden nur jene Funktionsbereiche beschrieben, die auch für die Aufgabenstellung dieser Arbeit relevant sind. Deshalb beinhaltet dieses Unterkapitel folgende Zusatzprozesse:

- ✓ Retouren
- ✓ Cross-Docking

²⁵ Vgl. Hompel/Michael/Thorsten (2010), S. 51.

Retouren:

Zu den Retouren zählen all jene Pakete, die vom Warenversender zurückgenommen werden, wenn sie entweder bereits vom Empfänger entgegengenommen wurden oder auf dem Weg dorthin sind. Retouren kommen zustande, indem die Ware physisch materielle Mängel aufweist oder eine vertragliche Art (Fehllieferung) durchgeführt wird.

Folgende Gründe können Retouren verursachen:²⁶

- ✓ Reklamation
- ✓ Reparatur
- ✓ Falschlieferrung
- ✓ Mengenabweichung zur tatsächlichen Bestellung
- ✓ Stornierung

Hierbei ist zu vermerken, dass sich die Retourenquote im klassischen Versandhandel auf 30 % der Warenlieferungen beläuft. Vor allem im Kleidungssegment werden Retourenquoten bis zu 60 % verzeichnet. Nachdem die retournierte Ware im Lager eintrifft, muss eine Prüfung des Artikels erfolgen, da im Allgemeinen die Qualität des einzelnen Artikels im Vorfeld nicht bekannt ist. Somit werden Retouren nach der Überprüfung je nach Art des Mangels neu verpackt, gereinigt und etikettiert. Nach der Überprüfung und Wiederaufbereitung ist die Ware zur Vereinnahmung in das System geeignet, wird in der Bestandsmenge eingebucht und steht somit wieder für einen erneuten Verkauf zur Verfügung. Sollte die Überprüfung zu einem negativen Ergebnis (Produktionsfehler, Funktionsfehler u. v. m.) führen, so wird das fehlerhafte Produkt an den Lieferanten bzw. Hersteller versandt.²⁷

Cross-Docking:

Beim Cross-Docking wird die angelieferte Ware ohne Einlagerung in das Lager unmittelbar in den Versand transportiert. Damit wird die Ware nicht im Lagersystem einvernommen und das Distributionszentrum dient ausschließlich als Warenumschlagsplatz. Folgende Ziele werden dadurch verfolgt:²⁸

- ✓ Senkung der Bestände
- ✓ Steigerung der Effizienz durch Reduktion der Prozessschritte
- ✓ kürzere Durchlaufzeiten
- ✓ Erhöhung des Services durch häufigere Belieferung

²⁶ Vgl. Bichler/Klaus/Ralf (2011), S. 154.

²⁷ Vgl. Hompel/Michael/Thorsten (2010), S. 28.

²⁸ Vgl. Hompel/Michael/Thorsten (2010), S. 81.

In Abb. 12 ist das Grundprinzip des Cross-Dockings dargestellt.

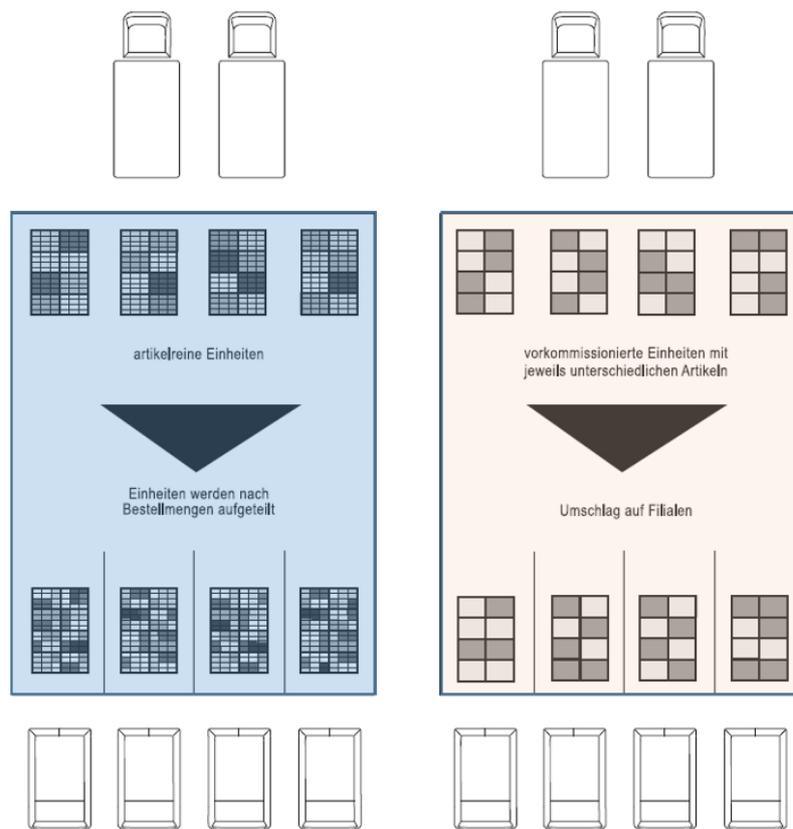


Abb. 12: Grundprinzip des Cross-Dockings, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Hompel/Michael/Thorsten (2010), S. 71.

Beim Cross-Docking wird zwischen 2 Prinzipien unterschieden:

1. Cross-Docking als Durchlaufsystem (einstufiges Cross-Docking)
2. Cross-Docking mit Aufbrechen der Ladeinheit (zweistufiges Cross-Docking)

Beim einstufigen Cross-Docking wird die eingehende Ware vom Lieferanten entsprechend den Aufträgen einzelner Lieferanten bzw. Kunden bereits vorsortiert und kann somit ohne Aufbrechen der Ladeinheit im Versand auf die unterschiedlichen Kunden verteilt werden. Darüber hinaus gibt es noch die Möglichkeit, die Ware mit anderen auftragsreinen Einheiten zusammenzuführen (zu konsolidieren), bevor sie das Verteilzentrum verlassen.²⁹

Beim zweistufigen Cross-Docking wird die Ware in den meisten Fällen artikelrein angeliefert, wobei dann im Verteilzentrum dann das Aufbrechen der Ladeinheit erfolgt. Die Ware wird auf die einzelnen Aufträge verteilt bzw. kommissioniert. Es erfolgt ein Umschlag von einer Ladeinheit in eine andere bevor die Artikel das Verteilzentrum wieder verlassen. Ein wesentliches Merkmal von Cross-Docking ist, dass die umzuschlagende Ware nicht auf den Lagerbestand zu verbuchen ist, sondern durch das Lager geschleust und gegebenenfalls mit anderen Artikeln konsolidiert wird.³⁰

²⁹ Vgl. Hompel/Michael/Thorsten (2010), S. 69 f.

³⁰ Vgl. Hompel/Michael/Thorsten (2010), S. 69.

4 BERECHNUNGSGRUNDLAGEN DER DISTRIBUTIONSLOGISTIK

In diesem Kapitel werden die Berechnungsgrundlagen erläutert, die für die Durchsatzkapazitäten der einzelnen Kommissionierbereiche maßgebend sind. Dabei ist hinzuzufügen, dass nur jene Grundlagen beschrieben werden, die auch in späterer Folge für den Lösungskonfigurator von Bedeutung sind.

4.1 ABC-Klassifizierung

Eine ABC-Klassifizierung dient in erster Linie dazu, eine optimale Nutzung der unterschiedlichen Kommissionier- und Lagerbereiche zu erzielen. Anhand der ABC-Klassifizierung wird das zu kommissionierende Volumen ermittelt und es können in weiterer Folge unter Berücksichtigung der Zugriffshäufigkeit die optimalen Lager- und Kommissioniersysteme definiert werden.

Anhand einer ABC-Analyse werden die wesentlichen Artikel von den unwesentlichen Artikeln getrennt. Dabei wird gezeigt, dass prozentuell relativ wenige Artikel den größten Bedarf an Aufträgen ausmachen. Grundsätzlich ist anzunehmen, dass aufgrund des Paretoprinzips nur 20 % der Artikel 80 % der kommissionierten Produkte ausmachen. Je nach Produktsortiment und Verkaufsstrategie kann diese Verteilung auch abweichen.³¹ In Abb. 13 ist eine ABC-Klassifizierung anhand der Paretoverteilung zu sehen.

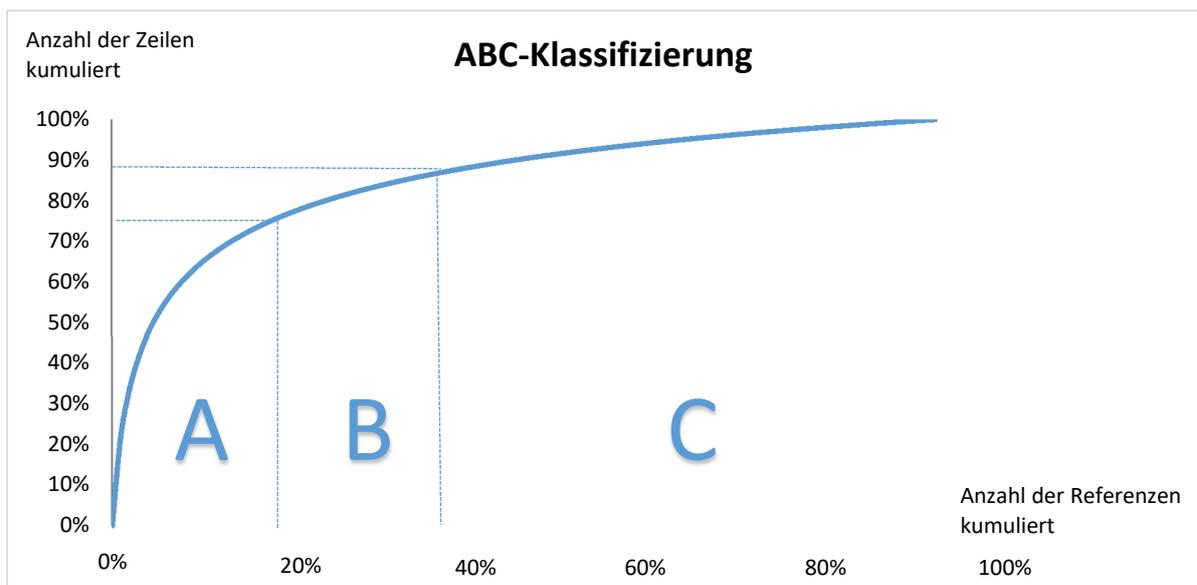


Abb. 13: Grafische Darstellung der ABC-Klassifizierung, Quelle: Eigene Darstellung.

Aufgrund der vorgegebenen ABC-Charakteristik werden unterschiedliche, leistungsbezogene Kommissionierbereiche generiert. Hierbei wird zwischen drei Bereichen unterschieden:

- ➔ Schneldreher (A-Artikel)
- ➔ Mitteldreher (B-Artikel)
- ➔ Langsamdreher (C-Artikel)

³¹ Vgl. Wannewetsch (2010), S. 82 ff.

4.2 Materialfluss in Logistiksystemen

Der Materialfluss in der Distributionslogistik beinhaltet alle notwendigen Schritte (Bearbeiten, Handhaben, Lagern, Fördern, Verteilen, Sortieren, Verpacken etc.), die erforderlich sind um die gewünschten Prozesse innerhalb eines Verteilzentrums abbilden zu können. Alle Schritte sind in einer Vorgangsfolge nach technischen und organisatorischen Regeln miteinander verbunden. In den meisten Fällen bezieht sich der Materialfluss im engeren Sinn auf die zu transportierenden Stückgüter im Lager. Ziel des Materialflusses ist es, Prozesse vereinfacht darstellen zu können und den Durchsatz an kritischen Stellen des Materialflusssystems zu bestimmen. In Abb. 14 ist der Materialfluss eines Distributionszentrums zu sehen.³²

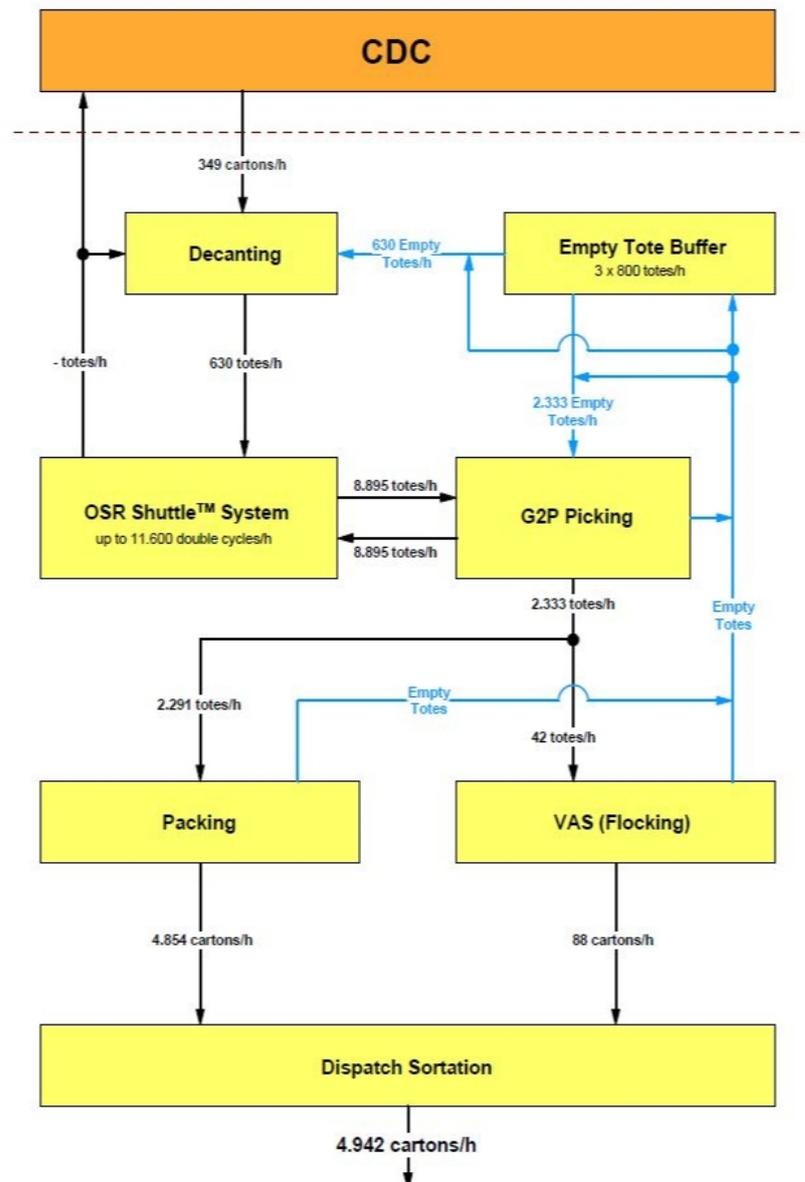


Abb. 14: Materialfluss eines Distributionszentrums, Quelle: Eigene Darstellung.

³² Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 1 ff.

4.2.1 Warten und Bedienen im Materialfluss (Wartesystemmodelle)

Bei der Analyse von Materialflüssen ist festzustellen, dass die Durchsatzkapazität des Systems sehr stark von Wartezeiten geprägt ist. Rund 75 % der gesamten Durchlaufzeit (Bearbeitungsbeginn bis hin zur Auslieferung) ist laut VDI durch die Wartezeit bestimmt. Die Ursachen dafür sind in der Ablauforganisation zu finden:³³

- ✓ Ausgleich von Produktions- und Nachfrageschwankungen
- ✓ Prozessbedingter Zeitbedarf zwischen einzelnen Produktionsschritten
- ✓ Ablaufbedingte Veränderung des Durchsatzes (Kontrollen, Veränderungen, Veredelungen usw.)
- ✓ Auftreten von Störungen (Ausfall von Betriebsmitteln, Fehllösungen, Softwarefehler usw.)
- ✓ Änderungen der Reihenfolge im Materialfluss

Genau aus diesem Grund spielt die Warteschlangentheorie von Materialflusssystemen eine wesentliche Rolle für die Bestimmung des Gesamtdurchsatzes. Die Durchsatzleistungen, welche für die Manipulation, Kommissionierung und Lagerung berechnet werden, lassen sich aufgrund diverser Methoden (Kapitel 4.2) und Erfahrungswerte relativ trivial ermitteln. Doch in Kombination mit der Wartezeit von Materialflusssystemen ist aufgrund der unterschiedlichen mathematischen Verteilungen des Ankunfts- und Bedienprozesses sowie auch der Einflüsse der Vergangenheit im gegenwärtigen Zustand (Markov-Eigenschaft) eine komplexere Vorgehensweise notwendig, um die Durchlaufzeit ermitteln zu können.³⁴

Die einfachste Möglichkeit, ein Wartesystem beschreiben zu können, wird in Abb. 14 dargestellt. Zwischen den Systemgrenzen (a) und (b) ist eine Bedienstation (B) mit einem davor platzierten Warteraum (W) angeordnet. Die in der Quelle (Q) erzeugten Fördergüter werden nach zufällig streuender Zwischenankunftszeit (t_a) an der Systemgrenze (a) angedient. Die Senke (S) symbolisiert den Austritt und somit den Abtransport des Fördergutes aus der Bedienstation.³⁵

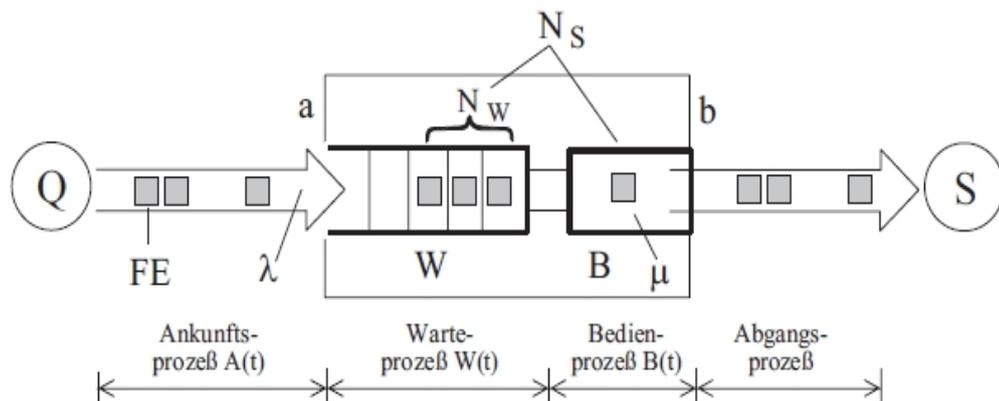


Abb. 15: Modelldarstellung eines Wartesystems einfachster Art, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 113.

³³ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 111.

³⁴ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 112 ff.

³⁵ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 113.

Um eine bessere Vorstellung dieses Modelles zu erlangen, kann mit einer Verpackungsstation verglichen werden. Die Transporteinheiten werden einem Packplatz zugeführt und werden nach Beendigung des Verpackungsprozesses (Bedienstation) in den Warenausgang befördert.

Anhand der Ankunftsrate λ werden die pro Zeiteinheit ankommenden Fördereinheiten an der Systemgrenze a abgebildet (Gl. 4.1).

$$\lambda = \frac{1}{E(t_a)} \quad (4.1) \quad \begin{array}{ll} \lambda/\text{Stück pro Sekunde} & \text{Ankunftsrate} \\ E(t_a)/\text{Sekunden} & \text{Erwartungswert der Zwischenankunftszeit} \end{array}$$

In der Bedienstation (B) findet ein materialflussgesteuerter Vorgang statt, der anhand der Bedienzeit (t_b) beschrieben wird. Grundsätzlich ist dieser Größe auch eine zufällige Streuung zuzuteilen. Anhand des Erwartungswertes $E(t_b)$ der Bedienzeit lässt sich die Bedienrate μ ermitteln (Gl. 4.2). Die Bedienrate μ ist die Anzahl der Fördereinheiten pro Zeiteinheit, die sich in der Bedienstation bearbeiten lassen und welche die Bedienstation über die Systemgrenze (b) verlassen.

$$\mu = \frac{1}{E(t_b)} \quad (4.2) \quad \begin{array}{ll} \mu/\text{Stück pro Sekunde} & \text{Bedienrate} \\ E(t_b)/\text{Sekunden} & \text{Erwartungswert der Bedienstation} \end{array}$$

Anhand des Quotienten aus Ankunfts- und Bedienrate lässt sich der Auslastungsgrad ρ ermitteln (Gl. 4.3).

$$\rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (4.3) \quad \begin{array}{ll} \lambda/\text{Stück pro Sekunde} & \text{Ankunftsrate} \\ \mu/\text{Stück pro Sekunde} & \text{Bedienrate} \\ \rho/1 & \text{Auslastungsgrad der Bedienstation} \end{array}$$

Anhand des Auslastungsgrades lässt sich ableiten, ob sich eine Warteschlange in der Bedienstation bildet. Keine Warteschlange wird gebildet, falls der Ankunftsprozess A(t) und der Bedienprozess B(t) gleichbleibende Taktprozesse sind und folgende Eigenschaften des Modells zutreffen:³⁶

$$(t_b) < (t_a) \quad \leftrightarrow \quad \mu < \lambda \quad \leftrightarrow \quad \rho < 1$$

Dabei ist zu erwähnen, dass sich – auch wenn der Auslastungsgrad $\rho < 1$ ist – eine Warteschlange bilden kann, wenn zumindest einer der beiden Prozesse (Ankunfts- oder Bedienprozess) ein stochastischer Prozess ist. Wie in Abb. 15 dargestellt, wird der Warteprozess W(t) als Ergebnis des Zusammenwirkens von Ankunftsprozess und Bedienprozess mit der sogenannten Warteschlangentheorie beschrieben. Der

³⁶ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 113.

Warteprozess $W(t)$ erreicht für $\rho < 1$ nach einer gewissen Zeitdauer einen eingeschwungenen Zustand mit stationärer Verteilung. Daraus lässt sich die Warteschlangenlänge N_w im Warteraum ableiten.

Handelt es sich um nichtstationäre Prozesse, dann werden die analytischen Methoden der Warteschlangentheorie nicht mehr angewandt, sondern vielmehr durch Simulationen abgebildet und analysiert.³⁷

Je nach Anwendung und Untersuchungsinteresse kommen unterschiedliche Modelle zum Einsatz. Aus diesem Grund hat Kendall folgende Begriffsbestimmung eingeführt:³⁸

$A|B|m|xxxx$ (4.4)

- A Ankunftsprozess $A(t)$; Zählprozess, der aus der Verteilung der Zwischenankunftszeiten t_a resultiert.
- B Bedienprozess $B(t)$; Zählprozess, der aus der Verteilung der Abfertigungs- oder Bedienzeiten t_b resultiert.
- m Anzahl paralleler identischer Bedienstationen
- xxxx Kennzeichnung der Bedienstrategie durch die Festlegung der Entnahmereihenfolge aus dem Warteraum (z.B. FIFO= First-In-First-Out)

Für A und B werden folgende Verteilungen häufig verwendet:

- M Exponentialverteilung
- E Erlangverteilung
- D Diracverteilung
- G Allgemeine Verteilung, deren Verhalten nicht bekannt ist bzw. die einer der oben genannten Verteilung nicht zuzuordnen ist.

³⁷ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 114.

³⁸ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 114.

4.2.2 Das M|M|1-Modell

In diesem Abschnitt wird das M|M|1-Modell näher beschrieben, wobei auf die mathematische Herleitung der erforderlichen Parameter nicht eingegangen wird. Dieses Modell wird eingesetzt, wenn sowohl der Ankunftsprozess als auch der Bedienprozess eine Exponentialverteilung aufweisen. Die wichtigsten Kenngrößen werden in Abb. 16 dargestellt:

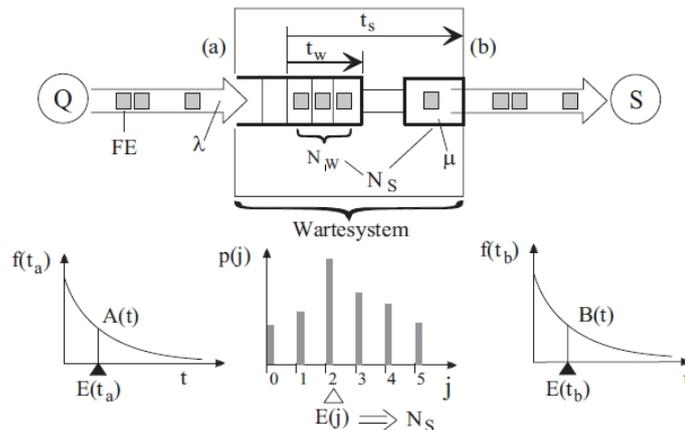


Abb. 16: M|M|1-Modell und die charakteristischen Verteilungen für Ankunfts-, Warte und Bedienprozess, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 116.

Aus Abb. 16 sind folgende Parameter abzulesen:³⁹

- $p(j)$ Wahrscheinlichkeit, dass sich das Wartesystem im Zustand j befindet
- N_w mittlere Anzahl der im Warteraum befindlichen Fördereinheiten
- t_w mittlere Wartezeit der Fördereinheiten im Warteraum
- N_s mittlere Anzahl der im Wartesystem befindlichen Fördereinheiten
- t_s mittlerer Verweilzeit der Fördereinheiten im Wartesystem

Wie eingangs schon erwähnt, sind der Ankunftsprozess und der Bedienprozess anhand einer Exponentialverteilung charakterisiert. Um in weiterer Folge die Größe des Warteraums (Puffer) dimensionieren zu können, wird anhand der Gl. 4.6 die mittlere Anzahl der im Warteraum befindlichen Fördereinheiten (N_w) und mittlere Anzahl der im Wartesystem befindlichen Fördereinheiten (N_s) ermittelt.⁴⁰

$$N_s = \frac{\rho}{1-\rho} = \frac{\lambda}{\mu-\lambda} \quad (4.6) \quad N_s/1 \quad \text{mittlere Anzahl der im Wartesystem befindlichen Fördereinheiten}$$

$\rho/1$ Auslastungsgrad der Bedienstation

$\lambda/\text{Stück pro Sekunde}$ Ankunftsrate

$\mu/\text{Stück pro Sekunde}$ Bedienrate

³⁹ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 116.

⁴⁰ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 121.

Daraus lässt sich nun die Anzahl der Fördergüter im Warteraum anhand der Gl. 4.7 ermitteln.

$$N_w = N_s - \rho = \frac{\rho^2}{1-\rho} \quad (4.7)$$

$N_w/1$ mittlere Anzahl der im Warteraum befindlichen Fördergüter

$N_s/1$ mittlere Anzahl der im Wartesystem befindlichen Fördereinheiten

$\rho/1$ Auslastungsgrad der Bedienstation

Um schlussendlich den Durchsatz bzw. die Durchlaufzeit dieses Systems definieren zu können, wird die mittlere Wartezeit der Fördereinheiten im Warteraum und die mittlerer Verweilzeit der Fördereinheiten im Wartesystem anhand der Gl. 4.8 ermittelt.⁴¹

$$t_s = \frac{N_s}{\lambda} = \frac{N_w + \rho}{\lambda} = \frac{N_w}{\lambda} + \frac{1}{\mu} = t_w + E(t_b) \quad (4.8)$$

t_s/s mittlerer Verweilzeit der Fördereinheiten im Wartesystem

$N_w/1$ mittlere Anzahl der im Warteraum befindlichen Fördergüter

$N_s/1$ mittlere Anzahl der im Wartesystem befindlichen Fördereinheiten

$\lambda/\text{Stück pro Sekunde}$ Ankunftsrate

$\mu/\text{Stück pro Sekunde}$ Bedienrate

t_w/s mittlere Wartezeit der Fördereinheiten im Warteraum

$E(t_b)/s$ Erwartungswert der Bedienstation

Anhand dieser Parameter lassen sich Systeme, die der Warteschlangentheorie ausgesetzt sind, dimensionieren. Sowohl die geeignete Puffergröße als auch die maximale Durchsatzkapazität der Bedienstation werden durch diese Betrachtung ermittelt. Je nach Anwendungsfall und der mathematischen Verteilung des Ankunftsprozesses sowie auch des Bedienprozesses werden unterschiedliche Modelle angewandt.⁴²

⁴¹ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 123.

⁴² Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 115ff.

4.3 Leistungsermittlung von Kommissioniersystemen

In diesem Unterkapitel werden jene Systeme beschrieben, die auch in weiterer Folge im Lösungskonfigurator dargestellt werden. Dabei wird die Kommissionierzeit von folgenden Systemen ermittelt:

- ✓ Person-zur-Ware-Kommissionierung
- ✓ Ware-zur-Person-Kommissionierung

Beim Kommissionierprinzip „Person-zur-Ware“ (PzW) bewegt sich der Kommissionierer zu den Bereitstelleneinheiten, von denen die erforderliche Ware kommissioniert wird. Die Bereitstelleneinheiten sind statische Lagereinheiten, von denen die angeforderte Ware entnommen und in einem Sammelbehälter gelegt wird. Nachdem der Kommissionierauftrag fertiggestellt ist, bewegt sich der Kommissionierer zu einem zentralen Aufgabepunkt, wo der Sammelbehälter übergeben wird.⁴³ Beim Kommissioniervorgang „Ware-zur-Person“ (WzP) wird die zu kommissionierende Ware aus einem Lagerbereich zu einem vorgegebenen Kommissionierplatz befördert. Dort wird dann die erforderliche Menge vom Kommissionierer in den Auftragsbehälter gelegt und der angeforderte Lagerbehälter nach diesem Vorgang wieder im Lagerbereich eingelagert. Somit steht der Kommissionierer an einem definierten Entnahmebereich und die Ware wird im Gegensatz zum Person-zur-Ware-Kommissioniervorgang dynamisch bereitgestellt. Grundsätzlich ist die Leistung eines Kommissioniersystems von zwei Parametern abhängig:⁴⁴

- Zusammenführungszeit t_z
- Bearbeitungszeit t_a

Je nach Ausführung des Kommissioniersystems werden der Zusammenführungsprozess und der Bearbeitungsprozess nacheinander (PzW) oder gleichzeitig (WzP) ausgeführt. Deswegen wird die Kommissionierzeit (Gl. 4.9) beim Person-zur-Ware-Prinzip wie folgt beschrieben:

$$t_K = t_Z + t_B \quad (4.9)$$

t_K/s Kommissionierzeit
 t_Z/s Zusammenführungszeit
 t_B/s Bearbeitungszeit

Beim Ware-zur-Person-Prinzip gilt folgende Annäherung:

$$t_K = \max(t_Z; t_B) \quad (4.10)$$

t_K/s Kommissionierzeit
 t_Z/s Zusammenführungszeit
 t_B/s Bearbeitungszeit

⁴³ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 41.

⁴⁴ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 41 f.

Aufgrund des gleichzeitigen Ablaufes beider Prozesse wird die Kommissionierzeit durch das Maximum aus der Bearbeitungszeit und Bereitstellungszeit bestimmt.⁴⁵ Die Kommissionierleistung P_K (Gl. 4.11) wird anhand des Kehrwertes der Kommissionierzeit für eine Position ermittelt.

$$P_K = \frac{1}{t_K} \quad (4.11) \quad \begin{array}{ll} P_K/\text{Positionen pro Stunde} & \text{Kommissionierleistung} \\ t_K/\text{h} & \text{Kommissionierzeit} \end{array}$$

Sollten pro Pick mehrere Teile auf einmal entnommen werden, so ist die Kommissionierleistung mit der durchschnittlichen Anzahl an Produkten pro Pick zu multiplizieren (Gl. 4.12).

$$P_P = P_K * n_p \quad (4.12) \quad \begin{array}{ll} P_P/\text{Stück pro Stunde} & \text{Pickleistung} \\ P_K/\text{Stück pro Stunde} & \text{Kommissionierleistung} \\ n_p/1 & \text{Stück pro Pick} \end{array}$$

4.3.1 Person-zur-Ware-Kommissionierung

Wenn man die in Gl. 4.9 dargestellte Grundformel noch näher betrachtet, dann erhält man folgende Gleichung:

$$t_K = t_0 + \sum_{r=1}^n t_{t,r} + t_{g,r} + t_{l,r} \quad (4.13) \quad \begin{array}{ll} t_K/\text{s} & \text{Kommissionierzeit} \\ t_0/\text{s} & \text{Basiszeit} \\ t_{t,r}/\text{s} & \text{Totzeit} \\ t_{g,r}/\text{s} & \text{Greifzeit} \\ t_{l,r}/\text{s} & \text{Wegzeit} \end{array}$$

Die Basiszeit ist jene Zeit, die nicht von der Anzahl an Positionen abhängig ist (Bereitstellung und Weitergabe eines Kommissionierbehälters). Unter der Totzeit sind alle Zeitanteile zu verstehen, die neben der physischen Materialbewegung noch aufzubringen sind (Lesen, Suchen, Zählen). Die Greifzeit umfasst jene Zeitanteile, die für das Aufnehmen und Abgeben von Artikeln benötigt werden. Die Wegzeit ist vor allem bei der Person-zur-Ware-Kommissionierung der einflussreichste Zeitfaktor. Um diese Zeit zu verringern, sind eine effiziente Anordnung der Lagereinheiten sowie eine gut überlegte Kommissionierstrategie essentiell.⁴⁶

In Abb. 17 ist ein Model für die Person-zur-Ware-Kommissionierung zu sehen. Anhand dieser Darstellung wird die Wegzeit t_l erläutert.

⁴⁵ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 129.

⁴⁶ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 218 f.

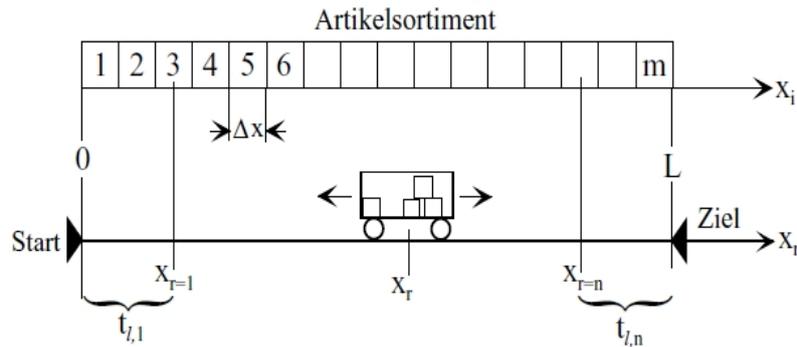


Abb. 17: Person-zur-Ware-Kommissionierung, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 219.

Für das Kommissionieren eines Auftrages mit n Positionen und mit m Artikeln die zu Verfügung stehen ist der benötigte Weganteil in Gl. 4.14 beschrieben:⁴⁷

$$t_l = \sum_{r=1}^n t_{l,r} = \frac{x_1}{v} + \sum_{r=2}^n \frac{|x_r - x_{r-1}|}{v} + \frac{L - x_n}{v} + (n + 1) \frac{v}{a} \quad (4.14)$$

t_l/s Wegzeit

$n/1$ Anzahl an Positionen für einen Auftrag

x_1/m Wegstrecke, um die erste Position zu erreichen

$v/\frac{m}{s}$ Fortbewegungsgeschwindigkeit des Kommissionierers

x_r/m Entnahmeort für jede Position

L/m Zurückzulegende Länge innerhalb einer Regalzeile

x_n/m Wegstrecke, um die nächste Position zu erreichen

$a/\frac{m}{s^2}$ Beschleunigung des Kommissionierers

Anhand dieser Berechnungen wird die Kommissionierzeit ermittelt, um in weiterer Folge festlegen zu können, wie viele Kommissionierer für die Abarbeitung der erforderlichen Aufträge nötig. Die Dimensionierung der unterschiedlichen Kommissioniersystemen wird im Unterkapitel 4.3 beschrieben. Dabei kann die Kommissionierleistung erhöht werden indem ein Auftragsbatch herangezogen wird, indem mehrere Aufträge zeitgleich kommissioniert werden. Entweder werden mehrere Sammelbehälter auf einem Kommissionierwagen eingesetzt oder mehrere Aufträge in einem Behälter konsolidiert, die dann beispielsweise im Verpackungsbereich wiederum durch ein Sortierregal vereinzelt werden.⁴⁸

⁴⁷ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 219.

⁴⁸ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 31.

4.3.2 Ware-zur-Person-Kommissionierung

Bei der Ware-zur-Person-Kommissionierung hängt die Kommissionierleistung von der Bearbeitungszeit und der Zusammenführungszeit ab. (siehe Gl. 4.10). In Abb. 18 ist das Ware-zur-Person-Prinzip dargestellt.

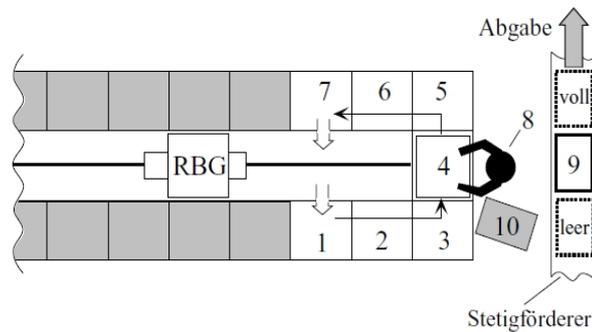


Abb. 18: Ware-zur-Person-Kommissionierung, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 217.

- 1, 7 = Übergabe-/Übernahmeplätze
- 2, 3, 4, 5, 6 = Wartepplätze
- 4 = Entnahmepplatz
- 8 = Kommissionierer
- 9 = Kommissionierbehälter
- 10 = Datenterminal

Hierbei führen Regalbediengeräte (RBG) oder Lifte in Kombination mit Shuttles jeweils Doppelspiele aus. Anhand dieser Doppelspiele kann die Auslager- bzw. Einlagerleistung des automatischen Lagersystems ermittelt werden. Neben der Auslagerungszeit ist auch die Transportzeit (vom automatischen Lagersystem zum Kommissionierplatz) ein wesentlicher Teil der Zusammenführungszeit. Die Zusammenführungszeit ist gemäß der minimalen Zwischenankunftszeit des Bereitstellsystems bzw. des Fördersystems bestimmt.⁴⁹ Die Lagerbehälter mit der benötigten Ware werden aus dem vollautomatischen Lagersystem ausgelagert und über eine Förderstrecke am Kommissionierplatz angedient. Nachdem der benötigte Artikel entnommen wurde, wird der Behälter wieder dem Lagersystem zugeführt und eingelagert. Jede Ein- bzw.-Auslagerung wird als Arbeitsspiel bezeichnet und die benötigte Zeit zur Durchführung eines Arbeitsspiels wird als Spielzeit definiert. Grundsätzlich werden zwei Arten von Arbeitsspielen unterschieden:

- ✓ Einzelspiel
- ✓ Doppelspiel

Ein Einzelspiel liegt vor, wenn ein Behälter nur ein- oder ausgelagert wird. Von einem Doppelspiel spricht man, wenn einer Einlagerung eine Auslagerung folgt (siehe Abb. 19).⁵⁰

In der vorliegenden Arbeit wird speziell auf das Doppelspiel eingegangen, da hierbei eine aufschlussreichere Aussage über die Leistungskapazität des automatischen Lagersystems getroffen werden kann.

⁴⁹ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 171.

⁵⁰ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 171.

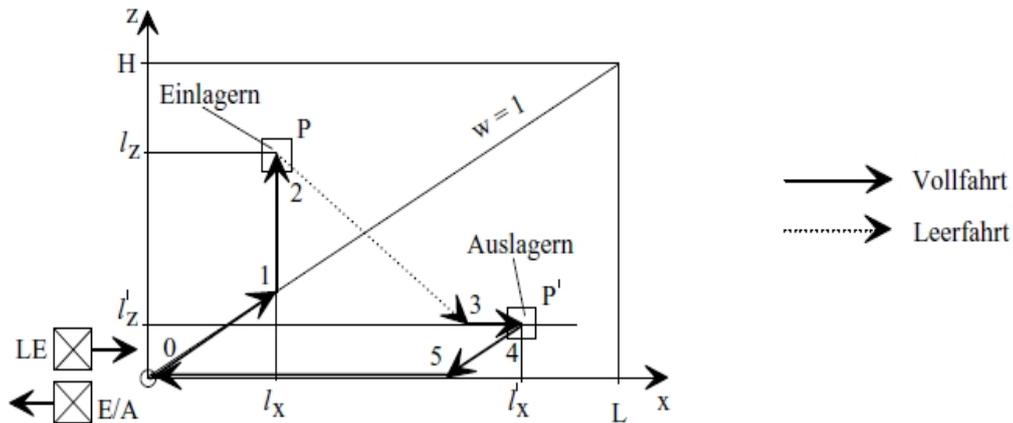


Abb. 19: Definition Doppelspiel, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 200.

Die Spielzeitberechnung nach FEM9.851 beschreibt die Definition der Spielzeit eines automatischen Lagersystems. Bei der Darstellung in Abb. 19 handelt es sich um ein Doppelspiel eines Lagersystems bei einfachtiefer Lagerung. Bei einer mehrfachtiefen Lagerung wären dem Doppelspiel je nach Anzahl der in die Tiefe lagernden Behälter pro Regalplatz Umlagerungsaktivitäten des Regalbediengerätes hinzuzufügen. Zusätzlich ist noch zu unterscheiden, dass sich die folgende Erläuterung der Spielzeit auf ein automatisches Kleinteilelager (AKL) bezieht, indem ein Regalbediengerät die unterschiedlichen Lagerplätze bedient. Dennoch wird die Spielzeit eines Shuttle-Systems (siehe Kapitel 5) mit den gleichen Prinzipien ermittelt. Hierbei ist zu beachten, dass die horizontale und vertikale Bewegung nicht simultan von einem Regalbediengerät (Diagonalfahrt) ausgeführt werden, sondern getrennt von einem Lift (horizontale Bewegung) und den Shuttles (vertikale Bewegung). Die nachstehende Herleitung der Spielzeit bezieht sich auf ein AKL.

Die mittlere Spielzeit eines Doppelspiels setzt sich anhand der folgenden Gleichung (4.15) zusammen:

$$t_s = t_0 + 4 * t_y + t_{EP} + t_{PP'} + t_{P'A} \quad (4.15)$$

t_s/s Mittlere Spielzeit eines Doppelspiels

t_0/s Totzeitanteil an der Spielzeit, z. B. für Schaltzeiten, Sensoransprechzeiten usw.

t_y/s Spielzeit des Lastaufnahmemittels

t_{EP}/s Größte Fahrzeit für den Weg l_{EP} , definiert durch die horizontale und vertikale Geschwindigkeit des Regalbediengerätes.

$t_{PP'}/s$ Größte Fahrzeit für den Weg $l_{PP'}$

$t_{P'A}/s$ Größte Fahrzeit für den Weg $l_{P'A}$

Der Erwartungswert der Spielzeit $E(t_S)$ wird unter der Annahme berechnet (Gl. 4.16), dass die Lagerplätze P und P' eine beliebige Lage im Regal einnehmen können.⁵¹

$$E(t_S) = t_0 + 4 * t_y + E(t_{EP}) + E(t_{PP'}) + E(t_{P'A}) \quad (4.16)$$

$E(t_S)/s$ Erwartungswert der Spielzeit

t_y/s Spielzeit des Lastaufnahmemittels

$E(t_{EP})/s$ Erwartungswert der Einlagerung

$E(t_{PP'})/s$ Erwartungswert der Positionierung und Aufnahme des auszulagernden Fördergutes

$E(t_{P'A})/s$ Erwartungswert der Auslagerung

Je nach Lage der beiden Lagerplätze ändert sich die Spielzeit für diesen Zyklus. Betrachtet man in einem bestimmten Zeitraum mehrere Zyklen unter der Annahme, dass alle benötigten Lagerplätze innerhalb dieser Periode gleichverteilt (Zugriff auf unterschiedliche Lagerplätze mit identer Gewichtung) sind, so erhält man folgenden mittleren Erwartungswert für ein Doppelspiel (Gl. 4.17).⁵²

$$E(t_S) = t_0 + 4 * t_y + 3 * \frac{1}{2} \frac{v_x}{a_x} + \frac{v_z}{a_z} + 2 * \frac{2}{3} \frac{L}{v_x} + \frac{14}{30} \frac{L}{v_x} \quad (4.17)$$

$E(t_S)/s$ Erwartungswert der Spielzeit

t_0/s Totzeitanteil an der Spielzeit

t_y/s Spielzeit des Lastaufnahmemittels

$v / \frac{m}{s}$ Geschwindigkeit des Regalbediengerätes

$a / \frac{m}{s^2}$ Beschleunigung des Regalbediengerätes

L/m Gesamtlänge des Regales

Anhand Abb. 20 ist zu sehen, wo sich die Lagerplätze P und P' bei der mittleren Spielzeitberechnung im Regal befinden. Hierbei ist es von geringer Bedeutung, ob bei der Berechnung nach der FEM-Regel 9.851 oder der VDI-Richtlinie vorgegangen wird. Die zu betrachtenden Lagerplätze für ein ermitteltes Doppelspiel sind hierbei näherungsweise gleich definiert.⁵³

⁵¹ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 208.

⁵² Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 209 f.

⁵³ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 211.

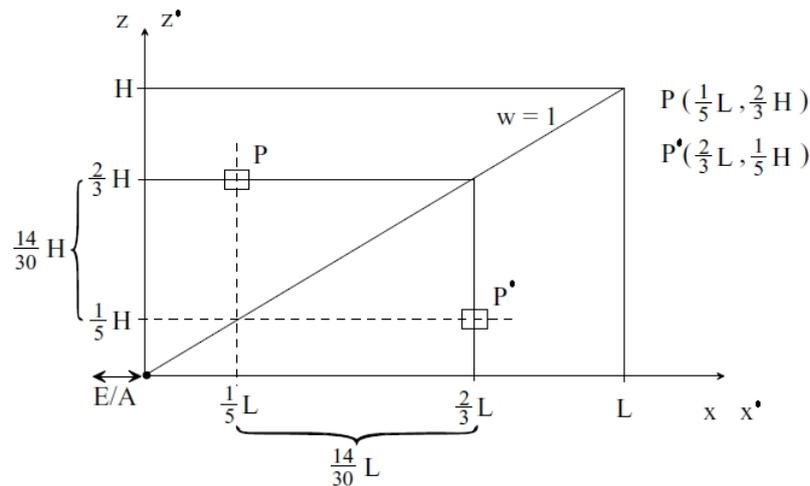


Abb. 20: Position der Lagerplätze P und P' für das Doppelspiel, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 211.

Ein wesentlicher Teil der Zusammenführungszeit ist die Zwischenankunftszeit der Fördertechnik, die das Lagersystem und die Kommissionierstation (Abb. 18) verbindet. Je nach eingesetzten Fördertechnikkomponenten (Gurtförderer, Ausschleuselemente, Staurollenförderer usw.) lässt sich die Zwischenankunftszeit der Fördertechnik an der Kommissionierstation ermitteln.⁵⁴

Um das Lagersystem und die Kommissionierstation bestmöglich betreiben zu können, muss die Zwischenankunftszeit der Fördertechnik größer oder gleich der Spielzeit des eingesetzten Lagersystems sein – vorausgesetzt, der Warenstrom kann an den Kommissionierstationen zeitgerecht abgearbeitet werden. Da in der Konzepterstellung die Fördertechnik noch nicht im Detail verplant wird (schematisch angedeutet), wird auf die Zwischenankunftszeit der Fördertechnik an dieser Stelle nicht mehr näher eingegangen.

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass die Ermittlung der erwarteten mittleren Spielzeit des Shuttlesystems lediglich in Anlehnung an FEM und DVI Richtlinien erfolgt (siehe Gleichung 4.16). Dabei werden die selben Grundsätze, wie in den Richtlinien verfolgt. Diese sind

- Die Zugriffe auf alle Lagerbehälter sind gleichverteilt.
- Die Spielzeit ist abhängig von den Geschwindigkeiten in x- und z-Richtung.
- Die Spielzeit ist abhängig von der Lagerausdehnung in die Länge und Höhe.

Im Unterschied zu Regalbediengeräten erfolgt keine Diagonalbewegung, sondern die Bewegung in x-Richtung wird durch Shuttles - losgelöst von der Vertikalbewegung durch Lifte - vollzogen. Dies führt zu dem Vorteil, dass sich die Spielzeiten je Shuttle bzw. Lift überlagern, wodurch ein höherer Durchsatz erzielt wird. Die erwartete mittlere Spielzeit – in weiterer Folge der Durchsatz – eines Shuttlesystems wird firmenintern mit einem Berechnungstool, entsprechend der oben genannten Prinzipien, errechnet.

⁵⁴ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 184 ff.

5 DIMENSIONIERUNG DER LAGER- UND KOMMISSIONIERBEREICHE

In diesem Kapitel wird auf die Dimensionierung jener Systeme eingegangen, die für den chinesischen Markt seitens der KNAPP AG vorgesehen sind. Grundsätzlich wird die räumliche Ausprägung eines Kommissioniersystems durch die Bereitstellungskapazität sowie die Anzahl der erforderlichen Bereitstellflächen bestimmt. Die Bereitstellungskapazität beschreibt im Wesentlichen die Anzahl aller Bereitstellplätze im Kommissioniersystem. Dabei ist die Vorgehensweise zur Bestimmung der Bereitstellungskapazität unabhängig vom eingesetzten System. Die Grundlage für die Bestimmung der Bereitstellkapazität ist der Bestand eines Artikels B_i im Kommissioniersystem (Gl. 5.1).⁵⁵

$$B_i = R_i * V_i \quad (5.1)$$

$B_i/\text{Stück}$	Bestand eines Artikels im Kommissioniersystem
R_i/Tag	Lagerreichweite eines Artikels
$V_i/\frac{\text{Stück}}{\text{Tag}}$	Mittlerer Verbrauch eines Artikels

Aus dieser Gleichung lässt sich die Anzahl der erforderlichen Bereitstelleinheiten N_{BE} ableiten (Gl. 5.2).

$$N_{BE} = \sum_{i=1}^M \frac{B_i}{V_{BE}} \quad (5.2)$$

$N_{BE}/\text{Stück}$	Anzahl erforderliche Bereitstelleinheiten
$B_i/\text{Stück}$	Bestand eines Artikels im Kommissioniersystem
$V_{BE} / \frac{\text{Stück}}{\text{Bereitstelleinheit}}$	Fassungsvermögen der Bereitstelleinheit

Um die Bereitstelleinheiten berechnen zu können, muss das Fassungsvermögen einer Bereitstelleinheit für einen Artikel bekannt sein.⁵⁶

Zusätzlich ist zu erwähnen, dass bei der Dimensionierung des Systems darauf geachtet werden muss, dass die Anzahl der Bereitstellplätze höher als die Anzahl der Bereitstelleinheiten ist, um den Füllgrad f nicht zu strapazieren. Grundsätzlich wird je nach System ein Füllgrad von 80–95 % herangezogen.⁵⁷ Der Füllgrad wird anhand der Gleichung 5.3 beschrieben.

$$f = \frac{N_{BE}}{N_{BE_P}} < 1 \quad (5.3)$$

$f/1$	Füllgrad des Kommissioniersystems
$N_{BE}/\text{Stück}$	Anzahl erforderliche Bereitstelleinheiten
$N_{BE_P}/\text{Stück}$	Anzahl der Bereitstellplätze

⁵⁵ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 222.

⁵⁶ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 222.

⁵⁷ Vgl. Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 177.

5.1 OSR Shuttle™-System

Das OSR Shuttle-System (Order Storage and Retrieval System) ist ein voll automatisches Lagersystem der Fa. KNAPP AG. Je nach Anwendung und Ladegutabmessung lassen sich einfachtiefe bis vierfachtiefe Lagerungen erzielen. Jede Ebene einer Regalgasse wird mit einem Shuttle (ein Ebenen-Shuttle) versorgt. An der Vorderseite der Regalgasse befindet sich ein Lift, der die Ebenen miteinander verbindet und zusätzlich den Warenfluss auf und von der Fördertechnik garantiert. Der Aufbau des OSR Shuttle-Systems ist in Abb. 21 dargestellt.

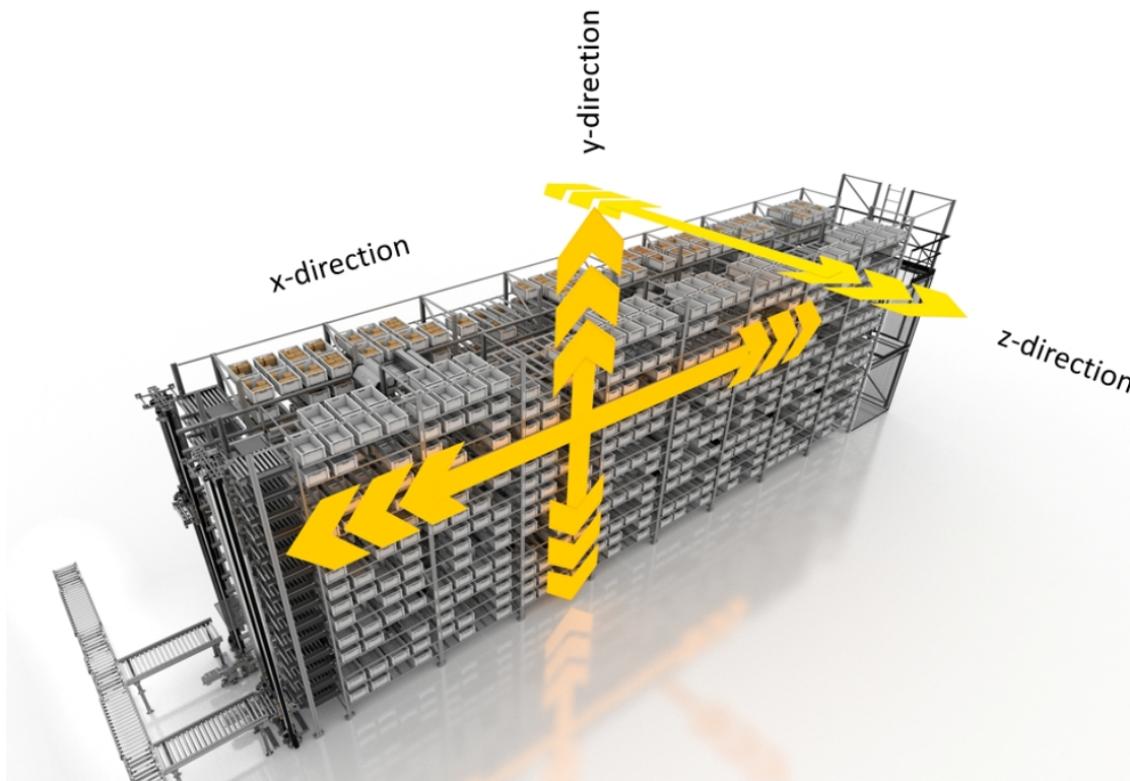


Abb. 21: OSR Shuttle™, Quelle: KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.

Die Vorzone (Verbindungsfördertechnik der OSR-Gassen und Kommissionierstationen) ermöglicht den automatischen Transport der Lagerbehälter zu einer Kommissionierstation. Nachdem der erforderliche Artikel entnommen wurde, wird der Behälter wieder im OSR Shuttle eingelagert. Je nach Lagerreichweite, Artikelbestand und erforderlicher Leistung (mittlere Anzahl an benötigten Doppelspielen) wird die Größe des OSR-Systems bestimmt. In Abb. 22 ist ein OSR Shuttle-System inklusive der Anbindung an die Kommissionierstation zu sehen.

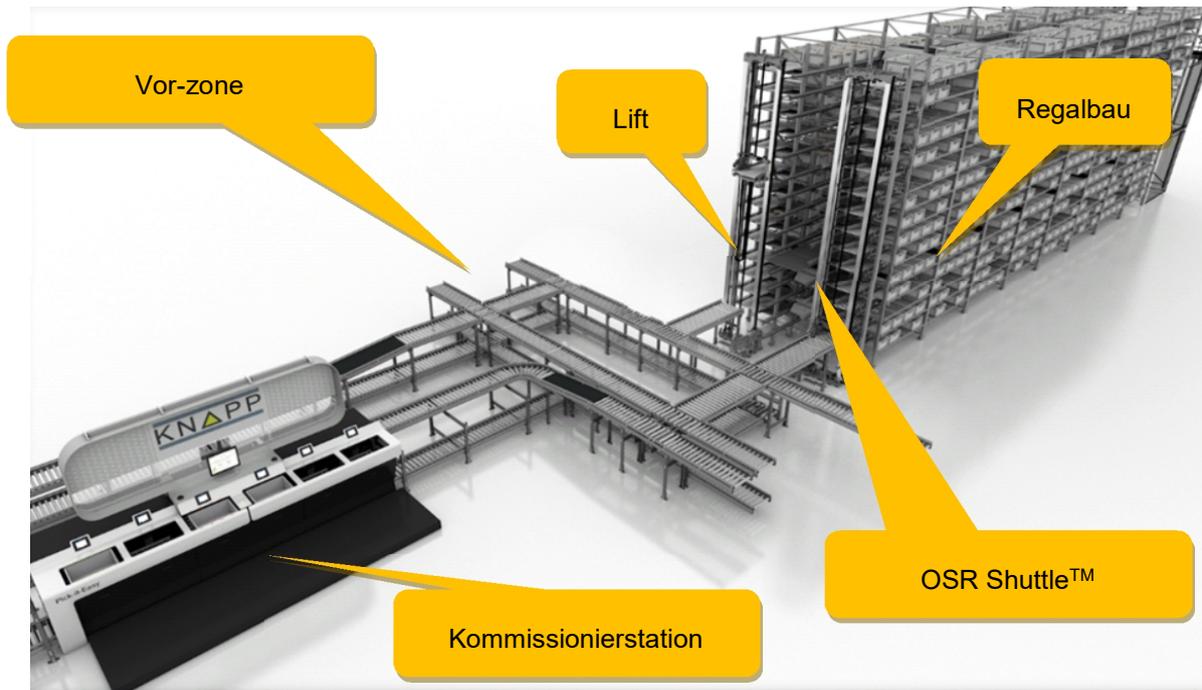


Abb. 22: OSR Shuttle™ mit Anbindung an die Kommissionierstation, Quelle: KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.

Das Fassungsvermögen des Regals wird mit der Anzahl der lagernden Behälter in X-, Y- und Z-Richtung beschrieben. Die Größe eines Regalfaches ergibt sich aus folgenden Gleichungen (Gl. 5.4, Gl. 5.5, Gl. 5.6)⁵⁸:

Fachbreite:

$$b_{Fach} = b_{BE} + n * \text{Fachfreimaß} + \text{Steherbreite} \quad (5.4)$$

Fachtiefe:

$$t_{Fach} = l_{BE} * x + \text{Fachfreimaß} \quad (5.5)$$

Fachhöhe:

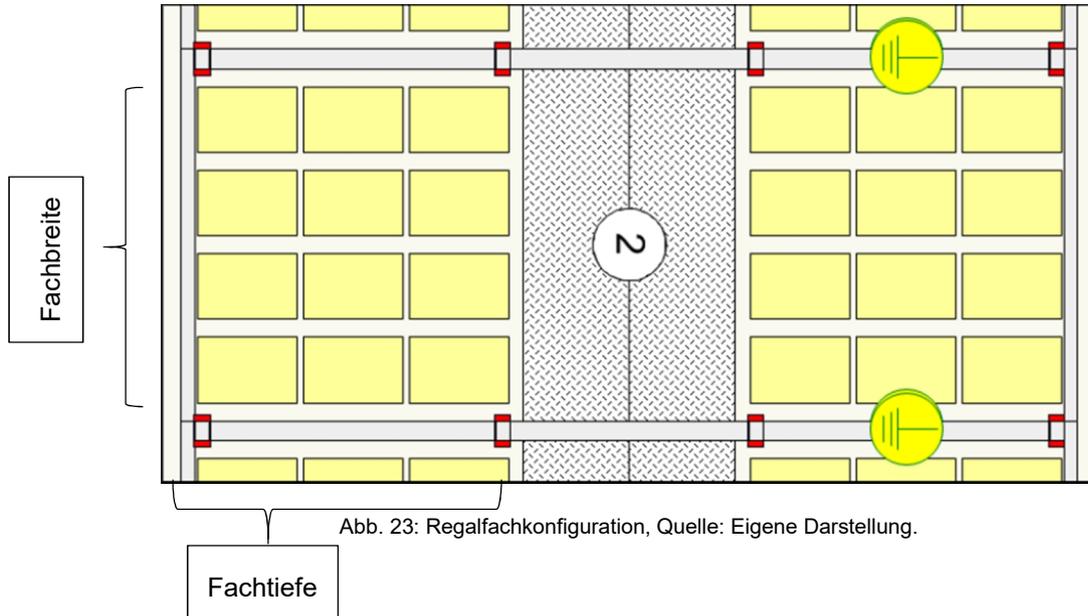
$$h_{Fach} = h_{BE} + \text{Fachfreimaß} + \text{Traversenbreite} \quad (5.6)$$

b_{Fach}/mm	Fachbreite
b_{BE}/mm	Ladegutabmessung in X-Richtung bei Lagerung
$n/1$	Anzahl der Lagerbehälter pro Regalfach in X-Richtung
t_{Fach}/mm	Fachtiefe
l_{BE}/mm	Ladegutabmessung in Z-Richtung bei Lagerung
$n/1$	Anzahl der Lagerbehälter pro Regalfach in Z-Richtung

⁵⁸ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 228.

h_{Fach}/mm Fachhöhe

h_{BE}/mm Höhe des Lagerbehälters



Je nach Konfiguration des Regales bzw. eines Regalfaches lässt sich anhand der Bereitstelleneinheiten N_{BE} das OSR-Regal dimensionieren. Dabei ist zu beachten, welche Höhe für das Regal zur Verfügung steht, um die Anzahl der benötigten Ebenen im Regal (Y-Richtung) ermitteln zu können. In weiterer Folge bestimmt die Regalfachausführung (Abb. 23) die Grundfläche des Systems.⁵⁹

5.2 Fachbodenregalanlage

Ein Fachbodenregal lagert die Bereitstelleneinheiten auf geschlossenen Fachböden nebeneinander und in mehreren Ebenen übereinander. Die Größe eines Fachbodenregales wird primär von der Größe der Bereitstelleneinheit und der Konfiguration des Fachbodenregales bestimmt. Am häufigsten werden jedoch Fachbodenregalmodule mit einer Breite von 1m, einer Fachhöhe von 0,5m und einer Fachtiefe von ca. 0,3m bis 0,5m eingesetzt. Bei einem Fachbodenregal wird üblicherweise auf jedem Regalplatz eine Bereitstelleneinheit bevorratet. Daraus lässt sich erkennen, dass die Anzahl der Bereitstellplätze (Regalplätze), der Anzahl der Bereitstelleneinheiten entspricht.⁶⁰

⁵⁹ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 228 ff.

⁶⁰ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 223.

In Abb. 24 ist eine Fachbodenregalanlage zu sehen, die sich aus mehreren Fachbodenmodulen zusammensetzt.

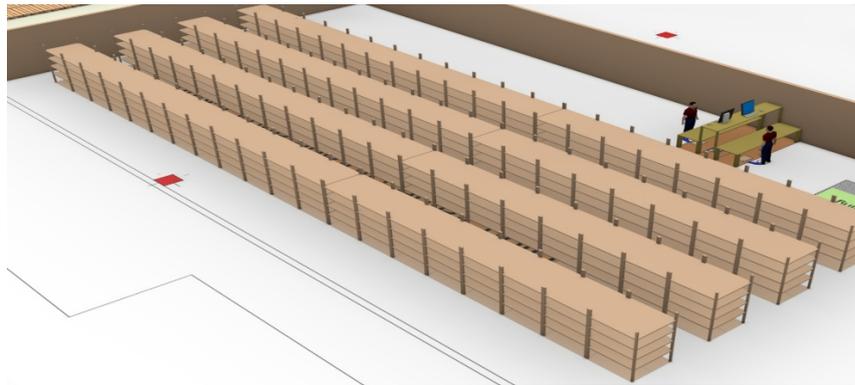


Abb. 24: Fachbodenregalanlage, Quelle. Eigene Darstellung.

Die Anzahl der Bereitstellplätze pro Fachbodenregalmeter ergibt sich aus folgender Gleichung (Gl. 5.7):

$$N_{BE-FBR} = m_H * m_V \quad (5.7)$$

$$N_{BE-FBR} / \frac{\text{Stück}}{\text{m}} \quad \text{Anzahl der Bereitstellplätze pro Fachbodenregalmeter}$$

$$m_H / \frac{\text{Stück}}{\text{m}} \quad \text{Anzahl horizontaler Bereitstellplätze nebeneinander}$$

$$m_V / \frac{\text{Stück}}{\text{m}} \quad \text{Anzahl vertikaler Bereitstellplätze nebeneinander}$$

Daraus lässt sich die Anzahl der erforderlichen Fachbodenregalmeter ermitteln (Gl. 5.8).

$$N_{FBR} = \frac{N_{BE}}{N_{BE-FBR}} \quad (5.8)$$

$$N_{FBR} / \text{m} \quad \text{erforderliche Fachbodenregalmeter}$$

$$N_{BE-FBR} / \frac{\text{Stück}}{\text{m}} \quad \text{Anzahl der Bereitstellplätze pro Fachbodenregalmeter}$$

$$N_{BE} / \text{Stück} \quad \text{Anzahl erforderlicher Bereitstelleinheiten}$$

Die Herausforderung bei der Dimensionierung einer Fachbodenregalanlage besteht darin, das Verhältnis zwischen Systemlänge und Systembreite so zu wählen, dass der Kommissionierweg minimiert bzw. optimiert wird. Überschlägig kann ein Längen-Breiten-Verhältnis von 2:3 angenommen werden, wobei oftmals eine optimierte Anordnung aufgrund der Gebäudegrenzen oder verfügbaren Flächen nicht möglich ist.⁶¹ Fachbodenregalanlagen werden für Artikel eingesetzt, die eine niedrige Zugriffshäufigkeit vorweisen (C-Dreher).

⁶¹ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 224.

5.3 Durchlaufregalanlage

Durchlaufregale werden eingesetzt, um eine höhere Bereitstellmenge pro Artikel und eine kompaktere Lagerung der Bereitstellereinheiten zu erzielen. Die zu lagernde Ware wird auf geneigten Röllchenbahnen in mehrfach tiefen artikelreinen Kanälen bereitgestellt. Aufgrund der höheren Bereitstellmenge im Vergleich zu einem Fachbodenregal wird der Nachschubprozess seltener ausgelöst. Der Übervorrat kann sowohl in einem automatischen Lagersystem als auch in einem manuellen Palettenlager organisiert sein. Um Wegzeiten des Nachschubs zu optimieren, kann der Übervorrat über dem Durchlaufregal in mehreren Ebenen auf Paletten gelagert werden. Die benötigten Artikel gleiten im geeigneten Regal selbstständig nach vorne zur Entnahmestelle. Durchlaufregale bestehen aus mehreren Kanälen nebeneinander und mehreren Ebenen übereinander. In Abb. 25 ist eine Durchlaufregalanlage zu sehen.⁶²



Abb. 25: Durchlaufregalanlage, Quelle: KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.

Dabei ist zu beachten, dass im Durchlaufregal mehrere Bereitstellereinheiten gelagert werden können. Deswegen kann die Anzahl der erforderlichen Bereitstellkanäle nicht direkt von der Anzahl der Bereitstellereinheiten N_{BE} abgeleitet werden. Im einfachsten Fall entspricht die Anzahl der erforderlichen Durchlaufkanäle der Anzahl an unterschiedlichen Artikeln im Kommissioniersystem. Aufgrund der mehrfach tiefen Lagerung in einem Kanal macht es nur Sinn, Produkte zu lagern, die für die Kommissionierung oft benötigt werden (hohe Zugriffshäufigkeit).⁶³

⁶² Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 225.

⁶³ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 225 f.

Die Kapazität eines Durchlaufregals ergibt sich aus Gl. 5.9:

$$c_{Kanal} = \frac{t_{Kanal}}{l_{BE}} \quad (5.9)$$

c_{Kanal} /Stück Kapazität eines Durchlaufkanals

l_{BE} /m Länge einer Bereitstellereinheit

t_{Kanal} /m Kanaltiefe

Je nachdem, wie viele Bereitstellereinheiten pro Artikel vorgesehen sind, wird die Anzahl der erforderlichen Kanäle wie folgt berechnet (Gl. 5.10):

$$N_{Kanal} = \begin{cases} M & \text{für } N_{BE-A} \leq c_{Kanal} \\ M * \frac{N_{BE-A}}{c_{Kanal}} & \text{für } N_{BE-A} > c_{Kanal} \end{cases} \quad (5.10)$$

N_{Kanal} /Stück Anzahl der erforderlichen Durchlaufkanäle

M /Stück Anzahl der unterschiedlichen Artikel

c_{Kanal} /Stück Kapazität eines Durchlaufkanals

N_{BE-A} /Stück Bereitstellereinheiten pro Artikel

Nachdem die Anzahl der erforderlichen Kanäle ermittelt wird (Gl. 5.11), kann die Anzahl aller Durchlaufregalmodule anhand Gl. 5.12 ermittelt werden:⁶⁴

$$N_{BE-DLR} = m_H * m_V \quad (5.11)$$

N_{BE-DLR} /1 Anzahl Bereitstellkanäle in einem Durchlaufregal

m_H /1 Anzahl der Kanäle nebeneinander

m_V /1 Anzahl der Kanäle übereinander

$$N_{DLR} = \frac{N_{Kanal}}{N_{BE-DLR}} \quad (5.12)$$

N_{DLR} /1 Anzahl der erforderlichen Durchlaufregalmodule

N_{Kanal} /1 Anzahl der erforderlichen Durchlaufkanäle

N_{BE-DLR} /1 Anzahl Bereitstellkanäle in einem Durchlaufregal

⁶⁴ Vgl. ten Hompel/Sadowsky/Beck (2011), S. 227.

5.4 Einzelstückkommissionierung von Paletten

Grundsätzlich werden die Bereitstellplätze für die Kommissionierung von Paletten, wie in Gl. 5.2 beschrieben, ermittelt. Artikel werden von Paletten kommissioniert, wenn ein großes Volumen eines Artikels benötigt wird (A-Dreher). Hierbei werden die artikelreinen Paletten am Boden für die Kommissionierung bereitgestellt. Um die Verfügbarkeit der Artikel zu erhöhen, wird des Öfteren eine doppeltiefe Bereitstellung angestrebt. Der Übervorrat kann in einem manuellen Palettenregal oder auch in einem automatischen Paletten-Hochregallager bevorratet sein. In Abb. 26 ist ein Kommissioniersystem für Paletten zu sehen.



Abb. 26: Kommissionier-Bereitstellplätze für Paletten, Quelle: Eigene Darstellung

6 AUSWAHL EINER GEEIGNETEN ANWENDUNGSAPPLIKATION

Um das Auslegungstool erstellen und bedienen zu können, ist eine geeignete Applikationssoftware notwendig. Deshalb wird in diesem Kapitel anhand einer Nutzwertanalyse ein geeignetes Anwendertool ermittelt. Wie in Kapitel 1 erwähnt, soll anhand des Auslegungstools (Lösungskonfigurator) eine möglichst ressourcenschonende und effiziente Konzepterstellung für E-Commerce-Projekte (B2C) erwirkt werden. Dabei sollen diverse Auslegungsberechnungen offengelegt werden, damit dem Kunden auf eine verständliche Art und Weise das Konzept erklärt werden kann.

6.1 Nutzwertanalyse

Eine Nutzwertanalyse ist ein Verfahren zur Bewertung von Entscheidungsalternativen. Speziell bei Alternativen, die schwer miteinander zu vergleichen sind, wird diese Methode gerne eingesetzt. Um überhaupt anhand einer Nutzwertanalyse eine Entscheidung fällen zu können, bedarf es an mindestens einer Alternative. Des Weiteren müssen Anforderungen inklusive deren Gewichtung bestimmt werden, die für das Untersuchungsinteresse relevant sind. Anhand einer Matrix werden dann die Bewertungen für jede Anforderung auf einer Skala von 1 bis 10 bewertet. Im nächsten Schritt werden die Punkte für jede Alternative gewichtet und addiert, um ein Ergebnis herbeiführen zu können.⁶⁵

Trotz der systematischen Vorgehensweise und der genauen Bewertung ist das Ergebnis einer Nutzwertanalyse subjektiv beeinflusst. Es handelt sich dennoch um eine nachvollziehbare und transparente Entscheidungsfindung, deren Ergebnis bei sorgfältiger und objektiver Bewertung absolut aussagekräftig ist.

In Summe werden 3 Softwareapplikationen untersucht:

- ✓ Microsoft Excel 2013
- ✓ Java Applikation mithilfe Visual Studio 2013
- ✓ C-Sharp Applikation mithilfe Visual Studio 2013

⁶⁵ Vgl. Stocker (2007), S. 20 ff.

In Abb. 27 sind die Kriterien zu sehen, die in die Entscheidungsfindung und Bewertung der Nutzwertanalyse einfließen.

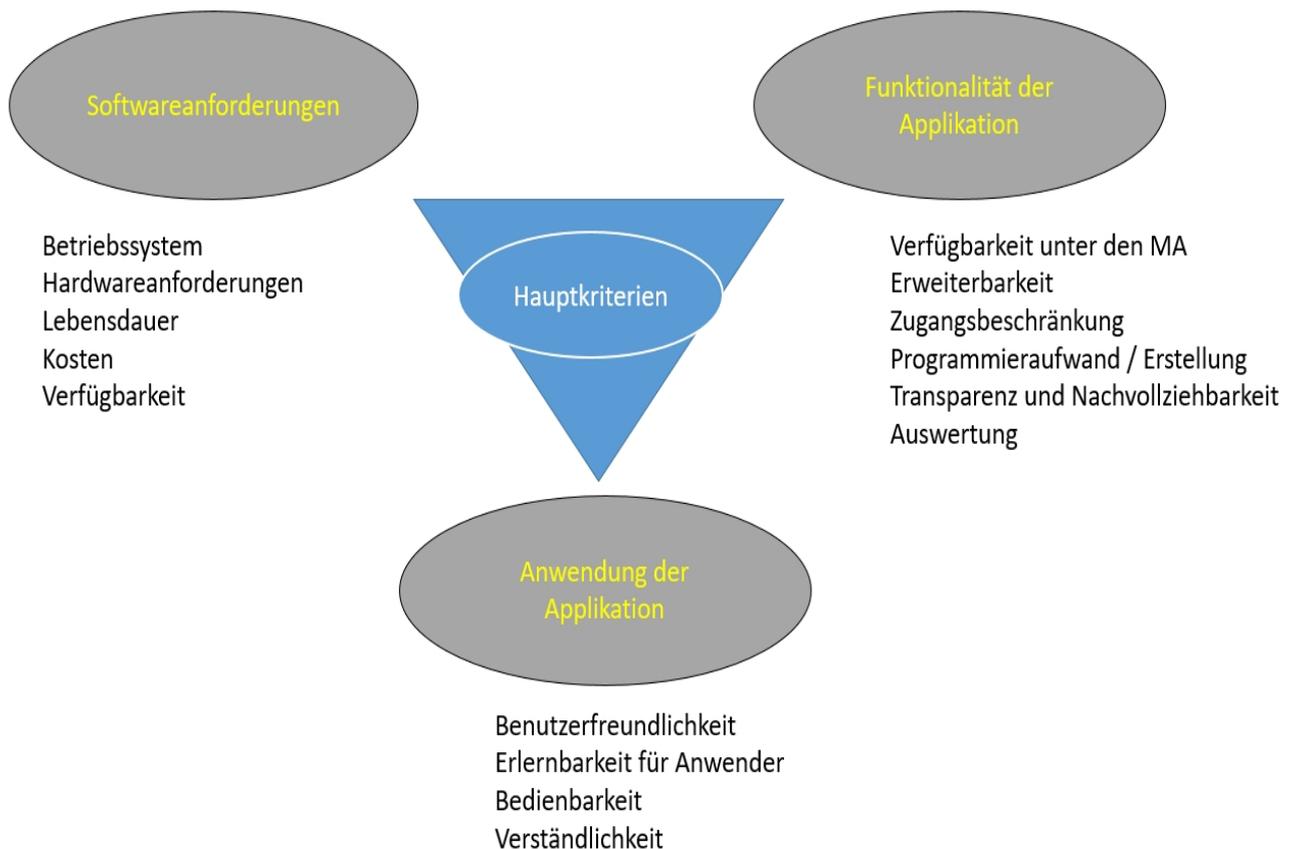


Abb. 27: Bewertete Kriterien der Nutzwertanalyse, Quelle: Eigene Darstellung.

6.2 Auswertung und Ergebnis der Nutzwertanalyse

Aus der Nutzwertanalyse ist ersichtlich, dass in der Anwendung Microsoft Excel am besten abschneidet. In folgenden Kriterien liegt bei Microsoft Excel eine deutlich bessere Bewertung vor als bei den beiden Alternativen:

- ✓ Kosten
- ✓ Erstellungs- und Programmieraufwand
- ✓ Verfügbarkeit für Mitarbeiter
- ✓ Erweiterbarkeit im Sinne von eigenständigen Ergänzungen

Aufgrund dieses Ergebnisses wird für den Lösungskonfigurator Microsoft Excel herangezogen und die erworbenen Erkenntnisse aus dem Theorieteil in das Konzeptionierungstool implementiert.

In Tab. 3 ist das Ergebnis der Nutzwertanalyse und die 3 Hauptkriterien mit deren Bewertungen zu sehen. Die genaue Gegenüberstellung und Auswertung ist im Anhang dargestellt.

Allgemeine Informationen	Microsoft Excel 2013 Applikation	Java Applikation im Visual Studio 2010	C-Sharp Applikation im Visual Studio 2010
<i>1. Softwareanforderungen</i>	98	83	83
<i>2. Funktionalität der Applikation</i>	258	177	174
<i>3. Anwendung der Applikation</i>	420	390	390
<i>Totale Punkte</i>	776	650	647
Rang	1	2	3

Tab. 3: Ergebnis der Nutzwertanalyse, Quelle: Eigene Darstellung.

7 AUFBAU DES LÖSUNGSKONFIGURATORS

In diesem Kapitel wird ausführlich geschildert, wie der Lösungskonfigurator aufgebaut ist und welche Methoden für die Umsetzung herangezogen werden. Dabei ist zu erwähnen, dass der Fokus in dieser Arbeit primär auf dem logistischen Konzept bzw. dem Lösen der Aufgabenstellung liegt und die Umsetzung im Lösungskonfigurator dagegen im Hintergrund steht. An dieser Stelle sei explizit erwähnt, dass diese Arbeit keiner programmiertechnischen Anforderung ausgesetzt ist. Wichtig ist jedoch, dass der Output vertretbar ist und sich mit der „konventionellen“ Dimensionierung von Lagerhallen deckt.

Natürlich wird in diesem Kapitel auch auf Methoden eingegangen, die eine effizientere Ausführung und Veranschaulichung veranlassen. Deshalb wird im Auslegungstool für die Erstellung neben Microsoft Excel auch die Skriptsprache VBA (Visual Basic for Applications) herangezogen, um einen besseren Nutzen des Lösungskonfigurators zu erzielen.

Somit wird für die Erstellung des Lösungskonfigurators auch die Entwicklungsumgebung, der Visual Basic Editor, verwendet. Vor allem das automatische Anlegen von Tabellenblättern, das Abfragen, Befüllen und Löschen von Zellen sowie die Zugriffsbestimmungen werden in der Entwicklungsumgebung durchgeführt.

Dabei ist zu beachten, dass der Benutzer des Lösungskonfigurators nur die Arbeitsumgebung des Microsoft Excel 2013 bedienen kann und darf. In Abb. 28 sind die beiden Umgebungen des Auslegungstools zu sehen.

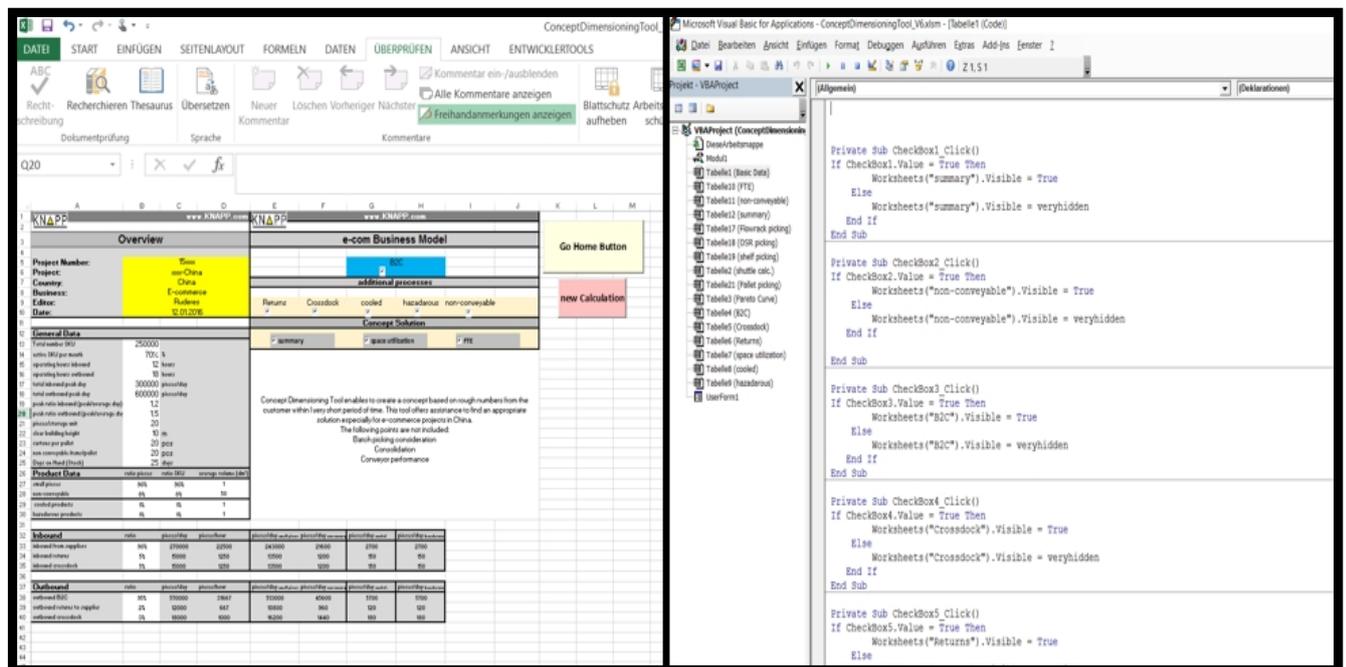


Abb. 28: Arbeits- und Entwicklungsumgebung des Lösungskonfigurators, Quelle: Eigene Darstellung.

Der Lösungskonfigurator ist in mehrere Tabellenblätter untergliedert, um eine bessere Durchsicht und Veranschaulichung zu gewährleisten. Dabei werden nur jene Tabellenblätter aktiviert, die je nach Anwendungsfall und Aufgabenstellung, relevant sind.

Das Auslegungstool setzt sich aus folgenden Tabellenblätter zusammen:

- ✓ Daten Basis
- ✓ E-Commerce B2C
- ✓ Pareto Kurve (nicht für den Benutzer verfügbar)
- Lager- und Kommissionierbereiche
 - ✓ Palettenkommissionierung
 - ✓ Durchlaufregalkommissionierung
 - ✓ OSR Shuttle™ Kommissionierung
 - ✓ Shuttle Berechnung (nicht für den Benutzer verfügbar)
 - ✓ Fachbodenregalkommissionierung
- Erweiterte Funktionsbereiche
 - ✓ Kühlbereich - Kühlzone
 - ✓ Gefahrenzone
 - ✓ Sperrige Güter
 - ✓ Warenumschlag
 - ✓ Retouren
- Auswertung
 - ✓ Zusammenfassung des Konzeptes
 - ✓ Berechnung des Vollzeitäquivalents
 - ✓ Berechnung des Platzbedarfes

In Abb. 29 ist der schematische Aufbau des Lösungskonfigurators zu sehen. Auf der linken Seite befindet sich die Vorgehensweise der Konzeptausarbeitung, auf der rechten Seite sind die erforderlichen Tabellenblätter des Lösungskonfigurators sichtbar.



Abb. 29: Aufbau des Lösungskonfigurators, Quelle: Eigene Darstellung.

Aufgrund der globalen Ausrichtung der Fa. KNAPP AG wird der Lösungskonfigurator auf Englisch verfasst, damit auch nicht deutschsprachige Mitarbeiter bzw. Kunden damit arbeiten können. Deshalb werden die nachstehenden Abbildungen und deren Inhalt auf Englisch dargestellt, wobei die Beschreibung in der Masterarbeit auf Deutsch erfolgt.

7.1 Eingabedaten und Datenanalyse

7.1.1 Datenbasis (Eingabemaske)

Das erste Tabellenblatt des Konfigurators hat den Zweck, das Auslegungstool mit den notwendigen Kundendaten zu versorgen. Sollten gewisse Eingabedaten nicht bekannt sein, dann ist eine Annahme seitens des Bedieners zu treffen.

Das Tabellenblatt ist in 5 Bereiche gegliedert:

- ✓ Projektinformation
- ✓ Ausgangsdaten
- ✓ Produktdaten
- ✓ Wareneingangs- und Ausgangsleistung
- ✓ Untersuchungsinteresse

Projektinformation:

In diesem Bereich werden die allgemeinen Informationen wie der Kundename, die Projektnummer und der Ersteller inklusive Ausführungsdatum eingetragen.

Ausgangsdaten:

Die Ausgangsdaten umfassen die Mindestanforderung an Kundendaten, damit ein Konzept bzw. eine Lösung überhaupt angestrebt werden kann. Dabei werden folgende Kundendaten eingetragen:

- ✓ Anzahl der Referenzen (SKU)
- ✓ Betriebsstunden
- ✓ Wareneingangsleistung (Anzahl der Stücke, die am Tag ins Lager kommen)
- ✓ Warenausgangsleistung (Anzahl der Stücke am Tag, die kommissioniert werden müssen)
- ✓ Spitzenfaktor (Verhältnis zwischen Durchschnitt- und Spitzentag)
- ✓ Gebäudeanforderungen (lichte Höhe)
- ✓ Informationen über die Transporthilfsmittel (Anzahl der Produkte per Ladehilfsmittel)
- ✓ Lagerreichweite

Produktdaten:

Anhand der Produktinformationen ist es möglich, jene Produkte zu unterscheiden, die aufgrund deren Eigenschaften nicht wie in Kapitel 6 beschriebenen Lagerbereiche gelagert werden können. Dabei werden folgende Produkte berücksichtigt:

- ✓ Kühlprodukte
- ✓ sperrige Produkte
- ✓ gefährliche (brennbare) Produkte

Anhand dieser Produktinformation werden die oben genannten Produkte getrennt betrachtet und deren Lagerbereiche dimensioniert.

Wareneingangs- und Ausgangsleistung:

In diesem Bereich wird der Wareneingangs- und Ausgangsfluss beschrieben. Hierbei wird prozentuell festgehalten, wie sich das Retouren- und das Cross-Docking-Volumen zwischen Wareneingang und Warenausgang verändern, um deren Bereiche auslegen zu können.

Untersuchungsinteresse:

Hierbei kann anhand von Checkboxen ausgewählt werden, welche zusätzlichen Prozesse (Retouren, Cross-Docking etc.) neben dem E-Commerce berücksichtigt werden sollen.

Zusätzlich ist hierbei auch die Auswahl zu treffen, welche Berechnungen für die Lösung benötigt werden. Folgende Berechnungen können anhand von Checkboxen ausgewählt werden:

- ✓ Zusammenfassung des Konzepts
- ✓ Berechnung des Vollzeitäquivalents
- ✓ Berechnung des Platzbedarfes

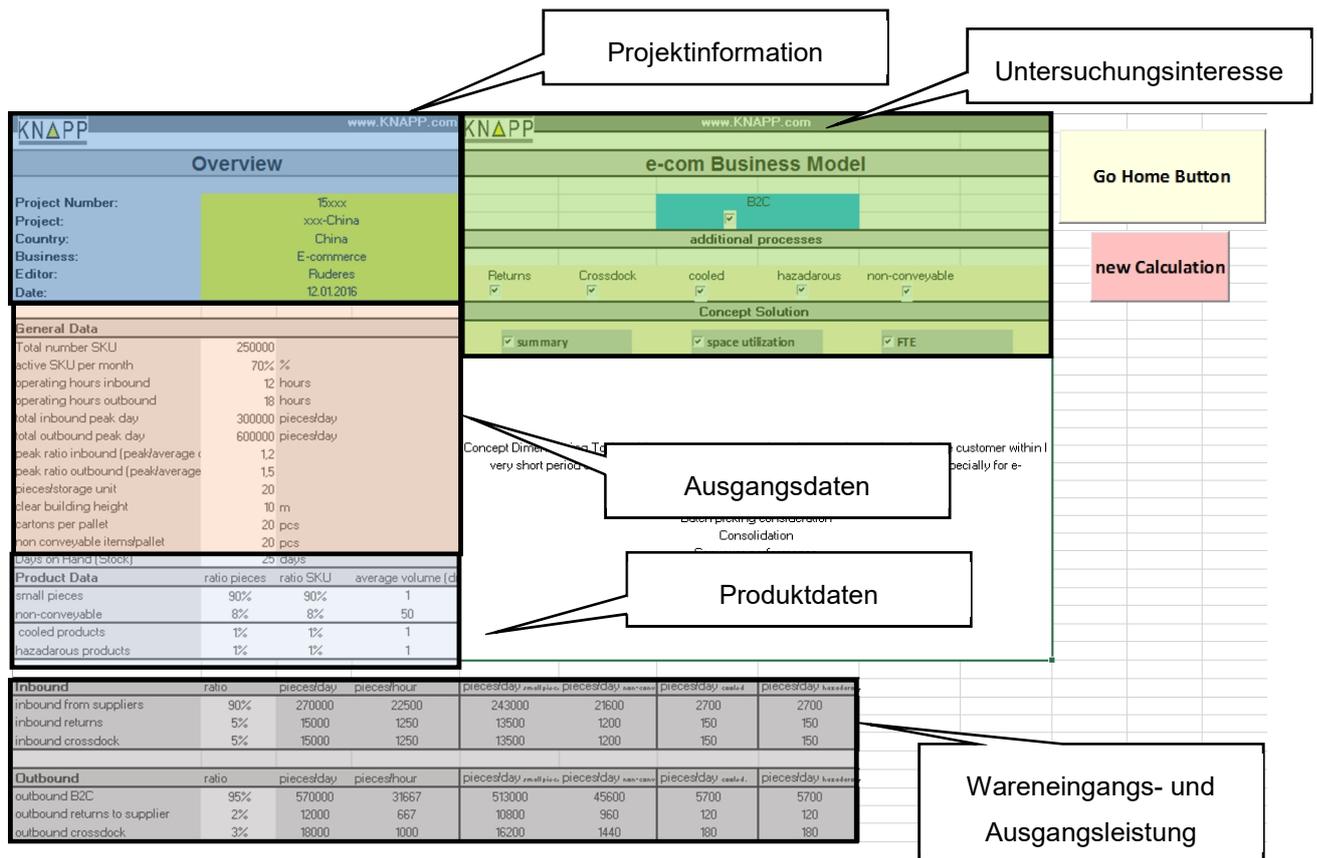


Abb. 30: Eingabemaske des Lösungskonfigurators, Quelle: Eigene Darstellung.

In der Eingabemaske sind nur jene Zellen beschreibbar, in denen eine Information zu den vorhin genannten Bereichen benötigt wird. Alle anderen Zellen sind mit einem Schreibschutz versehen. Zusätzlich ist die Sichtbarkeit der anderen Tabellenblätter erst nach auswählen der benötigten Checkboxen sichtbar. Somit wird dem Mitarbeiter dargestellt, welche Tabellenblätter für den Anwendungsfall relevant sind. Aus diesem Grund ist mit Hilfe von VBA die Sichtbarkeit der Tabellenblätter mit folgendem Makro umgesetzt worden:

```
Private Sub CheckBox2_Click()
    If CheckBox2.Value = True Then
        Worksheets("non-conveyable").Visible = True
    Else
        Worksheets("non-conveyable").Visible = veryhidden
    End If
End Sub
```

Quelltext 1: Aktivierung der Tabellenblätter mit VBA, Quelle: Eigene Darstellung.

Des Weiteren sind in der Eingabemaske zwei Command Buttons dargestellt:

- ✓ „Go Home“ Button
- ✓ „New Calculation“ Button

Der „Go Home“ Button veranlasst bei Betätigung die Schließung und die Datensicherung der Datei. Der „New Calculation“ Button löscht alle beschreibbaren Zellen der Eingabemaske sowie alle Berechnungen und Auswertungen. Zusätzlich werden bei Betätigung alle Tabellenblätter ausgeblendet, bis in der Eingabemaske wiederum eine Auswahl der Checkboxen erfolgt.

7.1.2 E-Commerce (B2C)

Im Tabellenblatt E-Commerce werden die Eingabedaten der Eingabemaske verarbeitet, um in weiterer Folge die unterschiedlichen Lager und Kommissionierbereiche auslegen zu können. Dabei werden anhand der Auftragsstruktur folgende Werte berechnet:

- ✓ Auftragszeilen
- ✓ Aufträge
- ✓ Stück/Auftrag

Ein Kommissionierauftrag besteht aus einem oder mehreren unterschiedlichen Artikeln. Die Anzahl an unterschiedlichen Artikel wird auch Zeilen genannt. Pro Auftragszeile ergibt sich eine Anzahl von mindestens einem Stück. Somit setzt sich ein Auftrag aus folgenden Komponenten zusammen:⁶⁶

Auftrag (order)	
besteht aus	
Zeilen (lines)	Stück (pieces)
daraus folgt	
Zeilen/Auftrag	
Stück/Zeile	
Stück/Auftrag	

Tab. 4: Auftragszusammensetzung, Quelle: Eigene Darstellung.

Um die Anzahl der Zeilen überhaupt berechnen zu können, ist im Tabellenblatt die Auftragsstruktur einzugeben. Sollte die Auftragsstruktur vom Kunden nicht bekannt sein, muss eine Abschätzung seitens des Bedieners gemacht werden. Hierbei kann wie in Kapitel 2 von einer geringen Stück- und Zeilenmenge pro Auftrag ausgegangen werden. Nachdem die Tagesleistung anhand von Stück/Tag bekannt ist, werden mit Hilfe der Auftragsstruktur die zu kommissionierenden Aufträge und Zeilen berechnet.

Des Weiteren erfolgt eine Einteilung der unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche anhand einer ABC Klassifizierung. Grundsätzlich kann von einer Verteilung, dass 20 % der Artikel 80 % der kommissionierten Produkte ausmachen, ausgegangen werden (siehe Unterkapitel 4.2).

Aus der Praxis lässt sich aber erkennen, dass je nach Kunde eine leicht abweichende ABC-Charakteristik anhand der Aufträge zu erkennen ist. Aus diesem Grund kann mit folgender Formel (Abb. 31) der Kurvenverlauf der Pareto kurve durch den Faktor k verändert werden:⁶⁷

⁶⁶ Vgl. Michael (2011), S. 17 ff.

⁶⁷ Vgl. KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.

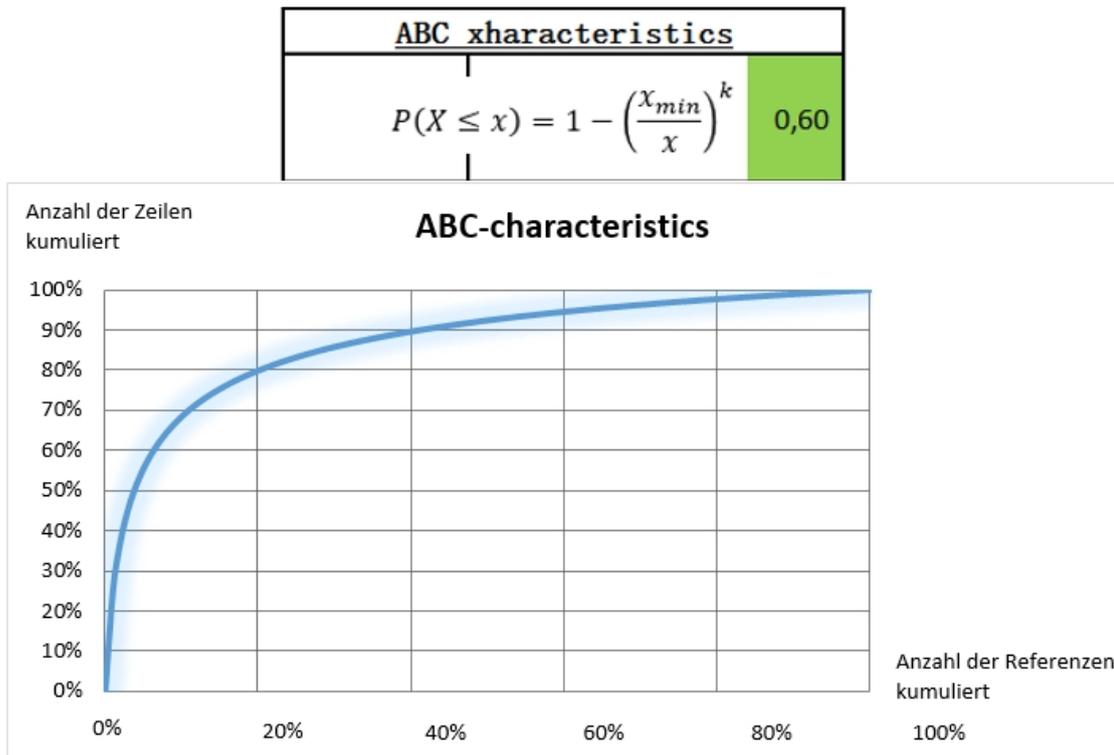


Abb. 31: ABC – Charakteristik anhand des Faktors k anpassen, Quelle: Eigene Darstellung.

Je höher der Faktor ist, desto steiler ist der Verlauf der ABC-Kurve. Eine 20/80 – Verteilung ergibt sich bei Faktor 0,3.

Nachdem der Faktor im Auslegungstool eingegeben wird, ändert sich automatisch der Verlauf der Kurve. Dabei wird in einem zusätzlichen Berechnungsblatt (Tabellenblatt Pareto kurve) für jeden x-Wert der entsprechende y-Wert berechnet, um eine Darstellung wie in Abb. 31 zu erzielen.

Um im nächsten Schritt eine ABC-Klassifizierung anhand der Kundendaten durchführen zu können, wird zusätzlich in der Berechnung für jeden x-Wert (1 bis 100) die Anzahl der Stücke und SKUs (Stock Keeping Unit) kumuliert berechnet. Dividiert man die Anzahl der Stücke durch die Anzahl der SKUs, erhält man die Zugriffshäufigkeit wie in Unterkapitel 4.1 beschrieben. Anhand dieser Zugriffshäufigkeit (Schnell-, Langsam- und Mitteldreher) werden die unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche festgelegt. Dabei werden die kumulierten Daten mit Hilfe einer WENN/UND-Funktion auf die festgelegte Zugriffshäufigkeit abgefragt und den verschiedenen Bereichen zugeordnet.

Mit Hilfe des Lösungskonfigurators werden 4 unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche festgelegt bzw. vorgeschlagen:

Person-zur-Ware-Kommissionierung:

- ✓ Palettenkommissionierung (AA-Dreher)
- ✓ Durchlaufregalkommissionierung (A-Dreher)
- ✓ Fachbodenregalkommissionierung (C-Dreher)

Ware-zur-Person-Kommissionierung:

- ✓ OSR Shuttle-Kommissionierung (B-Dreher)

In Tab. 5 ist die Einteilung der unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche anhand der Zugriffshäufigkeit zu sehen.

Picking areas	SKU	lines	pieces	pieces/SKU
AA-Mover	1575	121221	128495	81,58
A - Mover	1575	60065	63669	40,43
B - Mover	61425	253982	269221	4,38
C - Mover	92925	48693	51615	0,56

Tab. 5: Einteilung der unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche, Quelle: Eigene Darstellung.

Werden keine zusätzlichen Einstellungen im Auslegungstool vorgenommen, werden alle 4 Bereiche berücksichtigt. Aufgrund der unterschiedlichen Kundenvorstellungen kann es vorkommen, dass gewisse Bereiche nicht erwünscht bzw. umsetzbar sind. Deshalb kann der Benutzer anhand einer Menüliste jene der 4 Bereiche auswählen, die auch für die Konzeptauslegung relevant sind. Zusätzlich besteht auch die Möglichkeit, die festgelegte Zugriffshäufigkeit per Kommissionierbereich aufgrund diverser Erfahrungswerte zu ändern. Damit ist es dem Bediener erlaubt, die Lager- und Leistungskapazitäten der einzelnen Bereiche zu verändern. Diese Anpassung kann in Tab. 6 durchgeführt werden.

Picking areas	Picking area suggestion	Define picking areas	Picking areas allocation	pieces/SKU minimum	benchmark
AA-Mover	pallet picking	pallet picking	<u>pallet picking</u>	80	>75
A - Mover	flowrack picking	flowrack picking	<u>flowrack picking</u>	35	35.....80
B - Mover	OSR picking	OSR picking	<u>OSR picking</u>	1	1.....40
C - Mover	shelf picking	shelf picking	<u>manual picking</u>	0	0.....1

Tab. 6: Anpassung der Lager- und Kommissionierbereiche aufgrund der Kundenanforderungen, Quelle: Eigene Darstellung.

Dabei sind die angeführten Spalten wie folgt zu verstehen:

Picking areas:

Darin sind die unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche des Lösungskonfigurators aufgelistet und zusätzlich mit den Werten (SKUs, Stück, Zeilen) hinterlegt.

Picking area suggestion:

Hierbei werden anhand der Zugriffshäufigkeit mit Hilfe einer WENN/UND-Funktion die unterschiedlichen Bereiche berechnet (Vorschlag des Lösungskonfigurators).

Define picking areas:

In dieser Spalte können die Bereiche manuell anhand einer Menüliste verändert werden. Sollte ein Kunde beispielsweise die gesamte Ware ausschließlich im OSR Shuttle lagern wollen, ist in jeder Zeile dieser Spalte mit Hilfe der Menüliste das OSR Shuttle auszuwählen.

Picking area allocation / pieces/SKU minimum:

In diesen beiden Spalten sind die unterschiedlichen Bereiche angeführt, in welchen ersichtlich ist, welche minimale Zugriffsmenge (Stück/SKU) für die Auslegung berücksichtigt wird. Wird dieser Wert geändert, dann verschieben sich die Leistungsmengen des Bereiches. Somit können die unterschiedlichen Bereiche individuell vergrößert bzw. verkleinert werden.

Benchmark:

Hierbei ist ein Vergleichswert angeführt, um eine Vorstellung zu erhalten, welche Zugriffshäufigkeit aufgrund von anderen Projekten berücksichtigt wurden. Dabei ist zu beachten, dass die Zugriffshäufigkeit alle SKUs, die innerhalb eines Monats benötigt werden, miteinschließt.

Nachdem alle Eingaben getroffen werden, werden mit Hilfe eines Command Button die unterschiedlichen Bereiche in den zeitgleich neu eröffneten Tabellenblätter generiert. Mit Hilfe von VBA werden nur jene Bereiche berücksichtigt, die der Benutzer auswählt.

```
Private Sub Create_Picking_Areas_Click()

If Worksheets("B2C").Range("H23").Value = "pallet picking" Then
Worksheets("Pallet picking").Visible = True
Worksheets("Pallet picking").Range("B5:G5").Value = Worksheets("B2C").Range("A23:F23").Value

Else
    Worksheets("Pallet picking").Visible = veryhidden
    Worksheets("Pallet picking").Range("B5:G5").ClearContents
End If

If Worksheets("B2C").Range("H24").Value = "pallet picking" Then
Worksheets("Pallet picking").Visible = True
Worksheets("Pallet picking").Range("B6:G6").Value = Worksheets("B2C").Range("A24:F24").Value

Else

    Worksheets("Pallet picking").Range("B6:G6").ClearContents
End If

If Worksheets("B2C").Range("H25").Value = "pallet picking" Then
Worksheets("Pallet picking").Visible = True
Worksheets("Pallet picking").Range("B7:G7").Value = Worksheets("B2C").Range("A25:F25").Value

Else

    Worksheets("Pallet picking").Range("B7:G7").ClearContents
End If
If Worksheets("B2C").Range("H26").Value = "pallet picking" Then
Worksheets("Pallet picking").Visible = True
Worksheets("Pallet picking").Range("B8:G8").Value = Worksheets("B2C").Range("A26:F26").Value

Else

    Worksheets("Pallet picking").Range("B8:G8").ClearContents
End If
```

Quelltext 2: Generierung der Lager- und Kommissionierbereiche in einem neuen Tabellenblatt mit Hilfe von VBA, Quelle: Eigene Darstellung.

Zusätzliche Prozesse (Kühlprodukte, Cross-Docking etc.) werden in diesem Tabellenblatt getrennt betrachtet. Sind aufgrund des Kunden in der Eingabemaske zusätzliche Prozesse zu berücksichtigen, dann werden die entsprechenden SKUs und die erforderlichen Kommissionierleistungen in separaten Tabellen aufgelistet, um in weiterer Folge auch diese Bereiche dimensionieren zu können. Dabei ist darauf zu achten, dass diese Leistungszahlen in der Auslegung B2C abgezogen werden, da die Lagerung und

Kommissionierung solcher Produkte in einem eigenen Bereich erfolgt und von den oben genannten Bereichen zu trennen ist.

Aufgrund der zu definierenden Ein- und Ausgangsleistung sowie der Anzahl an SKUs für diese Sonderprozesse, wird im B2C- Tabellenblatt eine Übersicht für jeden zusätzlichen Prozess erzeugt. In Abb. 32 ist eine Auflistung dieser Zusatzprozesse zu sehen.

ABC curve B2C, non-conveyable		B2C											
e-commerce													
SKU	14.000	Lines	43.019	Pieces	45.600	Inbound/day	21.600	Stock on Hand	25	Stock Box	760.000	Orders	17.208
%													
1%	140	36%	15.616	36%	16.553	36%	7.841		36%	275.891	36%	6.247	
1%	140	15%	6.539	15%	6.931	15%	3.283		15%	115.525	15%	2.616	
25%	3.500	41%	17.526	41%	18.578	41%	8.800		41%	309.630	41%	7.010	
73%	10.220	8%	3.337	8%	3.537	8%	1.676		8%	58.955	8%	1.335	
ABC curve B2C, cooled		B2C											
e-commerce													
SKU	1.750	Lines	5.377	Pieces	5.700	Inbound/day	2.700	Stock on Hand	25	Stock Box	4.750	Orders	2.151
%													
1%	18	36%	1.952	36%	2.069	36%	980		36%	1.724	36%	781	
1%	18	15%	817	15%	866	15%	410		15%	722	15%	327	
25%	438	41%	2.191	41%	2.322	41%	1.100		41%	1.935	41%	876	
73%	1.278	8%	417	8%	442	8%	209		8%	368	8%	167	
ABC curve B2C, hazardous		B2C											
e-commerce													
SKU	1.750	Lines	5.377	Pieces	5.700	Inbound/day	2.700	Stock on Hand	25	Stock Box	4.750	Orders	2.151
%													
1%	18	36%	1.952	36%	2.069	36%	980		36%	1.724	36%	781	
1%	18	15%	817	15%	866	15%	410		15%	722	15%	327	
25%	438	41%	2.191	41%	2.322	41%	1.100		41%	1.935	41%	876	
73%	1.278	8%	417	8%	442	8%	209		8%	368	8%	167	

Abb. 32: Zusammenfassung der Sonderprozesse (Kühlprodukte, brennbare Produkte, sperrige Produkte), Quelle: Eigene Darstellung.

Zusätzlich werden neben den Auftragszeilen, SKUs und den zu kommissionierenden Produkten die Lagerreichweite, Anzahl der Aufträge und die Anzahl der zu lagernden Kartons dargestellt. Wie diese Werte errechnet werden, wird in den nachstehenden Unterkapiteln beschrieben.

Der Sonderprozess Cross-Docking wird in diesem Tabellenblatt nicht aufgelistet, da es sich bei diesem Prozess um keine Kommissionierung handelt, sondern um einen einstufigen Cross-Docking Prozess. Des Weiteren beeinflussen Produkte, die dem Cross-Docking zuzuordnen sind, nicht die Lagerreichweite (siehe Unterkapitel 3.5).

Retouren, die nach einer positiven Qualitätsuntersuchung für den weiteren Verkauf zur Verfügung stehen, sind anhand der erforderlichen Eingabedaten in den diversen Lager- und Kommissionierbereiche bereits berücksichtigt. Retouren, die zurück an den Hersteller gelangen, werden in einem separaten Tabellenblatt getrennt behandelt.

7.2 Dimensionierung der Lager- und Kommissionierbereiche

In diesem Unterkapitel werden die Lager- und Kommissionierbereiche ausgelegt. Um eine bessere Übersicht zu gewähren, wird die gleiche Struktur wie in Kapitel 5 verwendet.

7.2.1 OSR Shuttle™ Kommissionierung

Aufgrund der Ware-zur-Person-Kommissionierung wird in diesem Tabellenblatt auf zwei wesentliche Anforderungskriterien eingegangen:

- ✓ Anzahl der geforderten Stellplätze im OSR Shuttle™ System
- ✓ Erforderliche Bereitstellleistung (Doppelspiele/Stunde)

Um die geforderten Lagerplätze bestimmen zu können, werden im Lösungskonfigurator die zu lagernden Artikel anhand des Fassungsvermögens eines Behälters und der Lagerreichweite in Bereitstellereinheiten umgerechnet. Hierbei werden in Anlehnung auf Gl. 5.1, 5.2 und 5.3 die benötigten Stellplätze im OSR Shuttle™ System berechnet.

Damit eine optimale Lösung für den Kunden gewährt werden kann, ist die Regalausführung des Shuttle Systems speziell auf die Kundenanforderung auszulegen. Aus diesem Grund werden im Lösungskonfigurator folgende Parameter berücksichtigt werden:

- ✓ Unterschiedliche Lagerebenen abhängig von der Höhe der Lagerbereitstellereinheit
- ✓ Art der Lagerung (doppeltiefe oder dreifachtiefe Lagerung)
- ✓ Anzahl der Ebenen und Module (Höhe und Länge)
- ✓ Lichte Höhe des Gebäudes

Je nach Abmessung des Lagerbehälters und der oben genannten Konfigurationsmöglichkeiten werden die Fachbreite, Fachtiefe und Fachhöhe in Anlehnung auf die Gl. 5.4, 5.5 und 5.6 berechnet.

Des Weiteren ist zu berücksichtigen, dass sich je nach Konfiguration des Regals die Bereitstellleistung ändert. Grundsätzlich wird die Anzahl der Doppelspiele über den Kehrwert der mittleren Spielzeit (Gl. 4.15) berechnet. Um nicht für jede Konfigurationsmöglichkeit die Berechnung der zu erwartenden Doppelspiele je Kundenanfrage berechnen zu müssen, ist seitens der Fa. KNAPP AG ein Berechnungstool erstellt worden, anhand welchem die Spielzeit automatisch berechnet wird.

Damit die unterschiedlichen Bereitstellleistungen berücksichtigt werden können, ist in einem separaten Tabellenblatt (shuttle calculation) eine Matrix erstellt, die je nach Konfiguration die dazugehörige Bereitstellleistung beinhaltet. Hierbei sind alle Konfigurationsmöglichkeiten in Bezug auf Länge, Höhe, Anzahl der Ebenen und die Art der Lagerung berücksichtigt und deren Leistungen anhand des Berechnungstools ermittelt. In dieser Matrix sind 416 Leistungswerte hinterlegt, die je nach Eingabe des Benutzers mit einer aufwändigen WENN/UND Funktion (siehe Abb. 33) abgefragt werden.

```
=WENN(UND(I6="double deep";I5="_320mm");INDEX('shuttle calc.'!$D$6:$M$12;VERGLEICH($I$7;'shuttle calc.'!$C$6:$C$12);VERGLEICH($I$8;'shuttle calc.'!$D$5:$M$5));WENN(UND(I6="double deep";I5="_220mm");INDEX('shuttle calc.'!$D$18:$M$22;VERGLEICH($I$7;'shuttle calc.'!$C$18:$C$22);VERGLEICH($I$8;'shuttle calc.'!$D$17:$M$17));WENN(UND(I6="double deep";I5="_400mm");INDEX('shuttle calc.'!$D$28:$M$34;VERGLEICH($I$7;'shuttle calc.'!$C$28:$C$34);VERGLEICH($I$8;'shuttle calc.'!$D$27:$M$27));WENN(UND(I6="triple deep";I5="_320mm");INDEX('shuttle calc.'!$R$6:$AA$12;VERGLEICH($I$7;'shuttle calc.'!$Q$6:$Q$12);VERGLEICH($I$8;'shuttle calc.'!$R$5:$AA$5));WENN(UND(I6="triple deep";I5="_220mm");INDEX('shuttle calc.'!$R$18:$AA$22;VERGLEICH($I$7;'shuttle calc.'!$Q$18:$Q$22);VERGLEICH($I$8;'shuttle calc.'!$R$17:$AA$17));WENN(UND(I6="triple deep";I5="_400mm");INDEX('shuttle calc.'!$R$28:$AA$34;VERGLEICH($I$7;'shuttle calc.'!$Q$28:$Q$34);VERGLEICH($I$8;'shuttle calc.'!$R$27:$AA$27))))))
```

Abb. 33: Abfrage der Bereitstellungsleistung durch eine WENN/UND Funktion, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhand dieser Abfrage ist es möglich, die exakte Bereitstellungsleistung zu ermitteln. In Abb. 34 ist die Konfigurationstabelle des OSR Shuttle™ abgebildet.

OSR configuration	
tote height	_220mm
storage	double deep
nr.of levels	20
nr. of modules	30
performance per aisle	529
clear height needed	8,3
locations per aisle	9600

Berechnete Werte

Abb. 34: OSR Shuttle™ Konfigurationstabelle, Quelle: Eigene Darstellung.

Wie in Abb. 34 sichtbar, werden folgende Werte nach Fertigstellung der Konfiguration berechnet bzw. ausgegeben:

- ✓ Bereitstellungsleistung pro Gasse
- ✓ Erforderliche lichte Höhe des Gebäudes
- ✓ Anzahl der Stellplätze pro Gasse

Um auf die erforderliche Anzahl der Gassen zu kommen, werden 2 Berechnungsschritte berücksichtigt. Zum einen wird die Anzahl der Gassen aufgrund der Stellplatzkapazität ermittelt. Hierbei wird berechnet, wie viele Gassen benötigt werden, um die erforderlichen Bereitstellereinheiten auf Lager zu haben. Die zweite Berechnung ermittelt, wie viele Gassen benötigt werden, um die erforderliche Bereitstellmenge garantieren zu können.

Damit das Delta der beiden Berechnungen, sprich die Anzahl der benötigten Gassen nicht zu weit voneinander abweicht, ist im Lösungskonfigurator mit Hilfe der bedingten Formatierung eine Überwachung implementiert, die dem Benutzer anzeigt, wenn die beiden ermittelten Anzahlen an Gassen zu sehr abweichen. Sollte dieser Fall eintreffen, kann mit Hilfe einer erneuten Konfiguration abgeholfen werden.

In Abb. 35 ist das Ausgabefenster zu sehen, in dem ersichtlich ist, wie viele Gassen aufgrund der erforderlichen Leistung und der Lagerkapazität benötigt werden.

locations	198785
locations needed	183333
number of aisles due to locations	19
number of aisles due to performance	21
	change configuration.....to much locations
	configuration applicable

Abb. 35: Ausgabe der benötigten Gassen für das OSR Shuttle™, Quelle: Eigene Darstellung.

Um die benötigten Kommissionierstationen berechnen zu können, wird im Lösungskonfigurator die voraussichtliche Kommissionierleistung pro Station festgelegt. Grundsätzlich ist solch eine Kommissionierstation mit dem M|M|1-Modell (siehe Abschnitt 4.4.2) zu vergleichen. Hierbei werden die Behälter vom OSR Shuttle angeliefert und verweilen solange in der Station, bis die erforderliche Kommissioniermenge entnommen wird.

Mathematisch wird die Anzahl der benötigten Pufferplätze vor der Bedienstation anhand der Bedienrate und Ankunftsrate sowie die Durchsatzleistung der Station (Gl. 4.6, 4.7 und 4.8) wie in der Theorie beschrieben, berechnet. Aufgrund der Vielzahl an bereits umgesetzten Kommissionierstationen und deren bewährten Ausführung ist im Lösungskonfigurator keine Berechnung dieser Art direkt berücksichtigt. Die Anzahl der Kommissionierstationen ergibt sich aus der Division der erforderlichen Kommissionierleistung durch die Kommissionierleistung pro Station (Erfahrungswerte von bereits umgesetzten Projekten).

In Abb. 36 ist zusammengefasst, welche Komponenten im Tabellenblatt „OSR Shuttle™ Kommissionierung“ berechnet werden.

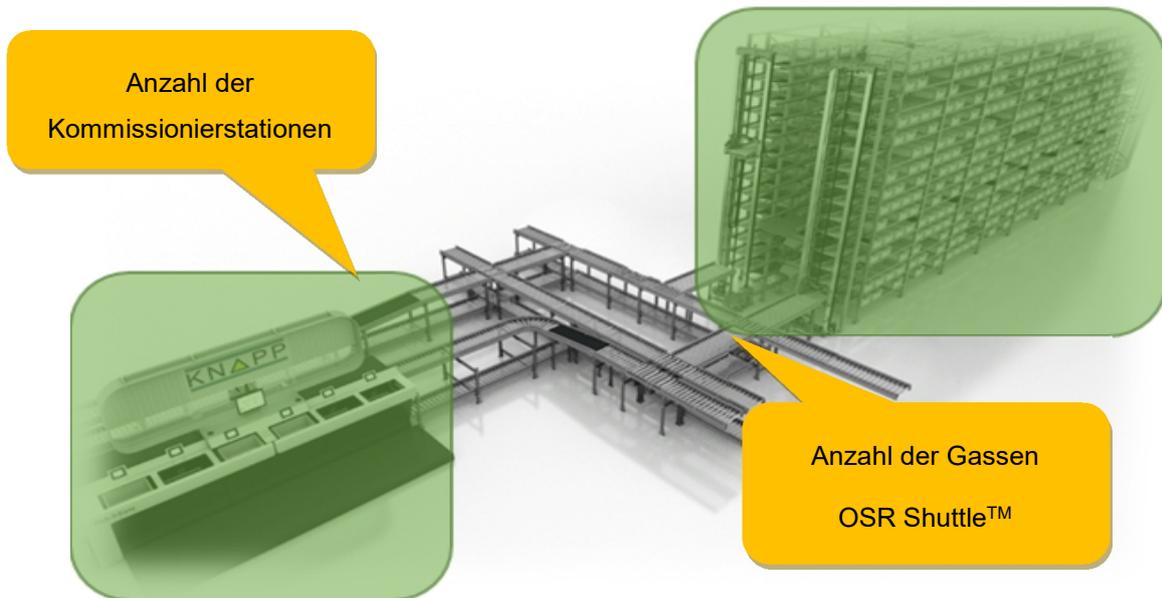


Abb. 36: Berechnungsübersicht des Tabellenblattes „OSR Shuttle™ Kommissionierung“, Quelle: Eigene Darstellung.

7.2.2 Fachbodenregalkommissionierung

In diesem Tabellenblatt werden die benötigten Stellplätze an Fachbodenmodulen und die benötigte Kommissionierleistung inklusive der benötigten Kommissionierer berechnet. In diesem Lager- und Kommissionierbereich werden die Langsamdreher, sprich die C-Artikel gelagert. Aufgrund unterschiedlicher Produktgruppen hat der Benutzer des Auslegungstools die Möglichkeit, die Konfiguration des Fachbodenregals zu ändern. In Tab. 7 sind die Parameter des Fachbodenregals zu sehen.

<i>shelf configuration:</i>		
length	1200	mm
width	600	mm
height	1800	mm
levels	4	levels
locations / Level	3	levels
utilization	80%	

Tab. 7: Parametrierung des Fachbodenregals, Quelle: Eigene Darstellung.

Um die Anzahl der erforderlichen Bereitstelleneinheiten zu ermitteln, wird in Anlehnung auf Gl. 5.2 die Anzahl der benötigten Bereitstelleneinheiten berechnet. Zusätzlich ist der Füllgrad (siehe Tab. 7) anhand der Gl. 5.3 ebenfalls in der Berechnung miteinbezogen. Mit Hilfe der Gl. 5.7 und 5.8 wird die Regalparametrierung berücksichtigt und die Anzahl der benötigten Fachbodenregalmodule berechnet.

Die erforderliche Kommissionierleistung ist primär abhängig vom Kurvenverlauf der ABC-Analyse. Aufgrund der Zugriffshäufigkeit (siehe 7.1.2 E-Commerce (B2B)), ergibt sich die erforderliche Kommissionierleistung. Der Bediener hat die Möglichkeit, die Kommissionierleistung individuell

anzupassen. Da es sich um eine Ware-zur-Person-Kommissionierung handelt, ist die Kommissionierleistung von den Faktoren wie in Gl. 4.13 beschrieben abhängig:

- ✓ Kommissionierzeit
- ✓ Basiszeit
- ✓ Totzeit
- ✓ Greifzeit
- ✓ Wegzeit

In Tab. 8 ist das Ausgabefenster zu sehen, in dem ersichtlich ist, wie viele Module und Kommissionierer in diesem Lagerbereich benötigt werden.

shelf picking	
required shelf units	5182
picking operators required peak	32
picking operators required average	21

Tab. 8: Zusammenfassung Fachbodenregalkommissionierung, Quelle: Eigene Darstellung.

7.2.3 Durchlaufregalkommissionierung

Die Auslegung für die Durchlaufregalkommissionierung ist vom Prinzip gleich aufgebaut wie die Fachbodenregalkommissionierung. Hierbei hat der Bediener wiederum die Möglichkeit das Durchlaufregal je nach Anforderung des Kunden selbst zu konfigurieren. Je nach Konfiguration wird anhand der Gl. 5.12 die Anzahl der erforderlichen Durchlaufregalmodule ermittelt, wobei die Berechnung der Anzahl der benötigten Bereitstelleneinheiten nach Gl. 5.1 erfolgt.

flow rack configuration:		
length	2500	mm
width	2000	mm
height	1800	mm
levels	4	levels
channels / level	6	
utilization	80%	

Tab. 9: Parametrierung des Durchlaufregals, Quelle: Eigene Darstellung.

Grundsätzlich bestimmt die Anzahl der zu lagernden SKUs, die Anzahl der benötigten Durchlaufkanäle. Um eine effiziente Lagerung zu gewährleisten, wird der Übervorrat dieser Artikel auf Palettenregale gelagert. Anhand dieser Ausführung ist eine kompakte und kostensparende Lösung angestrebt. Deshalb wird im Lösungskonfigurator der Übervorrat abhängig von der Anzahl der SKUs und deren zu lagernden Menge berechnet, um in weiterer Folge die Anzahl an Palettenstellplätze ermitteln zu können. Auch hierbei hat der Bediener die Möglichkeit, die Konfiguration des Palettenregals an die Gebäudeanforderung anzupassen.

In Tab. 10 ist das Ausgabefenster zu sehen, in dem ersichtlich ist, wie viele Module und Kommissionierer in diesem Lagerbereich benötigt werden.

flow rack picking		
flow rack modules		
79		
picking operators required peak		
28		
picking operators required average		
19		
overstock	149	rack modules

Tab. 10: Zusammenfassung Durchlaufregalkommissionierung, Quelle: Eigene Darstellung.

7.2.4 Palettenkommissionierung

Artikel, die eine sehr hohe Zugriffshäufigkeit vorweisen, werden direkt von der Palette kommissioniert. Die Paletten stehen am Boden (einfach- oder doppeltiefe Lagerung) und der Kommissionierer entnimmt die entsprechenden Produkte. Auch hierbei wird der Übervorrat in einem Palettenregal gelagert, um eine platzoptimierte Lösung umsetzen zu können.

In diesem Tabellenblatt besteht die Möglichkeit, die Konfiguration der Palette sowie das Palettenregal für den Übervorrat zu ändern.

Dabei werden zwei unterschiedlichen Palettentypen berücksichtigt:

- ✓ Europalette
- ✓ Industriepalette

Des Weiteren kann im Auslegungstool für den Overstock eine einfach- und doppeltiefe Lagerung der Paletten berücksichtigt werden. Je nach Ausführung werden die Stellplätze des Übervorrates automatisch berechnet. In Tab. 11 sind die konfigurierbaren Parameter des Kommissionierbereiches zu sehen:

pallet rack configuration			
pallet	length	1200	mm
	width	800	mm
	height	1500	mm
storage	double deep		
	utilization	80%	
overstock		8	levels
pallet rack		3	pallets/bay

Tab. 11: Parametrierung der Palettenkommissionierung, Quelle: Eigene Darstellung.

Für die Kommissionierleistung werden wiederum Erfahrungswerte verwendet. Da es sich in diesem Bereich um die Schnelldreher handelt, werden üblicherweise für die Kommissionierleistung 200 bis 400 Zeilen/Stunde angenommen. Dieser Wert kann vom Benutzer wie in den Bereichen Fachbodenregalkommissionierung und Durchlaufregalkommissionierung festgelegt werden, wobei eine

Indikation im Tool zur Verfügung steht. Je nach Wert errechnet sich dadurch die Anzahl der erforderlichen Kommissionierer.

Nachdem alle Einstellungen getroffen sind, ist im Ausgabefenster eine Zusammenfassung von diesem Bereich ersichtlich.

pallet picking		
pallet locations on ground		
1969		
picking operators required peak		
74		
picking operators required average		
62		
overstock	302	rack modules

Tab. 12: Zusammenfassung Kommissionierung von Palette, Quelle: Eigene Darstellung.

7.3 Erweiterte Funktionsbereiche

Produkte werden aufgrund ihrer Produkteigenschaften und zusätzlicher Prozesse, die ebenfalls im Lager berücksichtigt werden sollen, im Lösungskonfigurator separat betrachtet und ausgewertet. Dabei können folgende Zusatzprozesse berücksichtigt werden:

- ✓ Kühlprodukte
- ✓ Gefährliche Güter
- ✓ Sperrige Güter
- ✓ Retouren
- ✓ Cross-Docking

7.3.1 Kühlbereich und Gefahrenzone

Produkte, die einen gekühlten Lagerbereich benötigen sowie Produkte, die aufgrund deren Inhalte (entzündliche Artikel) nicht mit anderen Produkten gemeinsam gelagert werden dürfen, werden mithilfe des Auslegungstools getrennt betrachtet werden.

In diesem Abschnitt werden beide Bereiche (Kühlbereich und Gefahrenbereich) zusammen erläutert, da im Lösungskonfigurator dieselben Rechenwege benötigt werden und die beiden Tabellenblätter ident aufgebaut sind. Natürlich wird für beide Bereiche eine getrennte Lagerung im Konzept vorgenommen.

Je nachdem, wie viele Produkte anhand der Kundendaten für diese Bereiche vorgesehen werden, ändern sich die Bereitstellkapazitäten für diesen Bereich. Nach Eingabe der Kundendaten und der Auswahl dieser Zusatzfunktion wird im Lösungskonfigurator eine Zusammenfassung dargestellt (Abb. 37).

cooled products													
ABC curve B2C, cooled	B2C												
e-commerce													
SKU	1.750	Lines	5.377	Pieces	5.700	Inbound/day	2.700	Stock on Hand	25	Stock Box	4.750	Orders	2.151
	-	%											-
1%	18	36%	1.952	36%	2.069	36%	980			36%	1.724	36%	781
1%	18	15%	817	15%	866	15%	410			15%	722	15%	327
25%	438	41%	2.191	41%	2.322	41%	1.100			41%	1.935	41%	876
73%	1.278	8%	417	8%	442	8%	209			8%	368	8%	167

Abb. 37: Zusammenfassung der errechneten Parameter des Kühlbereiches, Quelle: Eigene Darstellung.

Um die Anzahl der benötigten Regale zu berechnen, wird auf die Gl. 5.7 und 5.8 zurückgegriffen. Je nach Konfiguration des Regals werden die benötigten Module automatisch berechnet. In Tab. 13 sind die Eingabeparameter zu sehen, die der Benutzer für die Konfiguration des Fachbodenregals vornehmen kann.

cooled area		
shelf configuration:		
length	1200	mm
width	600	mm
height	1800	mm
levels	4	levels
locations / Level	3	levels
utilization	80%	

Tab. 13: Parametrierung des Fachbodenregals für Kühlprodukte, Quelle: Eigene Darstellung.

Für die gefährlichen Güter steht die gleiche Konfiguration zur Auswahl. Da es sich auch hierbei um eine Person-zur-Ware-Kommissionierung handelt, setzt sich die Leistung wie in Gl. 4.13 beschrieben zusammen. Nachdem alle Einstellungen getroffen sind, ist im Ausgabefenster eine Zusammenfassung von diesem Bereich ersichtlich (Abb. 38).

cooled area
required shelf units 495
picking operators required peak 3
picking operators required average 2

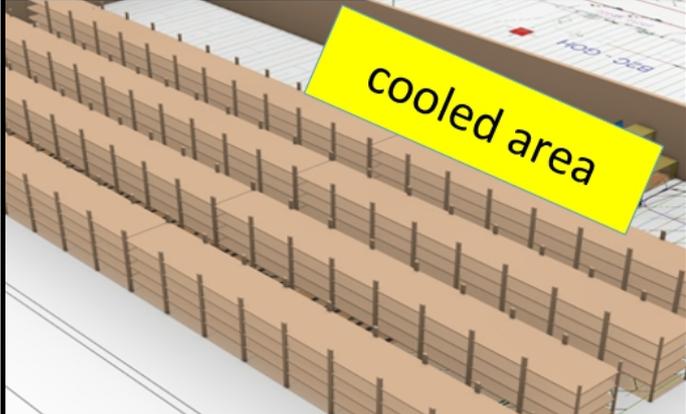


Abb. 38: Zusammenfassung Lagerung und Kommissionierung Kühlbereich, Quelle: Eigene Darstellung.

7.3.2 Sperrige Güter

Sperrige Güter können aufgrund ihrer Abmessung und Form nicht in Bereitstellereinheiten gelagert und transportiert werden. Deshalb werden diese Produkte auf Paletten gelagert. Die Kommissionierung erfolgt durch eine Person-zur-Ware-Kommissionierung. Die benötigten Bereitstellplätze (Paletten) errechnen sich gleich wie in Gl. 5.7 und 5.8 beschrieben. Der einzige Unterschied besteht darin, dass die Bereitstellplätze im Vergleich zu einem Fachbodenregal um einiges größer sind. Damit eine platzoptimierte Lagerung dieser Artikel vorgenommen werden kann, hat der Bediener die Möglichkeit, das Palettenregal inklusive der benötigten Ebenen selbst zu konfigurieren (Tab. 14).

configuration pallet rack			
pallet	length	1200	mm
	width	800	mm
	height	1500	mm
pallet rack	utilization	80%	
		8	levels
		3	pallets / bay

Tab. 14: Parametrierung des Palettenregals für sperrige Güter, Quelle: Eigene Darstellung.

Hierbei ist zusätzlich zu beachten, dass die Kommissionierleistung geringer anzunehmen ist, als in allen anderen Bereichen, da aufgrund der hohen Ausführung des Palettenregals nur unter Verwendung eines Staplers kommissioniert werden kann. Je nach Ausführungsart des Staplers (Schmalgangstapler, konventioneller Stapler etc.) ist ein realistischer Wert für die Kommissionierung anzunehmen. In Abb. 39 ist die Zusammenfassung von diesem Bereich zu sehen.

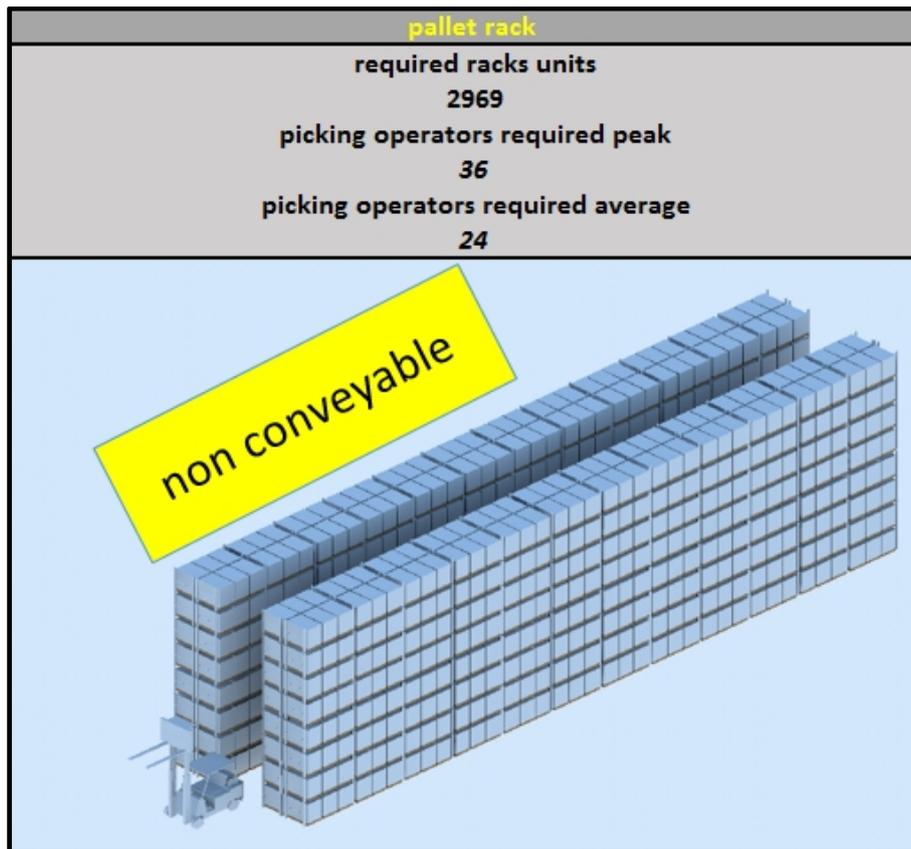


Abb. 39: Zusammenfassung Lagerung und Kommissionierung sperrige Güter, Quelle: Eigene Darstellung.

7.3.3 Retouren

Bei den Retouren hat der Bediener die Möglichkeit, neben der allgemeinen Retourenquote auch prozentuell festzulegen, wie viel Produkte der Retouren wieder an den Hersteller/Lieferanten aufgrund eines Qualitätsmangels zurückgesendet werden. Retouren, die nach der Qualitätskontrolle keine Mängel vorweisen, werden im Lager je nach Produkteigenschaft in den zuständigen Lager- und Kommissionierbereichen berücksichtigt. Diese Retouren sind in den Berechnungen (Unterkapitel 7.2) schon berücksichtigt und müssen deswegen nicht mehr gesondert betrachtet werden. In Tab. 15 sind die Retouren (Wareneingang und Warenausgang) und deren Produktzugehörigkeiten abgebildet.

Returns							
Inbound	ratio	pieces/day	pieces/hour	pieces/day small pieces	pieces/day non-convey.	pieces/day cooled	pieces/day hazardous
inbound returns	5%	15000	1250	13500	1200	150	150
Outbound	ratio	pieces/day	pieces/hour	pieces/day small pieces	pieces/day non-convey.	pieces/day cooled .	pieces/day hazardous
outbound returns to supplier	2%	12000	667	10800	960	120	120

Tab. 15: Retourenverteilung Wareneingang und Warenausgang, Quelle: Eigene Darstellung.

Retouren, die zurück zum Hersteller gesendet werden, können in einem separaten Bereich gelagert werden bis eine gewisse Anzahl an Retouren je Hersteller erreicht wird, um eine wirtschaftlichere Rücksendung zu erlangen. Dabei hat der Bediener die Möglichkeit, eine Konfiguration des Regals vorzunehmen auf dem

die Retouren bis zu ihrer Rücksendung gelagert werden. Dabei ist zu beachten, dass die Retouren die gleichen unterschiedlichen Produktcharakteristiken annehmen können, wie die zu lagernde Ware. Aus diesem Grund wird nach der Regalkonfiguration (Fachbodenregal und Palettenregal) die Anzahl der benötigten Module in Tab. 16 berechnet.

returns to supplier		
storage area	shelf modules	rack modules
small pieces	900	
cooled	10	
hazardous	10	
non conveyable		40
Total	920	40

Tab. 16: Anzahl der erforderlichen Regalmodule für Retouren, Quelle: Eigene Darstellung.

7.3.4 Cross-Docking

Das Tabellenblatt Cross-Docking ist ähnlich aufgebaut wie die Retouren. Wie in der Theorie im Unterkapitel 3.5 beschrieben, werden im Cross-Docking zwischen zwei Arten unterschieden:

1. Cross-Docking als Durchlaufsystem (einstufiges Cross-Docking)
2. Cross-Docking mit Aufbrechen der Ladeinheit (zweistufiges Cross-Docking)

Deshalb wird im Lösungskonfigurator prozentuell das einstufige Cross-Docking vom zweistufigen Cross-Docking unterschieden. Jene Artikel, die dem zweistufigen Cross-Docking zuzuordnen sind, werden im Unterkapitel 7.2 in der Lagerung und Kommissionierung berücksichtigt. Beim einstufigen Cross-Docking besteht die Möglichkeit, die Artikel für wenige Tage auf entsprechende Bereitstellflächen zu lagern, bevor sie ohne Aufbrechen der Ladeinheit im Versand auf die unterschiedlichen Kunden verteilt werden. In Tab. 17 ist die Verteilung zwischen dem einstufigen- und zweistufigen Cross-Docking zu sehen.

Cross-Docking								
Inbound		ratio	pieces/day	pieces/hour	pieces/day small pieces	pieces/day non-convey.	pieces/day cooled	pieces/day hazardous
inbound crossdock		5%	15000	1250	13500	1200	150	150
Outbound		ratio	pieces/day	pieces/hour	pieces/day small pieces	pieces/day non-convey.	pieces/day cooled	pieces/day hazardous
outbound crossdock		3%	18000	1000	16200	1440	180	180

Tab. 17: Verteilung des einstufigen- und zweistufigen Cross-Docking, Quelle: Eigene Darstellung.

Die Regalkonfiguration und deren Berechnung für die Zwischenlagerung des einstufigen Cross-Docking-Prozesses erfolgt gleich wie bei den Retouren (Tab. 16).

8 ERGEBNIS

Grundsätzlich können anhand des Auslegungstools drei Konzeptergebnisse berechnet werden. Dabei hat der Bediener die Möglichkeit, folgende Ergebnisse berechnen zu lassen:

- ✓ Konzeptionierung der unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche
- ✓ Vollzeitäquivalent
- ✓ Platzbedarfsberechnung

8.1 Konzeptionierung der unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche

In diesem Tabellenblatt werden alle relevanten Auslegungswerte dargestellt, die für den Kunden, für das System selbst und für die Erstellung des Konzeptlayouts relevant sind. Sollten alle Lager- und Kommissionierbereiche für die Berechnung von Bedeutung sein, werden alle Bereiche getrennt voneinander angeführt und die jeweiligen Auslegungswerte werden der Lagerung und der Kommissionierung untergeordnet.

Für die Lagerung werden folgende Werte ausgegeben:

- ✓ Konfiguration des Lagerbereiches (Gassen, Ebenen, Länge, Höhe etc.)
- ✓ Anzahl der benötigten Stellplätze, Module etc.

Für die Kommissionierung werden folgende Werte ausgegeben:

- ✓ Erforderliche Kommissionierleistung für die Durchschnitts- und Spitzenstunde
- ✓ Anzahl der erforderlichen Kommissionierer für die Durchschnitts- und Spitzenstunde

In Abb. 40 ist das Ergebnis für den automatisierten Lager- und Kommissionierbereich (OSR Shuttle System mit Ware-zur-Person-Kommissionierung) zu sehen.

OSR picking				
storage				
OSR configuration		locations needed	183333	
tote height	_220mm	number of aisles due to locations	21	
storage	double deep			
nr.of levels	20			
nr. of modules	30			
performance per aisle	529			
clear height needed	8,3			
locations per aisle	9600			
picking performance	600 lines/hour			
picking				
per peak hour				
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	picking operators required peak
	39375	10954	11611	19
per average hour				
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	picking operators required average
	39375	7303	7741	13



Abb. 40: Ergebnis Konzeptionierung OSR Shuttle Systems mit Ware-zur-Person-Kommissionierung, Quelle: Eigene Darstellung.

Die Ausgabe der anderen Lager- und Kommissionierbereiche (Fachbodenregalkommissionierung, Durchlaufregalkommissionierung und Einzelstückkommissionierung von Paletten) erfolgt nach dem gleichen Muster. Hierbei wird ebenfalls zwischen der Lagerung und der Kommissionierung unterschieden.

Anhand dieser Ausgabe ist es möglich, ohne weiteren Input eine Konzeptzeichnung zu erstellen. Damit eine bessere Vorstellung der unterschiedlichen Bereiche erzielt werden kann, ist im Ausgabefenster neben den Designparametern auch ein Beispielbild des Lager- und Kommissionierbereiches zu sehen.

8.2 Vollzeitäquivalent

Um den Kunden eine schnellere Abschätzung zu ermöglichen, wie viele Mitarbeiter er sich gegenüber einer rein manuellen Lösung einspart bzw. wie viele Mitarbeiter benötigt werden, wird zusätzlich neben der Konzeptionierung, das Vollzeitäquivalent berechnet. Des Weiteren hat der Kunde dadurch die Möglichkeit, eine genauere ROI (Return on Invest) Abschätzung zu tätigen. Um für alle Bereiche die Mitarbeiteranzahl zu ermitteln, bedarf es an zusätzlichen Berechnungen. Neben den erforderlichen Kommissionierern wird zusätzlich die erforderliche Anzahl an Mitarbeitern für folgende Prozesse berechnet:

- ✓ Wareneingang (Qualitätskontrolle, Umpackarbeitsplätze)
- ✓ Warenbereitstellung (Nachschub für die unterschiedlichen Lagerbereiche)
- ✓ Verpackung

Mitarbeiter, die für die Warenanlieferung und Auslieferung benötigt werden, werden im Konfigurator nicht berücksichtigt, da es sich hierbei um reine kundenbezogene Prozesse handelt. Grundsätzlich sind für die oben genannten Prozesse Leistungsindikatoren angeführt, wobei diese vom Bediener auf die Kundenbedürfnisse angepasst werden können (siehe Abb. 41).

FTE			
Goods In	<i>peak hour</i>	<i>average hour</i>	<i>performance [pcs/h]</i>
receiving ,QC,etc	98	81	250
decanting stations OSR	30	25	400
returns	30	25	50
Replenishment	<i>peak hour</i>	<i>average hour</i>	<i>performance [pieces/hour]</i>
pallet picking	2	1	25 pallets/hour
flow rack picking	4	3	50 cartons/hour
shelf picking	2	1	100 cartons/hour
cooled	1	1	100 cartons/hour
hazardous	1	1	100 cartons/hour
non-conveyable	8	6	25 pallets/hour
Picking	<i>peak hour</i>	<i>average hour</i>	<i>performance [lines/hour]</i>
pallet picking	78	52	200
flow rack picking	29	19	150
OSR picking	19	13	
shelf picking	6	4	600
cooled	4	3	100
hazardous	4	3	100
non-conveyable	36	24	100
crossdock	15	10	100
Packing	<i>peak hour</i>	<i>average hour</i>	<i>performance [pieces/hour]</i>
Sort an Pack (1 Putter 1 Packer)	214	143	200
cooled	2	2	200
hazardous	2	2	200
non-conveyable	25	17	150
Total operators per shift	611	435	

Abb. 41: Zusammenfassung der erforderlichen Mitarbeiter, Quelle: Eigene Darstellung.

Um zu sehen, welchen Einfluss der Spitzenfaktor bezogen auf das benötigte Personal hat, ist in Abb. 42 eine Gegenüberstellung dargestellt.

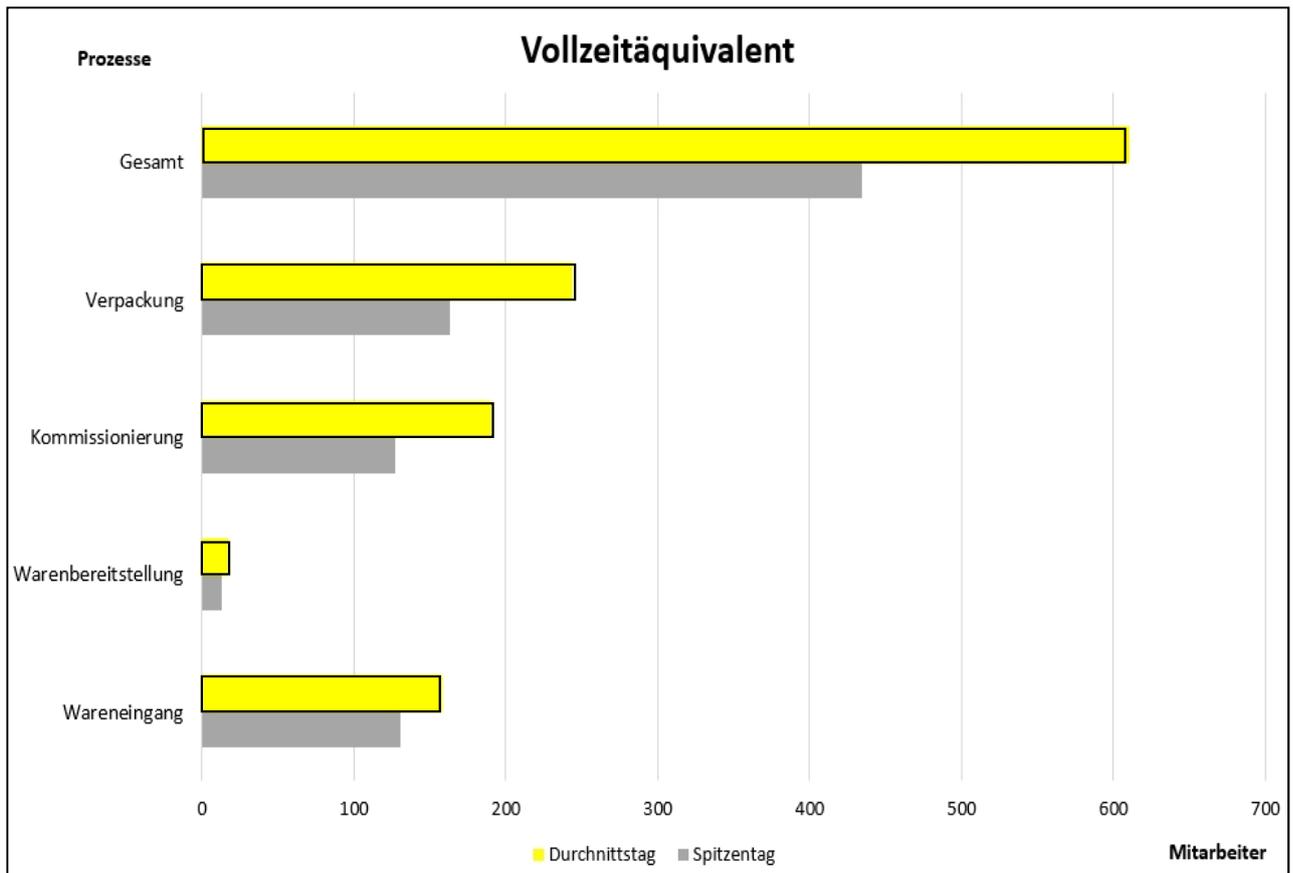


Abb. 42: Gegenüberstellung der benötigten Mitarbeiter zwischen Spitzen- und Durchschnittstag, Quelle: Eigene Darstellung.

Dabei ist erkennbar, dass die Anzahl der benötigten Mitarbeiter linear im Zusammenhang zum Spitzenfaktor steht.

8.3 Platzbedarf

Der benötigte Platzbedarf der konzipierten Lösung ist ein wichtiger Parameter für den Kunden. Dadurch kann dem Kunden eine grobe Abschätzung mitgeteilt werden, wie groß die zu verwendete Gebäudehalle ausgeführt werden muss. Sollte es sich in einem Projekt um eine bestehende Halle handeln, dann kann anhand dieser Berechnung schnell eruiert werden, ob sich das Konzept in die bestehende Halle überhaupt umsetzen lässt.

Um den Platzbedarf ermitteln zu können, wurde für jeden Lager- und Kommissionierbereich ein Zeichnungsmodell erstellt, in dem der Platzbedarf pro Lagermodul, Lagergasse, Arbeitsstation etc. ablesbar ist. Je nach Anzahl des erforderlichen Mengengerüsts wird der Platzbedarf berechnet.

In Abb. 43 ist für den Bereich Durchlaufregalkommissionierung der erforderliche Platzbedarf ersichtlich.

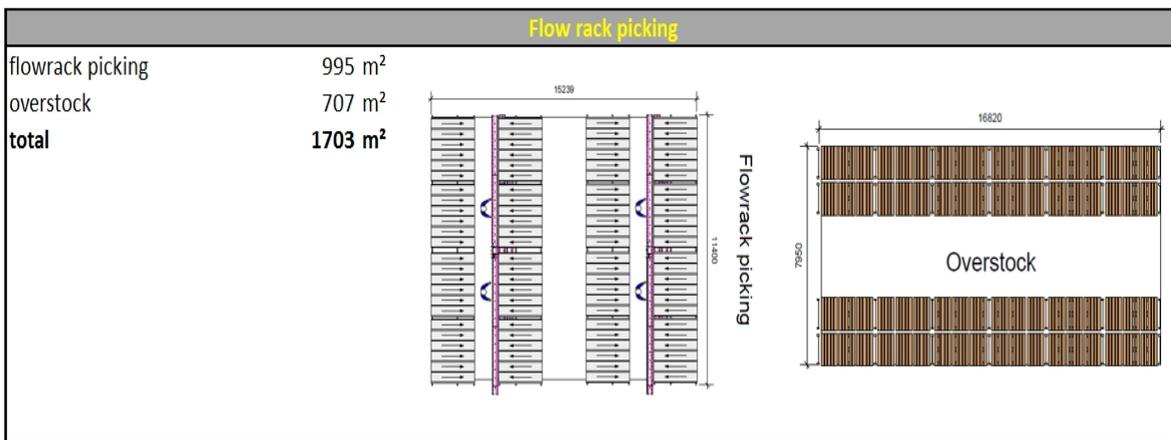


Abb. 43: Platzbedarf für den Bereich Durchlaufregalkommissionierung, Quelle: Eigene Darstellung.

Beim Platzbedarf ist zu berücksichtigen, dass gewisse Bereiche auf mehreren Gebäudeebenen aufgeteilt werden, um eine effiziente Platzausnutzung zu gewährleisten. In Abb. 44 ist der Platzbedarf für alle unterschiedlichen Bereiche in einem Diagramm dargestellt.

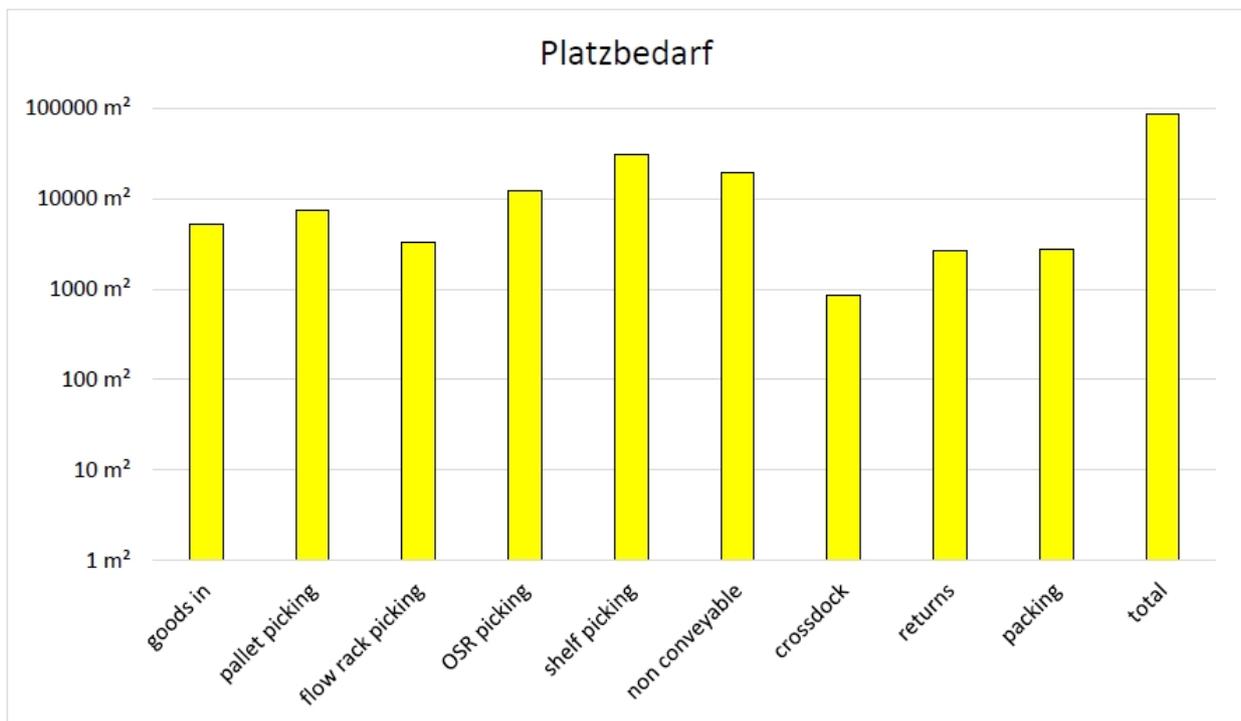


Abb. 44: Erforderlicher Platzbedarf der unterschiedlichen Bereiche, Quelle: Eigene Darstellung.

9 VERIFIZIERUNG MIT BEREITS UMGESETZTEN PROJEKTEN

Damit die Funktionalität und die Ergebnisse des Lösungskonfigurators bewertet werden können, ist eine Verifizierung mit bereits umgesetzten bzw. konzipierten Lösungen essentiell. Natürlich kann schon vorab davon ausgegangen werden, dass eine 100%ige Übereinstimmung mit den verglichenen Lösungen nicht eintreffen wird, da in jedem ausgearbeiteten Projekt auf individuelle Kundenwünsche eingegangen werden muss. Zusätzlich ist bei jeder Konzeptauslegung ein Interpretationsspielraum vorhanden, der je nach Verantwortlichkeit kleiner oder größer ausfallen kann.

Eine Ausarbeitung eines Konzeptes und deren Budgetangabe muss grundsätzlich in einem Detaillierungsgrad erfolgen, dass im späteren Vergleich zu einem Fixpreisangebot die +-10 % Grenze nicht überschritten werden darf. Deshalb wird bei der Verifizierung des Ergebnisses besonders darauf geachtet, dass sich der Lieferumfang in diesem Rahmen bewegt.

Bei der Verifizierung werden zwei bereits angebotene E-Commerce-Projekte untersucht. Um auch einen Vergleich anstellen zu können, ob das Auslegungstool auch für Projekte außerhalb Chinas eingesetzt werden kann, wird zusätzlich ein europäisches Projekt untersucht. Im Vergleich werden vor allem, je nach funktionellen Anforderungen des Kunden, die unterschiedlichen Arbeits- und Kommissionierstationen sowie die Lager- und Kommissionierbereiche und deren Platzbedarf untersucht. Um auch die Arbeitsweise anderer Personen in der Verifizierung zu berücksichtigen, wird darauf geachtet, dass zumindest eines der beiden zu untersuchenden Projekte, von einem anderen Mitarbeiter ausgelegt wurde.

9.1 Verifizierung mit einem chinesisches E-Commerce-Projekt

Bei diesem Kunden handelt es sich um einen der größten E-Commerce Händler in China. Dabei sind folgende Kundenanforderungen im Lösungskonfigurator zu berücksichtigen (Tab. 18):

General Data			
Total number SKU	2.689.175		
active SKU per month	15	%	
operating hours inbound	16	hours	
operating hours outbound	16	hours	
total inbound peak day	2.688000	pieces/day	
total outbound peak day	1.089379	pieces/day	
peak ratio inbound (peak/average day)	3		
peak ratio outbound (peak/average day)	1,3		
pieces/storage unit	17		
clear building height	20	m	
cartons per pallet	20	pcs	
non conveyable items/pallet	20	pcs	
Days on Hand (Stock)	50	days	
Product Data	ratio pieces	ratio SKU	average volume (dm ³)
small pieces	96%	95%	1

non-conveyable	4%	5%	50
cooled products	0%	0%	1
hazardous products	0%	0%	1
Inbound	ratio	pieces/day	pieces/hour
inbound from suppliers and returns	100%	2688000	168000
Outbound	ratio	pieces/day	pieces/hour
outbound B2C	100%	1089379	68086
outbound returns to supplier	36%	392176	24511

Tab. 18: Berücksichtigte Kundenforderungen im Lösungskonfigurator, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhand der enormen Wareneingangs- und Warenausgangszahlen lässt sich die Größe der Anlage schon erahnen. Des Weiteren ist eine Auftragsstruktur von 1,8 Auftragszeilen pro Auftrag zu berücksichtigen. Von den erweiterten Funktionsbereichen (siehe Unterkapitel 7.3) ist die Lagerung von sperrigen Gütern sowie ein Retourenhandling zu beachten.

Aufgrund des Kundenwunsches werden folgende Lager- und Kommissionierbereiche berücksichtigt:

- ✓ Einzelstück-Kommissionierung von Paletten
- ✓ OSR Shuttle Kommissionierung
- ✓ Fachbodenregalkommissionierung

In Abb. 45 sind die Unterschiede der beiden Lösungen in Bezug auf die erforderlichen Arbeitsstationen zu sehen.

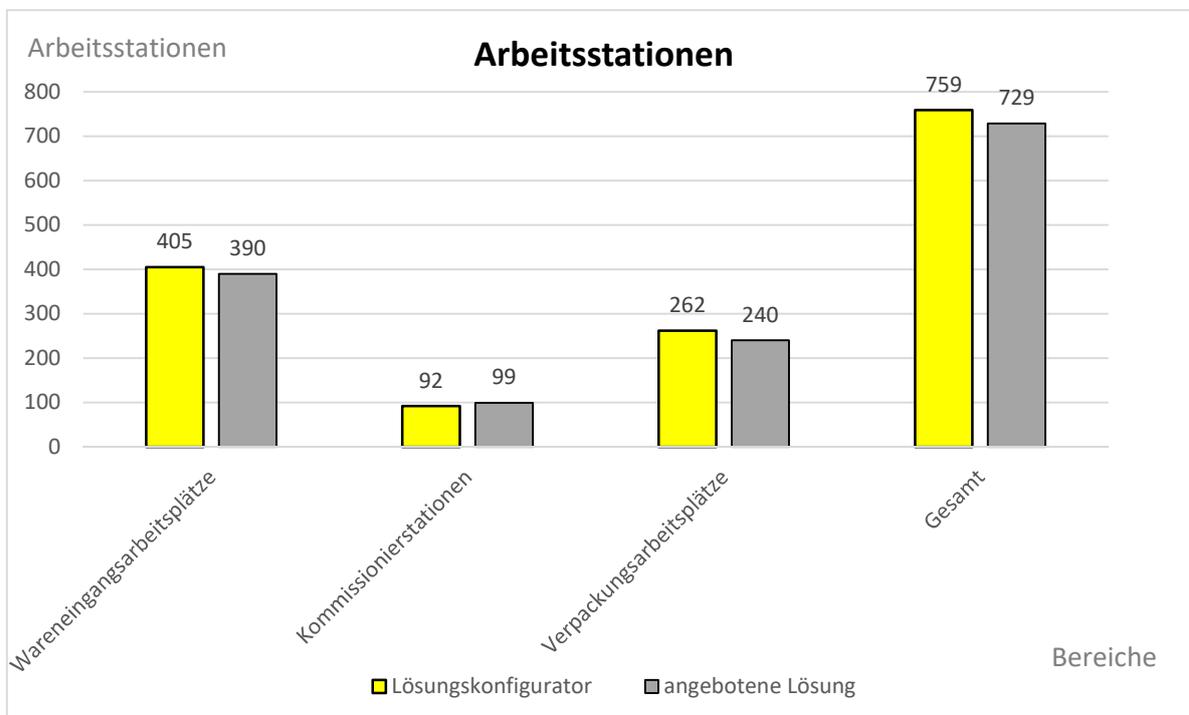


Abb. 45: Vergleich der benötigten Arbeitsstationen, Quelle: Eigene Darstellung.

In Abb. 46 sind die Unterschiede der Lagerbereiche und der Platzbedarf dargestellt.

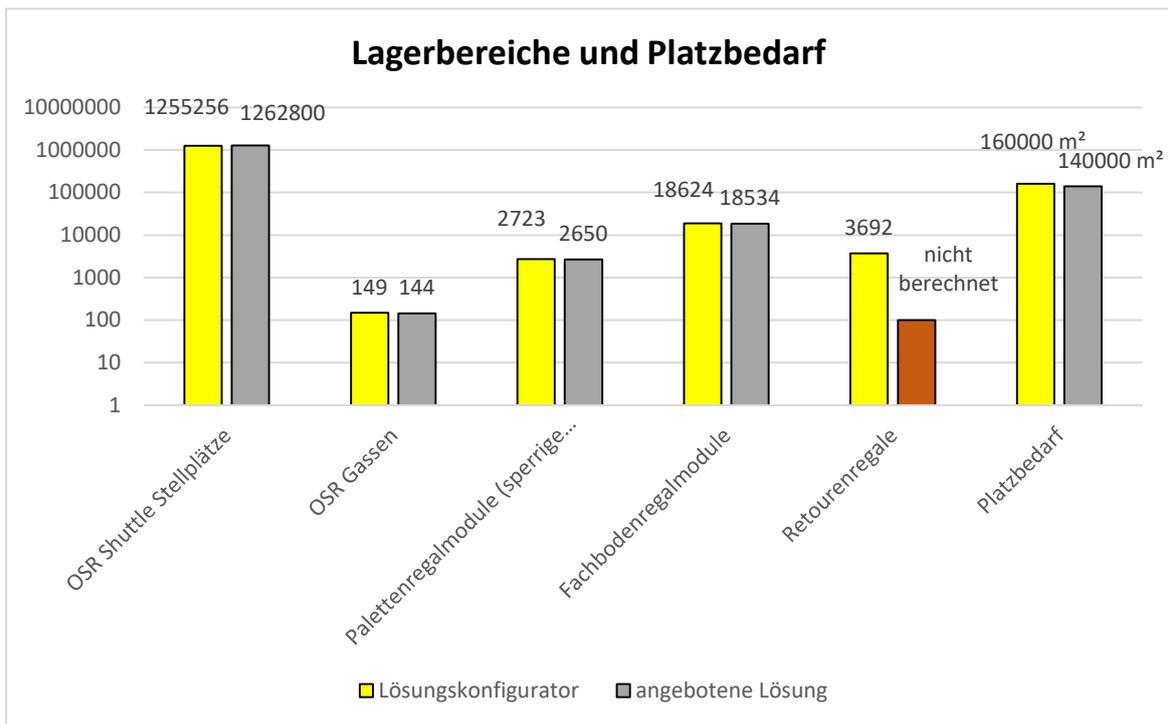


Abb. 46: Vergleich der unterschiedlichen Lagerbereiche und des Platzbedarfes, Quelle: Eigene Darstellung.

Die prozentuelle Abweichung der erforderlichen Stationen und Bereiche befindet sich weit unter der 10 % Marke. Der Platzbedarf unterscheidet sich zwischen den beiden Lösungen um 12,5 %. Dieser Wert kommt zu Stande, da im Lösungskonfigurator die Kommissionierung im Palettenbereich die benötigte Fördertechnik berücksichtigt und dieser Bereich im umgesetzten Projekt ohne Fördertechnik konzeptioniert wurde.

9.2 Verifizierung mit einem europäischen E-Commerce-Projekt

Bei diesem Kunden handelt es sich um einen der größten Hersteller von Sportartikel. Anhand diese Distributionszentrums soll der Bedarf an Sportartikel im Bereich E-Commerce europaweit gedeckt werden. Dabei sind folgende Kundenanforderungen im Lösungskonfigurator zu berücksichtigen (Tab. 19):

General Data		
Total number SKU	500000	
active SKU per month	100%	%
operating hours inbound	14	hours
operating hours outbound	14	hours
total inbound peak day	200326	pieces/day
total outbound peak day	124538	pieces/day
peak ratio inbound (peak/average day)	1	
peak ratio outbound (peak/average day)	1	
pieces/storage unit	22	
clear building height	10	m
cartons per pallet	20	pcs
non conveyable items/pallet	20	pcs
Days on Hand (Stock)	55	days

Product Data	ratio pieces	ratio SKU	average volume (dm ³)
small pieces	95%	70%	1
non-conveyable	5%	30%	50
cooled products	0%	0%	1
hazardous products	0%	0%	1
Inbound	ratio	pieces/day	pieces/hour
inbound from suppliers	100%	200326	14309
Outbound	ratio	pieces/day	pieces/hour
outbound B2C	100%	124538	8896

Tab. 19: Berücksichtigte Kundenforderungen im Lösungskonfigurator, Quelle: Eigene Darstellung.

Dabei ist ersichtlich, dass neben der Lagerung von sperrigen Gütern keine erweiterten Funktionsbereiche berücksichtigt werden müssen. In diesem Projekt wird nur ein Lager- und Kommissionierbereich (OSR Shuttle Kommissionierung) verplant, aufgrund der Kundenforderung nur ein homogenes Lager- und Kommissioniersystem zu verwenden. In Abb. 47 sind die Unterschiede der beiden Lösungen in Bezug auf die erforderlichen Arbeitsstationen zu sehen.

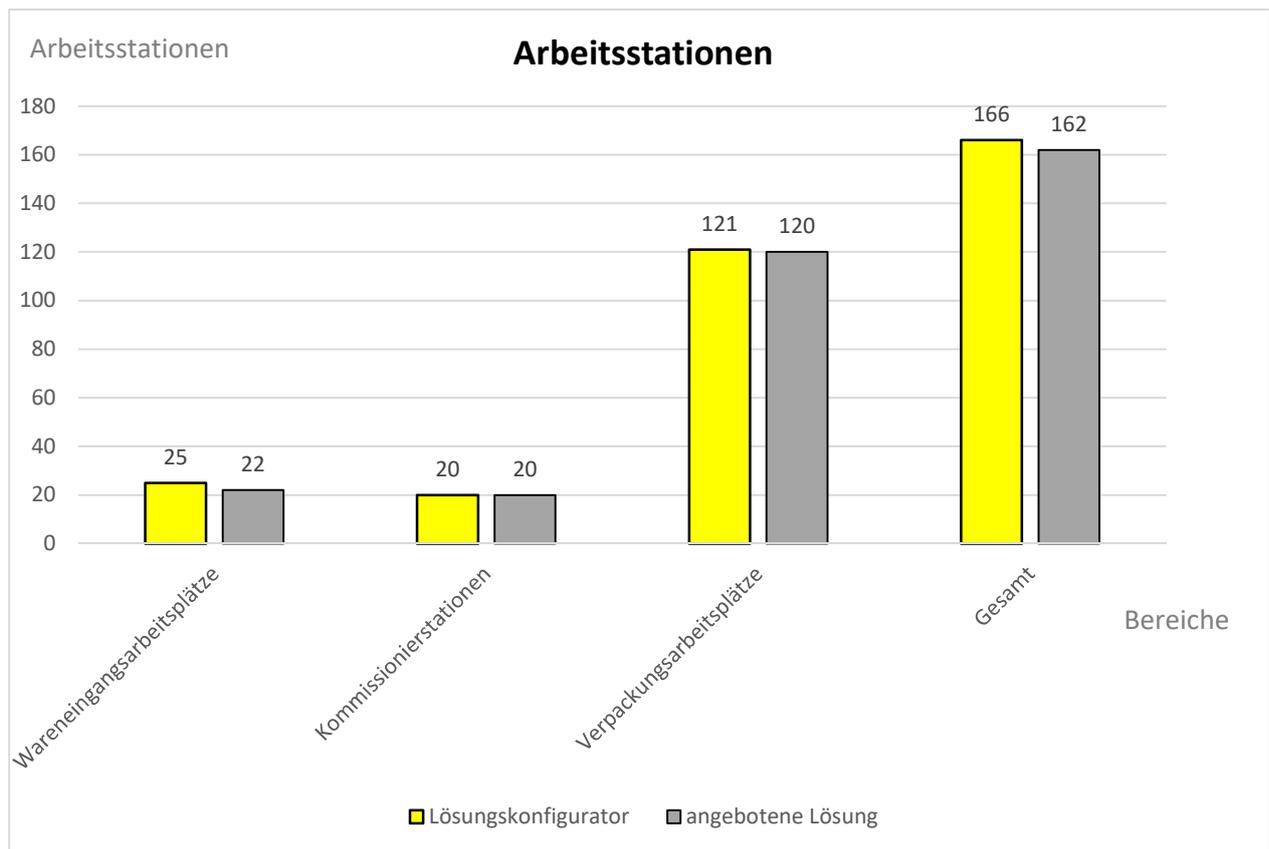


Abb. 47: Vergleich der benötigten Arbeitsstationen, Quelle: Eigene Darstellung.

In Abb. 48 sind die Unterschiede der Lagerbereiche und der Platzbedarf dargestellt.

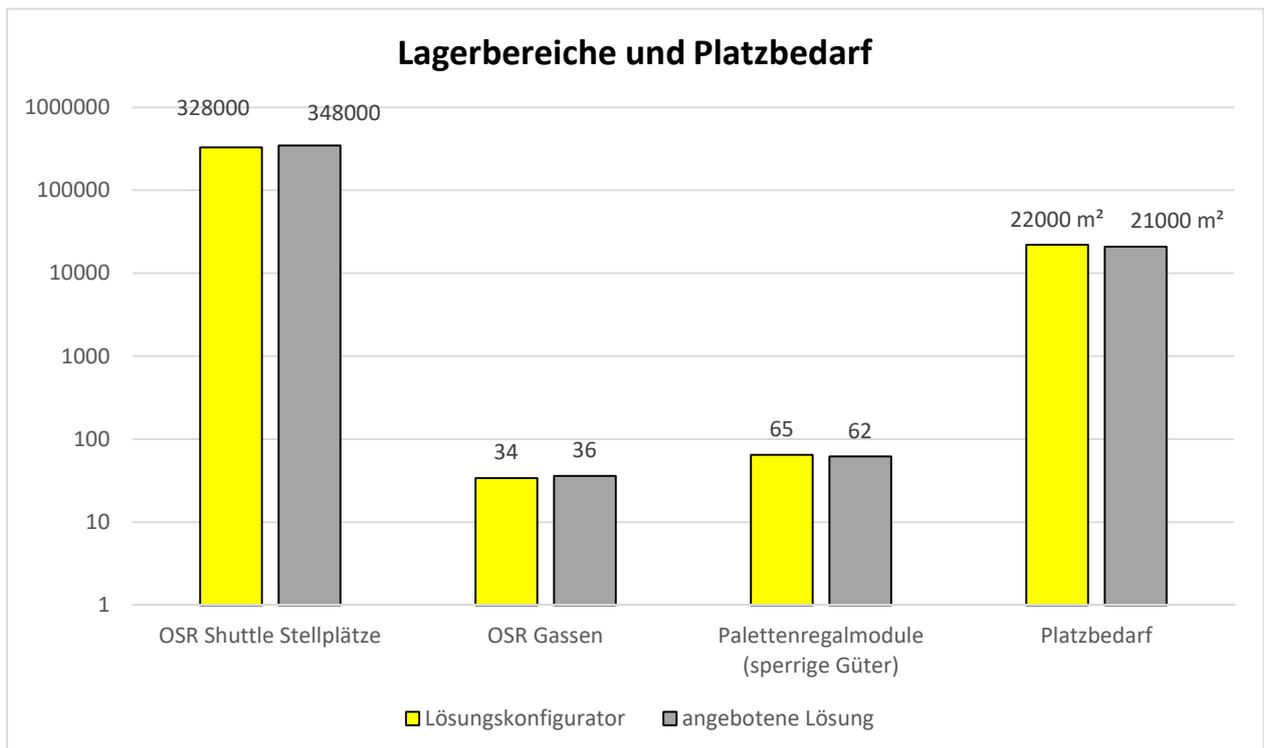


Abb. 48: Vergleich der unterschiedlichen Lagerbereiche und des Platzbedarfes, Quelle: Eigene Darstellung.

Hierbei kommt es in den vorhin dargestellten Verifizierungsobjekten nur zu minimalen Abweichungen. Dabei liegt die Abweichung in keinem Vergleichsobjekt über 5 % und deswegen wird das Ergebnis der Verifizierung als äußerst erfolgreich bewertet. In Abb. 49 ist das erstellte Konzeptlayout des europäischen E-Commerce Projektes zu sehen.

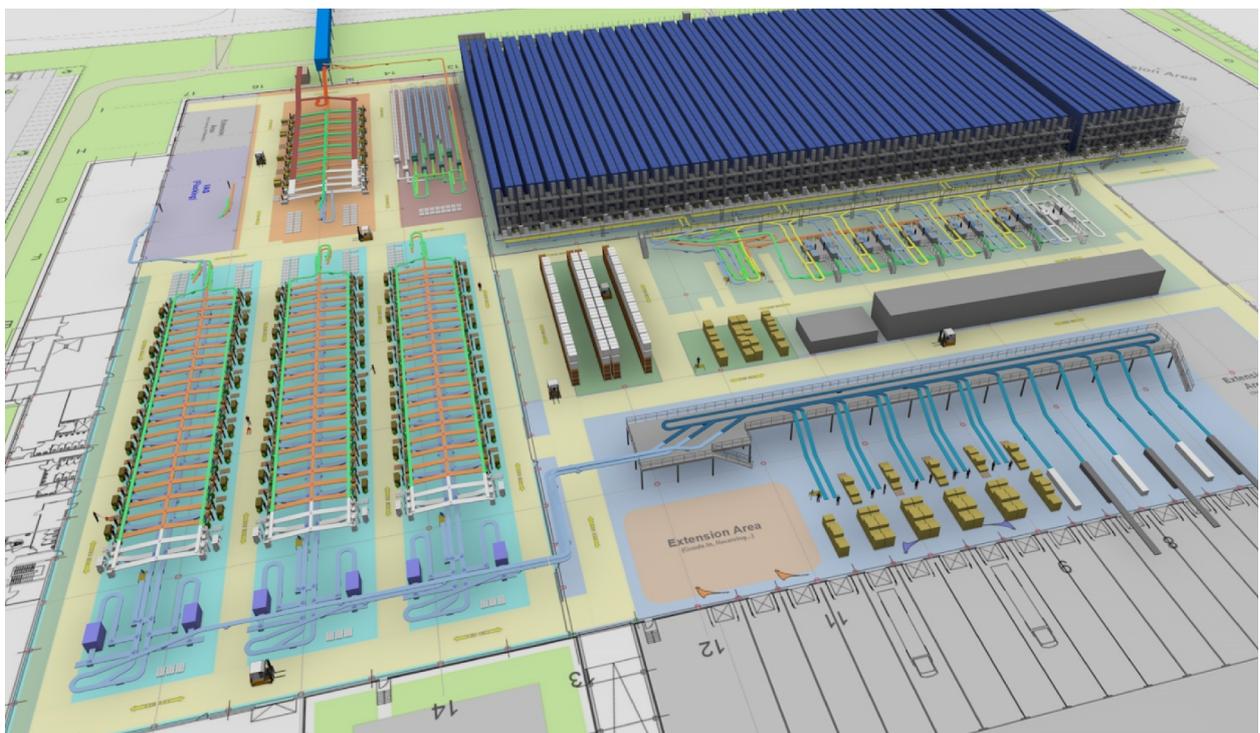


Abb. 49: Konzeptlayout des europäischen E-Commerce Projektes, KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.

10 RESÜMEE UND AUSBLICK

Anhand der Verifizierung ist deutlich ersichtlich, dass der Lösungskonfigurator eine sehr bedeutende Alternative gegenüber der konventionellen Vorgehensweise bei Konzeptauslegungen darstellt. Neben der präzisen Berechnung der Designparameter, spielt der zeitliche Faktor eine wesentliche Rolle. In Abb. 50 ist die daraus resultierende Ressourceneinsparung aufgrund des verwendeten Lösungskonfigurators zu sehen.

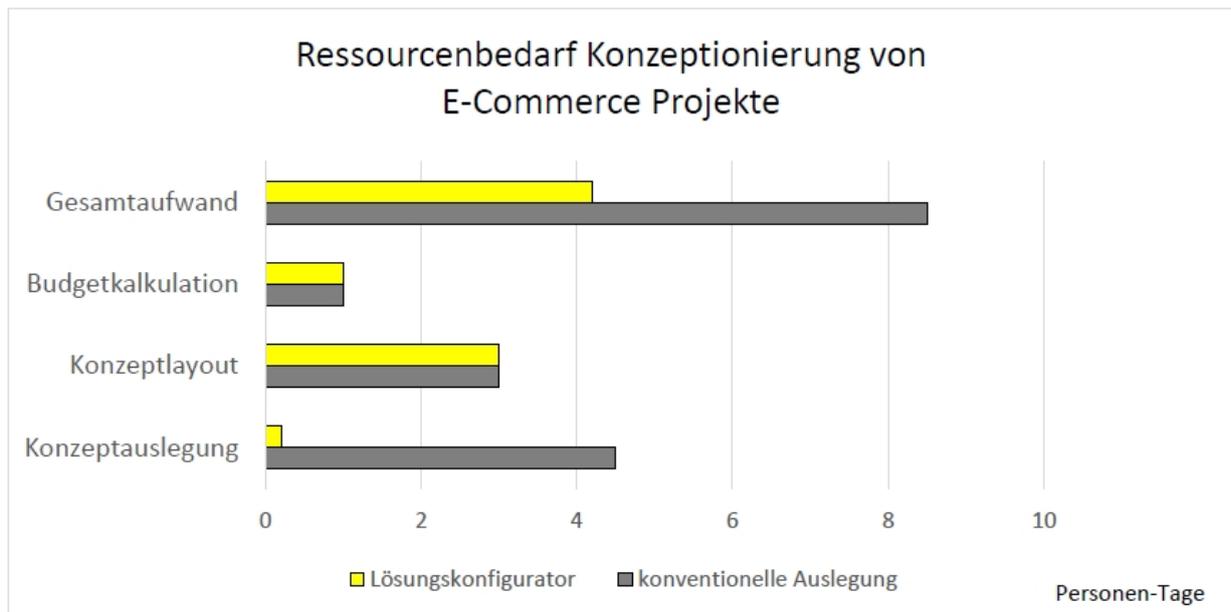


Abb. 50: Ressourceneinsparung aufgrund des Lösungskonfigurators, Quelle: Eigene Darstellung.

Daraus ist ersichtlich, dass bei mittelgroßen bis großen E-Commerce-Projekten ungefähr 4 Personen-Tage eingespart werden können und somit eine schnellere Projektausarbeitung garantiert wird. Damit ist es möglich, schneller auf die geforderten Reaktionszeiten der chinesischen Kunden zu reagieren.

Des Weiteren gilt es festzuhalten, dass der Lösungskonfigurator die Konsolidierung diverser Aufträge aus den unterschiedlichen Kommissionierbereichen aufgrund der verschiedenen Konsolidierungsmethoden nicht berücksichtigt. Deshalb ist unbedingt darauf zu achten, neben der vorgeschlagenen Lösung, den individuellen Prozess für die Konsolidierung der Ware zu integrieren.

Bevor der Lösungskonfigurator auch von anderen Mitarbeitern benutzt wird, müssen noch weitere Tests veranlasst werden, um die Bedienbarkeit, Funktionalität und Kompatibilität besser einschätzen zu können. Zusätzlich kann anhand dieser Tests auch weitgehend sichergestellt werden, dass keine Programmierfehler bzw. Berechnungsfehler vorliegen.

Um eine weitere Zeitersparnis an der Ausarbeitung von Projekten erzielen zu können, können folgende Ansätze angedacht werden:

1. Erstellung von standardisierten Zeichnungsbausteinen
2. Erstellung von fertigen Kalkulationsbausteinen

Anhand standardisierter Zeichnungsmodule muss der Mitarbeiter nur mehr die Konfiguration der unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche anpassen, anstatt das Konzeptlayout von Grund auf neu zu zeichnen.

Der gleiche Ansatz lässt sich auch auf die Kalkulation übertragen. Zurzeit müssen alle verwendeten Artikel manuell in die Budgetkalkulation eingetragen werden. Aufgrund standardisierter Module, müsste lediglich die Anzahl des erforderlichen Mengengerüsts angepasst werden. Anhand dieser genannten Optimierungsansätze würde sich nach erster Abschätzung ein weiterer Personen-Tag einsparen lassen.

Abschließend kann gesagt werden, dass der Lösungskonfigurator Optimierungspotenzial in Bezug auf die programmiertechnische Umsetzung aufzeigt. Hierbei können mit Sicherheit gewisse Programmschritte in VBA vereinfachter und strukturierter dargestellt werden. Nichtsdestotrotz ist die Funktionalität des Lösungskonfigurators absolut erfüllt und kann demnächst als Konzeptionierungshilfe für die bevorstehenden E-Commerce-Projekte verwendet werden.

11 LITERATURVERZEICHNIS

Gedruckte Werke (9)

Arnold; Dieter, Furmans; Kai (2006): *Materialfluss in Logistiksystemen*, 5., erweiterte Auflage Auflage, Springer, Karlsruhe

Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel (2007): *Handbuch Logistik*, 3., neu bearbeitete Auflage Auflage, Springer, Düsseldorf

Bichler; Klaus, Krohn; Ralf (2011): *Gabler Kompaktlexikon Logistik*, 2. Auflage Auflage, Gabler, Nürtingen

Bichler, Klaus; Krohn, Ralf; Schöppach, Frank (2010): *Beschaffungs- und Lagerwirtschaft*, 9. Auflage Auflage, Gabler, Berlin

Hompel, ten; Michael, Schmidt; Thorsten (2010): *Warehouse Management*, 4., neu bearbeitete Auflage Auflage, Springer, Dortmund

Martin; Heinrich (2006): *Transport- und Lagerlogistik*, 6., vollständig überarbeitete Auflage Auflage, vieweg, Wiesbaden

Michael, ten (2011): *Taschenlexikon Logistik*, 3., bearbeitete und erweiterte Auflage Auflage, Springer, Dortmund

ten Hompel, Michael; Sadowsky, Volker; Beck, Maria (2011): *Materialflusssysteme 2 - Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik*, Springer, Berlin Heidelberg

Wannenwetsch, Helmut (2010): *Integrierte Materialwirtschaft und Logistik. Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion*, 4. aktualisierte Auflage Auflage, Springer, Berlin Heidelberg

Wissenschaftliche Artikel (1)

Stocker, Pascal (2007): *Die Nutzwertanalyse in der Praxis*, in: *KMU Magazin*, S. 3

Online-Quellen (4)

Interroll (2016): *Interroll Fördertechnik GmbH*

<https://www.interroll.co.uk/products/conveyors-sorters/sorters/> [Stand: 18.07.2016]

KNAPP AG (2016): *KNAPP AG*

www.knapp.com [Stand: 28.07.2016]

Handelsblatt (2006): *Handelsblatt*

<http://www.handelsblatt.com/unternehmen/mittelstand/online-geschaeft-e-commerce-boomt-in-china/2670550.html> [Stand: 05.07.2016]

Z'graggen, Beat (2014): *worldsites*

<http://news.worldsites-schweiz.ch/e-commerce-in-china-ungebremstes-wachstum.htm> [Stand: 07.05.2016]

Firmenunterlagen (1)

KNAPP AG (2016): Terminologie Datenbank. Interne Firmenunterlagen.

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Headquarter der Fa. KNAPP AG, Quelle: KNAPP AG (2016), Online-Quelle [04.07.2016].	3
Abb. 2: Interaktionsmatrix des E-Commerce, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Wannewetsch (2010), S. 249.	5
Abb. 3: E-Commerce-Entwicklung in China, Quelle: Z'graggen (2014), Online-Quelle [07.05.2016].	6
Abb. 4: Workflow Neuprojekte Fa. KNAPP AG, Quelle: Eigene Darstellung.	7
Abb. 5: Darstellung eines Distributionszentrums, Quelle: Eigene Darstellung.	9
Abb. 6: Wareneingang eines Distributionslagers, Quelle: Eigene Darstellung.	11
Abb. 7: Einteilung nach Lagertypen, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Wannewetsch (2010), S. 320.	13
Abb. 8: Lagerbereich eines Distributionszentrums, Quelle: KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.	13
Abb. 9: Kommissioniersystem Ware-zur-Person, Quelle: KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.	14
Abb. 10: Versandvorbereitung und Warenausgang eines Distributionszentrums, Quelle: Eigene Darstellung.	16
Abb. 11: Versandsorter der Fa. Interroll, Quelle: Interroll (2016), Online-Quelle [18.07.2016].	17
Abb. 12: Grundprinzip des Cross-Dockings, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Hompel/Michael/Thorsten (2010), S. 71.	19
Abb. 13: Grafische Darstellung der ABC-Klassifizierung, Quelle: Eigene Darstellung.	20
Abb. 14: Materialfluss eines Distributionszentrums, Quelle: Eigene Darstellung.	21
Abb. 15: Modelldarstellung eines Wartesystems einfachster Art, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 113.	22
Abb. 16: M M 1-Modell und die charakteristischen Verteilungen für Ankunfts-, Warte und Bedienprozess, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 116.	25
Abb. 17: Person-zur-Ware-Kommissionierung, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 219.	29
Abb. 18: Ware-zur-Person-Kommissionierung, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 217. 1, 7 = Übergabe-/Übernahmeplätze 2, 3, 4, 5, 6 = Warteplätze 4 = Entnahmeplatz 8 = Kommissionierer 9 = Kommissionierbehälter 10 = Datenterminal	30
Abb. 19: Definition Doppelspiel, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 200.	31
Abb. 20: Position der Lagerplätze P und P' für das Doppelspiel, Quelle: Arnold/Dieter/Kai (2006), S. 211.	33
Abb. 21: OSR Shuttle™, Quelle: KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.	35

Abb. 22: OSR Shuttle™ mit Anbindung an die Kommissionierstation, Quelle: KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.	36
Abb. 23: Regalfachkonfiguration, Quelle: Eigene Darstellung.	37
Abb. 24: Fachbodenregalanlage, Quelle: Eigene Darstellung.	38
Abb. 25: Durchlaufregalanlage, Quelle: KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.	39
Abb. 26: Kommissionier-Bereitstellplätze für Paletten, Quelle: Eigene Darstellung.	41
Abb. 27: Bewertete Kriterien der Nutzwertanalyse, Quelle: Eigene Darstellung.	43
Abb. 28: Arbeits- und Entwicklungsumgebung des Lösungskonfigurators, Quelle: Eigene Darstellung. ...	45
Abb. 29: Aufbau des Lösungskonfigurators, Quelle: Eigene Darstellung.	47
Abb. 30: Eingabemaske des Lösungskonfigurators, Quelle: Eigene Darstellung.	49
Abb. 31: ABC – Charakteristik anhand des Faktors k anpassen, Quelle: Eigene Darstellung.	51
Abb. 32: Zusammenfassung der Sonderprozesse (Kühlprodukte, brennbare Produkte, sperrige Produkte), Quelle: Eigene Darstellung.	54
Abb. 33: Abfrage der Bereitstellleistung durch eine WENN/UND Funktion, Quelle: Eigene Darstellung. .	56
Abb. 34: OSR Shuttle™ Konfigurationstabelle, Quelle: Eigene Darstellung.	56
Abb. 35: Ausgabe der benötigten Gassen für das OSR Shuttle™, Quelle: Eigene Darstellung.	57
Abb. 36: Berechnungsübersicht des Tabellenblattes „OSR Shuttle™ Kommissionierung“, Quelle: Eigene Darstellung.	58
Abb. 37: Zusammenfassung der errechneten Parameter des Kühlbereiches, Quelle: Eigene Darstellung.	62
Abb. 38: Zusammenfassung Lagerung und Kommissionierung Kühlbereich, Quelle: Eigene Darstellung.	62
Abb. 39: Zusammenfassung Lagerung und Kommissionierung sperrige Güter, Quelle: Eigene Darstellung.	64
Abb. 40: Ergebnis Konzeptionierung OSR Shuttle Systems mit Ware-zur-Person-Kommissionierung, Quelle: Eigene Darstellung.	66
Abb. 41: Zusammenfassung der erforderlichen Mitarbeiter, Quelle: Eigene Darstellung.	67
Abb. 42: Gegenüberstellung der benötigten Mitarbeiter zwischen Spitzen- und Durchschnittstag, Quelle: Eigene Darstellung.	68
Abb. 43: Platzbedarf für den Bereich Durchlaufregalkommissionierung, Quelle: Eigene Darstellung.	69
Abb. 44: Erforderlicher Platzbedarf der unterschiedlichen Bereiche, Quelle: Eigene Darstellung.	69
Abb. 45: Vergleich der benötigten Arbeitsstationen, Quelle: Eigene Darstellung.	71

Abb. 46: Vergleich der unterschiedlichen Lagerbereiche und des Platzbedarfes, Quelle: Eigene Darstellung.	72
Abb. 47: Vergleich der benötigten Arbeitsstationen, Quelle: Eigene Darstellung.	73
Abb. 48: Vergleich der unterschiedlichen Lagerbereiche und des Platzbedarfes, Quelle: Eigene Darstellung.	74
Abb. 49: Konzeptlayout des europäischen E-Commerce Projektes, KNAPP AG (2016), interne Firmenunterlagen.	74
Abb. 50: Ressourceneinsparung aufgrund des Lösungskonfigurators, Quelle: Eigene Darstellung.	75

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1.: Einteilung nach Lagerarten, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Wannewetsch (2010), S. 320.	12
Tab. 2: Tätigkeitsfelder im Kommissioniersystem, Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an Wannewetsch (2010), S. 336.	15
Tab. 3: Ergebnis der Nutzwertanalyse, Quelle: Eigene Darstellung.	44
Tab. 4: Auftragszusammensetzung, Quelle: Eigene Darstellung.	50
Tab. 5: Einteilung der unterschiedlichen Lager- und Kommissionierbereiche, Quelle: Eigene Darstellung.	52
Tab. 6: Anpassung der Lager- und Kommissionierbereiche aufgrund der Kundenanforderungen, Quelle: Eigene Darstellung.	52
Tab. 7: Parametrierung des Fachbodenregals, Quelle: Eigene Darstellung.	58
Tab. 8: Zusammenfassung Fachbodenregalkommissionierung, Quelle: Eigene Darstellung.	59
Tab. 9: Parametrierung des Durchlaufregals, Quelle: Eigene Darstellung.	59
Tab. 10: Zusammenfassung Durchlaufregalkommissionierung, Quelle: Eigene Darstellung.	60
Tab. 11: Parametrierung der Palettenkommissionierung, Quelle: Eigene Darstellung.	60
Tab. 12: Zusammenfassung Kommissionierung von Palette, Quelle: Eigene Darstellung.	61
Tab. 13: Parametrierung des Fachbodenregals für Kühlprodukte, Quelle: Eigene Darstellung.	62
Tab. 14: Parametrierung des Palettenregals für sperrige Güter, Quelle: Eigene Darstellung.	63
Tab. 15: Retourenverteilung Wareneingang und Warenausgang, Quelle: Eigene Darstellung.	64
Tab. 16: Anzahl der erforderlichen Regalmodule für Retouren, Quelle: Eigene Darstellung.	65
Tab. 17: Verteilung des einstufigen- und zweistufigen Cross-Docking, Quelle: Eigene Darstellung.	65
Tab. 18: Berücksichtigte Kundenforderungen im Lösungskonfigurator, Quelle: Eigene Darstellung.	71
Tab. 19: Berücksichtigte Kundenforderungen im Lösungskonfigurator, Quelle: Eigene Darstellung.	73

QUELLTEXTVERZEICHNIS

Quelltext 1: Aktivierung der Tabellenblätter mit VBA, Quelle: Eigene Darstellung.	49
Quelltext 2: Generierung der Lager- und Kommissionierbereiche in einem neuen Tabellenblatt mit Hilfe von VBA, Quelle: Eigene Darstellung.....	53

ANHANG 1: NUTZWERTANALYSE

NUTZWERTANALYSE									
Ausgangssituation: Ermittlung einer geeigneten Anwenderapplikation für einen Lösungskonfigurator					Fragestellung: Untersuchung und Bewertung der potenziellen Anwenderapplikationen				
Bewertungsschlüssel: sehr gut = 10, gut = 8, befriedigend = 6, schlecht = 4, sehr schlecht = 2, nicht vorhanden = 0									
Anforderungskriterien		Hersteller			Anmerkungen und Kommentare (Erklärung der Ergebnisse/Bewertung)				
		Microsoft Excel Applikation	Java Applikation anhand Visual Studio	C-Sharp Applikation anhand Visual Studio					
Allgemeine Informationen		Version	Release	Datum der Bewertung					
		Microsoft Windows 7	Microsoft Windows 7	Microsoft Windows 7					
		08.10.2014	08.10.2014	08.10.2014					
Hauptkriterien		Gewichtung [%]							
		X	R	X	R	X	R	X	R
1. Softwareanforderungen		100							
1.1 Betriebsystem	10	9,8	9,8	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3
1.2 Hardwareanforderungen	20	10	1	10	1	10	1	10	1
1.4 Lebensdauer	20	10	2	8	1,8	8	1,8	8	1,8
1.5 Kosten	30	10	2	10	2	10	2	10	2
1.6 Schwachdokumentation (Verfügbarkeit, Umfang)	20	3	7	2,1	7	2,1	7	2,1	7
		9	1,8	8	1,8	8	1,8	8	1,8
2. Funktionalität der Applikation		100							
2.1 Verfügbarkeit unter den MA	30	8,6	2,5	5,9	1,7	5,8	1,7	5,8	1,7
2.2 Erweiterbarkeit	25	10	2,5	2	0,5	2	0,5	2	0,5
2.3 Zugangsbeschränkung	15	8	1,2	2	0,3	2	0,3	2	0,3
2.4 Programmieraufwand / Erstellung	20	7	1,4	10	2	10	2	10	2
2.5 Transparenz / Nachvollziehbarkeit der Berechnungen	10	8	0,8	10	1	9	0,9	9	0,9
2.6 Auswirkungen	15	10	1,5	0	0,0	0	0,0	0	0,0
		8	1,2	8	1,2	8	1,2	8	1,2
3. Anwendung der Applikation		100							
3.1 Benutzerfreundlichkeit	50	8,4	4,2	7,8	3,9	7,8	3,9	7,8	3,9
3.2 Ertastbarkeit für Anwender	30	8	2,4	9	2,7	9	2,7	9	2,7
3.3 Bedienbarkeit	20	10	2	9	1,8	9	1,8	9	1,8
3.4 Verständlichkeit	30	8	2,4	7	2,1	7	2,1	7	2,1
		8	1,0	6	1,2	6	1,2	6	1,2
Summe %		90							
Total Punkte		776		650		647			
Rang (Nur für interne Information)		1		2		3			

ANHANG 2: LÖSUNGSKONFIGURATOR

Tabellenblatt: Daten Basis

General Data	
Total number SKU	250000
active SKU per month	70% %
operating hours inbound	12 hours
operating hours outbound	18 hours
total inbound peak day	300000 pieces/day
total outbound peak day	600000 pieces/day
peak ratio inbound (peak/average day)	1.2
peak ratio outbound (peak/average day)	1.5
pieces/storage unit	20
clear building height	10 m
cartons per pallet	20 pcs
non conveyable items/pallet	20 pcs
Days on Hand (Stock)	25 days
Product Data	
ratio pieces	ratio SKU
small pieces	90%
non-conveyable	8%
cooled products	1%
hazardous products	1%

Inbound	
inbound from suppliers	ratio
inbound returns	ratio
inbound crossdock	ratio

Outbound	
outbound B2C	ratio
outbound returns to supplier	ratio
outbound crossdock	ratio

e-com Business Model	
additional processes	B2C
Returns	Crossdock
cooled	hazardous
non-conveyable	

Concept Solution

summary space utilization FTE

Concept Dimensioning Tool enables to create a concept based on rough numbers from the customer within 1 very short period of time. This tool offers assistance to find an appropriate solution especially for e-commerce projects in China.

The following points are not included:

- Batch picking consideration
- Consolidation
- Conveyor performance

Go Home Button

new Calculation

VBA-Programmierung Tabellenblatt: Daten Basis

```
Private Sub CheckBox1_Click()
```

```
If CheckBox1.Value = True Then
```

```
    Worksheets("summary").Visible = True
```

```
Else
```

```
    Worksheets("summary").Visible = veryhidden
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox2_Click()
```

```
If CheckBox2.Value = True Then
```

```
    Worksheets("non-conveyable").Visible = True
```

```
Else
```

```
    Worksheets("non-conveyable").Visible = veryhidden
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox3_Click()
```

```
If CheckBox3.Value = True Then
```

```
    Worksheets("B2C").Visible = True
```

```
Else
```

```
    Worksheets("B2C").Visible = veryhidden
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox4_Click()
```

```
If CheckBox4.Value = True Then
```

```
    Worksheets("Crossdock").Visible = True
```

```
Else
```

```
    Worksheets("Crossdock").Visible = veryhidden
```

```
End If
```

```
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox5_Click()  
If CheckBox5.Value = True Then  
    Worksheets("Returns").Visible = True  
Else  
    Worksheets("Returns").Visible = veryhidden  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox6_Click()  
If CheckBox6.Value = True Then  
    Worksheets("space utilization").Visible = True  
Else  
    Worksheets("space utilization").Visible = veryhidden  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox7_Click()  
If CheckBox7.Value = True Then  
    Worksheets("cooled").Visible = True  
Else  
    Worksheets("cooled").Visible = veryhidden  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox8_Click()  
If CheckBox8.Value = True Then  
    Worksheets("hazardous").Visible = True  
Else  
    Worksheets("hazardous").Visible = veryhidden  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CheckBox9_Click()  
If CheckBox9.Value = True Then  
    Worksheets("FTE").Visible = True  
Else  
    Worksheets("FTE").Visible = veryhidden  
End If  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton1_Click()  
    ActiveWorkbook.Save  
    ActiveWorkbook.Close  
  
End Sub
```

```
Private Sub CommandButton2_Click()  
'Range("B13:B35").ClearContents  
'Range("B27:B30").ClearContents  
'Range("C27:C30").ClearContents  
'Range("D27:D30").ClearContents  
'Range("B33:B35").ClearContents  
'Range("B38:B40").ClearContents  
'Worksheets("Flowrack picking").Range("B5:G5").ClearContents  
'Worksheets("Flowrack picking").Range("B6:G6").ClearContents  
'Worksheets("Flowrack picking").Range("B7:G7").ClearContents  
'Worksheets("Flowrack picking").Range("B8:G8").ClearContents  
'Worksheets("OSR picking").Range("C5:G5").ClearContents  
'Worksheets("OSR picking").Range("C6:G6").ClearContents  
'Worksheets("OSR picking").Range("C7:G7").ClearContents  
'Worksheets("OSR picking").Range("C8:G8").ClearContents  
'Worksheets("shelf picking").Range("B5:G5").ClearContents  
'Worksheets("shelf picking").Range("B6:G6").ClearContents  
'Worksheets("shelf picking").Range("B7:G7").ClearContents  
'Worksheets("shelf picking").Range("B8:G8").ClearContents
```

```
'Worksheets("Pallet picking").Range("B5:G5").ClearContents
'Worksheets("Pallet picking").Range("B6:G6").ClearContents
'Worksheets("Pallet picking").Range("B7:G7").ClearContents
'Worksheets("Pallet picking").Range("B8:G8").ClearContents
Worksheets("Pallet picking").Visible = veryhidden
Worksheets("Flowrack picking").Visible = veryhidden
Worksheets("shelf picking").Visible = veryhidden
Worksheets("OSR picking").Visible = veryhidden
'Worksheets("Pareto Curve").Visible = veryhidden
'Worksheets("shuttle calc.").Visible = veryhidden
CheckBox1.Value = False
CheckBox3.Value = False
CheckBox2.Value = False
CheckBox4.Value = False
CheckBox5.Value = False
CheckBox6.Value = False
CheckBox7.Value = False
CheckBox8.Value = False
CheckBox9.Value = False
End Sub
```

Tabellenblatt: E-Commerce (B2C)

B2C E-commerce

E-Com Outbounding B2C	
SKU	175000
order structure	
Lines/order	2,50
Pieces/line	1,08
Pieces/day	570000
Orders/day	215094
Orders/h	11950
Pieces/order	2,7

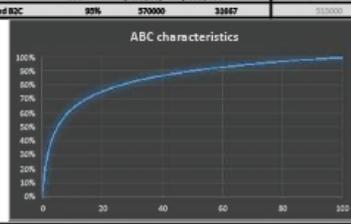
Inbound					
ratio	pieces/day	pieces/hour	pieces/day small pieces	pieces/day non-convey.	
Inbound from suppliers	90%	270000	22500	240000	21600

Outbound					
ratio	pieces/day	pieces/hour	pieces/day small pieces	pieces/day non-convey.	
Outbound B2C	95%	570000	33887	510000	45900

ABC characteristics

$$P(X \leq x) = 1 - \left(\frac{x_{min}}{x}\right)^k$$

k = 0,30



Definition of the picking areas (small pieces)										
Picking areas	SKU	lines	pieces	pieces/SKU	locations	Picking areas suggestion	Define picking areas	Picking areas allocation	pieces/SKU minimum	benchmark
AA-Mover	1575	10949	110186	69,96	4591	Palletpicking	pallet picking	pallet picking	65	>75
A-Mover	1575	54451	57718	36,65	48099	Flowrack picking	flowrack picking	flowrack picking	25	20.....75
B-Mover	99375	232338	246172	6,25	205143	OSR picking	OSR picking	OSR picking	2	1.....20
C-Mover	114975	93324	98923	0,86	82436	shelf picking	shelf picking	manual picking	6	0.....1



Create_Storage&Picking_Areas

ABC curve B2C, all product categories											
		B2C total									
e-commerce	SKU	175.000	Lines	537.736	Pieces	570.000	Inbound/day	270.000	Stock on Hand	25	
									Stock Box	1.187.500	
									Orders	215.094	
			%								
1%	1.750	21%	115.499	21%	122.429	21%	57.993	21%	255.061	21%	46.200
1%	1.750	11%	60.502	11%	64.132	11%	30.378	11%	133.608	11%	24.201
25%	43.750	48%	258.042	48%	273.534	48%	129.564	48%	569.842	48%	109.217
73%	127.750	19.3%	103.693	19%	100.915	19%	52.085	19%	228.989	19%	41.477

ABC curve B2C, small products											
		B2C									
e-commerce	SKU	157.500	Lines	483.962	Pieces	513.000	Inbound/day	243.000	Stock on Hand	25	
									Stock Box	827.500	
									Orders	193.583	
			%								
1%	1.575	21%	103.949	21%	110.186	21%	52.194	21%	91.822	21%	41.580
1%	1.575	11%	54.451	11%	57.718	11%	27.340	11%	48.099	11%	21.781
25%	39.375	48%	232.238	48%	246.172	48%	116.608	48%	205.143	48%	92.895
73%	114.975	19%	93.324	19%	98.923	19%	46.858	19%	82.436	19%	37.330

ABC curve B2C, non-conveyable											
		B2C									
e-commerce	SKU	14.000	Lines	43.018	Pieces	45.600	Inbound/day	21.600	Stock on Hand	25	
									Stock Box	760.000	
									Orders	17.208	
			%								
1%	140	21%	9.240	21%	9.794	21%	4.639	21%	163.239	21%	3.696
1%	140	11%	4.840	11%	5.131	11%	2.490	11%	85.509	11%	1.936
25%	3.500	48%	20.643	48%	21.882	48%	10.365	48%	364.699	48%	8.257
73%	10.220	19%	8.295	19%	8.793	19%	4.165	19%	146.553	19%	3.318

ABC curve B2C, cooled											
		B2C									
e-commerce	SKU	1.750	Lines	5.377	Pieces	5.700	Inbound/day	2.700	Stock on Hand	25	
									Stock Box	4.750	
									Orders	2.151	
			%								
1%	18	21%	1.155	21%	1.224	21%	580	21%	1.020	21%	462
1%	18	11%	605	11%	641	11%	304	11%	534	11%	249
25%	438	48%	2.580	48%	2.735	48%	1.296	48%	2.279	48%	1.091
73%	1.278	19%	1.037	19%	1.099	19%	521	19%	916	19%	415

ABC curve B2C, hazardous											
		B2C									
e-commerce	SKU	1.750	Lines	5.377	Pieces	5.700	Inbound/day	2.700	Stock on Hand	25	
									Stock Box	4.750	
									Orders	2.151	
			%								
1%	18	21%	1.155	21%	1.224	21%	580	21%	1.020	21%	462
1%	18	11%	605	11%	641	11%	304	11%	534	11%	249
25%	438	48%	2.580	48%	2.735	48%	1.296	48%	2.279	48%	1.091
73%	1.278	19%	1.037	19%	1.099	19%	521	19%	916	19%	415

VBA-Programmierung Tabellenblatt E-Commerce (B2C)

```
Private Sub Create_Picking_Areas_Click()

If Worksheets("B2C").Range("H23").Value = "pallet picking" Then

Worksheets("Pallet picking").Visible = True

Worksheets("Pallet picking").Range("B5:G5").Value = Worksheets("B2C").Range("A23:F23").Value

Else

    Worksheets("Pallet picking").Visible = veryhidden

    Worksheets("Pallet picking").Range("B5:G5").ClearContents

End If

If Worksheets("B2C").Range("H24").Value = "pallet picking" Then

Worksheets("Pallet picking").Visible = True

Worksheets("Pallet picking").Range("B6:G6").Value = Worksheets("B2C").Range("A24:F24").Value

Else

    Worksheets("Pallet picking").Range("B6:G6").ClearContents

End If

If Worksheets("B2C").Range("H25").Value = "pallet picking" Then

Worksheets("Pallet picking").Visible = True

Worksheets("Pallet picking").Range("B7:G7").Value = Worksheets("B2C").Range("A25:F25").Value

Else

    Worksheets("Pallet picking").Range("B7:G7").ClearContents

End If

If Worksheets("B2C").Range("H26").Value = "pallet picking" Then

Worksheets("Pallet picking").Visible = True

Worksheets("Pallet picking").Range("B8:G8").Value = Worksheets("B2C").Range("A26:F26").Value

Else

    Worksheets("Pallet picking").Range("B8:G8").ClearContents

End If

.....

If Worksheets("B2C").Range("H23").Value = "flowrack picking" Then

Worksheets("Flowrack picking").Visible = True

Worksheets("Flowrack picking").Range("B5:G5").Value = Worksheets("B2C").Range("A23:F23").Value

Else

Worksheets("Flowrack picking").Visible = veryhidden
```

```
Worksheets("Flowrack picking").Range("B5:G5").ClearContents
End If
If Worksheets("B2C").Range("H24").Value = "flowrack picking" Then
Worksheets("Flowrack picking").Visible = True
Worksheets("Flowrack picking").Range("B6:G6").Value = Worksheets("B2C").Range("A24:F24").Value
Else
Worksheets("Flowrack picking").Range("B6:G6").ClearContents
End If
If Worksheets("B2C").Range("H25").Value = "flowrack picking" Then
Worksheets("Flowrack picking").Visible = True
Worksheets("Flowrack picking").Range("B7:G7").Value = Worksheets("B2C").Range("A25:F25").Value
Else
Worksheets("Flowrack picking").Range("B7:G7").ClearContents
End If
If Worksheets("B2C").Range("H26").Value = "flowrack picking" Then
Worksheets("Flowrack picking").Visible = True
Worksheets("Flowrack picking").Range("B8:G8").Value = Worksheets("B2C").Range("A26:F26").Value
Else
Worksheets("Flowrack picking").Range("B8:G8").ClearContents
End If
.....
If Worksheets("B2C").Range("H23").Value = "OSR picking" Then
Worksheets("OSR picking").Visible = True
Worksheets("OSR picking").Range("B5:G5").Value = Worksheets("B2C").Range("A23:F23").Value
Else
Worksheets("OSR picking").Visible = veryhidden
Worksheets("OSR picking").Range("B5:G5").ClearContents
End If
If Worksheets("B2C").Range("H24").Value = "OSR picking" Then
Worksheets("OSR picking").Visible = True
Worksheets("OSR picking").Range("B6:G6").Value = Worksheets("B2C").Range("A24:F24").Value
Else
Worksheets("OSR picking").Range("B6:G6").ClearContents
```

End If

If Worksheets("B2C").Range("H25").Value = "OSR picking" Then

Worksheets("OSR picking").Visible = True

Worksheets("OSR picking").Range("B7:G7").Value = Worksheets("B2C").Range("A25:F25").Value

Else

Worksheets("OSR picking").Range("B7:G7").ClearContents

End If

If Worksheets("B2C").Range("H26").Value = "OSR picking" Then

Worksheets("OSR picking").Visible = True

Worksheets("OSR picking").Range("B8:G8").Value = Worksheets("B2C").Range("A26:F26").Value

Else

Worksheets("OSR picking").Range("B8:G8").ClearContents

End If

.....

If Worksheets("B2C").Range("H23").Value = "shelf picking" Then

Worksheets("shelf picking").Visible = True

Worksheets("shelf picking").Range("B5:G5").Value = Worksheets("B2C").Range("A23:F23").Value

Else

Worksheets("shelf picking").Visible = veryhidden

Worksheets("shelf picking").Range("B5:G5").ClearContents

End If

If Worksheets("B2C").Range("H24").Value = "shelf picking" Then

Worksheets("shelf picking").Visible = True

Worksheets("shelf picking").Range("B6:G6").Value = Worksheets("B2C").Range("A24:F24").Value

Else

Worksheets("shelf picking").Range("B6:G6").ClearContents

End If

If Worksheets("B2C").Range("H25").Value = "shelf picking" Then

Worksheets("shelf picking").Visible = True

Worksheets("shelf picking").Range("B7:G7").Value = Worksheets("B2C").Range("A25:F25").Value

Else

Worksheets("shelf picking").Range("B7:G7").ClearContents

End If

Anhang 2: Lösungskonfigurator

If Worksheets("B2C").Range("H26").Value = "shelf picking" Then

Worksheets("shelf picking").Visible = True

Worksheets("shelf picking").Range("B8:G8").Value = Worksheets("B2C").Range("A26:F26").Value

Else

Worksheets("shelf picking").Range("B8:G8").ClearContents

End If

End Sub

Dimensionierung der Lager- und Kommissionierbereiche:

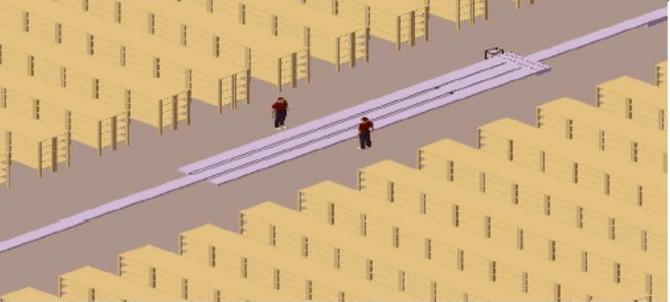
OSR picking				
SKU	lines	pieces	pieces/SKU	locations
31500	173233	183627	6	153023
31500	173233	183627	6	153023
per peak hour				
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	
	31500	9624	10202	
per average hour				
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	
	31500	6416	6801	
picking operators required peak				
17				
picking operators required average				
11				
locations		294866		
locations needed		170025		
number of aisles due to locations		12		
number of aisles due to performance		20		
change configuration.....to much locations configuration applicable				



Shelf picking				
SKU	lines	pieces	pieces/SKU	locations
121275	78507	83217	0,69	69348
121275	78507	83217	0,69	69348
per peak hour				
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	
	121275	6542	6935	
per average hour				
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	
	121275	4361	4623	
required shelf units				
10836				
picking operators required peak				
66				
picking operators required average				
44				
mixed SKU		storage		

shelf configuration:	
Length	1200 mm
Width	600 mm
Height	1800 mm
levels	4 levels
locations/level	3 levels
utilization	80%

picking performance	
	100 lines/hour



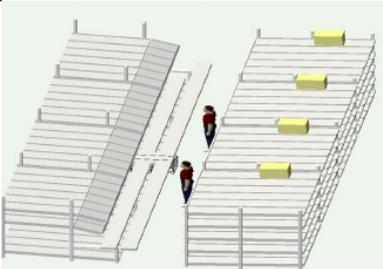
Flowrack picking				
SKU	lines	pieces	pieces/SKU	locations
3150	102095	108221	34	90184
3150	102095	108221	34	90184
per peak hour				
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	
	3150	5672	6012	
per average hour				
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	
	3150	3781	4008	
overstock	75016	locations		
rack modules	195			
flow rack modules				
158				
picking operators required peak				
38				
picking operators required average				
26				

Flow rack configuration:

- Lenght 2500 mm
- Width 2000 mm
- Height 1800 mm
- levels 4 levels
- channels / level 6
- utilization 80%

overstock pallet rack 8 levles 3 pallet/bay

picking performance 150 lines/hour



Pallet picking				
SKU	lines	pieces	pieces/SKU	locations
1575	130127	137934	88	5747
1575	130127	137934	88	5747
per peak hour				
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	
	1575	10844	11495	
per average hour				
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	
	1575	9037	7663	
pallet locations on ground				
1575				
overstock	2597	pallet locations		
rack modules	109			
picking operators required peak				
55				
picking operators required average				
46				

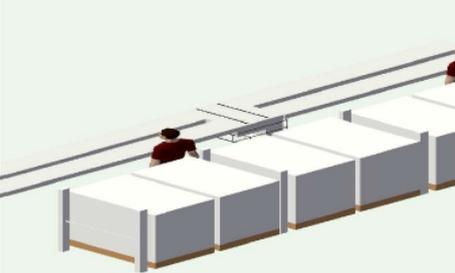
configuration:

- pallet Lenght 1200 mm
- Width 800 mm
- Height 1500 mm

storage double deep utilization 100%

overstock pallet rack 8 levles 3 pallets/bay

picking performance 200 lines/hour



Erweiterte Funktionsbereiche:

cooled products

ABC curve B2C, cooled		B2C											
e-commerce													
SKU	3.980	Lines	19.609	Pieces	19.609	Inbound/day	48.384	Stock on Hand	50	Stock Box	44.364	Orders	12.256
	-	%	-	0%	-	0%	-	-	-	0%	-	0%	-
0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	-	0%	-	0%	-
38%	1.512	83%	16.271	83%	16.271	83%	40.148	-	-	83%	36.812	83%	10.169
62%	2.468	17%	3.338	17%	3.338	17%	8.236	-	-	17%	7.552	17%	2.086

peak hour			
Picking area	SKU	lines / hour	pieces / hour
	26892	1226	1226

average hour			
Picking area	SKU	lines / hour	pieces / hour
	26892	943	943

required shelf units	4621
picking operators required peak	13
picking operators required average	10



shelf configuration:	
Lenght	1200 mm
Width	600 mm
Height	1800 mm
levels	4 levels
locations/leve	3 levels
utilization	80%
picking performance	100 lines/hour

hazardous products

ABC curve B2C, hazardous		B2C											
e-commerce													
SKU	3.980	Lines	19.609	Pieces	19.609	Inbound/day	48.384	Stock on Hand	50	Stock Box	44.364	Orders	12.256
	-	%	-	0%	-	0%	-	-	-	0%	-	0%	-
0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	-	0%	-	0%	-
38%	1.512	83%	16.271	83%	16.271	83%	40.148	-	-	83%	36.812	83%	10.169
62%	2.468	17%	3.338	17%	3.338	17%	8.236	-	-	17%	7.552	17%	2.086

per average hour			
Picking area	SKU	lines / hour	pieces / hour
	26892	943	943

required shelf units	4621
picking operators required peak	13
picking operators required average	10



shelf configuration:	
Lenght	1200 mm
Width	600 mm
Height	1800 mm
levels	4 levels
locations/leve	3 levels
utilization	80%
picking performance	100 lines/hour

non conveyable

ABC curve B2C, non-conveyable		B2C											
e-commerce													
SKU	11.940	Lines	19.609	Pieces	19.609	Inbound/day	48.384	Stock on Hand	50	Stock Box	754.185	Orders	12.256
	-	%	-	0%	-	0%	-	-	-	0%	-	0%	-
0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	-	-	0%	-	0%	-
38%	4.537	83%	16.271	83%	16.271	83%	40.148	-	-	83%	625.806	83%	10.169
62%	7.403	17%	3.338	17%	3.338	17%	8.236	-	-	17%	128.379	17%	2.086

per average hour			
Picking area	SKU	lines / hour	pieces / hour
	80675	1593	1593

storage	clean SKU	required racks units	1226
		picking operators required peak	16
		picking operators required average	13



configuration:	
pallet	Lenght 1200 mm, Width 800 mm, Height 1500 mm, utilization 80%
pallet rack	4 levels, 3 pallet/bay
picking performance	100 lines/hour

Anhang 2: Lösungskonfigurator

Crossdock								shelf configuration:		
Inbound	ratio	pieces/day	pieces/hour	pieces/day small pieces	pieces/day non-convey.	pieces/day cooled	pieces/day hazardous	Lenght	1200	mm
inbound crossdock	5%	134400	8400	126336	2688	2688	2688	Width	600	mm
Outbound	ratio	pieces/day	pieces/hour	pieces/day small pieces	pieces/day non-convey.	pieces/day cooled	pieces/day hazardous	Height	1800	mm
outbound crossdock	3%	32681	2043	30720	654	654	654	levels	4	levels
Crossdock								locations/level	3	levels
storage area	shelf modules	rack modules								
small pieces	3097									
cooled	66									
hazardarous	66									
non conveyable		28								
Total	3229	28								
								pallet rack	8	levles
								utilization	3	pallet/bay
								days of Stock	80%	
									5	days

Returns								shelf configuration:		
Inbound	ratio	pieces/day	pieces/hour	pieces/day small pieces	pieces/day non-con	pieces/day cooled	pieces/day hazardous	Lenght	1200	mm
inbound returns	5%	134400	8400	126336	2688	2688	2688	Width	600	mm
Outbound	ratio	pieces/day	pieces/hour	pieces/day small pieces	pieces/day non-con	pieces/day cooled	pieces/day hazardous	Height	1800	mm
outbound returns to supplier	3%	32681	2043	30720	654	654	654	levels	4	levels
return to supplier								locations/leve	3	levels
storage area	shelf modules	rack modules								
small pieces	302									
cooled	7									
hazardarous	7									
non conveyable		3								
Total	316	3								
								pallet rack	8	levles
								utilization	3	pallet/bay
								days of Stock	80%	
									2	days

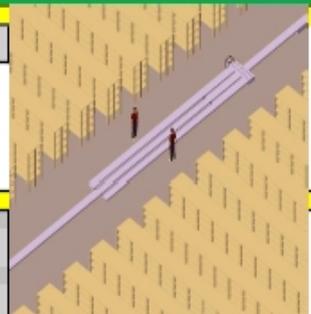
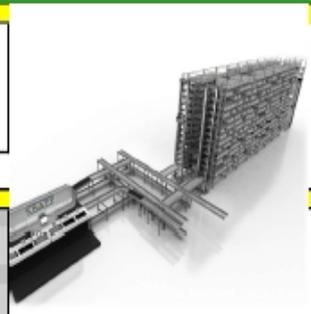
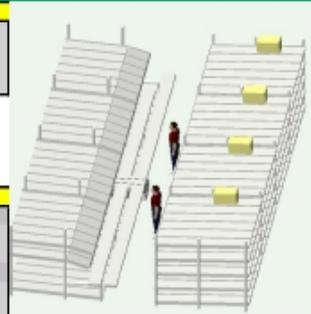
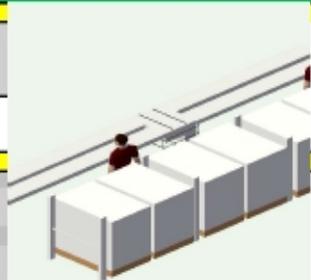
Ergebnisse

Vollzeitäquivalent:

FTE			
<i>Goods In</i>	<i>peak hour</i>	<i>average hour</i>	<i>performance [pcs/h]</i>
receiving ,QC,etc	81	68	250
decanting stations OSR	115	96	100
returns	13	10	100
<i>Replenishment</i>	<i>peak hour</i>	<i>average hour</i>	<i>performance [pieces/hour]</i>
pallet picking	1	1	25 pallets/hour
flow rack picking	6	4	50 cartons/hour
shelf picking	3	2	100 cartons/hour
cooled	1	1	100 cartons/hour
hazardarous	1	1	100 cartons/hour
non-conveyable	8	6	25 pallets/hour
<i>Picking</i>	<i>peak hour</i>	<i>average hour</i>	<i>performance [lines/hour]</i>
pallet picking	0	0	0
flow rack picking	0	0	0
OSR picking	0	0	
shelf picking	0	0	0
cooled	3	2	100
hazardarous	3	2	100
non-conveyable	36	24	100
crossdock	15	10	100
<i>Packing</i>	<i>peak hour</i>	<i>average hour</i>	<i>performance [pieces/hour]</i>
Packing	143	95	200
cooled	3	1	200
hazardarous	2	1	200
non-conveyable	25	17	150
Total operators per shift	460	342	

Zusammenfassung:

summary													
Data Basis													
ABC curve B2C, all product categories						B2C total							
e-commerce													
SKU	175.000	Lines	537.736	Pieces	570.000	Inbound/day	270.000	Stock on Hand	25	Stock Box	1.187.500	Orders	215.094
1%	1.750	21%	115.499	21%	122.429	21%	57.993	-	-	21%	255.061	21%	46.200
1%	1.750	11%	60.502	11%	64.132	11%	30.378	-	-	11%	133.608	11%	24.201
25%	43.750	48%	258.042	48%	273.524	48%	129.564	-	-	48%	569.842	48%	103.217
73%	127.750	19,3%	103.693	19%	109.915	19%	52.065	-	-	19%	228.989	19%	41.477
small pieces													
pallet picking													
storage													
pallet	configuration:			pallet locations on ground									
	Length	1200 mm		1575									
overstock pallet rack	Width	800 mm		overstock	2597	pallet locations							
	Height	1500 mm		rack modules	109								
	utilization	1											
		8 levels											
		3 pallets/bay											
picking													
per peak hour													
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	picking operators required peak									
	1575	10844	11495	55									
per average hour													
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	picking operators required average									
	1575	9037	7663	46									
flow rack picking													
storage													
overstock pallet rack	Flow rack configuration:			flow rack modules									
	Length	2500 mm		158									
	Width	2000 mm		overstock	75016	locations							
	Height	1800 mm		rack modules	195								
	levels	4 levels											
	channels / level	6	0										
	utilization	80%											
		8 levels											
		3 pallet/bay											
picking													
per peak hour													
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	picking operators required peak									
	3150	5672	6012	38									
per average hour													
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	picking operators required average									
	3150	3781	4008	26									
OSR picking													
storage													
OSR configuration			locations needed										
tote height	_320mm		170025										
storage	trible deep		number of aisles due to loca										
nr.of levels	20		20										
nr. of modules	30												
performance per aisle	470												
clear height needed	10,6												
locations per aisle	14400												
picking performance	600 lines/hour												
picking													
per peak hour													
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	picking operators required peak									
	31500	9624	10202	17									
per average hour													
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	picking operators required average									
	31500	6416	6801	11									
shelf picking													
storage													
	shelf configuration:			required shelf units									
	Length	1200 mm		10836									
	Width	600 mm											
	Height	1800 mm											
	levels	4 levels											
	locations/level	3 levels											
	utilization	0,8											
picking													
per peak hour													
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	picking operators required peak									
	121275	6542	6935	38									
per average hour													
Picking area	SKU	lines /hour	pieces / hour	picking operators required peak									
	121275	4361	4623	44									



Platzbedarf:

space utilization (shipping, staging not included)		TOTAL	85838 m ²
Goods In			
receiving	2349 m ²	decanting	
decanting	3335 m ²	receiving	
returns	253,5 m ²	returns	
total	5937,5 m ²		
Pallet picking			
pallet picking	6694 m ²		
overstock	719 m ²		
total	7413 m ²		
Flow rack picking			
flowrack picking	1991 m ²		
overstock	1289 m ²		
total	3280 m ²		
OSR picking			
OSR picking	9605 m ²		
GSP picking stations	2556 m ²		
total	12160 m ²		
shelf picking			
shelf picking	28525 m ²		
cooled	1303 m ²		
hazardous	1303 m ²		
total	31130 m ²		
non conveyable			
non conveyable	19594 m ²	crossdock	
shelf storage	763 m ²		
pallet racks	86 m ²		
total	849 m ²		
returns			
shelf storage	2422 m ²		
pallet racks	264 m ²		
total	2686 m ²		
packing			
packing	2789 m ²		