

Masterarbeit

Konzeption eines Kennzahlen- systems zur Bewertung der Hochlaufphase intralogistischer Systeme

eingereicht an der

Montanuniversität Leoben

erstellt am

Lehrstuhl Industrielogistik

Vorgelegt von:

Werner Wolf, BSc
0635147

Betreuer/Gutachter:

Univ.-Prof. Mag. Dr. Helmut Zsifkovits
Dipl.-Ing. Johannes Kapeller
Dipl.-Ing. (FH) Wolfgang Jöbstl

Leoben, 01.06.2017

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich diese Arbeit selbständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe.

Vor- und Nachname

Leoben, 01.06.2017

Kurzfassung

Ziel dieser Arbeit ist die Schaffung eines höheren Transparentgrades hinsichtlich Leistung, Qualität, Bestände und Service der Ist-Situation eines manuellen bzw. vollautomatischen Warenlagers in der Hochlaufphase. Durch eine Analyse warenlagerrelevanter Prozesse und den damit in Verbindung stehenden Kennzahlen werden im Zuge dieser Arbeit Handlungsempfehlungen gesucht, welche zur Erreichung gewünschter Soll-Werte genutzt werden können. Für die Sicherstellung einer wissenschaftlichen Vorgehensweise wurden Forschungsfragen erarbeitet, welche bei der Erreichung der oben beschriebenen Zielsetzung helfen sollen. Die Basis dieser Arbeit bildet eine fundierte Literaturrecherche, welche Informationen zu relevanten Themenbereiche der Forschungsfragen liefert und so zur Beantwortung beiträgt. Die Themenbereiche beziehen sich auf die Projektphasen bei der Einführung einer Lagerverwaltungssoftware sowie auf die aufkommenden intralogistische Prozesse in einem Warenlager und die Identifizierung der Leistungsfähigkeit eines Logistiksystems. Zusätzlich wird die Auswirkung der Auftragsstruktur auf die logistischen Kennzahlen erhoben. Die dadurch gewonnen Erkenntnisse werden im Anschluss für eine Klassifizierung des Warenlagers nach der Auftragsstruktur verwendet. Die Klassifizierung bildet die Entscheidungsgrundlage für die Verwendung bestimmter Kennzahlen, welche für die Evaluierung der Hochlaufphase verwendet werden können. Je nach Komplexität der Auftragsstruktur eines Warenlagers ist es möglich die Ist-Situation in einen Best-, Average oder Worst Case einzuordnen. Auf Basis dieser Fälle werden drei Kennzahlenframeworks entwickelt. Durch diese kann möglichst zeitnah eine Bewertung der Ist-Situation eines Warenlagers erfolgen. Diese Bewertung erlaubt es, Abweichungen zu festgelegten Soll-Werten zu erkennen. Identifizierte Differenzen werden im Anschluss mit ermittelten Strategien und Handlungsempfehlungen ausgeglichen. Im Zuge dieser Arbeit werden unter anderem Bewegungs-, Belegungs- und Kontrollstrategien eines Warenlagers durchleuchtet, mit dem Ziel der Leistungs- und Qualitätssteigerung. Die Erkenntnisse dieser Arbeit bringen zum einen die Etablierung eines Kennzahlencockpits hervor, welches in eine Lagerverwaltungssoftware implementiert werden kann und zum anderen zeigen sie eine Analyse der Handlungsempfehlungen, durch welche eine positive Steigerung der einzelnen Kennzahlenbereiche herbeizuführen ist.

Abstract

The target of this Thesis is to increase the transparency of the current situation in a manual respectively fully automated warehouse in the run up phase regarding to performance, quality, stock and service. Therefore the Thesis deals with different suggestions for action based on an analysis of the processes in a warehouse and in conjunction with key performance indicators (KPIs) for the assessment of the current situation. The objective is to reach the strived setpoints. These complexes of themes were developed scientifically by research questions. The questions are clarified on the basis of a scientifically sound literature research. The investigation covers the project phases of an implementation of a warehouse management system as well as the processes of the intralogistics and the identification of the performance of a logistics system. In additional the influence of the order structure on the intralogistics KPIs is emphasized. Thereof lessons learned are subsequently appropriate to classify a warehouse regarding to its order structure. This classification is the decision-making basis for the deployment of particular KPIs witch could be used for assessing the run up phase of a warehouse. Depending on the complexity of the order structure in a stock the current situation can be categorized in a best-, average- or worst case. According to this three frameworks of KPIs are developed. That implies that the current situation of a warehouse can be evaluated rapidly. This assessment contributes to recognize deviations to determined setpoints. Subsequently, the identified differences are compromised with compiled strategies and potential for improvements. This Thesis examines among others strategies of rotation, storage assignments and control in a warehouse with the aim to increase the performance and the quality. The findings of this Thesis are on the one side of the coin a KPI cockpit which can be implemented in a warehouse management system, however, on the other side of the coin also an analysis of the room for improvement which affects a positive increase of the particular KPIs areas.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	I
Kurzfassung	II
Abstract	III
Tabellenverzeichnis	VI
Abbildungsverzeichnis	VII
Formelverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Forschungsfragen.....	1
2 Unternehmen	2
2.1 Geschichte	2
2.2 Produkt	3
3 Theoretische Grundlagen	4
3.1 Projektphasen bei der Einführung eines Lagerverwaltungssystems	4
3.1.1 Projektstart	7
3.1.2 Inhaltlicher Projektstart	9
3.1.3 Systemanalyse	9
3.1.4 Realisierung	12
3.1.5 IT-Inbetriebnahme	13
3.1.6 Produktivbetrieb	14
3.1.7 Projektabschluss	15
3.2 Überblick der intralogistischen Prozesse eines Warenlagers	17
3.2.1 Wareneingang	17
3.2.2 Transport.....	20
3.2.3 Nachschub	24
3.2.4 Inventur	26
3.2.5 Kommissionierung.....	30
3.2.6 Warenausgang.....	33
3.2.7 Retouren	35
3.3 Identifizierung der Leistungsfähigkeit von Logistiksystemen.....	39
3.3.1 Logistische Kennzahlensysteme	39
3.3.2 Kennzahlen zur Bewertung intralogistischer Prozesse in einem Warenlager	42
3.3.2.1 Bestandskennzahlen.....	42
3.3.2.2 Leistungskennzahlen.....	46
3.3.2.3 Servicekennzahlen.....	49
3.3.2.4 Qualitätskennzahlen.....	51
3.3.2.5 Kostenkennzahlen.....	54
4 Auswirkung der Auftragsstruktur auf logistische Kennzahlen	56
4.1 Grundlagen der Auftragsstruktur.....	56
4.2 Ausprägungen der Auftragsstruktur.....	57
4.3 Klassifizierung der Auftragsstruktur.....	59
4.4 Ableitung der Kennzahlen hinsichtlich der Ausprägung der Auftragsstruktur.....	60
4.4.1 Kennzahlensammlung des Best Cases.....	64
4.4.2 Kennzahlensammlung des Average Cases	65
4.4.3 Kennzahlensammlung des Worst Cases	68
4.4.4 Kennzahlenportfolio.....	72

5	Handlungsempfehlungen	75
5.1	Kennzahlenbereich Leistung	75
5.2	Kennzahlenbereich Qualität	79
5.3	Kennzahlenbereich Bestand	81
5.4	Kennzahlenbereich Service	84
5.5	Kennzahlenbereich Kosten	85
6	Conclusio	87
	Literaturverzeichnis	89
	Internetquellenverzeichnis	96
	Anhang	97

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Inventurarten WAMAS	29
Tabelle 2: Kommissionierstrategien	30
Tabelle 3: Kennzahlengruppen	41
Tabelle 4: Logistikkosten	54
Tabelle 5: Kennzahlen für die Vorklassifizierung der Auftragsstruktur	61
Tabelle 6: Kennzahlensammlung Best Case	64
Tabelle 7: Kennzahlensammlung Average Case.....	66
Tabelle 8: Kennzahlensammlung Worst Case	68
Tabelle 9: Kennzahlenportfolio	73
Tabelle 10: Leistungseinteilung in einem Warenlager	75
Tabelle 11: Expertengespräch	97

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: SSI Schäfer Standort Friesach bei Graz	2
Abbildung 2: Standardmodell der Systementwicklung	6
Abbildung 3: Projektphasen von SSI Schäfer bei der Einführung eines LVS	6
Abbildung 4: Schritte Projektstart bei SSI Schäfer	8
Abbildung 5: Schritte inhaltlicher Projektstart bei SSI Schäfer	9
Abbildung 6: Schritte Systemanalyse bei SSI Schäfer	11
Abbildung 7: Schritte Realisierung bei SSI Schäfer	12
Abbildung 8: Schritte IT-Inbetriebnahme bei SSI Schäfer	14
Abbildung 9: Schritte Produktivbetrieb bei SSI Schäfer	15
Abbildung 10: Schritte Projektabschluss bei SSI Schäfer	16
Abbildung 11: intralogistischer Gesamtprozess	17
Abbildung 12: Wareneingangsprozess	18
Abbildung 13: Wareneingangsprozess WAMAS	19
Abbildung 14: Transportprozess	21
Abbildung 15: Transportprozess WAMAS	22
Abbildung 16: Nachschubprozess WAMAS	25
Abbildung 17: Inventurprozess	27
Abbildung 18: Inventurprozess WAMAS	28
Abbildung 19: Kommissionierungsprozess	31
Abbildung 20: Kommissionierungsprozess WAMAS	32
Abbildung 21: Warenausgangsprozess	33
Abbildung 22: Warenausgangsprozess WAMAS	34
Abbildung 23: Kundenretourenprozess	36
Abbildung 24: Kundenretourenprozess WAMAS	37
Abbildung 25: Lieferantenretourenprozess WAMAS	38
Abbildung 26: Ausschnitt des logistischen Kennzahlensystems nach Reichmann	40
Abbildung 27: Sicherheitsbestand	44
Abbildung 28: Meldebestand	45
Abbildung 29: Ausprägungen der Auftragsstrukturen	57
Abbildung 30: Portfolio zur Klassifizierung der Auftragsstruktur.....	62
Abbildung 31: Kennzahlencockpit	74
Abbildung 32: Einteilung der Qualitätsverbesserungen	79
Abbildung 33: Dispositionsverfahren nach ABC/XYZ Analyse	83

Formelverzeichnis

Formel 1: Bestandsreichweite	43
Formel 2: Formeln zum Sicherheitsbestand	44
Formel 3: Meldebestand	45
Formel 4: Durchsatz auf Förderstrecke mit regelmäßigem Abstand	46
Formel 5: Durchsatz auf Förderstrecke ohne regelmäßigem Abstand	46
Formel 6: Durchsatz für Lager- und Pufferbereiche	47
Formel 7: Lagerkapazitätsauslastungsgrad	47
Formel 8: Lagerumschlagshäufigkeit	47
Formel 9: Ø Lagerdauer	48
Formel 10: Ø Kommissionierleistung	48
Formel 11: Liefertreue	49
Formel 12: Ø Lieferzeit	49
Formel 13: Lieferzuverlässigkeit	49
Formel 14: Lieferqualität	50
Formel 15: Lieferflexibilität	50
Formel 16: Lieferfähigkeit	50
Formel 17: Lieferbereitschaftsgrad	51
Formel 18: Altersstruktur der Bestände	52
Formel 19: Lagerverlustquote	52
Formel 20: interner Servicegrad	52
Formel 21: Fehllieferquote	53
Formel 22: Quote der qualitätsbedingten Nachlieferungen	53
Formel 23: Kapitalbindungskosten	55
Formel 24: Ø Anzahl identer Artikel je Auftrag	60
Formel 25: Quote identer Artikel	60
Formel 26: Ø Anzahl identer Sortimente je Auftrag.....	60
Formel 27: Quote identer Sortimente.....	60
Formel 28: Ø Nachfragemenge je Auftrag.....	61
Formel 29: Höhe der Nachfragemenge	61

Abkürzungsverzeichnis

BME	Bestandsmenge
BO	Bestandsobjekt
FIFO	First In First Out
KPI	Key Performance Indicator
LE	Ladeeinheit
LIFO	Last In First Out
LP	Lagerplatz
LVS	Lagerverwaltungssystem
MB	Meldebestand
MDE	Mobile Device
MFS	Materialflusssystem
MHD	Mindesthaltbarkeitsdatum
RFID	Radio Frequency Identification
SB	Sicherheitsbestand
WBZ	Wiederbeschaffungszeit
WA	Warenausgang
WAMAS	Warehouse Management und Material Flow System von SSI Schäfer
WE	Wareneingang
WMS	Warehouse Management System

1 Einleitung

Logistikketten sind in der heutigen Zeit mit zunehmender Komplexität konfrontiert. Die Gründe dafür liegen in der wachsenden Produktvielfalt, einer steigenden Globalisierung aber auch an einer vermehrten Zusammenarbeit von verschiedenen Unternehmen.¹ Mit dieser Thematik steigt auch die Relevanz von Kennzahlen. Diese zeichnen sich dadurch aus, dass sie durch ihre verdichtete Form eine komplexe, zahlenmäßig erfassbare Situation relativ einfach darstellen und somit Entwicklungen im Unternehmen abbilden. Sie werden als Entscheidungshilfe herangezogen und zählen damit auch als strategischer Erfolgsfaktor.²

Die steigende Komplexität, vor allem die höherwerdende Produktvielfalt, hat ebenso Einfluss auf die intralogistischen Prozesse in einem Warenlager.³ Auch das Unternehmen SSI Schäfer beschäftigt sich daher intensiv mit dem Thema Kennzahlen, um die Effizienz ihrer Warenlager zu messen und in weiterer Folge zu evaluieren. Die vorliegende Arbeit setzt sich daher mit den folgenden Fragenstellungen auseinander:

1.1 Forschungsfragen

1. Welche Kennzahlen sind bei der Erfüllung der Geschäftsprozesse des Kunden in einem Warenlager mit manuellen oder automatischen Anlagen anzuwenden?
 - Welche systemischen Kennzahlen können gemessen werden, um die IST-Situation der Hochlauf- und Produktivbegleitungsphase bewerten zu können?
2. Welche Kennzahlen können eingesetzt werden um die Qualität der logistischen Abläufe bzw. Warenflüsse hinsichtlich unterschiedlicher Auftragsstruktur sicherzustellen und zu messen?
 - Welche Handlungsempfehlungen und -strategien können aus den ermittelten Kennzahlen der Hochlaufphase und Produktivbegleitungsphase eines Warenlagers abgeleitet werden?

¹ Vgl. Schoeneberg 2014, S. 250.

² Vgl. Preißler 2008, S. 10.

³ Vgl. Schoeneberg 2014, S. 250.

2 Unternehmen



Die vorliegende Masterarbeit bezieht sich auf die Prozesse bzw. Arbeitsabläufe, welche im Zuge eines Intralogistikprojekts auftreten. Als Basis für die in dieser Arbeit behandelten Untersuchungsbereiche, dienen die Prozesse der Salomon Automation GmbH, einem Unternehmen der SSI Schäfer Unternehmensgruppe. Deren Kernkompetenzen liegen in der Generalunternehmerschaft, in Software- und Logistiklösungen sowie in der Automatisierungstechnik.⁴

2.1 Geschichte

Das Unternehmen Salomon Automation wurde 1983 von drei Studenten gegründet. Das verlautbarte Ziel war Generalunternehmer für automatische und manuelle Systeme zu werden. Salomon Automation ist Hersteller der Lagerverwaltungssoftware WAMAS, welche bis dato über 400 Mal bei Kunden installiert wurde. Der Firmensitz befindet sich in Friesach bei Graz.⁵



Abbildung 1: SSI Schäfer Standort Friesach bei Graz ⁶

Die Salomon Automation wurde im Jahr 2008 durch die SSI Schäfer Gruppe akquiriert und in das Unternehmen integriert. SSI Schäfer selbst wurde 1937 gegründet und ist seither ein inhabergeführtes, deutsches Familienunternehmen. Durch mehrere Unternehmenserweite-

⁴ Vgl. SSI Schäfer 1, Abrufdatum 07.10.2016.

⁵ Vgl. SSI Schäfer 2014, S. 4.

⁶ SSI Schäfer 2014, S. 4.

lungen wuchs das Unternehmen über die Jahre ständig an. Im Jahr 2016 gilt SSI Schäfer als weltweit führender Komplettanbieter für hochwertige Systeme im Bereich Logistik Automation, Lagertechnik, Betriebseinrichtungen, Büro, Abfalltechnik und Recycling. SSI Schäfer ist mit Fertigungsstätten, Niederlassungen und Service Stützpunkten in über 50 Ländern vertreten. Das Unternehmen steht für einen hohen Anteil an eigener Wertschöpfung und ist mit mehr als 9.000 Mitarbeitern weltweit tätig.⁷

2.2 Produkt

Das unternehmenseigene Warehouse Management und Material Flow System von Salomon Automation bzw. SSI Schäfer wird WAMAS genannt und zielt darauf ab, sämtliche logistische Abläufe für den Kunden zu vereinfachen und zu optimieren. WAMAS ist darauf ausgerichtet, Lagerprozesse umfassend abzubilden und zu verbessern, unabhängig von der Größe, der Komplexität oder des Automatisierungsgrades des Lagers. Die Leistungsoptimierung, Qualitätssicherung und Arbeitserleichterung für den Kunden stehen dabei stets im Mittelpunkt der Arbeit. SSI Schäfer unterstützt und begleitet den Kunden über den gesamten Lebenszyklus seiner Logistikanlage, das heißt von der Planung über die Realisierung bis hin zur Wartung des Gesamtsystems. Zudem steht SSI Schäfer ihren Kunden mit ihrem Customer Service Support zur Seite, welcher Fragen über die Sicherheit, Stabilität und die Verfügbarkeit der Anlagen beantwortet.⁸

⁷ Vgl. SSI Schäfer 2014, S. 2ff.

⁸ Vgl. SSI Schäfer 2, Abrufdatum 07.10.2016.

3 Theoretische Grundlagen

Im Zuge dieses Grundlagenkapitels wird die theoretische Basis, welche dieser Arbeit zugrunde liegt, betrachtet. Zu Beginn wird auf die jeweiligen Projektphasen bei der Einführung eines Lagerverwaltungssystems (LVS), oder auch Warehouse Management System (WMS) genannt, eingegangen. Des Weiteren werden die intralogistischen Prozesse in einem Warenhaus sowie die Identifizierung der Logistiksystemleistungsfähigkeit durchleuchtet.

3.1 Projektphasen bei der Einführung eines Lagerverwaltungssystems

Die Lagerverwaltung im Allgemeinen ist für eine Vielzahl an Aufgaben verantwortlich. Zu diesen zählen:

- die Annahme, die Speicherung sowie die Ausführungsüberwachung von anstehenden Ein- und Auslagerungsaufträgen
- die Platzzuweisung von einzulagernden Ladeeinheiten (LEs) unter Berücksichtigung von optimalen Belegungsstrategien
- die Bestandverwaltung aller LEs die sich zwischen der Einlagerung und der Auslagerung befinden
- die Koordination von Ein-, Um- und Auslagerungen durch die Lagergeräte bzw. die Fördertechnik nach optimalen Bewegungsstrategien
- die Erzeugung von Transportaufträgen.⁹

Die genannten Aufgaben der Lagerverwaltung können im Prinzip durch Humankapital bewältigt werden, jedoch zeigt die zunehmende Komplexität im intralogistischen Bereich, dass der Einsatz eines geeigneten Softwaresystems von großem Vorteil ist.¹⁰ Bei der Einführung eines LVS ist vor allem die Abstimmung der Software auf die lokalen Lagerstrategien von essentieller Wichtigkeit. Da nicht immer alle Anbieter in der Lage sind die individuell benötigten Funktionen zu liefern, bzw. auch überflüssige Funktionen anbieten, ist vor der Beschaffung eine

⁹ Vgl. Gudehus 2012 (2), S. 642f.

¹⁰ Vgl. Bichler et al. 2013, S. 22f.

exakte Ausführung der benötigten Funktionen und Lagerstrategien in einem Lastenheft von größter Relevanz.¹¹

Nach der Auswahl eines geeigneten LVS-Lieferanten und der Auftragsvergabe, beginnt beim Systemhersteller der Projektlebenszyklus für die Einführung der geforderten Software. Ein fünfstufiges Standardmodell der Systementwicklung zeigt die folgenden Phasen auf:

- **Analysephase:** Diese Phase bildet nicht nur die Ausgangsbasis für die Systementwicklung, vielmehr dient sie der ständigen Rückkoppelung mit den darauffolgenden Phasen. Ergebnisse in den nachgelagerten Schritten können Änderungsbedarfe in der Analysephase und dadurch auch in den anderen Vorphasen erkenntlich machen, wodurch zumindest Teile des Systems erneut analysiert und überarbeitet werden müssen.
- **Entwurfsphase:** In dieser Phase wird Augenmerk auf die Rahmenbedingungen und die funktionalen sowie nicht funktionalen Anforderungen gelegt. Aspekte wie die Systemeinbettung auf die Zielplattform, die Systemzuverlässigkeit und die Systemmodifizierbarkeit werden hier behandelt.
- **Implementierungsphase:** In der Implementierungsphase werden die Ergebnisse der Entwurfsphase konkretisiert. Detailliertere Anforderungen wie unter anderem an die Benutzeroberfläche spielen hier eine wichtige Rolle.
- **Testphase:** Im Rahmen der Testphase werden Testfälle abgearbeitet. Die Daten hierfür kommen aus der Analysephase. Im Fokus dieser Phase steht die Schnittstelle zwischen den Anforderungstellern und den Systementwicklern.
- **Wartungsphase:** Die Wartungsphase beinhaltet mögliche Tätigkeiten nach der Systemabnahme wie beispielsweise eine Fehlerkorrektur, eine Anpassung an eine geänderte Umgebung oder auch neue Kundenwünsche.

¹¹ Vgl. Gudehus 2012 (2), S. 643.

In der nachstehenden Abbildung 2 ist das beschriebene Modell gezeigt.

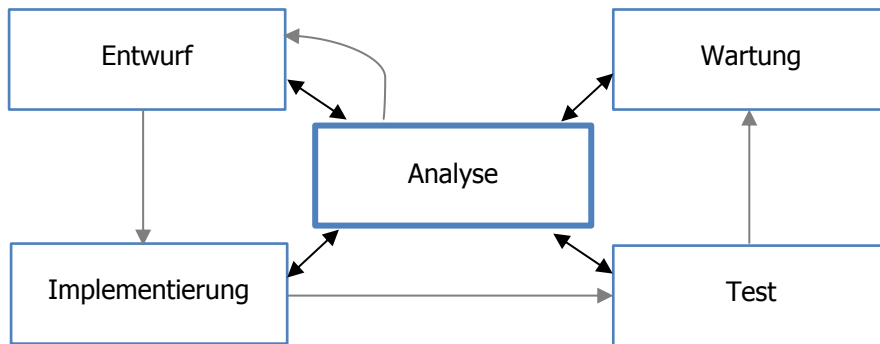


Abbildung 2: Standardmodell der Systementwicklung ¹²

SSI Schäfer verwendet ein adaptiertes Modell dieser Phasen, welches in der nachfolgenden Abbildung dargestellt wird.

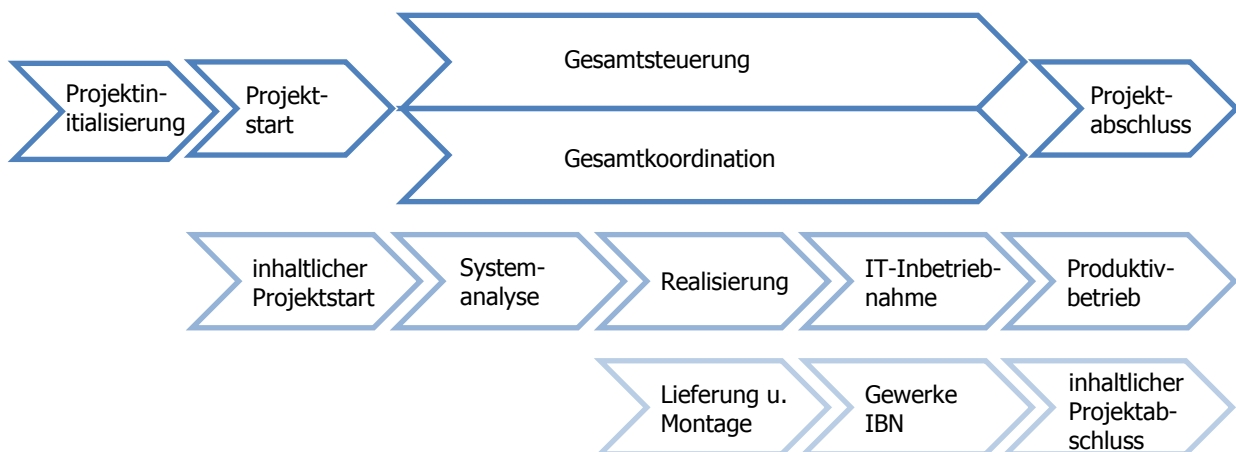


Abbildung 3: Projektphasen von SSI Schäfer bei der Einführung eines LVS ¹³

Der Vergleich der beiden Projektphasenmodelle zeigt, dass die Hauptphasen der beiden Modelle bis auf die exakte Nomenklatur nicht wesentlich voneinander abweichen. Auf die einzelnen Unterschiede des SSI Schäfer Modells zur Literatur wird in den folgenden Phasenbeschreibungen genauer eingegangen.

¹² Vgl. Rupp et al. 2013, S. 4ff.

¹³ Vgl. SSI Schäfer 2015 (1), S. 11.

3.1.1 Projektstart

Der Projektstart ist wohl der wesentlichste Teil eines Projektes, da ein Fehler zu Beginn oder auch ein zu Unrecht begonnenes Projekt großen finanziellen Schaden anrichten kann. Die Theorie unterteilt den Projektstart in vier Phasen, die idealerweise sequenziell ablaufen. Diese sind:¹⁴

- **Projektimpuls:** Der Projektstart beginnt stets mit einer Notwendigkeitserkennung für ein Projekt, dem sogenannten Projektimpuls, der einen unternehmensinternen aber auch -externen Ursprung haben kann. Interne Projektimpulse wären beispielsweise Systemfehler, Überalterung oder die Optimierung von Abläufen, während für externe Impulse beispielhaft neue Technologien, Kundenwünsche oder die Optimierung der Produktqualität stehen. Das Ziel dieses Schrittes ist es, den Impuls als Projektidee festzuhalten und diese dann als Projektantrag einzureichen.
- **Antragsprüfung:** In diesem Schritt wird der zuvor eingereichte Projektantrag geprüft und bewertet. Demnach wird entschieden, ob der Projektantrag freigegeben wird und somit der Initialauftrag für den eigentlichen Projektstart erteilt wird. Ist dies der Fall, müssen die für die Initialisierungsphase benötigten Ressourcen bereitgestellt werden.
- **Initialisierungsphase:** In der Initialisierungsphase wird der Projektauftrag erstellt. In diesem wird festgehalten, was und vor allem wie dieses Ziel erreicht werden soll, aber auch welche Risiken im Projekt auftreten können. Des Weiteren sind die Ressourcen zu planen und zu budgetieren. Der ausgearbeitete Projektauftrag muss alle entscheidungsrelevanten Informationen für oder gegen ein Projekt beinhalten, da dieser in weiterer Folge die Grundlage für die Projektfreigabe oder -ablehnung darstellt.
- **Projektfreigabe:** Der in der Initialisierungsphase ausgearbeitete Projektauftrag wird auf Vollständigkeit, Struktur, Kosten, Kompetenzen, Projektklassifikation und Ziele geprüft. Danach erfolgt die Freigabe oder eben die Ablehnung des Projektes. Im Falle einer Freigabe gilt der Projektstart theoretisch als durchgeführt. Idealerweise ist danach eine offizielle Projektstartsituation abzuhalten. In dieser Kick-Off-Sitzung wird allen Beteiligten des Projektes die genaue Ausgangslage sowie die Zielsetzungen mitgeteilt.¹⁵

¹⁴ Vgl. Bruno 2016, S. 118.

¹⁵ Vgl. Bruno 2016, S. 120ff.

SSI Schäfer definiert seinen Projektstart etwas differenziert von den theoretischen Grundlagen. Ein wesentlicher Unterschied liegt in der Tatsache, dass die Projektinitialisierung als separater Schritt gesehen wird. Diese Vorphase beginnt mit einer Kundenanfrage als externer Projektimpuls. Danach erfolgen die Auftragsprüfung und die Initialisierungsphase. In dieser Vorphase des Projektes wird das Lastenheft des Kunden analysiert und demnach die Entscheidung über die Projektfreigabe getroffen. Dem Start des Projektes bei SSI Schäfer geht daher bereits die Projektfreigabe voraus und es wird direkt mit der Projektarbeit begonnen. Der Projektstart selbst wird unterteilt in einen allgemeinen Projektstart und einen inhaltlichen Projektstart. Während beim allgemeinen Projektstart der Fokus auf den Rahmenbedingungen liegt, steht beim inhaltlichen Projektstart die Umsetzungsplanung im Vordergrund.

In der folgenden Abbildung 4 sind die Aspekte des allgemeinen Projektstartes ersichtlich.

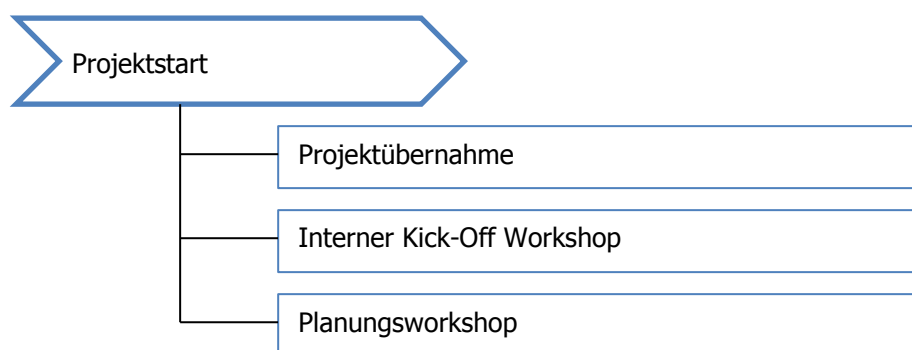


Abbildung 4: Schritte Projektstart bei SSI Schäfer ¹⁶

Abbildung 4 zeigt die drei Schritte der Projektstartphase. Bei der Projektübernahme liegt der Fokus auf der Durchführung der Unterlagensichtung sowie der Konsistenzprüfung der Liefer- und Leistungsumfangskalkulation. Die Ergebnisse dieses Schrittes werden mit den betreffenden Projektbeteiligten besprochen. Im darauffolgenden internen Kick-Off Workshop werden dann die Informationen über Kunde und Projekt behandelt sowie die Projektziele, Rollen, Organisation, Kommunikation, Einflussfaktoren, Umwelt, Risiken, Projektadministration, Tools und To-Do's ausgearbeitet und beschrieben. Der Planungsworkshop zielt auf die Planung der einzelnen Projektphasen im Projektteam ab. Hier werden die genauen Aufgaben, Termine, Mitarbeiter, Stunden, Kosten und Vorgehensweisen festgelegt.

¹⁶ Vgl. SSI Schäfer 2015 (1), S. 12.

3.1.2 Inhaltlicher Projektstart

Dem allgemeinen Projektstart folgt bei SSI Schäfer der inhaltliche Projektstart.

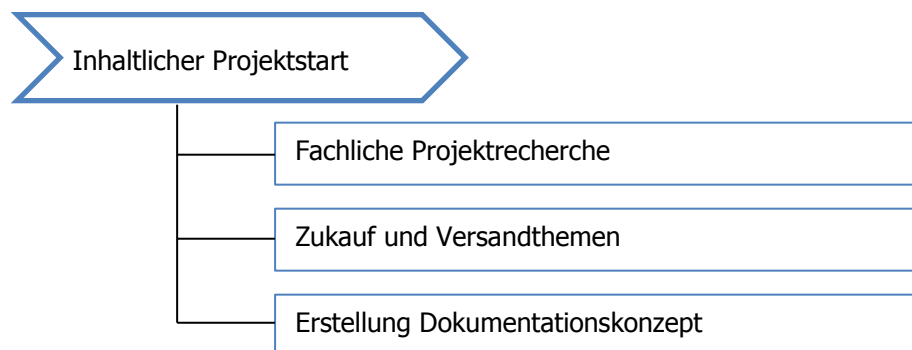


Abbildung 5: Schritte inhaltlicher Projektstart bei SSI Schäfer ¹⁷

In Abbildung 5 sind die Handlungsfelder des inhaltlichen Projektstartes dargestellt. Die fachliche Projektrecherche beinhaltet eine neuerliche Durchführung der Unterlagensichtung und der Analyse des Liefer- und Leistungsumfanges sowie die Dokumentation von ersten Projektanforderungen. Darauf aufbauend wird der Zukauf von Versandthemen bearbeitet. Hier werden die Inhalte des Zukaufs im Projektteam besprochen, der Generalvertrag für den Zukauf geplant und Inputs für den Generalvertrag herausgearbeitet. Zu den Aufgaben für die Erstellung des Dokumentationskonzeptes zählen zum einen die Ausarbeitung von Definitionen und zum anderen die Erstellung erster Entwürfe der Projektdokumentation, des Pflichtenheftes, der Kundendokumentation, der Schulungsunterlagen sowie diverser Konzepte.

3.1.3 Systemanalyse

Der Begriff Systemanalyse wird in der Theorie unterschiedlich aufgefasst. So wird zum einen von einer Systemanalyse gesprochen, wenn ein noch nicht existierendes Hard- oder Softwaresystem so beschrieben wird, wie es künftig aussehen soll. Die Systemanalyse bildet in diesem Fall eine Soll-Situation ab.¹⁸ Zum anderen kann eine Systemanalyse aber auch ein bestehendes System so beschreiben, wie es in der Realität aussieht und damit die Ist-Situation widerspiegeln.¹⁹ ²⁰ Eine weitere Auslegung definiert sowohl die Ist-Analyse als auch

¹⁷ Vgl. SSI Schäfer 2015 (1), S. 13.

¹⁸ Vgl. Springer Fachmedien Wiesbaden 2013, S. 182.

¹⁹ Vgl. Haux et al. 1998, S. 78.

²⁰ Vgl. Rupp et al. 2013, S. 1.

das Soll-Konzept als Teile der Systemanalyse.^{21 22} Aufgrund der unterschiedlichen Auffassungen ist an dieser Stelle zu betonen, dass im Folgenden der Begriff Systemanalyse die Konzeptionierung einer Soll-Situation beschreibt.

Grundvoraussetzung für die Durchführung einer Systemanalyse ist im Vorfeld die exakte Betrachtung von diversen Rahmenbedingungen wie existierenden Systeme, Kundenwünsche, Markteinflüsse sowie die Qualifikationen und Verfügbarkeiten von Projektbeteiligten. Nachdem diese Informationen zur Verfügung stehen, wird ein Projekt ins Leben gerufen, im Rahmen dessen die optimale Soll-Situation konzipiert und so die detaillierte Systemanalyse abgebildet wird.²³ Die Systemanalyse kann dabei in drei Schritten erfolgen:

- **Überprüfung der Anforderungen auf ihre Konsistenz:**

Die Kundenanforderungen werden auf Konsistenz und Vollständigkeit geprüft sowie die einzelnen Anforderungen auf Anwendungsfälle projiziert. Außerdem werden alle Anforderungen als Ganzes betrachtet, um auch eventuelle Wechselwirkungen feststellen zu können.

- **Definition der Systemgrenzen und der Leistungen des Systems:**

Die Grenzen des Systems müssen festgelegt werden, damit bereits von Beginn an definiert ist, was im Rahmen des Systems zu realisieren ist und was nicht. Zudem wird in diesem Schritt die Funktionalität des Systems definiert und einzelne Anwendungsfunktionen identifiziert.

- **Modellierung des Systems:**

In der Modellierungsphase werden alle gesammelten Daten in ein Modell übertragen, um somit die gewünschten Anwendungsfunktionen zu beschreiben. Bei der Modellierung werden die Funktionalitäten ohne Berücksichtigung von Lösungstechniken betrachtet.²⁴

Bei SSI Schäfer werden alle relevanten Informationen und Daten bereits in den vorher durchgeführten Phasen ermittelt, wodurch unmittelbar mit der Systemanalyse begonnen werden kann.

²¹ Vgl. Heinrich 2007, S. 25.

²² Vgl. Schneider 1998, S. 855.

²³ Vgl. Rupp et al. 2013, S. 2f.

²⁴ Vgl. Goll 2011, S 53f.

Abbildung 6 zeigt die einzelnen Aufgaben der, bei SSI Schäfer angewendeten, Systemanalyse.

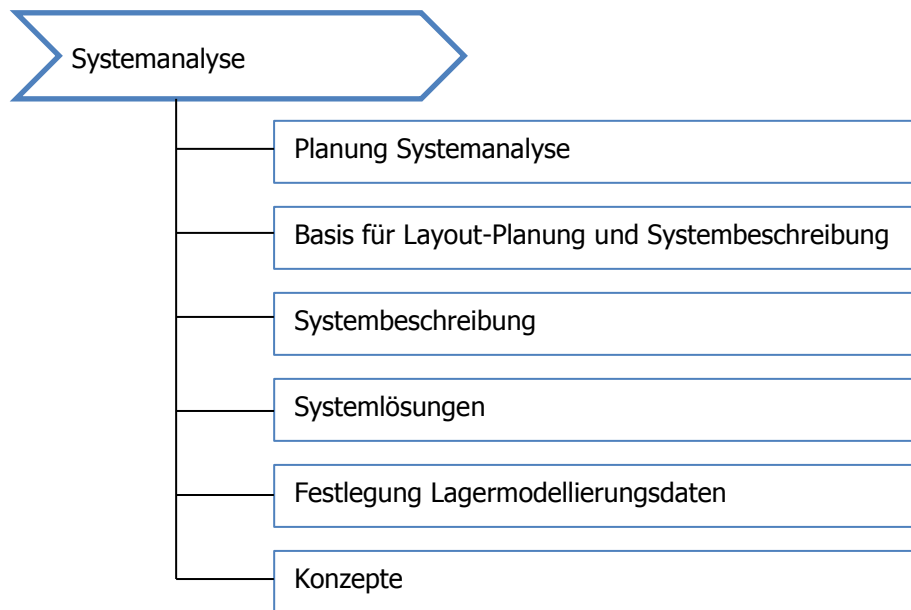


Abbildung 6: Schritte Systemanalyse bei SSI Schäfer ²⁵

Wie in Abbildung 6 dargestellt, beginnt die Systemanalysephase mit der generellen Planung der Systemanalyse. Hierbei werden alle Arbeitspakete dieser Phase hinsichtlich ihrer Termine, Leistungen, Kosten sowie Mitarbeiterinsatz geplant. Bei der darauffolgenden Ermittlung der Basis für die Layout-Planung und die Systembeschreibung werden die vorhandenen vertraglichen Unterlagen sowie der Entwurf des Layouts besprochen und zudem bereits vorhandene Unterlagen und Definitionen konkretisiert. Des Weiteren wird in dieser Phase in Abstimmung mit dem Kunden eine Systembeschreibung erstellt, in der alle Funktionen und Anforderungen an das System festgehalten werden. Im Rahmen des Aufgabenpaketes der Systemlösungen werden alle Projektanforderungen erfasst sowie die dazu erarbeiteten Projektlösungen im Projektteam abgestimmt und in der Systembeschreibung, der Technischen Spezifikation sowie in der Dokumentation der Parametrierung beschrieben. Die Systemlösungen wie auch die Systembeschreibung fließen in weiterer Folge in das Pflichtenheft ein. Im Arbeitsschritt der Festlegung der Lagermodellierungsdaten werden die notwendigen Daten für die projektspezifische Lagermodellierung mit dem Kunden abgeklärt und dokumentiert. Der letzte Schritt umfasst die Konzeptabstimmung mit dem Kunden hinsichtlich Schulungen, Tests, Inbetriebnahme, Hochlauf, Go-Live und Abnahme.

²⁵ Vgl. SSI Schäfer 2015 (1), S. 14.

3.1.4 Realisierung

Die Realisierungsphase wird in der Literatur auch als Entwurfsphase bezeichnet. Die Qualität des Systementwurfs steht in direkter Abhängigkeit zur Qualität der vorhergehenden Analysephase, da die Realisierung auf diese aufbaut. Beim Systementwurf sind neben der Betrachtung der funktionalen Anforderungen auch die Rahmenbedingungen sowie die nicht funktionalen Anforderungen zu beachten, da diese das System wesentlich beeinflussen können.²⁶ Das Ziel in der Realisierungsphase ist, dass das System erstellt, getestet und bereit zur Einführung ist.²⁷ Während dieser Phase kann mitunter auch festgestellt werden, dass gewisse Anforderungen aus der Analyse nicht so umgesetzt werden können wie ursprünglich geplant, weshalb eine Rückkopplung von Teilen des Systems in die Systemanalysephase möglich ist.²⁸

Die Realisierungsphase bei SSI Schäfer beinhaltet die nachstehenden Aufgaben.

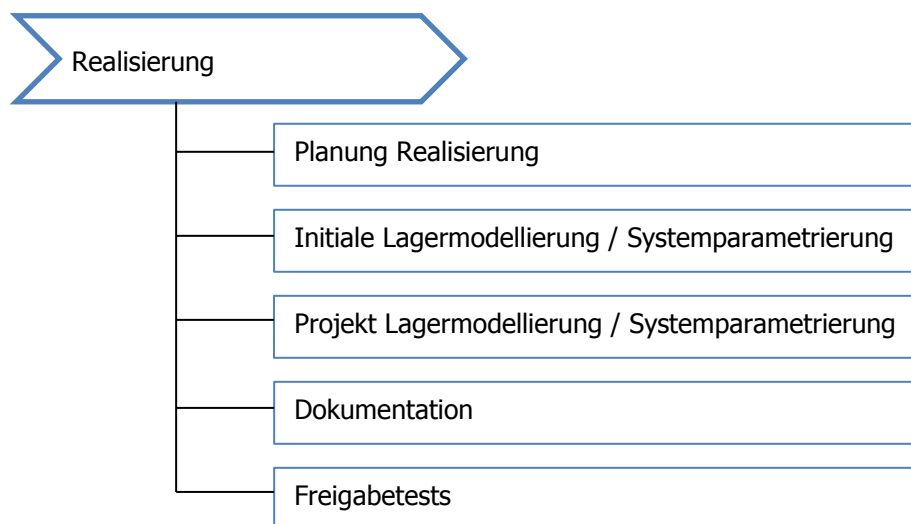


Abbildung 7: Schritte Realisierung bei SSI Schäfer²⁹

Abbildung 7 zeigt, dass die Realisierungsphase mit der Planung der Realisierung beginnt. Hier werden die Arbeitspakete für diese Phase geplant, vom Projektteam geprüft und in weiterer Folge freigegeben. Bei der initialen Lagermodellierung ist das Ziel ein initial modelliertes Kundensystem, welches definierte Lagerbereiche, Lagerflächen und Regaldaten sowie den Warenfluss beinhaltet. Die initiale Systemparametrierung liefert ein laut Pflichtenheft initial

²⁶ Vgl. Rupp et al. 2013, S. 4.

²⁷ Vgl. Kuster et al. 2011, S. 69.

²⁸ Vgl. Rupp et al. 2013, S. 4.

²⁹ Vgl. SSI Schäfer 2015 (1), S. 15.

parametriertes und dokumentiertes Kundensystem. Die projektspezifischen Erweiterungen können zu diesem Zeitpunkt noch nicht parametrierbar sein, da die Programmierung noch in Arbeit ist. Bei der Projekt Lagermodellierung geht es dann um die Fertigstellung bzw. die Überarbeitung der initialen Lagermodellierung. Ziel dieses Schrittes ist es, dass das komplette Kundensystem inklusive der realisierten Projektanpassungen abgebildet wird und für die Gewerke- bzw. Freigabetests zur Verfügung steht. Die Projekt Systemparametrierung beinhaltet die Veränderungen bzw. Erweiterungen der bestehenden initialen Systemparametrierung um die projektspezifischen Erweiterungen. Somit stehen in dieser Stufe auch diese für die Gewerke- bzw. Freigabetests zur Verfügung. Im Zuge des Dokumentationsschrittes werden notwendige Schulungsunterlagen sowie die Kundendokumentation erstellt. Des Weiteren werden Schulungsprotokolle, Zielkontrollen und Evaluierungen mit dem Kunden abgestimmt, vorbereitet und dem Kunden zur Verfügung gestellt. Die abschließenden Freigabetests dieser Phase, dienen der Sicherstellung der inhaltlichen Korrektheit sowie der Stabilität der Software. Diese Teststufe soll spätere Aufwände für Fehlerzeiten während der Inbetriebnahme verringern.

3.1.5 IT-Inbetriebnahme

Die Phase IT-Inbetriebnahme von SSI Schäfer wird im Standardmodell der Systementwicklung (Abbildung 2) aus der Literatur als Implementierungsphase bezeichnet. Bezugnehmend auf die Literatur werden in der Implementierungsphase auch jene Anforderungen genauer betrachtet, welche für den Entwurf nicht von Relevanz waren. Dazu zählen vor allem detaillierte Systemanforderungen wie beispielsweise Anforderungen an die Benutzeroberfläche. Auch in dieser Phase können Widersprüche zur Systemanalyse festgestellt werden, die dann neu spezifiziert werden müssen. Dem Standardmodell nach erfolgen die Systemtests nach der Implementierung.³⁰

Bei SSI-Schäfer gibt es hingegen in diesem Schritt keine bisher außer Acht gelassenen Anforderungen, da diese spätestens bei den Freigabetests in der Realisierungsphase eruiert wurden. Durch die umfangreichen Tests in der Vorphase sind Systemfehler bei der Inbetriebnahme weitestgehend ausgemerzt.³¹

³⁰ Vgl. Rupp et al. 2013, S. 5.

³¹ Vgl. SSI Schäfer 2015 (1), S. 15.

Die IT-Inbetriebnahme-Phase des Unternehmens sieht folgende Schritte vor.

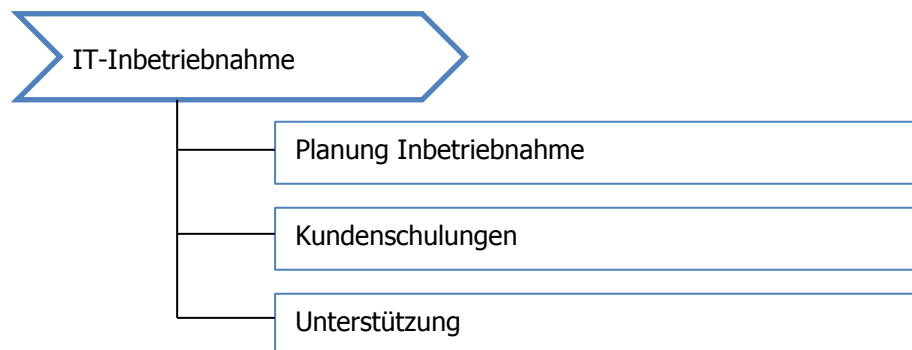


Abbildung 8: Schritte IT-Inbetriebnahme bei SSI Schäfer ³²

In Abbildung 8 sind die einzelnen Aufgaben der Phase IT-Inbetriebnahme aufgelistet. Am Beginn steht, wie in allen Phasen, die Planung der jeweiligen Phase. Bei der Planung der IT-Inbetriebnahme werden die Arbeitspakete für diese Phase geplant, durch das Projektteam geprüft und schließlich freigegeben. Im Anschluss daran werden die Kundenschulungen durchgeführt und deren Ergebnisse protokolliert. Das Ziel in diesem Schritt ist es, den Kunden optimal auf den Einsatz des Systems vorzubereiten. Beim Schritt Unterstützung geht es darum, die Durchgängigkeit sämtlicher Warenflussprozesse, die vereinbarte Anlagenleistung sowie die vereinbarte Anlagenverfügbarkeit bei den Integrationstests sicherzustellen. Nachdem der Kunde das System ausreichend getestet hat, erfolgt schließlich der Go-Live von WAMAS.

3.1.6 Produktivbetrieb

Im Rahmen des Produktivbetriebes, oder auch Wirkbetrieb genannt, wird die Software in die Produktionsumgebung eingebunden und im Produktivbetrieb erprobt. Das Ziel dieser Phase ist es, die Anwendungssoftware in das Gesamtsystem zu integrieren und die Kooperationsfähigkeit mit anderen Anwendungen herzustellen.³³

³² Vgl. SSI Schäfer 2015 (1), S. 16.

³³ Vgl. Kruth 2009, S. 66.

Bei der Produktivbetrieb-Phase werden von SSI Schäfer folgende Arbeitsschritte durchgeführt.

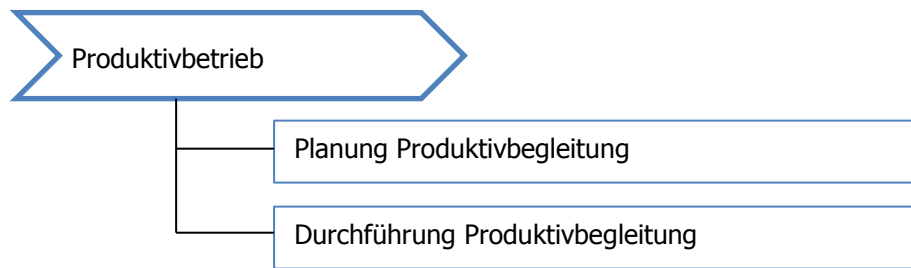


Abbildung 9: Schritte Produktivbetrieb bei SSI Schäfer ³⁴

In Abbildung 9 sind die Aufgaben der Produktivbetrieb-Phase dargestellt. Bei der Planung der Produktivbegleitung werden die Arbeitspakete für diese Phase geplant, geprüft und freigegeben. Danach erfolgt die Durchführung der Produktivbegleitung. Hierbei wird der Kunde bei der Hochlaufphase des Systems begleitet. Der Kunde betreibt in diesem Schritt die Anlage mit der in der Planung definierten Leistung für die Hochlaufphase.

3.1.7 Projektabschluss

Zu einem erfolgreichen Projekt gehört auch ein fachmännischer Abschluss. Hierbei werden die Projektabwicklung sowie die Abwicklungsziele bezüglich Leistung, Qualität, Zeit und Kosten, aber auch eventuelle Nichterfolge festgehalten. Zu den wichtigsten Projektabschlussstätigkeiten zählen in der Literatur:

- die offizielle Produktabnahme und somit die definitive Freigabe
- Projektabschlussbeurteilungen, unter anderem durch Gespräche mit den Mitarbeitern über die Erreichung ihrer persönlichen Ziele
- die Erstellung des Projektabschlussberichtes
- das Dokumentieren zur Erfahrungssicherung
- die Abwicklung von eventuellen Nacharbeiten
- die Auflösung des Projektteams und somit des Projektes ³⁵

³⁴ Vgl. SSI Schäfer 2015 (1), S. 17.

³⁵ Vgl. Bruno 2016, S. 182.

Die Projektabschlussphase bei SSI Schäfer beinhaltet die nachstehenden Aufgaben.

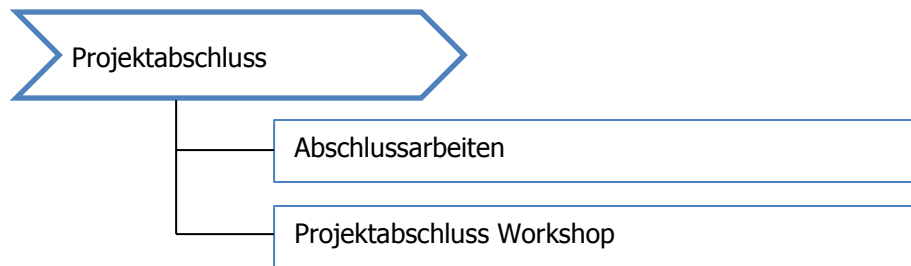


Abbildung 10: Schritte Projektabschluss bei SSI Schäfer ³⁶

Die oben dargestellte Abbildung 10 listet die Aufgaben der Projektabschlussphase auf. Im Rahmen der Abschlussarbeiten wird die strukturierte Beendigung des Projektes durchgeführt. Dazu zählen die Planung von Restarbeiten, die Projektevaluierung sowie die Dokumentation von Erfahrungen aus dem Projekt, um eine nachhaltige Sicherung der Erkenntnisse zu gewährleisten. Obendrein wird im Zuge des Projektabschlusses ein Workshop durchgeführt, in welchem die Projektergebnisse, die Zielerreichung, diverse Analysen bezüglich Kosten, Ressourcen, Leistungen, Methoden und Teamarbeit, die Projektanalyse, Restarbeiten sowie Erfahrungen und Erkenntnisse aus dem Projekt im Fokus stehen. Abschließend folgt die Auflösung des Projektteams.

³⁶ Vgl. SSI Schäfer 2015 (1), S. 18.

3.2 Überblick der intralogistischen Prozesse eines Warenlagers

Die Intralogistik beschäftigt sich mit der Organisation, der Steuerung, der Durchführung sowie der Optimierung des innerbetrieblichen Materialflusses, der Informationsströme und des Warenumschlages in Industrie, Handel und öffentlichen Einrichtungen.³⁷ SSI Schäfer definiert ihren intralogistischen Gesamtprozess bei einem Warenlager mit den in der nachstehenden Abbildung 11 aufgezeigten Teilprozessen.

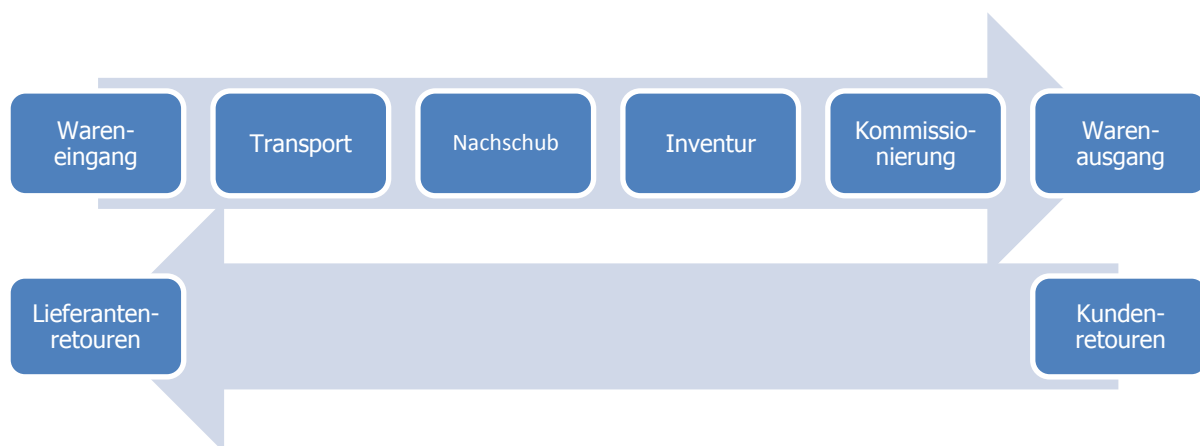


Abbildung 11: intralogistischer Gesamtprozess ³⁸

Die Teilprozesse, welche in Abbildung 11 angeführt sind, werden in weiterer Folge genauer erläutert. Die Grundlage für diese Betrachtungen bietet das Prozesshandbuch des Lagerverwaltungssystems „WAMAS 5.4“ von SSI Schäfer.³⁹ Da die Prozesse von SSI Schäfer nur die systemtechnische Sicht abbilden, werden zudem die physischen Prozesse aus der Literatur gegenübergestellt.

3.2.1 Wareneingang

Der Wareneingang (WE) stellt die Schnittstelle zwischen dem Lieferanten und dem Abnehmer dar. Die Aufgaben des WE sind die Annahme von extern gelieferten Gütern, die Kontrolle der Konformität von Lieferschein und Bestellung, die Überprüfung auf Schäden bei Verpa-

³⁷ Vgl. Molzow-Voit et al. 2016, S. 26.

³⁸ Vgl. SSI Schäfer 2015 (2), S. 38.

³⁹ Vgl. SSI Schäfer 2015 (2).

ckung und Ladehilfsmittel sowie die Abnahme der Quantität und der Qualität.⁴⁰ Eine Anlieferung kann aus unterschiedlichen Gründen resultieren:

- Auftrag
- Produktionslieferung
- Kundenretoure
- Transferlieferung

In der nachstehenden Abbildung 12 sind die Tätigkeiten des physischen Wareneingangsprozesses dargestellt.

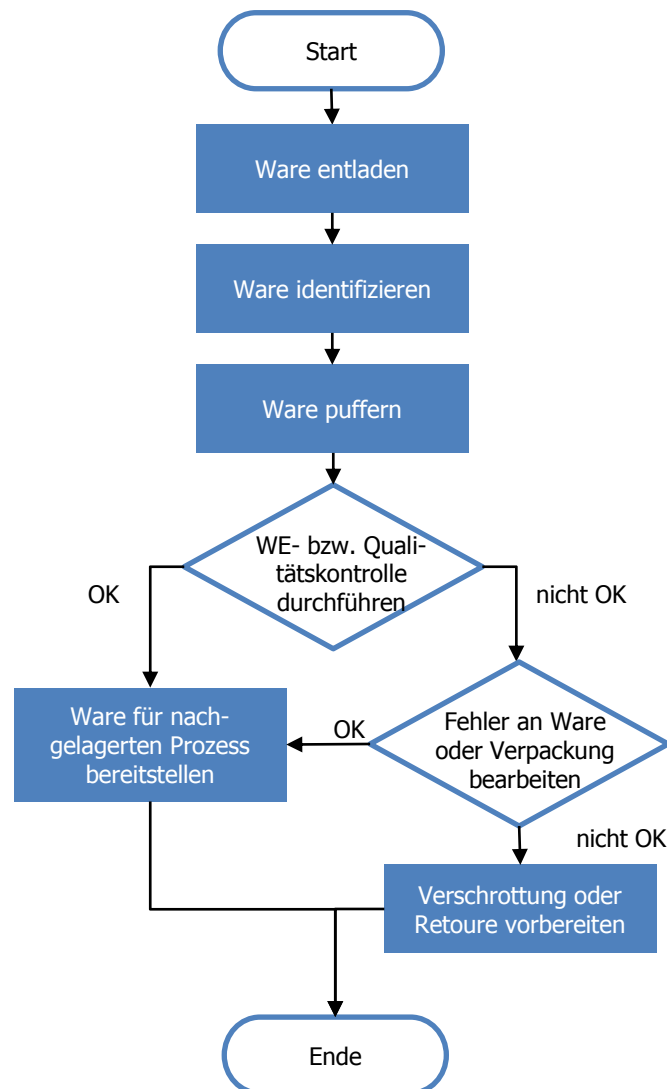


Abbildung 12: Wareneingangsprozess ⁴¹

⁴⁰ Vgl. Arnolds et al. 2010, S. 292.

⁴¹ Vgl. Wisser / Furmans 2009, S. 13.

Der WE-Prozess in Abbildung 12 zeigt, dass der physische WE alle Tätigkeiten umfasst, welche von der Ankunft der Ware bis zur Übergabe in den darauffolgenden Prozess ablaufen. Der erste Schritt ist die Entladung von externen Transportmitteln. Danach bzw. währenddessen erfolgt die Identifizierung und die Zuordnung zu Wareneingangspuffern. Hier wird die Ware bis zur WE- bzw. Qualitätskontrolle zwischengelagert. Bei einem zufriedenstellenden Ergebnis der Kontrolle wird die Ware an den nachgelagerten Prozessschritt übergeben. Wenn bei der Prüfung ein Fehler erkannt wurde, kann versucht werden den Mangel zu bearbeiten, um die Ware dann an den nächsten Prozess weiterzugeben. Gelingt dies nicht wird je nach Vereinbarung mit dem Lieferanten die Ware verschrottet oder retourniert.⁴²

Beim Lagerverwaltungssystem WAMAS wird die Ware systemtechnisch in den Lagerbestand übernommen. Abbildung 13 visualisiert die einzelnen Schritte dieses WE-Prozesses.

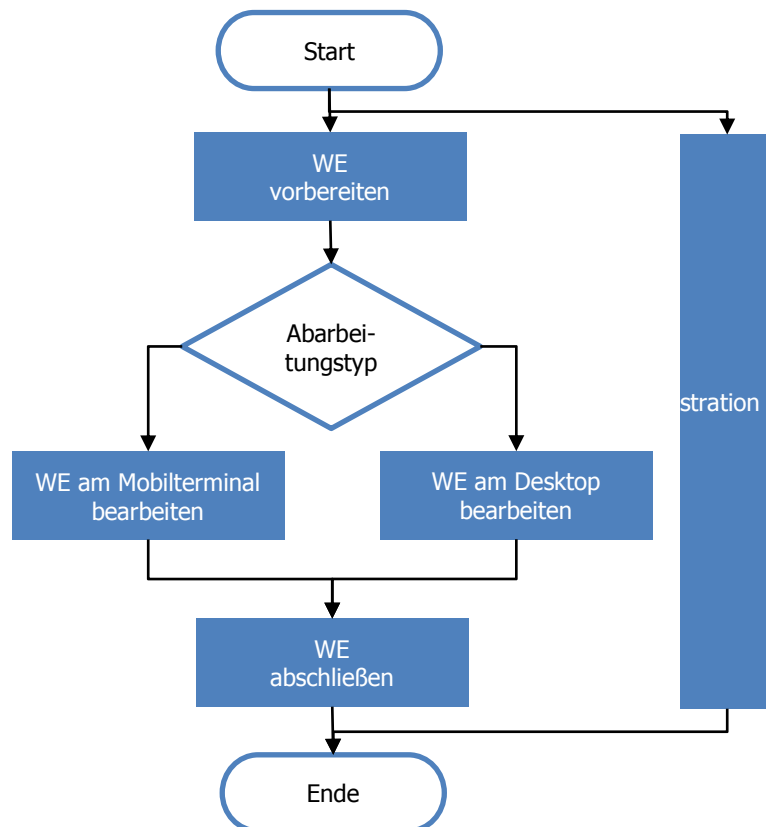


Abbildung 13: Wareneingangsprozess WAMAS⁴³

Der Wareneingangsprozess kann durch einen Wareneingangsauftrag, eine Anlieferung oder eine avisierte Ladeinheit (LE) ausgelöst werden. Bei der Vorbereitung des WE ist aber in

⁴² Vgl. Wisser / Furmans 2009, S. 12.

⁴³ Vgl. SSI Schäfer 2015 (2), S. 39.

jedem Fall entweder eine Warenanlieferung oder eine avisierte Ladeinheit im System von Nöten. Die erstellten Warenanlieferungen müssen für die Durchführung des Wareneinganges zusätzlich freigegeben werden, während dies für avisierte Ladeinheiten nicht notwendig ist, da hier bereits alle Informationen zur Verfügung stehen.

Im Anschluss an die WE-Vorbereitung folgt die Bearbeitung des WE, wahlweise am Mobilterminal oder am Desktop. Hier werden die Artikel einer Anlieferung mit den relevanten Informationen eingepflegt und direkt an mengenverwaltete Lagerplätze gesendet oder auf homogene bzw. inhomogene Ladeeinheiten platziert. Sobald sich die Ware auf Ladeeinheiten befindet, wird dafür ein Transportauftrag angelegt, damit in weiterer Folge die physische Einlagerung erfolgen kann. Avisierte LEs müssen im System nur in äquivalente LEs umgewandelt werden, da die Informationen zum Bestand bereitgestellt werden.

Der letzte Schritt im WE-Prozess von WAMAS ist, dass die Anlieferung als abgeschlossen gekennzeichnet werden muss. Der generierte Anlieferschein dient dabei als Nachweis für den Empfang der Ware. Die avisierten Ladeeinheiten werden im Rahmen des Umwandlungsprozesses als abgeschlossen deklariert.

Die laufende Administration des WE ermöglicht es, auf Änderungen im WE-Prozess zu reagieren und Daten zu WE-Aufträgen, Anlieferungen und avisierten LEs entsprechend zu ändern.

3.2.2 Transport

Die generelle Aufgabe des Transportes ist die physische Warenbewegung zwischen dem Ausgangsort, der sogenannten Quelle und dem Transportziel, der Senke.⁴⁴ Grundsätzlich wird zwischen innerbetrieblichen und außerbetrieblichen Transport unterschieden. Dem innerbetrieblichen Transport wird dabei die Beförderung von Ware innerhalb des Unternehmens bzw. Betriebsstätten zugerechnet. Der außerbetriebliche Transport beinhaltet den Transport von Ware vom Lieferanten zum Unternehmen, oder vom Unternehmen zum Kunden.⁴⁵

⁴⁴ Vgl. Martin 2014, S. 97.

⁴⁵ Vgl. Wannewetsch 2002, S. 188.

Ein idealtypischer Transportprozess aus der Literatur ist in Abbildung 14 angeführt.

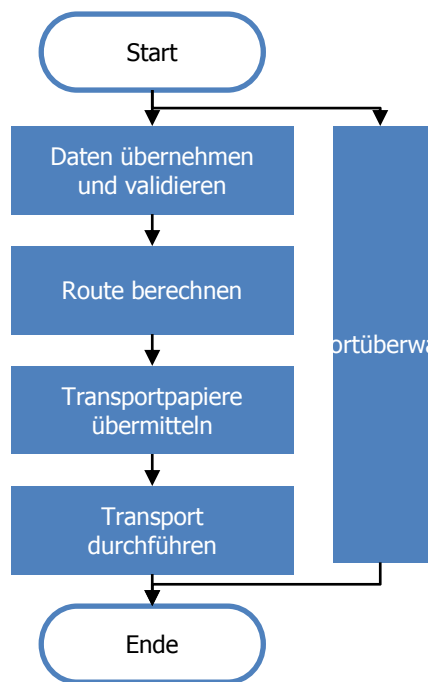


Abbildung 14: Transportprozess ⁴⁶

Am Beginn eines jeden Transportprozesses steht eine Transportanforderung. Hierbei werden die relevanten Transportdaten übermittelt und validiert. Mit diesen Daten wird die optimale Transportroute berechnet. Neben kurzen Transportwegen, spielen hier unter anderem auch Priorisierungen von Aufträgen eine wesentliche Rolle. Im nächsten Schritt werden die Transportpapiere an den Fahrer übermittelt, der die Beförderung dann physisch durchführt. Entlang dem Transportprozess steht die Transportüberwachung.⁴⁷

Im WAMAS sieht der Transportprozess ähnlich aus. Die tatsächlichen Transportvorgänge werden über im System angelegte Transportaufträge angestoßen. Die Transportaufträge werden auf Grund der folgenden Ereignisse angelegt:

- Wareneingang
- Auslagerung
- Nachschub
- Umlagerung

⁴⁶ Vgl. Wendt et al. 2006, S. 8.

⁴⁷ Vgl. Wendt et al. 2006, S. 9.

Ein Transportauftrag im LVS von SSI Schäfer besteht aus den einzelnen Transporttätigkeiten und definiert grundsätzlich folgendes:

- Was ist zu transportieren? (LE)
- Von wo? (Quellenposition)
- Wohin? (Zielposition)
- Bis wann? (geplanter Bereitstelltermin)
- Wie dringend? (Priorität)
- Zu welchem Zweck? (Art)

Die nachstehende Darstellung zeigt den Prozessablauf für das Ausführen des Transportes von LEs in WAMAS.

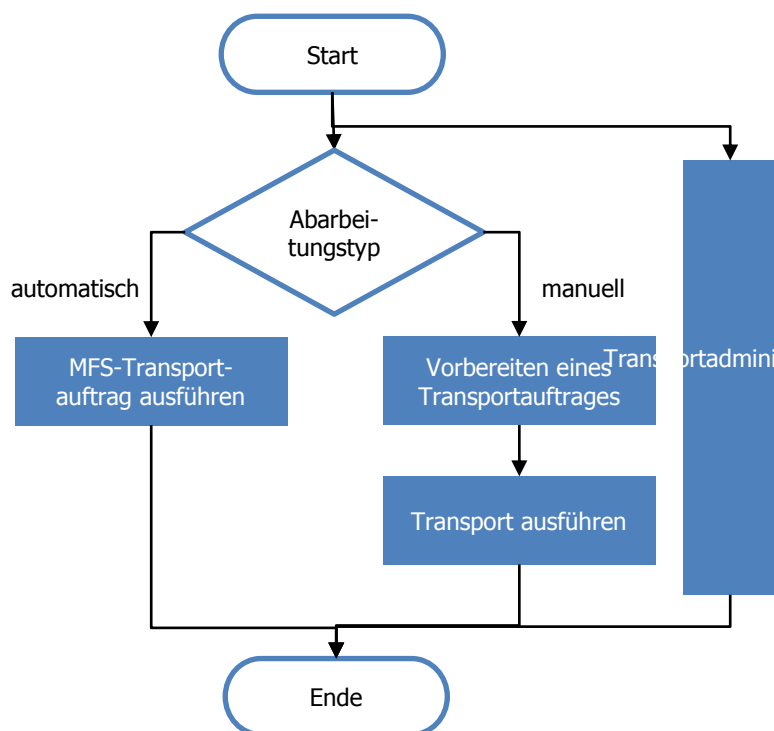


Abbildung 15: Transportprozess WAMAS ⁴⁸

Beim Anlegen eines Transportauftrages in WAMAS werden erst die Positionen und die LEs angegeben, danach wird ein Ziel zugewiesen. Dies kann entweder manuell gewählt werden oder durch die Berechnung des kürzesten Transportweges zugewiesen werden. Je nach der

⁴⁸ Vgl. SSI Schäfer 2015 (2), S. 123.

Konfiguration des automatischen Lagers, kann das Ziel auch spontan kurz vor der Ankunft gesucht werden, um so den letzten Status der Lagerplätze zu berücksichtigen. Der Lagerplatz wird anhand einer Lagersuchreihenfolge und optional auch durch Materialflusskriterien gewählt. Bei manuell gewählten Zielen ist zu überprüfen, ob diese für die jeweiligen Artikel auch passend sind. Die Aufträge werden dann optional von Mitarbeitern abgearbeitet oder von automatisierten Transportmitteln, wie zum Beispiel Regalbediengeräte oder Fördermittel, ausgeführt. Es besteht auch die Möglichkeit, dass mehrere Transportaufträge gleichzeitig abgearbeitet werden.

Wenn die Transportauftragsausführung mittels Materialflusssystem-Geräte (MFS) erfolgt, werden die Transportaufträge vom System an die MFS-Geräte gesendet, diese senden im Gegenzug Meldungen bezüglich des Status des Transportauftrages an das System zurück. Der Transportauftrag wird von den MFS-Komponenten in einzelne Anweisungen unterteilt, die dann von einem MFS-Gerät ausgeführt werden können, um so die Ware vom Ausgangslagerplatz zum gewünschten Zielplatz zu bewegen. Sollten für die Zielerreichung unterschiedliche Transportmittel benötigt werden, so übernehmen die MFS-Komponenten die Kommunikation zwischen den diversen Transportmitteln.

Bei der manuellen Abarbeitung wird mit der Vorbereitung des Transportauftrages begonnen. Hier wird ein Transportauftrag angelegt und in weiterer Folge mit der Verplanung des Transportes gestartet, um festzulegen wohin und auf welchem Weg die Ware zu transportieren ist. Der nächste Schritt bildet den physischen Transport der Ware ab.

Durch die anhaltende Transportadministration können Änderungen, wie beispielsweise bezüglich dem Transportziel oder der Priorität des Auftrages, während des Transportprozesses vorgenommen werden. Dies erlaubt einen steuernden Eingriff in den Transportvorgang. Ein Transportauftrag gilt als abgeschlossen, sobald die LE an ihr Ziel transportiert und die Abgabe der LE bestätigt wurde. Beim Transport mittels MFS-Geräten geschieht dieser Abschluss automatisch, sobald das MFS-Gerät die Rückmeldung erteilt, dass die Ware am Zielort eingetroffen ist.

3.2.3 Nachschub

Unter Nachschub wird die Versorgung von Kommissionierplätzen mit einer angemessenen Menge an Ware verstanden. Bei großen Artikelbeständen muss der Kommissionierbereich mittels Nachschub von einem räumlich getrennten Reservelager für die Bestände versorgt werden. Der Nachschub soll somit ein unterbrechungsfreies Kommissionieren ermöglichen.⁴⁹

Nachschubstrategien haben das Ziel, den Aufwand für den Nachschub gering zu halten, jedoch eine hohe Verfügbarkeit der Bestände auf den Zugriffsplätzen sicher zu stellen. Bewährte Nachschubstrategien aus der Literatur nach dem Pull-Prinzip sind:

- **Starres Flip-Flop Verfahren:** Hier hat jeder Artikel im Zugriffsbereich mindestens zwei zugeordnete Kommissionierplätze. Der Nachschub wird ausgelöst, sobald ein Platz geleert ist. In der Zwischenzeit führt der Kommissionierer seine Arbeit am zweiten zugeordneten Platz durch.
- **Dynamisches Flip-Flop Verfahren:** Auch hier gibt es genügend Zugriffsplätze, um einem Artikel einen weiteren Platz zuzuordnen. Bei dieser Strategie wird im Gegenzug zum starren Verfahren der Platz aber nicht fix einem Artikel zugeordnet. Beim Erreichen des Meldebestandes wird Nachschub angefordert und einem freien Platz zugewiesen.
- **Nachfüllverfahren:** Beim Nachfüllverfahren sind die Kommissionierplätze fest zugeordnet. Die Erreichung des Meldebestandes löst die Auffüllung aus.⁵⁰

Der Nachschubbedarf in WAMAS gibt an, welche Warenmenge, zu welchem Zeitpunkt an einem Kommissionierplatz benötigt wird. Resultierend daraus, werden Transportaufträge angelegt, damit die Ladeeinheiten und der Bestand aus dem Reservebereich, dem sogenannten Nachschublager, oder aus dem Wareneingangsbereich zum Kommissionierplatz bewegt werden. Die Nachschubstrategien werden nicht wie in der Literatur in erster Linie auf den zu bedienenden Kommissionierplatz ausgelegt, sondern auf die Art, wie ein Nachschub ausgelöst wird. Die nachstehenden Strategien zum Aufstocken der Ware werden dabei im System unterschieden:

- **Vorbeugender Nachschub:** Hier wird das Bestandsniveau auf den Kommissionierplätzen überwacht. Sobald ein bestimmter Schwellwert erreicht wird, wird automa-

⁴⁹ Vgl. Gudehus 2012 (2), S. 715.

⁵⁰ Vgl. Gudehus 2012 (2), S. 762.

tisch ein Transportauftrag zum Kommissionierplatz angelegt. Die Überprüfung erfolgt nach jeder Bestandsänderung am Kommissionierplatz sowie zusätzlich in regelmäßigen Zeitintervallen.

- **Bedarfsbezogener Nachschub:** Beim bedarfsbezogenen Nachschub werden die tatsächlichen Bedarfe durch Kommissionieraufträge ermittelt. Bei der Freigabe zur Auslieferung einer Kommissionierung werden gleichzeitig entsprechende Nachschubbedarfe angelegt.
- **Manueller Nachschub:** Bei dieser Strategie werden vom Kommissionierer für die Nachschubanforderung bestimmte bestandsidentifizierende Attribute verwendet und ein Kommissionierplatz zugewiesen. Die Priorität des Transportes wird eingepflegt, bzw. kann bei bereits bestehenden Transportaufträgen erhöht werden. Wenn kein Transportauftrag angelegt werden kann, weil der Bestand aktuell nicht zur Verfügung steht, so wird manuell ein Nachschubbedarf angelegt. Dieser wird dann automatisch abgearbeitet, sobald wieder Bestand registriert ist.

Der Nachschubprozess in WAMAS stellt sich dabei sehr einfach dar.

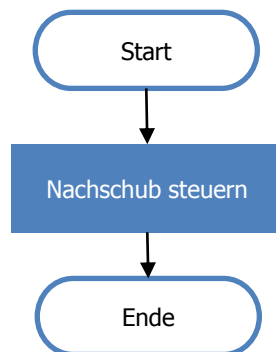


Abbildung 16: Nachschubprozess WAMAS ⁵¹

Im Rahmen des Nachschubprozesses können Nachschubbedarfe entweder automatisch oder manuell am Mobile Device (MDE) oder am Desktop angelegt werden. Die Nachschubbedarfe können auch storniert werden. Dies ist zum Beispiel notwendig, wenn nicht genügend aktueller Bestand verfügbar ist oder der Nachschub nicht mehr erforderlich ist.

⁵¹ Vgl. SSI Schäfer 2015 (2), S. 161.

3.2.4 Inventur

Bei der Inventur handelt es sich um eine Bestandsaufnahme. Hier werden die tatsächlichen Vermögenswerte aber auch Schulden eines Unternehmens festgehalten. Bei Vermögensgegenständen, wie unter anderem Waren und Büroeinrichtungsgegenständen, werden zunächst die Mengen und dann die Werte dahinter ermittelt. Bilanzierende Unternehmen sind dazu verpflichtet bei der Gründung, am Schluss eines Geschäftsjahres sowie bei der Aufgabe beziehungsweise Veräußerung des Unternehmens eine Inventur durchzuführen.⁵²

Bezogen auf die Logistik umfasst die Inventur den gesamten Bestand der in den Lagerstandorten geführt wird. Die Inventur wird physisch durch Zählen, Messen und Wiegen von Waren durchgeführt. Die folgenden Inventurformen können dabei unterschieden werden:

- **Lagerplatzorientierte Inventur:** Hier findet die Inventur innerhalb eines bestimmten Lagerplatzes oder eines bestimmten Bereiches eines Lagerstandortes statt.
- **Artikelbezogene Inventur:** Die Inventuraufnahme umfasst einen bestimmten Artikel des Lagers.
- **Allgemeine Inventur:** Die Inventur beinhaltet den gesamten Lagerstandort.
- **Jahresinventur:** Es findet eine Stichtagsinventur im gesamten Lagerstandort wie gesetzlich vorgeschrieben statt.⁵³
- **Stichtagsinventur:** Bei der Stichtagsinventur erfolgt die Bestandsaufnahme am Bilanzstichtag bzw. zehn Tage davor oder danach.
- **Permanente Inventur:** Hier erfolgt die körperliche Bestandsaufnahme an einem beliebigen Stichtag. Diese Form der Inventur wird nur organisatorisch durchgeführt.
- **Stichprobeninventur:** Unter bestimmten Voraussetzungen ist eine Bestandsermittlung mit Hilfe anerkannter mathematisch-statistischen Methoden möglich. Auch diese Inventurform wird lediglich organisatorisch durchgeführt.
- **Vereinfachte Inventur:** Diese Inventur wird in Kombination mit einer der oben genannten Inventurtypen herangezogen. Der Bestand wird lediglich per Verpackungsversion gezählt, Mindesthaltbarkeitsdatum und Produktionsdatum bleiben jedoch unberücksichtigt.⁵⁴

⁵² Vgl. Thomsen 2014, S. 2.

⁵³ Vgl. Hertel 1997, S. 274f.

⁵⁴ Vgl. Reichhardt 2013, S. 25.

Der physische Inventurprozess in einem Lager beinhaltet die folgenden Prozessschritte.

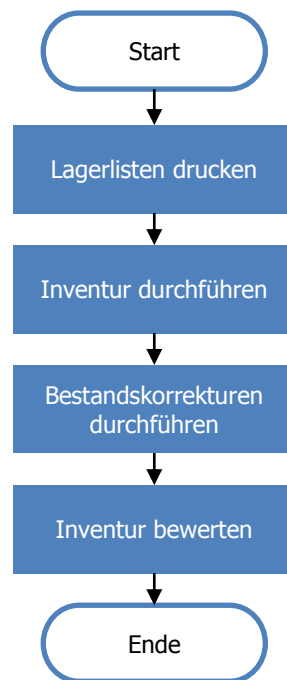


Abbildung 17: Inventurprozess ⁵⁵

Der aufgezeigte Inventurprozess zeigt, die Tätigkeiten der Inventurvorbereitung in Form des Schrittes Lagerlisten drucken, die Inventur selbst sowie die nachstehenden Arbeiten, wie die Durchführung von Bestandskorrekturen und die Mengen- und Preisbewertung der Inventur.

Bei der Inventur in WAMAS gibt es zwei Grundstrategien, die lagerplatzorientierte Inventur und die ladeeinheitenorientierte Inventur. Diese beiden Strategien können nicht kombiniert werden. Sie zeichnen sich durch die folgenden Charakteristika aus:

Lagerplatzorientierte Inventur

Bei dieser Grundstrategie werden bestimmte Lagerplätze (LPs) inventiert, unabhängig davon, welche LEs sich auf ihnen befinden. Die LP-orientierte Inventur bezieht sich entweder auf einen ausgewählten Lagerplatz oder auf lagertopologische Kriterien als Basis für die Inventur. Einschränkungen für eine konkrete LE werden hier nicht berücksichtigt. Dessen ungeachtet sind Einschränkungen für artikel- oder bestandsidentifizierende Attribute möglich.

⁵⁵ Vgl. Scheibeler / Scheibeler 2014, S. 155.

Ladeeinheitenorientierte Inventur

Diese Grundstrategie verfolgt den Zweck, bestimmte Ladeeinheiten zu inventarisieren, unabhängig von den Lagerplätzen, auf denen sie sich befinden. Bei einer LE-orientierten Inventur können konkrete LEs vorgegeben werden. Einschränkungen bezüglich des Lagerplatzes oder der lagertopologischen Kriterien werden hier im Gegensatz zur LP-orientierten Inventur nicht berücksichtigt. Die Einschränkungsmöglichkeiten, welche sich auf artikel- oder bestandsidentifizierende Attribute beziehen sind auch hier gegeben. In der nachfolgenden Abbildung 18 ist der Inventurprozess dargestellt.

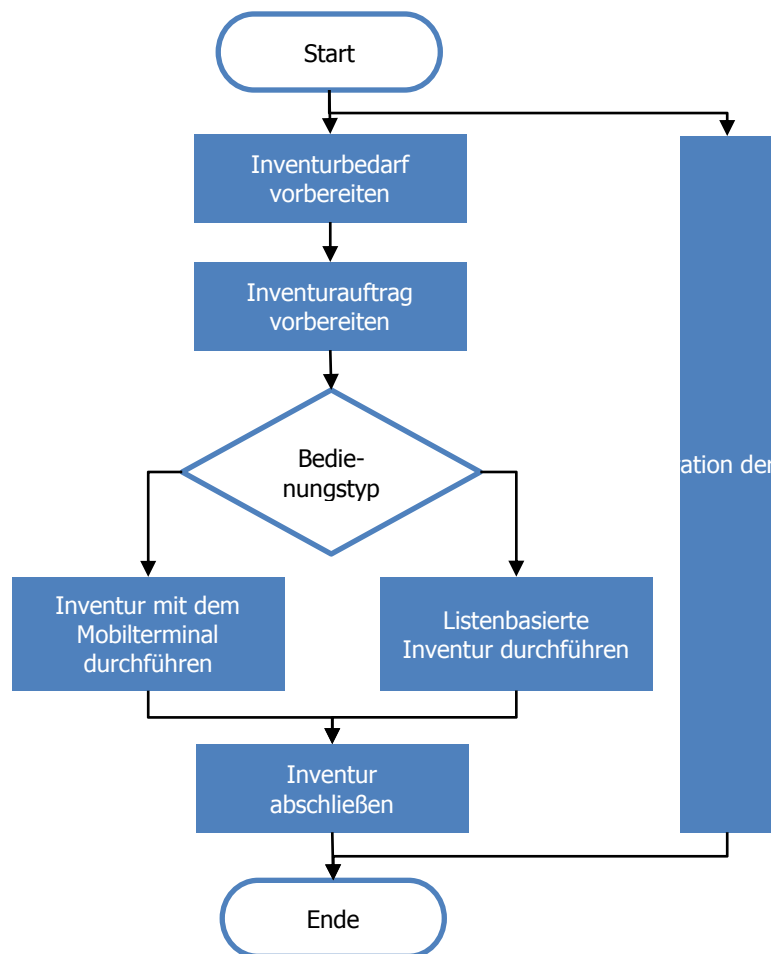


Abbildung 18: Inventurprozess WAMAS ⁵⁶

Die Aufgabe eines Inventurbedarfes ist die Vorausplanung eines Inventurauftrages. Beim Anlegen eines Inventurbedarfes wird anhand von Planungskriterien bestimmt, welche Lagerplätze oder Ladeeinheiten einer Inventur zu unterziehen sind. Die Anlage eines Inventurbedarfes ist optional. Der Vorteil ist, dass durch einfache Freigabe des Inventurbedarfes direkt

⁵⁶ Vgl. SSI Schäfer 2015 (2), S. 169.

der Inventurauftrag erzeugt werden kann. Sobald der Inventurauftrag ebenfalls freigegeben ist, kann die Inventur entweder mit dem Mobilterminal oder mit Hilfe von Listen durchgeführt werden. Je nach zu inventierenden Objekten wird zwischen den in Tabelle 1 aufgelisteten Inventuren unterschieden.

Tabelle 1: Inventurarten WAMAS ⁵⁷

Inventurart	Beschreibung
Leerplatzinventur	Die Leerplatzinventur bestätigt, dass ein Lagerplatz wirklich leer ist. Diese Inventurart kann folglich ausschließlich bei der LP-orientierten Inventur auftreten.
Bestandsobjekt-Inventur	Ein Bestandsobjekt (BO) ist eine bestimmte Menge einer Verpackungsversion, die auf einen Lagerplatz gebucht wird. Die BO-Inventur verfolgt den Zweck, die einzelnen Bestandsobjekte aus dem Inventurauftrag zu inventieren. Dabei werden die einzelnen BOs hintereinander der Inventur unterzogen. Sollte es hierbei zu einer Soll-Ist-Differenz kommen, müssen die BOs einzeln inventiert werden.
Ganzladeeinheit-Inventur	Bei dieser Inventur werden Ganzladeeinheiten inventiert. Hier werden ganze LEs gezählt und nicht die einzelnen Artikel auf der LE. Um eine Ganz-LE inventieren zu können, muss die LE auch als solche gekennzeichnet sein. Wenn alle Bestandsobjekte auf der Ganz-LE inventiert werden sollen, wird durch die Bestätigung der Ganz-LE die Inventur aller Bestandsobjekte auf dieser Ganz-LE abgeschlossen.

Durch den Abschluss eines Inventurauftrages gilt die Inventur im System als beendet. Wenn dem Inventurauftrag ein Inventurbedarf zugrunde liegt, so muss dieser separat abgeschlossen werden.

⁵⁷ Vgl. SSI Schäfer 2015 (2), S. 188ff.

3.2.5 Kommissionierung

Da die Warenanforderungen von Kunden nur selten mit den artikelreinen Lagereinheiten übereinstimmen, müssen diese in bedarfsorientierte Transporteinheiten umgewandelt werden. Dieser Vereinzelnungsvorgang nennt sich Kommissionierung. Die Kommissionierung ist ein Kernelement der Intralogistik, da sie unmittelbar den Servicegrad für den Kunden beeinflusst und somit wesentlich am Unternehmenserfolg eines logistischen Unternehmens beiträgt.⁵⁸

Grundsätzlich wird die Kommissionierung differenziert in die Person-zur-Ware-Kommissionierung und die Ware-zur-Person-Kommissionierung. Während bei der Person-zur-Ware-Kommissionierung die Waren einen festgelegten Kommissionierplatz haben und der Kommissionierer diese dort entnehmen muss, wird bei der Ware-zur-Person-Kommissionierung die Ware dem Kommissionierer dynamisch bereitgestellt. Sobald der Auftragskommissionierer die entsprechende Menge entnommen hat, wird die überschüssige Ware wieder zum Lager zurück gebracht. Zudem können diese Strategien weiter unterteilt werden. Diese Kommissionierstrategien sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Kommissionierstrategien⁵⁹

Person-zur-Ware	Parallele Kommissionierung	Mehrere Kommissionierer arbeiten gleichzeitig an einer Auslieferung. Sobald alle Kommissionierer fertig sind, wird die Ware im Warenausgangsbereich für die Verladung konsolidiert.
	Kettenkommissionierung	Bei dieser Strategie werden alle Kommissioniertätigkeiten eines Kommissionierbereiches ausgeführt und daraufhin zum nächsten Kommissionierbereich übergegangen.
	Weiterreichkommissionierung	Hier ist jeder Kommissionierer nur in den ihm zugeteilten Kommissionierbereich tätig. Der Kommissionierer erledigt alle Kommissionierungen in seinem Bereich und übergibt die Ware an den nächsten Kommissionierbereich, wo die Arbeit fortgesetzt wird.
Ware-zur-Person	Inverse Kommissionierung	Bei dieser Kommissionierungsstrategie handelt es sich um einen Kommissionierungsprozess bei dem die Ware in kundenspezifische Ladeeinheiten aufgeteilt wird. Dabei werden LEs auf zuvor vorbereitete Ziel-LEs verteilt.

⁵⁸ Vgl. Ten Hompel et al. 2011, S. 3f.

⁵⁹ Vgl. Ten Hompel et al. 2011, S. 35f.

Bei der Kommissionierung wird zwischen der einstufigen und der zweistufigen Kommissionierung unterschieden, wobei die zweistufige Kommissionierung den Kommissioniervorgang in zwei gesonderte Schritte unterteilt. Erst wird die Ware artikelrein kommissioniert und in weiterer Folge dann den Kunden nach aufgeteilt.

In der nachstehenden Abbildung 19 ist ein einstufiger Kommissionierprozess aus der Literatur dargestellt.

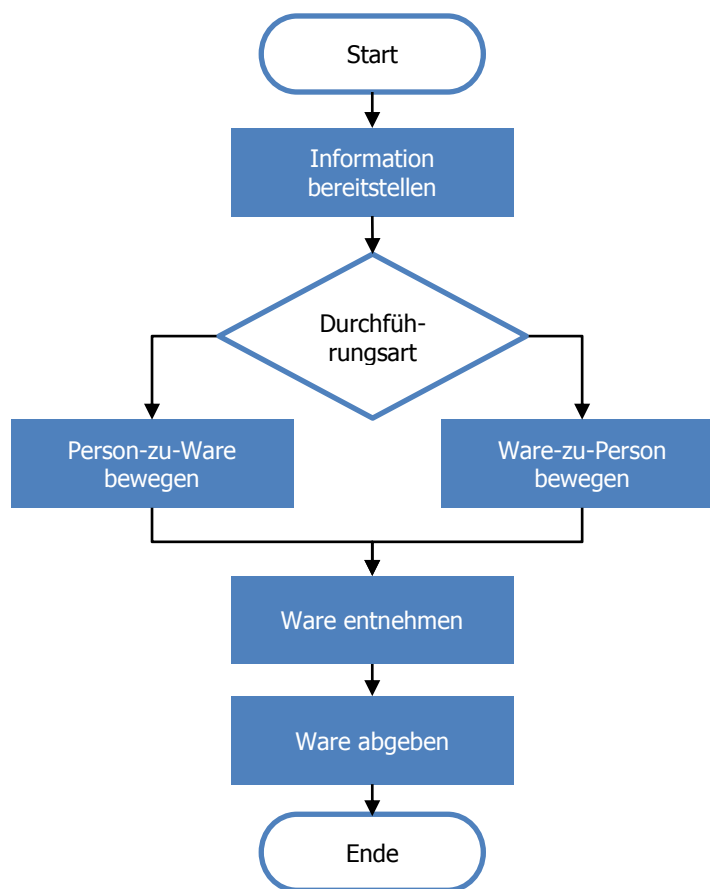


Abbildung 19: Kommissionierungsprozess ⁶⁰

Abbildung 19 zeigt einen physischen einstufigen Kommissionierprozess. Am Beginn des Prozesses steht die Bereitstellung der Information damit je nach Kommissionierstrategie entweder die Person oder die Ware den Weg aufnehmen können. Im Anschluss wird die Ware entnommen und am richtigen Platz wieder abgegeben.

⁶⁰ Vgl. Ten Hompel et al. 2011, S. 67.

In Abbildung 20 ist der Kommissionierungsprozess von WAMAS bezugnehmend auf die einstufige und zweistufige Kommissionierung dargestellt.

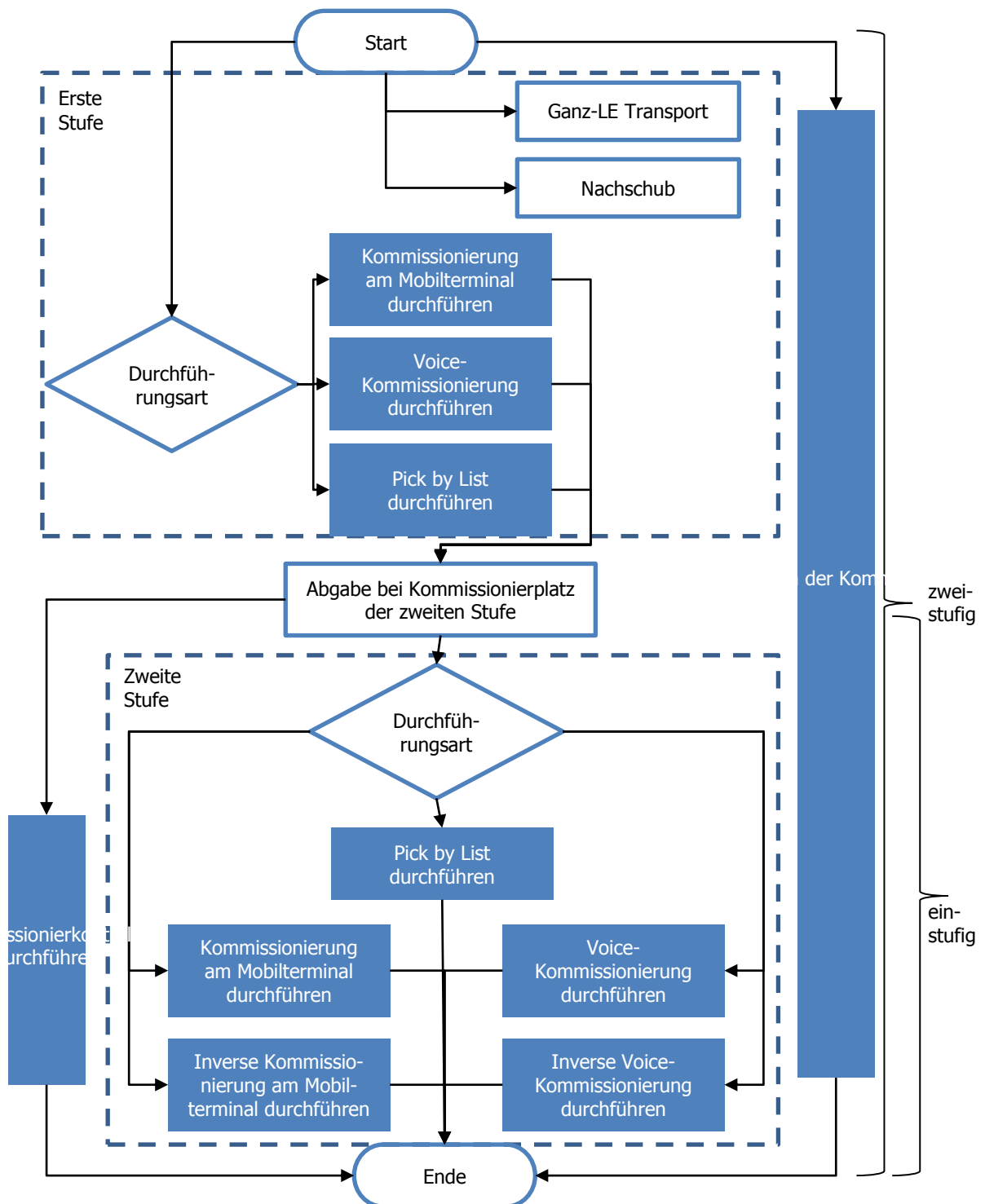


Abbildung 20: Kommissionierungsprozess WAMAS ⁶¹

⁶¹ Vgl. SSI Schäfer 2015 (2), S. 249.

Bei der Durchführung der Kommissionierung muss zuvor festgelegt werden, wie die angeforderte Ware zusammengestellt und zur Abgabeposition gebracht wird. Dies kann durch Listen, über Mobileterminals oder auch via Voice-Terminals erfolgen. Im Rahmen der Durchführung kann auch eine Mehrfachkommissionierung stattfinden. Für den Kommissionierauftrag wird nach festgelegten Kriterien im Lagermodell die optimale Kommissionierungsreihenfolge vom System berechnet.

3.2.6 Warenausgang

Der Warenausgang (WA) umfasst alle Tätigkeiten die im Zusammenhang mit der Auslieferung von Ware aus einem Lager stehen. Welche Schritte genau dem Warenausgangsprozess zuzurechnen sind ist unterschiedlich. Der Warenausgang wird durch die folgenden Ereignisse ausgelöst:

- Bestellung des Kunden
- Lieferantenretouren

Der physische Warenausgang ist in Abbildung 21 visualisiert.

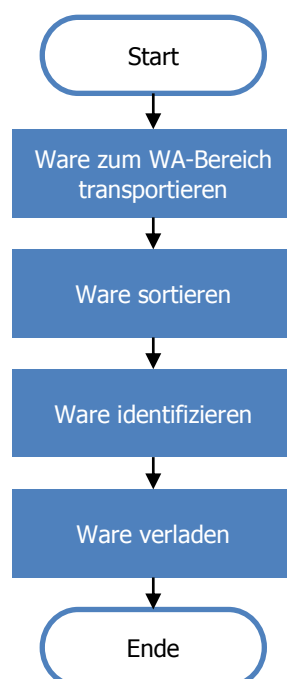


Abbildung 21: Warenausgangsprozess ⁶²

⁶² Vgl. Wisser / Furmans 2009, S. 15.

Dem Warenausgangsprozess von Abbildung 21 ist als erster Schritt der Transport zugerechnet. Des Weiteren wird im WA-Prozess aus Abbildung 21 die Ware sortiert, identifiziert und schlussendlich verladen. Die Kommissionierung hat hier schon im vorhergehenden Prozessschritt stattgefunden.

Der Warenausgangsprozess in WAMAS differenziert sich von der Literatur, wo der Transport am Beginn des WA-Prozesses steht. Beim WA-Prozess in WAMAS ist die Kommissionierung hingegen als Prozessschritt enthalten, was beim WA-Prozess in Abbildung 21 bereits im vorhergehenden Schritt stattfindet. Dennoch sind Transport und Kommissionierung aber als eigenständige Prozesse im WAMAS anzusehen. In der nachstehenden Abbildung 22 wird der WA-Prozess von WAMAS dargelegt:

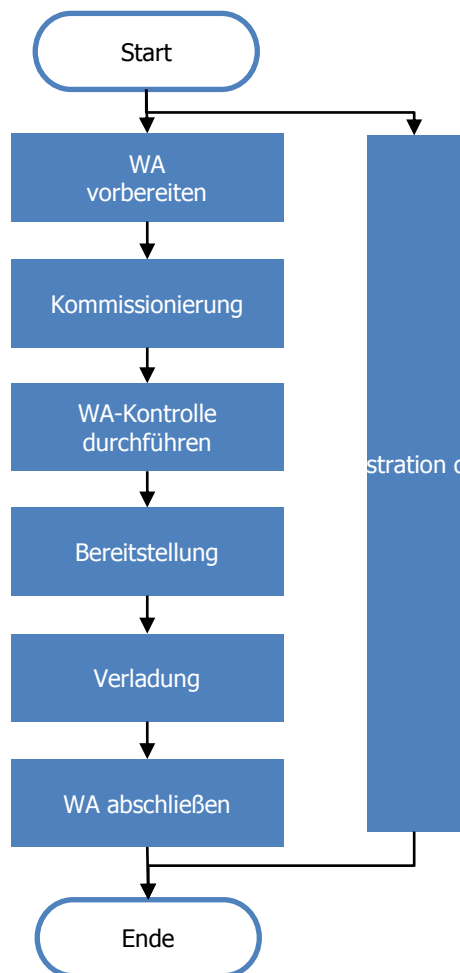


Abbildung 22: Warenausgangsprozess WAMAS ⁶³

⁶³ Vgl. SSI Schäfer 2015 (2), S. 351.

In der Vorbereitungsphase des WA werden Auslieferungen und WA-Aufträge angelegt. Auslieferungen geben an, welche Artikel in welcher Menge, zu welchem Zeitpunkt kommissioniert werden müssen, um eine zeitgerechte Lieferung an den Kunden sicherstellen zu können. Aus einem WA-Auftrag können mehrere Auslieferungen generiert werden. Der Prozess kann auch so konfiguriert werden, dass Auslieferungen für denselben Kunden im Zuge der Auslieferungsplanung konsolidiert werden, um somit die Gesamtanzahl der angelegten Auslieferungen zu reduzieren. Nach der Planung und Freigabe der Auslieferungen steht die Ware zur Kommissionierung⁶⁴ bereit.

Kontrollaufträge sind eine zentrale Komponente im WA-Prozess, da hier die Ware noch kontrolliert werden kann, bevor sie weitergeleitet wird. Bei der WA-Kontrolle wird geprüft, ob die gebuchten Artikel und Mengen auf einer Versandladeeinheit den tatsächlichen Mengen auf der Ladeeinheit entsprechen.

Im nächsten Schritt wird die Ware bereitgestellt. Darunter fallen Aufgaben wie das Konsolidieren der Versandladeeinheiten, das Erfassen und Korrigieren von Ladehilfsmittel sowie das Generieren von diversen WA-Dokumenten, wie Versandetiketten, Packlisten oder Ladelisten. Danach erfolgt die Verladung der Ware und somit die physische Bewegung der Ware aus dem WA-Bereich auf ein Frachtmittel.

Sobald die Ware für den Kunden mit den entsprechenden Dokumenten auf ein Frachtmittel verladen ist, gilt der WA-Prozess als abgeschlossen. Der Kundenauftrag ist dann als erfüllt zu betrachten, wenn alle Auslieferungen eines WA-Auftrages ausgeliefert sind. Durch die Administration des WA kann auf Änderungen im Kundenbedarf bzw. in Kundenbestellungen entsprechend reagiert werden. Des Weiteren kann die Abarbeitung der WA-Aufträge und Auslieferungen z. B.: durch Änderungen der Zeitvorgaben oder Prioritäten beeinflusst und gesteuert werden.

3.2.7 Retouren

Unter Retouren werden sämtliche materielle Güter verstanden, welche vom Retourenversender, also dem Endkunden oder einem Händler, an den vorwärts gelegenen Partner in der Wertschöpfungskette zurückgesendet werden.⁶⁵ Dabei wird zwischen Kundenretouren und Lieferantenretouren unterschieden.

⁶⁴ Siehe Kapitel: 3.2.5 Kommissionierung, S. 32.

⁶⁵ Vgl. Sucky et al. 2011, S. 424.

Kundenretouren

Wird dem Kunden defekte, falsche oder zu viel Ware geliefert, kommt der Kundenretourenprozess zu tragen.

Die folgenden Schritte werden im physischen Kundenretourenprozess ausgeführt.

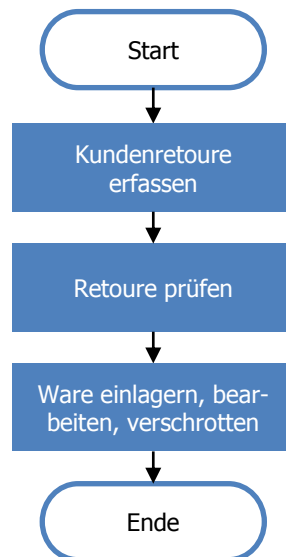


Abbildung 23: Kundenretourenprozess ⁶⁶

Der Kundenretourenprozess beginnt mit der Erfassung der einer Retoursendung die vom Kunden ausgeht. Nachdem die zurückgesendete Ware eingelangt ist, erfolgt eine Prüfung. Hier wird festgestellt, ob die Ware grundsätzlich in Ordnung ist und nur für diesen Kunden falsch war oder ob die Ware einen Defekt aufweist. Ist dies der Fall wird je nach dem ob sich der Fehler beheben lässt die Ware nachbearbeitet oder verschrottet.

Bei WAMAS geht es beim Kundenretourenprozess darum, die vom Kunden retournierte Ware wieder in den System-Bestand zu übernehmen. Gründe für diesen Retourenprozess sind beispielsweise Fehl- oder Falschlieferungen oder auch die Rücklieferung von defekter Ware. Die Kundenretouren werden systemtechnisch wie Anlieferungen im Wareneingangsprozess⁶⁷ gehandhabt. Im Zuge des Kundenretourenprozesses kann die zurückgesendete Ware klassifiziert werden, um ein weiteres Vorgehen mit den Retouren zu entscheiden.

⁶⁶ Vgl. Österle / Vogler 1996, S. 126.

⁶⁷ Siehe Kapitel: 3.2.1 Wareneingang, S. 19.

Solch eine Klassifizierung kann beispielhaft folgendermaßen aussehen:

- Ware in Ordnung
- Ware nicht in Ordnung
- Ware für Wiederaufbereitung geeignet
- Ware für Entsorgung

In Abbildung 24 ist der Prozess bezüglich Kundenretouren von WAMAS ersichtlich:

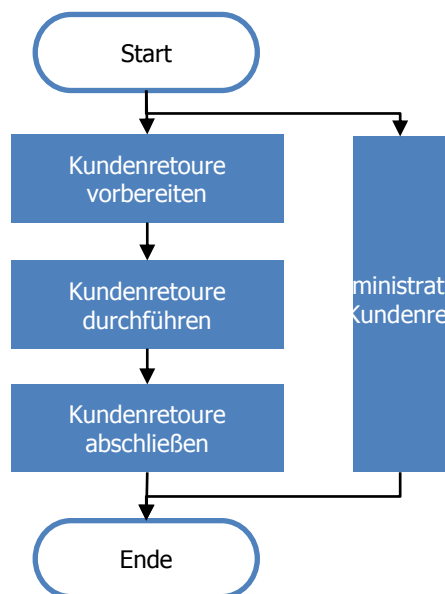


Abbildung 24: Kundenretourenprozess WAMAS ⁶⁸

Lieferantenretouren

Unter dem Lieferantenretourenprozess werden alle Tätigkeiten verstanden, welche sich mit der Warenretoure an einen Lieferanten beschäftigen. Gängige Gründe sind auch bei diesem Retourenprozess eine Fehl- oder Falschlieferrung oder auch eine Rücklieferung aufgrund eines Warendefekts.

Die Lieferantenretoure ist im Grunde genommen ein Warenausgang, weshalb der Prozess der Lieferantenretoure auch gleichzusetzen mit dem WA-Prozess ist. Mögliche Unterschiede

⁶⁸ Vgl. SSI Schäfer 2015 (2), S. 552.

in den Prozessschritten ergeben sich bei möglichen Kontrollen der Ware, da diese bei der Rücksendung nicht nötig sind.

Ausgelöst wird der Lieferantenretourenprozess in WAMAS durch die Anforderung, Ware an einen Lieferanten zurückzusenden. Die Lieferantenretouren werden im System als Warenausgang⁶⁹ geführt.

Der Lieferantenretourenprozess von WAMAS ist in der nachkommenden Abbildung 25 dargestellt:

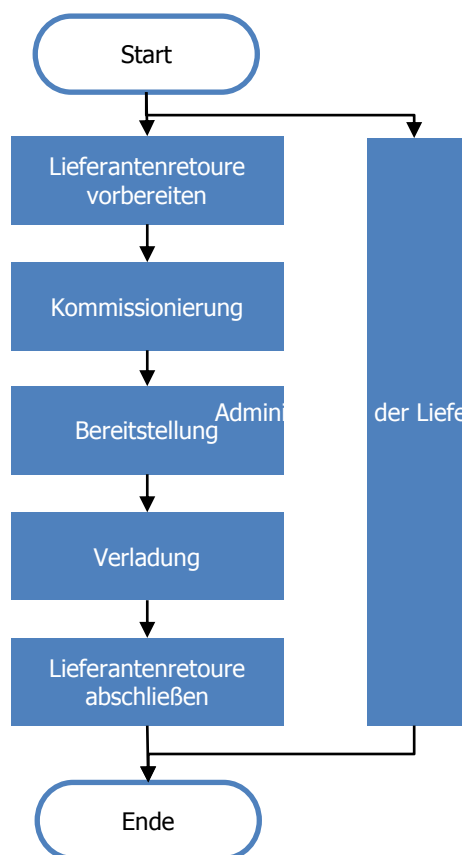


Abbildung 25: Lieferantenretourenprozess WAMAS ⁷⁰

Verglichen mit dem WA-Prozess aus Abbildung 21 in Kapitel 3.2.6 Warenausgang, fällt die Durchführung der WA-Kontrolle weg.

⁶⁹ Siehe Kapitel: 3.2.6 Warenausgang, S. 33.

⁷⁰ Vgl. SSI Schäfer 2015 (2), S. 553.

3.3 Identifizierung der Leistungsfähigkeit von Logistiksystemen

Ein Logistiksystem gilt als effizient, wenn zum einen die Logistikkosten als Input und zum anderen die Logistikleistung als Output optimiert werden. Die Leistungsfähigkeit von Logistiksystemen wird mittels quantitativer und qualitativer Kapazitätskriterien sowie der betriebstechnischen Elastizität gemessen. Für eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit werden Kennzahlen bzw. Kennzahlensysteme herangezogen.⁷¹

3.3.1 Logistische Kennzahlensysteme

Logistische Kennzahlen messen die Effizienz einer Logistikfunktion und spiegeln den Fluss der Produkte wider. Für das Controlling einer Logistikkette sind Einzelkennzahlen oft nicht ausreichend, um die Abhängigkeiten zwischen einzelnen Systemelementen zu erfassen. Daher ist es notwendig ein logistisches Kennzahlensystem aufzubauen. Ein solches System besteht aus mehreren Kennzahlen, welche in einer Beziehung zueinander stehen und somit als Gesamtheit vollständig über einen Sachverhalt informieren. In der Primärliteratur wird häufig auf standardisierte Logistikkennzahlensysteme verwiesen, welche jedoch in der Praxis meist individuell auf das jeweilige Unternehmen zugeschnitten werden, um den spezifischen Anforderungen Rechnung zu tragen.⁷²

Neben den individuell erstellten Kennzahlensystemen gibt es auch eine Vielzahl an standardisierten Lösungen. In dieser Arbeit wird auf Basis des Modells von Thomas Reichmann eines dieser Modelle exemplarisch gezeigt. Dieses Modell stellt einen weit verbreiteten Standard eines logistischen Kennzahlensystems dar. Nach Reichmann wird das oberste Ziel des Logistik-Controllings durch die Umschlagshäufigkeit der Bestände, die Gesamtlogistikkosten pro Umsatzeinheit sowie dem Lieferbereitschaftsgrad beschrieben. Dieses Ziel wird aus den Teilbereichen Materialwirtschaft, Fertigungslogistik und Absatzlogistik abgeleitet. Durch das Zusammenspiel der unterschiedlichen Bereiche kann bereits aus den obersten Kennzahlen, jenen des Logistik Controllings, eine Tendenz erkannt werden, ob Schwachstellen im System vorhanden sind und in weiterer Folge der Bereich eruiert werden, wo diese ihren Ursprung nehmen. Je weiter das Kennzahlensystem in die Tiefe betrachtet wird, umso genauer kann

⁷¹ Vgl. Pfohl 1996, S. 55.

⁷² Vgl. Engelhardt-Nowitzki / Oberhofer 2006, S. 74.

die Effizienzmessung der einzelnen Bereiche betrachtet werden. In der nachstehenden Abbildung 26 ist die Abhängigkeit des Logistik Controllings zu den einzelnen Bereichen des Kennzahlensystems sowie ein Ausschnitt von einflussnehmenden Unterbereichen ersichtlich:

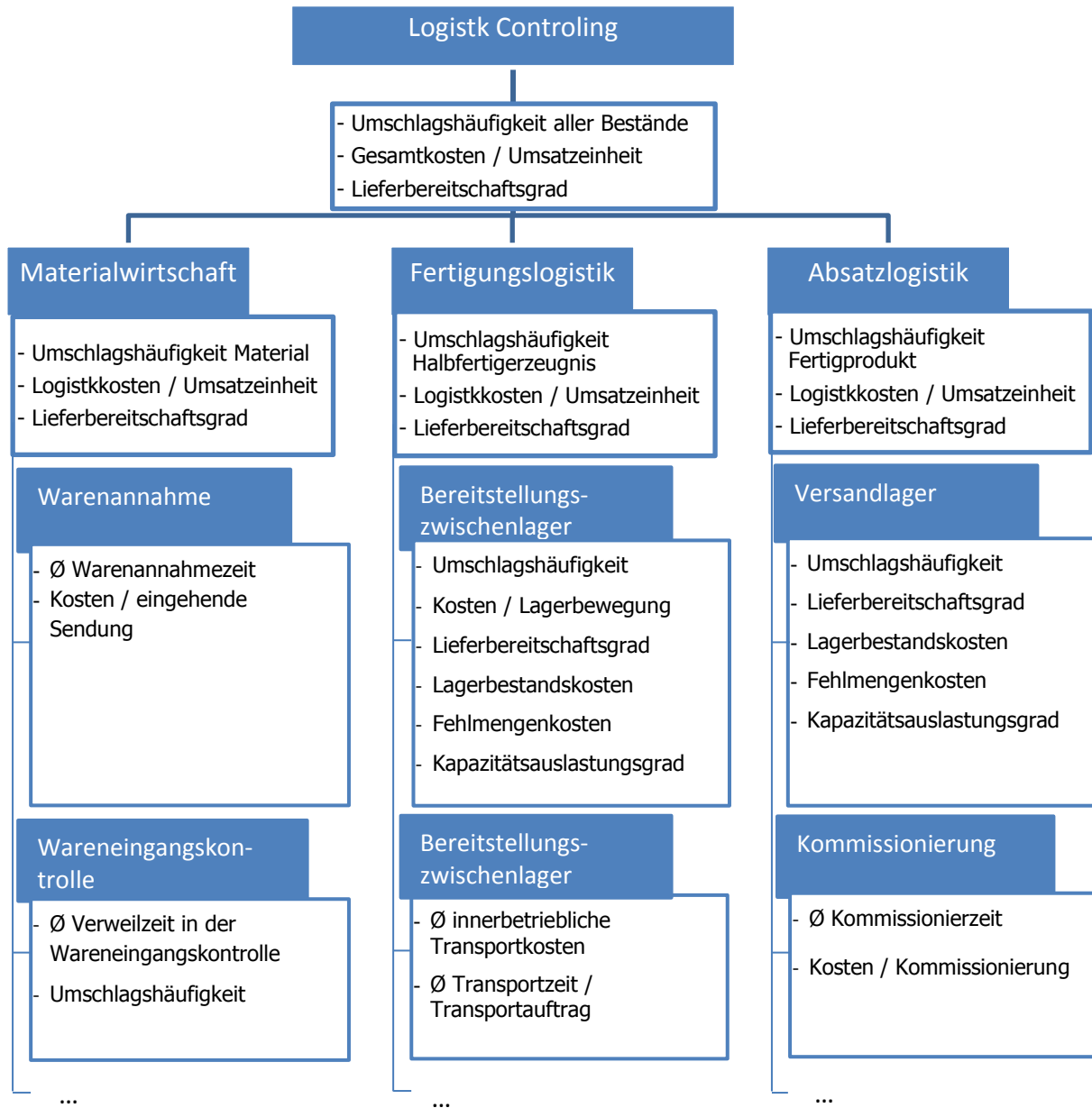


Abbildung 26: Ausschnitt des logistischen Kennzahlensystems nach Reichmann ⁷³

Eine Herausforderung für logistische Kennzahlensysteme, unabhängig davon ob sie standardisiert oder individuell eingerichtet sind, ist die Vielfalt der einzelnen betrieblichen Teilfunktionen, die bei Bedarf abzudecken sind. Beispielhaft hierfür sind die Distributionslogistik, die

⁷³ Vgl. Junge et al. 2003, S. 31.

Produktionslogistik oder die Beschaffungslogistik. Zudem sollte ein logistisches Kennzahlensystem nicht nur die einzelnen funktionsorientierten Bereiche abdecken, sondern zusätzlich auch die Integrationsanforderungen der gesamten logistischen Leistungserstellung unterstützen. Für Kennzahlensysteme in der Logistik ist die erschwerende Herausforderung, dass der Integrationsgedanke die klassischen funktionalen Grenzen von Organisationen und somit von klassischen Kennzahlensystemen überschreitet. Eine erfolgreiche Realisierung eines logistischen Kennzahlensystems bedarf somit gewisser organisatorischer Voraussetzungen, um ein entsprechendes Handeln zu etablieren.⁷⁴

Grundsätzlich werden vier Gruppen von Kennzahlen unterschieden. Diese sind in Tabelle 3 beschrieben.

Tabelle 3: Kennzahlengruppen⁷⁵

Kennzahlengruppe	Beschreibung
Struktur- und Rahmenkennzahlen	Diese Kennzahlen weisen eine quantitative und qualitative Bewertungsform auf. Sie erfassen den generellen Zusammenhang zwischen Leistung, Kapazität und Kosten.
Produktivitätskennzahlen	Mit Produktivitätskennzahlen wird die Produktivität von logistischen Potenzialen wie Mitarbeitern oder technischen Einrichtungen, die zur Erstellung von logistischer Leistung eingesetzt werden, gemessen. Die Kennzahlen geben die Relation von Input und Output wieder.
Wirtschaftlichkeitskennzahlen	Hier werden definierte Logistikkosten zu bestimmten Leistungseinheiten ins Verhältnis gesetzt. Die Kennzahlen erheben die minimale Kostenstruktur nach dem Minimalprinzip bzw. die maximalen Leistungsstruktur nach dem Maximalprinzip.
Qualitätskennzahlen	Die Qualitätskennzahlen messen den Zielerreichungsgrad. Sie gelten als Maßstab für die qualitative Erfüllung einer logistischen Leistung.

⁷⁴ Vgl. Schwegler 1995, S. 48f.

⁷⁵ Vgl. Huber / Laverentz 2012, S. 187.

Ein erfolgreiches logistisches Kennzahlensystem gilt als wichtiges Instrument zur Gestaltung des Logistikmanagements und dient als zentrale Planungs- und Entscheidungsgrundlage in Logistikbereichen. Bei der Kennzahlengestaltung kann jedoch eine Reihe an Problemen auftreten, welche die Aussagekräftigkeit der Zahlen maßgeblich einschränken und somit auch zu Fehlentscheidungen führen kann. Die Aspekte die dabei berücksichtigt werden müssen, sind folgende:

- **Kennzahleninflation:** Die Kennzahleninflation wird durch die Verwendung von zu vielen Kennzahlen erzeugt. Hier wird der Erstellungsaufwand hinsichtlich des gegebenen Nutzens in Frage gestellt.
- **Falsche Kennzahlaufstellung:** Um konsistente Kennzahlen zu erlangen, ist die Qualität der Datenbasis von größter Relevanz. Bei der Kennzahlaufstellung ist darauf zu achten, dass die Grunddaten ausreichend repräsentativ, standardisiert bzw. objektiviert sind, damit das Ergebnis nicht zu Widersprüchen führt.
- **Falsche Kennzahlenkontrolle:** Für eine korrekte Interpretation einer Kennzahl ist es essenziell, dass diese die zu beobachtenden Abweichungen auch ausreichend anzeigen. Die Kennzahlen müssen daher in der Lage sein, die gewünschten Größenordnungen von Abweichungen abzubilden.⁷⁶

3.3.2 Kennzahlen zur Bewertung intralogistischer Prozesse in einem Warenlager

Es gibt eine Vielzahl an Kennzahlen, welche für die Effizienzmessung von intralogistischen Prozessen in einem Warenlager herangezogen werden können. Dabei wird grundlegend zwischen Bestands-, Leistungs-, Service-, Qualitäts- bzw. Kostenkennzahlen unterschieden.

3.3.2.1 Bestandskennzahlen

Bestandskennzahlen sind ein maßgeblicher Indikator für die Effizienz intralogistischer Prozesse in einem Warenlager. Die wichtigsten Bestandskennzahlen werden in weiterer Folge genau erläutert.

⁷⁶ Vgl. Huber / Laverentz 2012, S. 189.

Bestandsreichweite

Die Bestandsreichweite wird auch Lagerdauer genannt. Sie gibt Auskunft, wie lange die Bedarfe durch den vorhandenen Bestand gedeckt werden können. Die Bestandsreichweite steht in direkter Beziehung zu der Lagerumschlagshäufigkeit und wird in der Praxis auch parallel dazu ausgewertet. Außerdem steht die Bestandsreichweite im engen Zusammenhang mit den Kapitalbindungskosten, da eine längere Lagerdauer auch gleichzeitig eine höhere Kapitalbindung bedeutet. Die Zeiteinheit, bezüglich Tages-, Wochen- oder Monatsebene, muss passend zum jeweiligen Anwendungsfall gewählt werden. Berechnet wird die Bestandsreichweite wie folgt:

$$\emptyset \text{ Bestandsreichweite} = \frac{\text{Bestand am Stichtag}}{\emptyset \text{ Verbrauch pro Zeiteinheit}}$$

Formel 1: Bestandsreichweite ⁷⁷

Sicherheitsbestand

Der Sicherheitsbestand (SB), oder auch „eiserner Bestand“ genannt, hat die Aufgabe bei inner- bzw. außerbetrieblichen Störungen die Leistungsbereitschaft bis zu einem gewissen Maße zu gewährleisten und gibt die dafür nötige Bestandsmenge (BME) an.⁷⁸ Der SB ist somit eine Schwankungsreserve, um in der Wiederbeschaffungszeit stochastische Schwankungen bei Bedarfen oder Lieferzeiten abzufedern.⁷⁹ Die Wahl des richtigen Sicherheitsbestandes ist ein komplexes Thema, da er zum einen nicht zu klein konzipiert sein darf, sodass Störungen auch angemessen abgedeckt werden können, zum anderen sollte er aber auch nicht zu groß sein, da dies im Gegenzug erhöhte Bestandskosten mit sich zieht. Grundsätzlich ist der SB von der Höhe der Verbrauchschwankung, der Lieferqualität des Lieferanten sowie der geforderten Lieferfähigkeit abhängig. Bei starken Nachfrageschwankungen, erhöhten Lieferausfällen beim Lieferanten und langen Nachlieferzeiten bei Lieferausfällen muss der Sicherheitsbestand dementsprechend hoch angelegt sein. Der Sicherheitsbestand ist zudem auch stark von der eigenen vorgegebenen Lieferfähigkeit abhängig.⁸⁰ Aufgrund der unterschiedlichen Relevanz der Sicherheitsbestände einzelner Produkte, können auch unterschiedliche Formeln angewandt werden. Je nach dem welches Szenario mit dem Sicherheitsbestand gedeckt werden soll, reichen die Berechnungsarten von der Überbrückung einzelner Tage bis

⁷⁷ Vgl. Losbichler et al. 2015, S. 295.

⁷⁸ Vgl. Seeck 2010, S. 73f.

⁷⁹ Vgl. Gudehus 2012 (1), S. 87.

⁸⁰ Vgl. Seeck 2010, S. 73f.

hin zur Abdeckung einer ausgefallenen Lieferung bei durchschnittlichem Bedarf. Zusätzlich können auch Schwankungen eingerechnet werden. Welche Formel für die Ermittlung des SB Anwendung findet, hängt zum einen von der Absatzprognostizierbarkeit und zum anderen von den Folgen eines Nullbestandes ab.⁸¹

$$SB = \bar{\varnothing} \text{ Verbrauch} * \text{Beschaffungsdauer pro Periode}$$

$$SB = \text{Tagesverbrauch} * \text{Risikodauer}$$

$$SB = \text{errechneter Verbrauch in der Beschaffungszeit} \\ + \text{Zuschlag für Schwankungen in Verbrauch und Beschaffung}$$

$$SB = \text{Sicherheitskoeffizient} * \bar{\varnothing} \text{ Bestand}$$

Formel 2: Formeln zum Sicherheitsbestand ⁸²

In der nachstehenden Abbildung 27 ist der Verlauf des Bestandes bis hin zum SB über einen definierten Zeitraum (t) dargestellt.

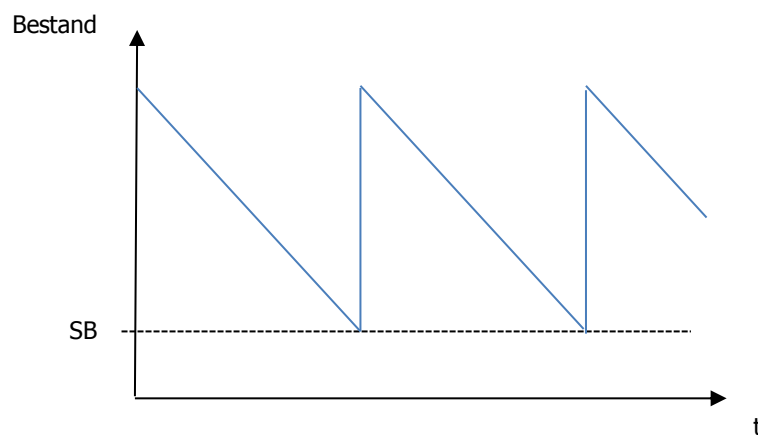


Abbildung 27: Sicherheitsbestand ⁸³

In Abbildung 27 ist ein idealtypischer Fall abgebildet, bei dem eine konstante Nachfrage besteht und die Nachlieferung vollständig und zeitgleich mit der Erreichung des Sicherheitsbestandes einlangt.

⁸¹ Vgl. Gudehus 2010, S. 358f.

⁸² Vgl. Wöltje 2011, S. 80f.

⁸³ Vgl. Seeck 2010, S. 75.

Meldebestand

Mit dem Meldebestand (MB) wird jener Bestand bezeichnet, welcher bei Unterschreitung eine Bestellauslösung der Ware anstößt. Der MB wird daher auch Bestellpunkt genannt. Die Zeit von der Bestellung der Ware bis hin zum Eintreffen der Ware wird Wiederbeschaffungszeit (WBZ) genannt. Der Meldebestand ist vom Sicherheitsbestand sowie vom Bedarf während der WBZ bzw. Mindestbestellmengen abhängig. Um den Meldebestand zu ermitteln, stehen folgende Formeln zur Verfügung:

$$MB = \text{Verbrauch je Zeiteinheit} * WBZ + SB$$

$$MB = \text{Mindestbestellmenge} + SB$$

Formel 3: Meldebestand⁸⁴

Abbildung 28 veranschaulicht den Meldebestand inklusive der WBZ im Bestandsverlauf.

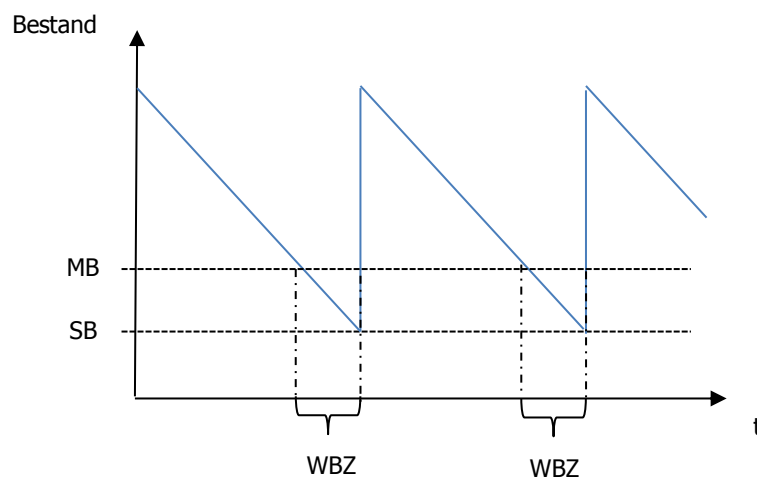


Abbildung 28: Meldebestand⁸⁵

Der Meldebestand ist so festzulegen, dass der Sicherheitsbestand innerhalb der Wiederbeschaffungszeit im Regelfall nicht angegriffen werden muss.⁸⁶

⁸⁴ Vgl. Wöltje 2011, S. 82f.

⁸⁵ Vgl. Seeck 2010, S. 75.

⁸⁶ Vgl. Wöltje 2011, S. 82.

3.3.2.2 Leistungskennzahlen

Die Leistung für intralogistische Prozesse in einem Warenlager, lässt sich über die nachstehenden Leistungskennzahlen ermitteln.

Durchsatz

Der Durchsatz, auch Throughput genannt, in einem Warenlager gibt den mittleren Güterstrom je Zeiteinheit an und weist somit die Anzahl der Lagereinheiten aus, welche je Zeiteinheit ein- und ausgelagert werden.⁸⁷ Der Durchsatz pro Stunde kann je nach Anwendungsfall der Durchsatzberechnung, auf unterschiedliche Arten ermittelt werden.

Für Güter die auf einer Förderstrecke transportiert werden und deren Abstand zueinander (a) sowie die durchschnittliche Geschwindigkeit (v) bekannt ist, kann die Förderleistung der Anlage folgendermaßen berechnet werden:

$$\text{Durchsatz} = \frac{v}{a} * 3.600 \quad v = \text{Geschwindigkeit} \left[\frac{m}{s} \right]$$

a = Abstand [m]

Formel 4: Durchsatz auf Förderstrecke mit regelmäßigem Abstand⁸⁸

Wenn auf der Förderstrecke kein regelmäßiger Abstand zwischen den Gütern definiert werden kann, wird der Durchsatz je Stunde anhand der mittleren Spielzeit (t_{DS}) berechnet. Die t_{DS} beinhaltet dabei die gesamte Zeit von der Warenaufnahme, dem Transport zum Ablageplatz, die Warenablage sowie die leere Rückfahrt des Transportmittels.

$$\text{Durchsatz} = \frac{1}{t_{DS}} * 3.600 \quad t_{DS} = \text{Spielzeit [s]}$$

Formel 5: Durchsatz auf Förderstrecke ohne regelmäßigem Abstand⁸⁹

Die Durchsatzberechnung für Lager- und Pufferbereiche unterscheidet sich von der Leistungsermittlung der Fördererlemente dahingehend, dass weder definierte Abstände noch eine

⁸⁷ Vgl. Ten Hompel / Heidenblut 2011, S. 71.

⁸⁸ Vgl. Losbichler et al. 2015, S. 296.

⁸⁹ Vgl. Losbichler et al. 2015, S. 296.

Standardspielzeit angesetzt werden kann. Stattdessen werden für die Durchsatzberechnung die Wareneingänge, die Warenausgänge sowie der Lagersaldo herangezogen. Die Differenz der Warenein- und Warenausgänge ergibt dabei den Durchsatzsaldo, der in Folge einen Lagerzugang bei einem positiven Wert oder einen Lagerabgang bei einem negativen Wert anzeigt. Der Durchsatz, also der Gesamtstrom durch den Puffer errechnet sich aus den minimalen Summen von Warenein- und Warenausgängen.

$$\text{Durchsatz} = \min \left\{ \sum_1^n WEn, \sum_1^n WAn \right\}$$

Formel 6: Durchsatz für Lager- und Pufferbereiche ⁹⁰

Lagerkapazitätsauslastungsgrad

Der Lagerkapazitätsauslastungsgrad gibt an, welches Ausmaß der Lagerbestand aktuell einnimmt. Er wird folgendermaßen ermittelt:

$$\text{Lagerkapazitätsauslastungsgrad} = \frac{\text{belegte Lagerfläche}}{\text{Gesamtlagerfläche}} * 100$$

Formel 7: Lagerkapazitätsauslastungsgrad ⁹¹

Lagerumschlagshäufigkeit

Die Lagerumschlagshäufigkeit wird auch Lagerdrehung oder Lagerumschlag genannt. Die Kennzahl zeigt die Bewegungen im Lager an und veranschaulicht, wie oft das Lager innerhalb eines Beobachtungszeitraumes theoretisch vollständig entleert bzw. wieder befüllt wird. Die Berechnungsformel für die Lagerumschlagshäufigkeit ist folgende:

$$\text{Umschlagshäufigkeit} = \frac{\text{Verbrauch}}{\emptyset \text{ Lagerbestand}}$$

Formel 8: Lagerumschlagshäufigkeit ⁹²

⁹⁰ Vgl. Losbichler et al. 2015, S. 297.

⁹¹ Vgl. Wöltje 2011, S. 93.

⁹² Vgl. Losbichler et al. 2015, S. 300.

Die Lagerumschlagshäufigkeit ist ein wesentlicher Stellhebel bei der Reduktion der Kapitalbindungskosten sowie gemeinsam mit dem Sicherheitsbestand eine wesentliche Stellgröße bei der Lagerdimensionierung. Von der Umschlagshäufigkeit kann anschließend auf die Bestandsreichweite weitergerechnet werden.⁹³

Durchschnittliche Lagerdauer

Bei der durchschnittlichen Lagerdauer handelt es sich um eine Kennzahl, welche die durchschnittlichen Tage einer Ware im Lager widerspiegelt. Eine geringe durchschnittliche Lagerdauer bedarf einer genauen Beobachtung, damit nicht die Gefahr besteht, den SB verwenden zu müssen. Ein hoher Wert weist dagegen auf etwaige Obsoletbestände bzw. ein falsches Bestellverhalten hin und muss demnach einer genauen Analyse unterzogen werden. Berechnet wird sie wie folgt:

$$\varnothing \text{ Lagerdauer} = \frac{360 \text{ Tage}}{\text{Lagerumschlagshäufigkeit}}$$

Formel 9: \varnothing Lagerdauer ⁹⁴

Kommissionierleistung

Die Kommissionierleistung gibt an, wie viele Zugriffe die Kommissionierer unter den organisatorischen und technischen Rahmenbedingungen leisten.⁹⁵ Diese Leistung kann über einen größeren Zeitraum, je Auftrag oder gar je Mitarbeiter berechnet werden. Die anzuwendende Formel lautet:

$$\varnothing \text{ Kommissionierleistung} = \frac{\varnothing \text{ Anzahl der Positionen}}{\text{Kommissionierzeit [h]}}$$

Formel 10: \varnothing Kommissionierleistung ⁹⁶

Die Kommissionierleistung kann aufgrund eines steigenden Durchsatzes sinken, da die Gefahr einer gegenseitigen Behinderung der Kommissionierer gegeben ist.⁹⁷

⁹³ Vgl. Losbichler et al. 2015, S. 300.

⁹⁴ Vgl. Wöltje 2011, S. 93.

⁹⁵ Vgl. Bichler et al. 2013, S. 89.

⁹⁶ Vgl. Gleißner / Möller 2009, S. 37.

⁹⁷ Vgl. Gudehus 2004, S. 769.

3.3.2.3 Servicekennzahlen

Für die Beurteilung der Serviceleistungen in einem Warenlager wird auf die Servicekennzahlen zurückgegriffen.

Liefertreue

Die Liefertreue weist den Anteil der vereinbarungsgemäß durchgeführten Lieferungen zu den gesamten Lieferungen auf. Unter vereinbarungsgemäßen Lieferungen werden Lieferungen zum definierten Liefertermin, mit angeforderter Qualität sowie Menge verstanden.

$$\text{Liefertreue [\%]} = \frac{\text{Anzahl vereinbarungsgemäß durchgeführter Lieferungen}}{\text{Gesamtanzahl der Lieferungen}} * 100$$

Formel 11: Liefertreue ⁹⁸

Die Liefertreue ist neben der Lieferfähigkeit von folgenden Faktoren abhängig:

- **Lieferzeit:** Die Lieferzeit entspricht der Zeit vom Auftragseingang bis hin zur Bereitstellung der Ware beim Kunden. Die Formel für die Lieferzeitberechnung lautet:

$$\emptyset \text{ Lieferzeit [t]} = \frac{\text{gesamte Lieferzeit}}{\text{Gesamtanzahl der Lieferungen}}$$

Formel 12: Ø Lieferzeit ⁹⁹

- **Lieferzuverlässigkeit:** Hier wird die Regelmäßigkeit beschrieben, mit welcher die vereinbarten Termine der Lieferungen eingehalten werden. Die Lieferzuverlässigkeit ist zum einen eine Funktion der Prozessverlässlichkeit und zum anderen der Warenverfügbarkeit im Lager des Lieferanten.

$$\text{Lieferzuverlässigkeit [\%]} = \frac{\text{Anzahl termingerechter Lieferungen}}{\text{Gesamtanzahl der Lieferungen}} * 100$$

Formel 13: Lieferzuverlässigkeit ¹⁰⁰

⁹⁸ Vgl. Losbichler et al. 2015, S. 300f.

⁹⁹ Vgl. Pepels et al. 2008, S. 110.

¹⁰⁰ Vgl. Arndt 2006, S. 127.

- **Lieferqualität:** Die Lieferqualität oder auch Lieferbeschaffenheit gibt Auskunft über die Eigenschaften einer Lieferung nach Art, Menge, Verpackung und Qualität. Die Kennzahl zeigt den Anteil an Aufträgen ohne aus der Lieferung hervorgehende qualitative oder quantitative Mängel.

$$\text{Lieferqualität [\%]} = \frac{\text{Anzahl mängelfreier Lieferungen}}{\text{Gesamtanzahl der Lieferungen}} * 100$$

Formel 14: Lieferqualität ¹⁰¹

- **Lieferflexibilität:** Diese Kennzahl gibt an, wie flexibel der Lieferant ist, speziellen Kundenwünschen nachzukommen, nachdem der Auftrag bereits eingegangen ist. Diese Änderungen können sich auf Mengen, Termine aber auch auf Versandbedingungen oder Reaktionen auf Störungen bei der Auftragserfüllung beziehen.

$$\text{Lieferflexibilität [\%]} = \frac{\text{Anzahl erfüllter Änderungswünsche}}{\text{Gesamtanzahl der Änderungswünsche}} * 100$$

Formel 15: Lieferflexibilität ¹⁰²

Lieferfähigkeit

Die Lieferfähigkeit ist ein Indikator für die Fähigkeit einer Lieferstelle, die vom Kunden gewünschten Güter zum gewünschten Termin in der angeforderten Menge zu liefern. Die Lieferfähigkeit ist somit eine Kennzahl, welche das Verhältnis des gewünschten Kundentermins zu den gesamten angefragten Lieferungen aufzeigt.

$$\text{Lieferfähigkeit [\%]} = \frac{\text{Anzahl zum Wunschtermin zugesagten Lieferungen}}{\text{Gesamtanzahl der angefragten Lieferungen}} * 100$$

Formel 16: Lieferfähigkeit ¹⁰³

Die Lieferfähigkeit hat einen wesentlichen Einfluss auf den Sicherheitsbestand und somit auch auf die Kapitalbindungskosten.¹⁰⁴

¹⁰¹ Vgl. Zsifkovits 2013, S. 52.

¹⁰² Vgl. Arndt 2006, S. 128.

¹⁰³ Vgl. Losbichler et al. 2015, S. 301.

¹⁰⁴ Vgl. Gudehus 2012 (1), S. 87.

Lieferbereitschaftsgrad

Der Lieferbereitschaftsgrad, oder auch Auslieferungsquote genannt, zeigt einen Prozentsatz der Bedarfsanforderungen an, welche in der Planperiode durch den Lagervorrat gedeckt werden sollen. Bei einer Überschreitung des Höchstbestandes wird geprüft, ob der definierte Wert noch den gegenwärtigen bzw. künftigen Bedarfen gerecht wird. Der Lieferbereitschaftsgrad liegt bei den meisten Unternehmen zwischen 90% und 95%. Ein höherer Wert verursacht einen überproportionalen Anstieg der Lagerhaltungskosten. Die Formel zur Berechnung des Lieferbereitschaftsgrades sieht folgendermaßen aus:

$$\text{Lieferbereitschaftsgrad [\%]} = \frac{\text{Anzahl der bedienten Bedarfspositionen}}{\text{Gesamtanzahl der Bedarfspositionen}} * 100$$

Formel 17: Lieferbereitschaftsgrad ¹⁰⁵

3.3.2.4 Qualitätskennzahlen

Die Qualitätskennzahlen gelten als Messgröße des Zielerfüllungsgrades und geben somit die Erreichung des Maximums bzw. der Vorgaben an. Neben den diversen Servicekennzahlen, die natürlich auch für die Qualitätsbewertung von intralogistischen Prozessen herangezogen werden, gibt es noch weitere.¹⁰⁶

Altersstruktur der Bestände

Die Altersstruktur der Bestände steht im Zusammenhang mit der Lagerumschlagshäufigkeit und weist den wertmäßigen Bestand in Zeitklassen zum gesamten Bestand aus. Hierfür können Zeitklassen individuell festgelegt werden. Ein Beispiel wären die Zeitklassen: 0 – 1/2 Jahr, 1/2 Jahr – 1 Jahr und > 1 Jahr. Mit steigendem Alter der Bestände erhöht sich die Wahrscheinlichkeit von Bestandsabwertungen und die Lagerung von obsoleten Beständen. Eine ungünstige Altersstruktur deutet auf eine niedrige Umschlagshäufigkeit und damit auf eine hohe Kapitalbindung hin. Die Altersstruktur der Bestände wird je Zeitklasse berechnet und verglichen.

¹⁰⁵ Vgl. Wöltje 2011, S. 83f.

¹⁰⁶ Vgl. Gleißner / Femerling 2008, S. 253.

Die Formel zur Berechnung der Altersstruktur der Bestände ist folgende:

$$\text{Altersstruktur der Bestände [\%]} = \frac{\text{wertmäßiger Bestand pro Zeitklasse}}{\text{wertmäßiger Gesamtbestand}} * 100$$

Formel 18: Altersstruktur der Bestände ¹⁰⁷

Lagerverlustquote

Für die Lagerverlustquote werden die Lagerverluste innerhalb einer definierten Periode ermittelt und dem Gesamtbestand gegenübergestellt. Voraussetzung für die Ermittlung der Lagerverlustquote ist somit die Kenntnis über den gesamten Lagerverlust innerhalb einer Periode. Dies setzt eine Inventur für die Berechnung voraus. Ein Lagerverlust entsteht entweder durch Schwund oder Verderb der Ware. Schwund entsteht zum einen aufgrund von Diebstahl, aber auch durch mangelnde Kühlung von verderblicher Ware. Von Verderb wird gesprochen, wenn Vorräte trotz angemessener Kühlung nicht mehr zum Verkauf geeignet sind. Bei verderblichen Produkten ist naturgemäß immer mit einem höheren Lagerverlust je Periode zu rechnen.¹⁰⁸

$$\text{Lagerverlustquote [\%]} = \frac{\text{Verlust an Lagerbestand}}{\text{Gesamtbestand}} * 100$$

Formel 19: Lagerverlustquote ¹⁰⁹

Interner Servicegrad

Der interne Servicegrad gibt Auskunft über die Leistung im Bereich Kommissionierung. Es wird der Anteil der auftragsgerechten Kommissionierungen zu den gesamten Kommissionierungen betrachtet.

$$\text{interner Servicegrad [\%]} = \frac{\text{auftragsgerechte Kommissionierungen}}{\text{Gesamtanzahl der Kommissionierungen}} * 100$$

Formel 20: interner Servicegrad ¹¹⁰

¹⁰⁷ Vgl. Schulte 2016, S. 929.

¹⁰⁸ Vgl. Koske 2000, S. 79.

¹⁰⁹ Vgl. Werner 2013, S. 349.

¹¹⁰ Vgl. Werner 2013, S. 349.

Die Kennzahl kann durch zeitliche, mengenmäßige und qualitative Defizite der Kommissionierung, aber genauso durch falsche örtliche Bereitstellung negativ beeinflusst werden.

Fehllieferungsquote

Die Fehllieferungsquote beschreibt den Anteil an Fehllieferungen an den gesamten ausgelieferten bzw. geleisteten Aufträgen. Die Fehllieferungsquote wirkt sich direkt auf die gesamte Lieferqualität und somit in weiterer Folge auf das Lieferservice aus.

$$\text{Fehllieferquote [\%]} = \frac{\text{Anzahl der Fehllieferungen}}{\text{Gesamtzahl der ausgelieferten Aufträge}} * 100$$

Formel 21: Fehllieferquote ¹¹¹

Da nicht alle Fehllieferungen vom Abnehmer reklamiert werden, wird die Quote der beanstandeten Lieferungen meist separat erhoben. Diese ist folglich geringer als die Fehllieferungsquote.

Quote der qualitätsbedingten Nachlieferungen

Diese Kennzahl gibt Auskunft über das Verhältnis der Nachlieferungen zu den Fehllieferungen. Damit wird Transparenz bezüglich der Nachlieferungen erzeugt. Da Nachlieferungen auch bei mengenmäßigen Fehlern entstehen können, muss extra beurteilt werden, ob diese durch qualitative Probleme entstanden sind.

$$\text{qualitätsbedingte Nachlieferungen [\%]} = \frac{\text{Anzahl der qualitativen Nachlieferungen}}{\text{Gesamtzahl der ausgelieferten Aufträge}} * 100$$

Formel 22: Quote der qualitätsbedingten Nachlieferungen ¹¹²

¹¹¹ Vgl. Disselkamp / Schüller 2004, S. 137.

¹¹² Vgl. Schulte 2016, S. 933.

3.3.2.5 Kostenkennzahlen

Eine weitere wesentliche Kennzahlenkategorie für die Beurteilung intralogistischer Prozesse in einem Warenlager bilden die Kostenkennzahlen, welche nachstehend genauer beleuchtet werden.

Logistikkosten

Grundsätzlich sind Logistikkosten jene Kosten, die bei der Erbringung der geforderten Logistikleistung entstehen. Die Bestandteile der Logistikkosten sind in der Literatur jedoch nicht einheitlich definiert, was nicht zuletzt daran liegt, dass unterschiedliche Unternehmen auch unterschiedliche Logistikanforderungen erfüllen. Welche Kosten letztendlich zu den Logistikkosten gezählt werden, wird in jedem Unternehmen individuell definiert.¹¹³ Eine mögliche Aufgliederung der Logistikkostenbestandteile ist in Tabelle 4 ersichtlich.

Tabelle 4: Logistikkosten ¹¹⁴

Logistikkosten	Beschreibung
Personalkosten	Unter Personalkosten fallen Löhne und Gehälter, inklusive der Nebenkosten für Steuern, Abgaben, Urlaub, Krankheit bzw. Abwesenheit, für Mitarbeiter mit logistischen Aufgaben.
Raum- und Flächenkosten	Diese Kostenkategorie beinhaltet Abschreibungen und Zinsen für eigene bzw. Miet- oder Leasingkosten für fremde Gebäude, Halle oder Flächen sowie die damit verbundenen Energie- und Instandhaltungskosten.
Strecken- und Netzwerkkosten	Hier werden alle Gebühren die für die Benutzung von Straßen, Autobahnen oder Schienennetze anfallen eingerechnet.
Betriebsmittelkosten	Darunter fallen alle Kosten für Betriebsmittel wie u.a. Regale, Stapler oder Regalbediengeräte wie Abschreibungen und Zinsen bei eigenen bzw. Miet- oder Leasingkosten bei fremden Betriebsmitteln. Außerdem werden hier auch die Reinigungs-, Instandhaltungs- und Instandsetzungskosten berücksichtigt.
Ladungsträgerkosten	Hier werden Abschreibungen und Zinsen für eigene bzw. Miet- oder Leasingkosten für fremde Ladungsträger wie Paletten, Behälter, Gestelle, Kassetten und Container verstanden.

¹¹³ Vgl. Fortmann / Kallweit 2007, S. 205.

¹¹⁴ Vgl. Gudehus 2004, S. 148f.

Logistikkosten	Beschreibung
Sachkosten	Die Sachkosten beinhalten Kosten für Transportverpackung, Ladungssicherung, Etiketten und anderes Material, das im Rahmen der Logistikleistung verbraucht wird.
Datenverarbeitungskosten	Unter diese Kosten fallen die Betriebskosten für Hard- und Software, sofern sie für logistische Leistungsstellen im Einsatz sind.
Fremdleistungskosten	Sind Kosten für Frachten, Lagerungen oder andere Logistikleistungen die von einem Logistikdienstleister durchgeführt werden.
Steuern, Abgaben, Versicherungen und Gebühren	Welche im Zusammenhang mit der Erbringung einer Logistikleistung anfallen.
Vorlaufkosten	Darunter fallen Anlaufkosten oder Projektmanagementkosten.
Bestandskosten	Abschriften wie Schwund oder Verderb der Ware sowie Zinsen die für den Warenbestand anfallen.

Kapitalbindungskosten

Die Kapitalbindungskosten sind ein Teil der Bestandskosten und somit in den Logistikkosten enthalten. Aufgrund ihrer Höhe und somit ihrer Relevanz werden sie hier aber noch separat aufgezeigt.

Kapitalbindungskosten entstehen durch den Einsatz von Kapital um Ware zu kaufen, die aber im Unternehmen nicht zur gleichen Zeit genutzt werden kann und somit das Kapital bindet. Als Grundlage für die Ermittlung dieser Kosten wird üblicherweise die Zeitspanne eines Jahres gewählt und der durchschnittliche Bestandswert in diesem Zeitraum herangezogen. Zudem ist für die Berechnung der Kapitalbindungskosten der interne Zinssatz (i_{eff}), also jener Zins der sich an der erwünschten Rendite eines Unternehmens orientiert, von Nöten. Die Berechnungsformel der Kapitalbindungskosten ergibt sich daher wie folgt:

$$\text{Kapitalbindungskosten} = \emptyset \text{ Bestandswert} * i_{\text{eff}}$$

i_{eff} = interner Zins

Formel 23: Kapitalbindungskosten ¹¹⁵

¹¹⁵ Vgl. Seeck 2010, S. 79.

4 Auswirkung der Auftragsstruktur auf logistische Kennzahlen

Für ein besseres Verständnis der Auswirkungen auf die in dieser Arbeit beschriebenen Kennzahlen, wird im Zuge dieses Kapitels auf die Auftragsstruktur eingegangen. Die nachfolgenden Erläuterungen dienen dabei der Transparenzschaffung auftretender Einflüsse der Auftragsstruktur auf die Kennzahlen während der Hochlaufphase eines Warenlagers.

4.1 Grundlagen der Auftragsstruktur

Die Struktur eines Auftrages kann mittels der Charakteristika Auftragsvolumen, Anzahl eingehender Teilaufträge, Heterogenität und Varianz beschrieben werden. Durch ein großes Auftragsvolumen ist die Koordination von Material und Güterflüssen einfacher zu bewältigen. Ein großes Auftragsvolumen wirkt sich positiv auf die Planungsgenauigkeit der Abarbeitungsreihenfolge aus und minimiert dadurch Rüstzeiten. Starke Schwankungen in der Zusammensetzung der Aufträge sowie die zeitliche Verschiebung des Auftragseinganges stellen eine erhöhte Anforderung an das Logistiksystem dar, da die Planbarkeit sinkt. Durch eine ausführliche Planung in Kombination mit der Erstellung von Prognosen wird der Heterogenität von Aufträgen entgegengewirkt. Strukturanalysen von Aufträgen bieten eine Möglichkeit Ansätze zu entwickeln, welche das Auftragsverhalten gezielt beeinflussen. Beispielsweise wird durch vorgegebene Gebinde-Inhalte eine hohe Anzahl von Einzelaufträgen vermieden.¹¹⁶ Die Auftragsstruktur beeinflusst die Prozesse in einem Warenlager erheblich, da auftragsbezogene Daten wie:

- Anzahl der zu kommissionierenden Positionen
- Gewicht
- Volumen
- Packschemen
- etc.

¹¹⁶ Vgl. Kummer et al. 2009, S. 323.

eine wichtige Rolle bei der Auslegung der Warenausgangsprozesse einnehmen. Zum Beispiel ist die Auftragsstruktur für die Auswahl einer einstufigen oder mehrstufigen Kommissionierabwicklung¹¹⁷ verantwortlich.¹¹⁸

4.2 Ausprägungen der Auftragsstruktur

Die Auftragsstruktur wird nach Phillip Jussen (2016)¹¹⁹ in drei Formen aufgliedert, welche sich aus der Anzahl der eingehenden Aufträge einer Periode ergeben:

- **Viele kleine Aufträge:** Durch häufiges Bestellen und die damit verbundene hohe Anzahl an Aufträgen, ergibt sich eine niedrige Nachfragemenge je Auftrag. (Abbildung 29a)
- **Gemischte Aufträge:** Eine gemischte Auftragsstruktur besteht sowohl aus kleinen, als auch aus großen Aufträgen. (Abbildung 29b)
- **Wenige große Aufträge:** Bei wenigen Aufträgen wird die Bestellmenge auf eine geringere Anzahl an Aufträgen aufgeteilt, wodurch das Nachfragenvolumen je Auftrag ansteigt. (Abbildung 29c)

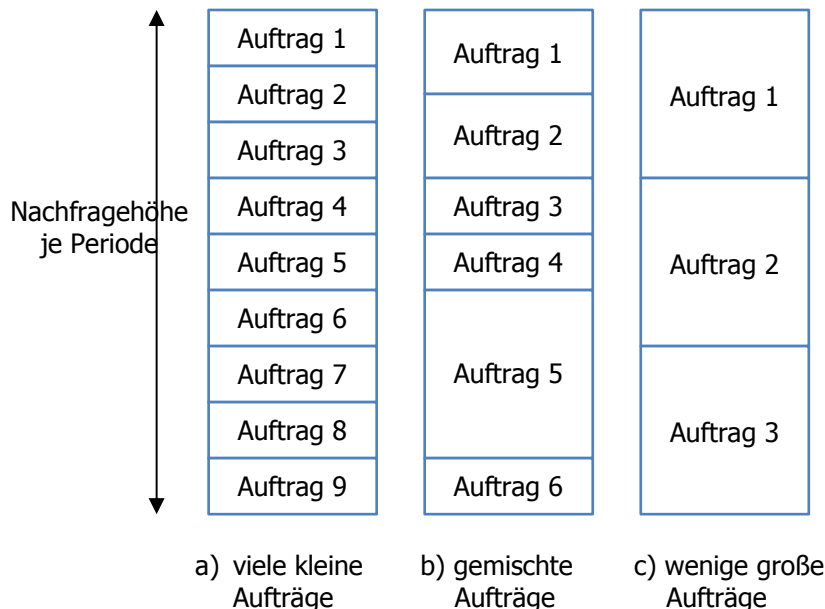


Abbildung 29: Ausprägungen der Auftragsstrukturen ¹²⁰

¹¹⁷ Siehe Kapitel 3.2.5 Kommissionierung, S. 32.

¹¹⁸ Vgl. Heinrich 2002, S. 302.

¹¹⁹ Vgl. Jussen 2016, S. 120.

Laut Gudehus (2012)¹²¹ werden Aufträge durch die Anzahl der in einem Auftrag enthaltenen Auslieferungszeilen klassifiziert. Dadurch ergeben sich zwei Formen einer Auftragsstruktur, welche den in Abbildung 29 dargestellten Strukturen zugeteilt werden können:

- **Einpositionsaufträge:** Diese Aufträge enthalten jeweils eine Artikelart.
- **Mehrpositionsaufträge:** Darunter werden Aufträge verstanden, welche mehr als eine Auslieferungsposition umfassen.

Bezugnehmend auf die Auftragsdisposition kann die Art eines Positionsauftrages weiter konkretisiert werden in:

- **Einzelstückpositionen:** Dies sind Auftragspositionen in welchen lediglich eine Verkaufseinheit angefordert wird.
- **Mehrstückpositionen:** Diese Positionen enthalten mehr als nur eine Verkaufseinheit.

Die Auftragsstruktur wird somit durch die Anzahl der Aufträge sowie der Anzahl der in einem Auftrag enthaltenen Positionen und die Größe der Nachfragemenge charakterisiert.

Der Kommissionierauftrag kommt entweder von einer internen oder einer externen Stelle. Bei Interne Stellen, wie der Produktion oder der Montage, ist der Kommissionierauftrag für die Beschaffung vom Fertigungs- oder Produktionslager zuständig. Kommt der Auftrag einer unternehmensexternen Stelle spricht man von einem externen Kundenauftrag und wird vom Distributionslager aus bedient. Ist die Struktur eines Kommissionierauftrages in kleine Teilaufträge unterteilt, wird dieser Auftrag auch als Batch-Auftrag bezeichnet. Ein Kommissionierauftrag lässt sich durch folgende Punkte spezifizieren:

- Anzahl der Positionen
- Anzahl der Entnahmen pro Position
- Durchschnittlicher Weg von Position zu Position (Fahr- und Hubwege)¹²²

¹²⁰ Vgl. Jussen 2016, S. 120.

¹²¹ Vgl. Gudehus 2012 (1), S. 31f.

¹²² Vgl. Martin 2014, S. 406.

4.3 Klassifizierung der Auftragsstruktur

Aus den in Kapitel „4.2 Ausprägungen der Auftragsstruktur“ erörterten Charakteristika von Aufträgen sowie den im Zuge dieser Arbeit durchgeführten Expertengesprächen, welche im Anhang dokumentiert sind, lässt sich eine Unterscheidung der Auftragsstruktur in drei mögliche Fälle vornehmen:

- **Best Case:** Der sogenannte Best Case beschreibt die optimale Auftragsituation. Er ist charakterisiert durch eine große Anzahl identer Artikel je Auftrag, sowie einer großen Anzahl identer Sortimente je Auftrag. Der eklatante Vorteil des Idealfalles ergibt sich dabei durch das Auffinden der Auftragspositionen am selben bzw. an einem nahegelegenen Ort. Wege und somit auch die damit verbundenen Zeiten sind optimiert, wodurch die Kommissionierzeit wesentlich gesenkt werden kann. Ein zusätzlicher, jedoch nicht im gleichen Maße einflussnehmender, Faktor ist die Größe der Nachfragemenge je Auftrag. Mit einer hohen Nachfragemenge pro Auftrag sinkt die Anzahl der Aufträge und somit werden die generellen Auftragszeiten auf eine größere Nachfragemenge verteilt. Dies bedeutet in weiterer Folge eine Reduktion der Auftragszeiten je Nachfrageeinheit.
- **Worst Case:** Der Worst Case beschreibt den ungünstigen Fall einer vorliegenden Auftragsstruktur. Er ist durch Aufträge gekennzeichnet, welche sowohl einen großen Anteil an unterschiedlichen Produkten, als auch einen großen Anteil an Positionen aus ungleichen Sortimenten aufweisen. Daraus ergeben sich eine geringere Leistungsfähigkeit und dementsprechend Zeitverluste bei der Kommissionierung, was auch in erhöhten Kosten widerspiegelt wird. Auch hier spielt die Nachfragemenge je Auftrag eine, wenn auch untergeordnete, Rolle. Je geringer diese je Auftrag ausfällt, umso mehr kleine Aufträge ergeben sich und der Aufwand des Handlings steigt.
- **Average Case:** Diese Struktur wird auch als Mischform aus Best Case und Worst Case bezeichnet. In diesem Auftragsfall ist entweder die Anzahl der identer Artikel je Auftrag oder die Anzahl der identer Sortimente je Auftrag hoch. Beim Average Case treffen nicht alle Vorteile des Best Cases zu. Jedoch ist die Auftragsstruktur auch nicht mit den gesamten Nachteilen des Worst Cases konfrontiert.

Aufbauend auf die eben beschriebene Auftragsklassifizierung ist es möglich, in weiterer Folge Kennzahlen abzuleiten, welche wiederum für die Einteilung von diversen Auftragsstrukturen

in die drei dargelegten Kategorien herangezogen werden. Mit den Kennzahlen lassen sich die unterschiedlichen Rahmenbedingungen eines beliebigen Warenlagers in der Hochlaufphase bewerten und beschreiben.

4.4 Ableitung der Kennzahlen hinsichtlich der Ausprägung der Auftragsstruktur

Mit Hilfe einiger weniger Kennzahlen ist es möglich die Auftragsstruktur eines Warenlagers in die unter „4.3 Klassifizierung der Auftragsstruktur“ ermittelten Fälle einzuordnen. Folgende Kennzahlen bilden die Grundlage für die Entscheidung, ob die Auftragsstruktur in Best-, Average-, oder Worst Case zuzuordnen ist. Die ermittelten Kennzahlen sind ein wesentliches Ergebnis aus den Expertengesprächen, welche im Anhang dokumentiert sind.

- **Ermittlung identer Artikel:**

$$\emptyset \text{ Anzahl identer Artikel je Auftrag} = \frac{\sum \text{Artikel aller Aufträge}}{\sum \text{Positionen aller Aufträge}}$$

Formel 24: \emptyset Anzahl identer Artikel je Auftrag

$$\text{Quote identer Artikel [\%]} = \frac{\emptyset \text{ Anzahl identer Artikel je Auftrag}}{\sum \text{Artikel aller Aufträge}} * 100$$

Formel 25: Quote identer Artikel

- **Ermittlung identer Sortimente:**

$$\emptyset \text{ Anzahl identer Sortimente je Auftrag} = \frac{\sum \text{Positionen aller Aufträge}}{\sum \text{Sortimente aller Aufträge}}$$

Formel 26: \emptyset Anzahl identer Sortimente je Auftrag

$$\text{Quote identer Sortimente [\%]} = \frac{\emptyset \text{ Anzahl identer Sortimente je Auftrag}}{\sum \text{Sortimente aller Aufträge}} * 100$$

Formel 27: Quote identer Sortimente

- **Ermittlung der Höhe der Nachfragemenge:**

$$\emptyset \text{ Nachfragemenge je Auftrag} = \frac{\sum \text{Nachfragemenge aller Aufträge}}{\sum \text{Anzahl der Aufträge}}$$

Formel 28: \emptyset Nachfragemenge je Auftrag

$$\text{Höhe der Nachfragemenge [\%]} = \frac{\emptyset \text{ Nachfragemenge je Auftrag}}{\sum \text{Nachfragemenge aller Aufträge}} * 100$$

Formel 29: Höhe der Nachfragemenge

Für eine Zuordnung eines beliebig vorliegenden Anwendungsfalls bedarf es einer Vorgehensweise in zwei Schritten. Im ersten Schritt werden die soeben beschriebenen Kennzahlen ermittelt und in nachstehende Tabelle 5 eingetragen:

Tabelle 5: Kennzahlen für die Vorklassifizierung der Auftragsstruktur

Kennzahl für Vorklassifizierung	Wert
Quote identer Artikel:	_____ %
Quote identer Sortimente:	_____ %
Höhe der Nachfragemenge:	_____ %

Im Anschluss an die Kennzahlenermittlung folgt im zweiten Schritt die Übertragung der Werte in das Klassifizierungsportfolio. Die Klassifizierung ist in erster Linie von der Quote identer Artikel sowie identer Sortimente abhängig, da diese Kennzahlen maßgeblich für den anfallenden Aufwand verantwortlich sind. Im Klassifizierungsportfolio ist daher auf der X-Achse die Quote der identen Artikel und auf der Y-Achse die Quote der identen Sortimente einzutragen. Der Raster des Portfolios zeigt an, in welchen Schnittbereichen die Ausgangssituation der Auftragsstruktur in Best Case, Average Case oder Worst Case einzugliedern ist. Die Höhe der Nachfragemenge wird anhand der Größe des Punktes dargestellt. Somit hat diese Kennzahl zwar keinen direkten Einfluss an der Klassifizierung der Auftragsstruktur, sehr wohl gibt diese Kennzahl aber Auskunft über Stellung in den einzelnen Cases.

In nachfolgender Abbildung 30 ist das Klassifizierungsportfolio mit drei beispielhaften Auftragsstrukturbewertungen dargestellt:

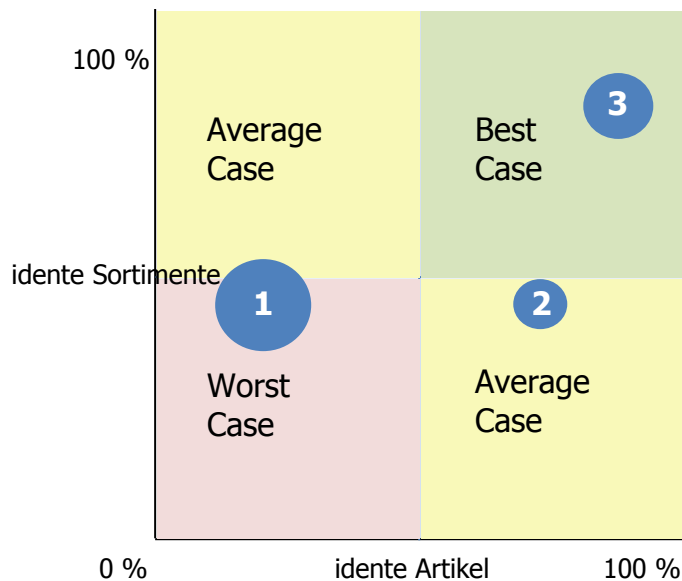


Abbildung 30: Portfolio zur Klassifizierung der Auftragsstruktur

Mit dem Ergebnis des Klassifizierungsportfolios kann die vorliegende Auftragsstruktur dem jeweiligen Case zugeordnet werden. Für die drei Beispielfälle in Abbildung 30 lassen sich folgende Aussagen treffen:

- **Fall 1:** Die durchschnittlichen identen Sortimente je Auftrag liegen bei diesem Szenario bei etwa 45 %, die durchschnittlichen identen Artikel je Auftrag bei 20 %. Demnach kommt hier der Worst Case zu tragen. Die Nachfragemenge je Auftrag ist beim 1. Fall am höchsten. Dies verschafft innerhalb des Worst Cases eine gute Ausgangsposition. Durchleuchtet man z.B. ein Warenlager mit vielen unterschiedlichen Sortimenten und einer Vielzahl unterschiedlicher Artikel, werden viele Quellbehälter aus welchen die Kommissionierung stattfindet benötigt. Ist jedoch eine große Nachfragemenge pro Auftrag vorhanden, benötigt der Kommissionierer weniger Zielbehälter. Die Behälter können mit den Artikeln angefüllt werden und somit können unnötige Wege vermieden werden.
- **Fall 2:** Die Quote der identen Sortimente ist dieselbe als bei Fall 1, jedoch ist durch den höheren Anteil an identer Artikel der Fall in den Average Case einzuteilen. Die Nachfragemenge je Auftrag ist gering. Durch eine hohe Quote identer Artikel werden wenige Quellbehälter benötigt. Dies wirkt sich positiv auf die Fahr- und Hubwege aus,

welche möglichst gering gehalten werden können. Durch das Kommissionieren aus wenigen Zielbehältern wird die Anzahl fehlerhaftes „Picks“ reduziert.

- **Fall 3:** Die Höhe der identen Sortimente und die Höhe der identen Artikel ergeben für diesen Fall den Best Case. Die Höhe der durchschnittlichen Nachfragemenge je Auftrag ist weder besonders klein, noch groß und liegt somit im Mittelfeld.

Je nach anzuwendendem Case werden in Folge unterschiedliche Kennzahlensammlungen herangezogen, um die Ist-Situation in der Hochlaufphase eines Warenlagers zu bewerten. Diese Kennzahlensammlungen werden nachfolgend beschrieben.

4.4.1 Kennzahlensammlung des Best Cases

Ist das Ergebnis des Klassifizierungsportfolios in den Best Case einzuordnen, so kommt eine Kennzahlensammlung mit nur wenigen Kennzahlen zum Einsatz. Die reduzierte Anzahl der zu betrachtenden Kennzahlen resultiert aus der geringeren Komplexität der Ausgangssituation. Die Kennzahlensammlung des Best Cases beinhaltet Kennzahlen aus den Bereichen Leistung, Service, Qualität, Bestand und Kosten welche in folgender Tabelle 6 angeführt sind.

Tabelle 6: Kennzahlensammlung Best Case

Best Case		
Kennzahl	Ergebnis	Benchmarks/Soll-Wert*
Leistungskennzahlen		
Durchsatz:	___ %	___ %
Kommissionierleistung:	___ Pos./h	___ Pos./h
Servicekennzahl		
Liefertreue:	___ %	___ %
Qualitätskennzahlen		
Fehllieferquote:	___ %	___ %
Bestandskennzahlen		
Bestandsreichweite:	___ d	___ d
Kostenkennzahlen		
Logistikkosten:	___ €	___ €

* Als Soll-Werte gelten Werte, welche in Abstimmung mit dem Kunden für einen bestimmten Zeitpunkt in der Hochlaufphase geplant sind.

Die Formeln zur Berechnung der Kennzahlen aus Tabelle 6, können dem Kapitel „3.3.2 Kennzahlen zur Bewertung intralogistischer Prozesse in einem Warenlager“ entnommen werden. Diese Kennzahlen weisen eine starke theoretische Fundierung auf. Werden bei der Auswertung in einem Kennzahlenbereich erhebliche Abweichungen zu den Benchmarks oder Soll-Werten erhoben, so wird für diese Kennzahlenkategorie eine genauere Betrachtung notwen-

dig. Dafür werden die Kennzahlen dieser Kategorie des Average Cases oder in weiterer Folge des Worst Cases aufgeschlüsselt betrachtet. Dadurch können die Ursachen der Abweichung im Detail analysiert werden. Diese Ursachenanalyse ist Grundlage für die Entwicklung von Handlungsempfehlungen.

4.4.2 Kennzahlensammlung des Average Cases

Befindet sich die Auftragsstruktur im rechten oberen oder im linken unteren Quadranten des in Abbildung 30 dargestellten Portfolios, befindet sich die Struktur im Average Case. Um den Average Case für den Kunden transparent zu machen und diesen Fall bewerten zu können, müssen im Gegensatz zum Best Case mehrere Kennzahlen ausgewertet werden. Dies resultiert aus der höheren Komplexität dieser Auftragsstruktur. Es ist notwendig, die im Best Case ermittelten Kennzahlenkategorien bezüglich Leistung, Service, Qualität, Bestand und Kosten detaillierter aufzuschlüsseln, um Ursachen für Abweichungen erkenntlich zu machen. Die Vorgehensweise erfolgt ident zum Best Case. Nach der Vorklassifizierung werden die Werte der folgenden Kennzahlensammlung mit den Benchmarks oder den Soll-Werten abgeglichen und analysiert.

Die nachstehende Tabelle 7 zeigt jene Kennzahlen auf, welche laut Expertenmeinungen für die Bewertung eines intralogistischen Systems mit mittlerer Komplexität zum Einsatz kommen sollen:

Tabelle 7: Kennzahlensammlung Average Case

Average Case		
Kennzahl	Ergebnis	Benchmarks/Soll-Wert*
Leistungskennzahlen		
Durchsatz:	___ %	___ %
Kommissionierleistung:	___ Pos./h	___ Pos./h
Lagerumschlagshäufigkeit:	___ Ver./Bes.	___ Ver./Bes.
Servicekennzahl		
Liefertreue:	___ %	___ %
Lieferbereitschaftsgrad:	___ %	___ %
Lieferfähigkeit:	___ %	___ %
Qualitätskennzahlen		
Fehllieferquote:	___ %	___ %
Interner Servicegrad:	___ %	___ %
Qualitätsbedingte Nachlieferungen:	___ %	___ %
Bestandskennzahlen		
Bestandsreichweite:	___ d	___ d
Meldebestand:	___ BME	___ BME
Sicherheitsbestand:	___ BME	___ BME
Kostenkennzahlen		
Logistikkosten:	___ €	___ €
Personalkosten:	___ €	___ €
Bestandskosten:	___ €	___ €

* Als Soll-Werte gelten Werte, welche in Abstimmung mit dem Kunden für einen bestimmten Zeitpunkt in der Hochlaufphase geplant sind.

Beim Average Case kommt eine erweiterte Kennzahlensammlung, ausgehend von der Kennzahlensammlung des Best Cases, zur Anwendung. Mittels Interviewtechnik wurden von erfahrenen Mitarbeitern des Inbetriebnahme-Kernteams die zusätzlichen Betrachtungspunkte als erweiterte Stellhebel für eine effiziente und somit erfolgreiche Intralogistik in einem Warenlager ermittelt.

Bei den Qualitätskennzahlen, sind neben der Fehllieferquote der interne Servicegrad, sowie die qualitätsbedingten Nachlieferungen ein ausschlaggebender Aspekt. Der interne Servicegrad bewertet die Qualität der Kommissionierungen. Durch die Berechnung des internen Servicegrades ist es möglich, Schwachstellen der Kernaufgabe Kommissionierung in einem Warenlager zu ermitteln. Wird ein niedriger Servicegrad ermittelt, kann dieser auf fehlerhafte Kommissionieraktivitäten zurückgeführt werden. Auch die qualitätsbedingten Nachlieferungen nehmen wesentlichen Einfluss auf die Lagerbewertung, da diese einen erheblichen Mehraufwand im Warenlager bedeuten. Dieser Mehraufwand resultiert aus einem Nachkommissionierauftrag. Dieser Auftrag enthält alle Positionen, welche beim ursprünglichen Kommissionierauftrag fehlerhaft abgearbeitet wurden. Der zusätzliche Aufwand nimmt Betriebsmittel- und Personalressourcen in Anspruch.

Aufgrund des erhöhten Personalaufwandes, werden bei den Kostenkennzahlen die dadurch entstandenen Personalkosten ermittelt, um die Ursachen eines möglichen schlechten Ergebnisses der Logistikkosten transparent zu machen. Die Kosten werden zusätzlich mit den Bestandskosten konkretisiert.

Durch die Abarbeitung von Nachkommissionieraufträgen kommt es zu vermehrten, jedoch vermeidbaren Bewegungen im Lager. Dies hat Auswirkungen auf die Leistungskennzahlen in einem Lager. Die Anzahl der Lagerbewegungen wie Umlagern, Einlagern und Auslagern werden wie in Kapitel „3.3.2 Kennzahlen zur Bewertung intralogistischer Prozesse in einem Warenlager“ beschrieben, mit der Kennzahl Lagerumschlagshäufigkeit bewertet.

Bei den Bestandskennzahlen bietet die Ermittlung des Sicherheitsbestandes und des Meldebestandes die Möglichkeit, Fehlmengen in Kommissionieraufträgen zu vermeiden.

Die verfügbaren Bestände haben wiederum Auswirkungen auf die Servicekennzahlen, da diese den Lieferbereitschaftsgrad erhöhen, wodurch in weiterer Folge auch die Lagerbewegungen reduziert werden.

Werden große Abweichungen der ermittelten Kennzahlen des Average Case zu den Benchmarks bzw. Soll-Werten festgestellt, befindet sich das Warenlager mit einer großen Wahrscheinlichkeit im Worst Case. Dieser Fall erfordert eine wiederum erweiterte Kennzahlen-

sammlung und eine detailliertere Aufschlüsselung der fünf Kennzahlenbereiche Leistung, Service, Qualität, Bestand und Kosten.

4.4.3 Kennzahlensammlung des Worst Cases

Der Worst Case ist gekennzeichnet durch Aufträge mit einer großen Menge an unterschiedlichen Artikeln, aus vielen unterschiedlichen Sortimenten, welche im schlechtesten Fall zusätzlich auch eine kleine Nachfragemenge beinhalten. Diese Struktur ist im Portfolio zur Klassifizierung der Auftragsstruktur aus Abbildung 30 aus dem Kapitel „4.4 Ableitung der Kennzahlen hinsichtlich der Ausprägung der Auftragsstruktur“ im linken unteren Quadranten einzuordnen. Um eine objektive Aussage über die IST-Situation eines Warenlagers treffen zu können, muss eine detaillierte Kennzahlensammlung angewandt werden. Eine Erweiterung der detaillierten Aufschlüsselung der Kennzahlen aus dem Kapitel „4.4.2 Kennzahlensammlung des Average Cases“ ist somit notwendig.

Tabelle 8: Kennzahlensammlung Worst Case

Worst Case		
Kennzahl	Ergebnis	Benchmarks/Soll-Wert*
Leistungskennzahlen		
Durchsatz:	___ %	___ %
Kommissionierleistung:	___ Pos./h	___ Pos./h
Lagerumschlagshäufigkeit:	___ Ver./Bes.	___ Ver./Bes.
Lagerplatzauslastungsgrad:	___ %	___ %
Servicekennzahl		
Liefertreue:	___ %	___ %
Lieferbereitschaftsgrad:	___ %	___ %
Lieferfähigkeit:	___ %	___ %
Lieferzeit:	___ h	___ h
Lieferflexibilität:	___ %	___ %

Worst Case		
Kennzahl	Ergebnis	Benchmarks/Soll-Wert*
Qualitätskennzahlen		
Fehllieferquote:	___ %	___ %
Interner Servicegrad:	___ %	___ %
Qualitätsbedingte Nachlieferungen:	___ %	___ %
Lagerverlustquote:	___ %	___ %
Altersstruktur der Bestände:	___ %	___ %
Bestandskennzahlen		
Bestandsreichweite:	___ d	___ d
Meldebestand:	___ BME	___ BME
Sicherheitsbestand:	___ BME	___ BME
Durchschnittliche Lagerdauer (Artikel mit hohem Wert)	___ d	___ d
Kostenkennzahlen		
Logistikkosten:	___ €	___ €
Personalkosten:	___ €	___ €
Bestandskosten:	___ €	___ €
Betriebsmittelkosten:	___ €	___ €
Sachkosten:	___ €	___ €
Kapitalbindungskosten:	___ €	___ €

* Als Soll-Werte gelten Werte, welche in Abstimmung mit dem Kunden für einen bestimmten Zeitpunkt in der Hochlaufphase geplant sind.

Wie in Tabelle 8 „Kennzahlensammlung Worst Case“ zu erkennen ist, werden die Logistikkosten weiter aufgeschlüsselt. Im Worst Case werden zusätzlich Betriebsmittelkosten, Sachkosten und Kapitalbindungskosten berechnet. Die Betriebsmittelkosten beinhalten unter ande-

rem Instandhaltungs- und Reparaturkosten.¹²³ Laut Expertenmeinungen brauchen Läger mit einer Auftragsstruktur welche sich im Worst Case befindet, komplexere Betriebsmittel um die Kundenwünsche zu erfüllen und eine hohe Kommissionierleistung zu erreichen. Daher ist in diesem Fall auch mit höheren Reparatur- und Instandhaltungskosten zu rechnen, welche einen erheblichen Anteil der gesamten Logistikkosten ausmachen. Durch eine hohe Anzahl unterschiedlicher Artikel aus vielen Sortimenten mit kleinen Nachfragemengen schlägt auch ein erhöhter Verpackungsaufwand auf. Kleine Bestellmengen provozieren unterschiedliche Verpackungen und eine aufwendigere Etikettierung. Die dabei entstehenden Kosten nehmen einen Anteil der sogenannten Sachkosten ein.¹²⁴ Die Logistikkosten enthalten auch einen großen Anteil von Kapitalbindungskosten. Der wesentlichste Teil dieser Kapitalbindungskosten entsteht durch Kapitalbindung in Form von Lagerbeständen.¹²⁵ Bei Lägern welche ein großes Angebot unterschiedlicher Artikel und eine große Menge an Sortimenten lagern, sind diese Kosten aufwendig zu berechnen. Der Grund dafür sind schwankende Preise bzw. Werte der Artikel. In Lägern sind erhöhte Kapitalbindungskosten meistens auf Überbestände zurückzuführen.¹²⁶

Hinsichtlich der Kategorie Bestandskennzahlen wird in die Kennzahlensammlung des Worst Cases auch die durchschnittliche Lagerdauer aufgenommen. Durch die Befragung von Experten wurde ermittelt, dass die durchschnittliche Lagerdauer für Artikel welche einen hohen Wert haben berechnet werden soll. Dies ist darauf zurückzuführen, dass Artikel mit einem hohen Wert eine erhebliche Auswirkung auf die Kapitalbindung haben. Eine lange durchschnittliche Lagerdauer spiegelt sich daher in erhöhten Kapitalbindungskosten wider. Durch die Berechnung der durchschnittlichen Lagerdauer unterschiedlicher Artikel können die oben erwähnten Überbestände bzw. die nicht benötigten Vorräte identifiziert werden.¹²⁷ Wie im Kapitel „3.3.2 Kennzahlen zur Bewertung intralogistischer Prozesse in einem Warenlager“ beschrieben ist, besteht ein Zusammenhang zwischen der Altersstruktur der Artikel und der Lagerumschlagshäufigkeit. Ein steigendes Alter der Bestände deutet darauf hin, dass wenig Bewegung im Lager stattfindet. Die durchschnittliche Lagerdauer der Artikel ist daher lange und die Kapitalbindungskosten steigen. Beinhaltet jedoch ein Kommissionierauftrag viele Positionen mit kleinen zu kommissionierenden Mengen, ist die Lagerumschlagshäufigkeit hoch, jedoch muss analysiert werden, in welchem Zeitraum ein Lager vollständig entleert und wieder befüllt wird. Wird ein langer Zeitraum ermittelt, deutet dies auf unnötige Lagerbewegungen hin.

¹²³ Vgl. Fandel et al. 1999, S. 115.

¹²⁴ Vgl. Gleißner / Femerling 2008, S. 248.

¹²⁵ Vgl. Klaus et al. 2012, S. 260.

¹²⁶ Vgl. Luczak 2004, S. 46.

¹²⁷ Vgl. Sabrautzky 2013, S. 69.

Die Kategorie der Qualitätskennzahlen wird mit der Lagerverlustquote ergänzt. Besonders im Lebensmittelhandel gibt es eine hohe Anzahl an unterschiedlichen Artikeln und Sortimenten die durch Verderb verloren gehen können. Die Lagerverlustquote ist ein Wert, um Missstände in den Lagerprozessen aufzudecken. Diese Kennzahl, welche auch als Schwund bezeichnet wird, erhöht sich bei einem hohen Anteil verderbbarer Produkte. Dies kann darauf zurückgeführt werden, dass der Kühlprozess bzw. die Kühlkette im Lager nicht eingehalten wird oder Ware mit Mindesthaltbarkeitsdatum (MHD) abläuft. Durch falsches Handling der Artikel im Lager können Produkte zu Bruch gehen, was ebenfalls die Lagerverlustquote erhöht.¹²⁸

Um den Logistikservice eines Lagers in der Hochlaufphase bewerten zu können, wird im Worst Case zusätzlich zu den bereits im Average Case angeführten Servicekennzahlen auch die Lieferzeit und die Lieferflexibilität betrachtet. Die Lieferflexibilität gibt Auskunft über die Fähigkeit eines intralogistischen Systems in Zusammenhang mit dem Auftragseingang, auf Kundenwünsche bzw. Kundenbedürfnisse zu reagieren.¹²⁹ Laut Expertenmeinungen ist eine hohe Lieferflexibilität bei Lägern mit einer komplexen Auftragsstruktur schwierig zu erreichen. Bei Kommissionieraufträgen mit einer großen Menge unterschiedlicher Artikel und einer niedrigen Bestellmenge sind viele Lagerbewegungen notwendig, um die Aufträge termingerecht abzuarbeiten. Zusätzlich besteht eine hohe Auslastung des Personals bzw. des Kommissioniersystems. Im Falle des Worst Cases müssen die Prozesse optimal getaktet bzw. aufeinander abgestimmt sein, um die Durchlaufzeit eines Kommissionierauftrages reduzieren zu können. Dieser Fakt reduziert die Möglichkeit zeitnah auf kundenbezogene Änderungen des Auftrags zu reagieren. Jedoch bietet ein gut gestaltetes Auftragsmanagement eine Möglichkeit die Flexibilität zur Abarbeitung von Nachkommissionieraufträgen oder zur Erfüllung von Kundenwünschen zu erhöhen. Das Auftragsmanagement beinhaltet das Steuern und die Kontrolle vorliegender Aufträge sowie die vollständige und termingerechte Erfüllung der Kundenaufträge und Auftragsänderungen.¹³⁰ Die Kategorie der Servicekennzahlen wird, wie aus Tabelle 8 „Kennzahlensammlung Worst Case“ entnommen werden kann, auch mit der Lieferzeit erweitert. Die Lieferzeit gibt an, wie lange der Kunde auf die bestellten Artikel warten muss. Besonders Lagertätigkeiten wie umpacken, verpacken und etikettieren oder Zeit aufgrund vorhandener Fehlmengen im Lager beeinflussen die Lieferzeit negativ.¹³¹ Die erwähnten Lagertätigkeiten treten besonders im Worst Case auf, somit beeinflusst die Lieferzeit die Kennzahlenkategorie Service erheblich. Wird diese Kennzahl mit einem Benchmark

¹²⁸ Vgl. Werner 20013, S. 349.

¹²⁹ Vgl. Kortus-Schultes / Ferfer 2005, S. 20.

¹³⁰ Vgl. Bichler et al. 2005, S. 11.

¹³¹ Vgl. Schneider / Hennig 2008, S. 212.

verglichen, kann eine Aussage über die Ist-Situation des Bereiches Service in einem Intralogistiksystem getroffen werden.

4.4.4 Kennzahlenportfolio

Aus den oben beschriebenen Kennzahlensammlungen je Auftragsstruktur, wird in weiterer Folge ein komprimiertes Kennzahlenportfolio erstellt. Dieses Portfolio ermöglicht eine zeitnahe Bestimmung bzw. Verbesserung wesentlicher Kennzahlen bei der Ist-Situationsbewertung für den jeweilig vorherrschenden Case. Zusätzlich werden auch weiterführende Kennzahlen der jeweiligen Kennzahlenkategorie angeführt, welche der Vervollständigung des Portfolios dienen. Sollte eine Kategorie ein schlechtes Ergebnis der IST-Situation liefern, so sind diese weiterführenden Kennzahlen zu ermitteln, um die Abweichungsursachen identifizieren und darauf reagieren zu können. Wenn mehr als eine Kennzahlenkategorie wesentlich vom Benchmark oder vom Soll-Wert abweicht, ist es ratsam vorerst die gesamte Kennzahlensammlung des nächsten Auftragsstruktur-Cases anzuwenden. Da die unterschiedlichen Kennzahlenkategorien einander beeinflussen, lässt sich durch eine Ganzheitliche Betrachtung der Kennzahlen ein klareres Bild der Ist-Situation darstellen, wodurch in weiterer Folge Handlungsbedarfe besser zu identifizieren sind. Nach der Umsetzung der Potenziale und der abgezielten Verbesserung der Kennzahlen, sollte wieder zur ursprünglich empfohlenen Kennzahlensammlung gewechselt werden, um den Ermittlungsaufwand nicht unnötig hoch zu halten. In nachstehender Tabelle 9 ist das auf eine Seite komprimierte Kennzahlenportfolio zu sehen.

Tabelle 9: Kennzahlenportfolio

Kennzahlen- kategorie	Kennzahl	Best Case	Average Case	Worst Case
Leistung				
	Durchsatz	x	x	x
	Kommissionierleistung	x	x	x
	Lagerumschlagshäufigkeit		x	x
	Lagerplatzauslastungsgrad			x
Service				
	Liefertreue	x	x	x
	Lieferbereitschaftsgrad		x	x
	Lieferfähigkeit		x	x
	Lieferzeit			x
	Lieferflexibilität			x
Qualität				
	Fehllieferquote	x	x	x
	Interner Servicegrad		x	x
	Qualitätsbedingte Nachlieferungen		x	x
	Lagerverlustquote			x
	Altersstruktur der Bestände			x
Bestand				
	Bestandsreichweite	x	x	x
	Meldebestand		x	x
	Sicherheitsbestand		x	x
	Ø Lagerdauer (Artikel mit hohem Wert)			x
Kosten				
	Logistikkosten	x	x	x
	Personalkosten		x	x
	Bestandskosten		x	x
	Betriebsmittelkosten			x
	Sachkosten			x
	Kapitalbindungskosten			x

Durch das Kennzahlenportfolio aus der oben gezeigten Tabelle 9 und der Auswertung der ermittelten Kennzahlen ist es möglich, in einzelne Phasen bei der Inbetriebnahme und der Produktivbegleitung die Ist-Situation eines Warenlagers zu bewerten. Es ist zu berücksichtigen, dass die Daten welche als Berechnungsgrundlage der Kennzahlen dienen, über Schnittstellen von anderen Systemen zur Verfügung gestellt werden müssen, damit diese in einer Lagerverwaltungssoftware ausgewertet werden können. Die Kennzahlensammlungen aus dem Kapitel „4.4 Ableitung der Kennzahlen hinsichtlich der Ausprägung der Auftragsstruktur“ bilden die wesentliche Grundlage zur Bewertung. Je nach Lagertyp, Automatisierungsgrad und eingesetzter Technologien können diese Sammlungen und das Portfolio mit eventuell notwendigen Kennzahlen erweitert werden. In weiterer Folge können die Berechnung sowie die Darstellung der Abweichungen zum Planwert der Kennzahlen in einem Dialog einer Lagerverwaltungssoftware eingebaut werden und ein Kennzahlencockpit für den Lagerbetreiber entwickelt werden. Durch die ermittelten Kennzahlen der Ist-Situation und der mit dem Kunden vereinbarten Soll-Werten aus unterschiedlichen Zeitpunkten in der Hochlaufphase, kann die prozentuelle Abweichung der Werte berechnet werden und in einem Cockpit veranschaulicht werden. Eine mögliche Darstellung der Abweichungen je Kennzahl der einzelnen Kategorien in einer Software ist in Abbildung 31 demonstriert:

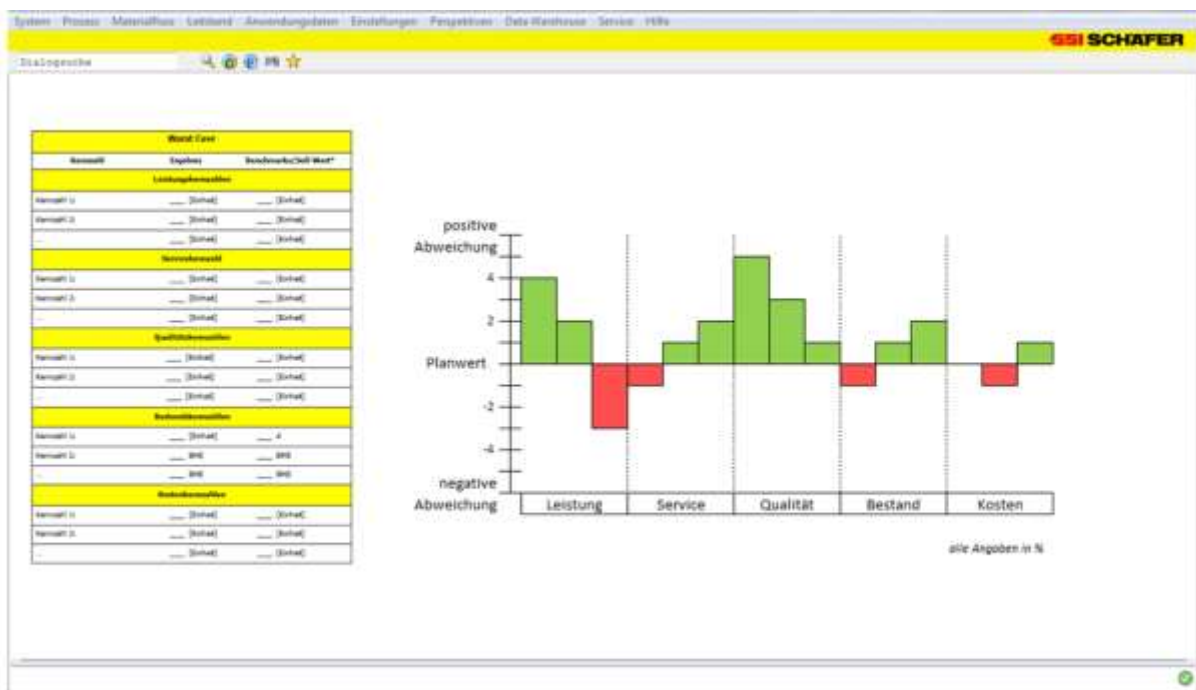


Abbildung 31: Kennzahlencockpit

5 Handlungsempfehlungen

Im diesem Kapitel werden Lösungsansätze aufgezeigt, welche sich aus der Bewertung der jeweiligen Kennzahlensammlung ableiten lassen. Die Aufgliederung erfolgt wie im oben gezeigten Portfolio nach den Bereichen Leistung, Qualität, Service, Bestand und Kosten.

5.1 Kennzahlenbereich Leistung

Die Leistungserstellung eines Warenlagers findet in unterschiedlichen Bereichen statt und kann daher wie folgt eingeteilt werden:

Tabelle 10: Leistungseinteilung in einem Warenlager ¹³²

Operative Lagerleistung	Operative Zusatzleistung	Administrative Leistung
<ul style="list-style-type: none"> • Ein- und Auslagern 	<ul style="list-style-type: none"> • Be- und Entladen 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau und Führung des Lagerbetriebes
<ul style="list-style-type: none"> • Puffern und Lagern 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitätsprüfung 	<ul style="list-style-type: none"> • Lagerplatzverwaltung
<ul style="list-style-type: none"> • Kommissionieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Verpacken und Etikettieren 	<ul style="list-style-type: none"> • Bestandsführung
<ul style="list-style-type: none"> • Auftragszusammenführung 	<ul style="list-style-type: none"> • Aufbau von Ladeeinheiten 	<ul style="list-style-type: none"> • Auftragsbearbeitung
	<ul style="list-style-type: none"> • Verdichten von Ladungen 	

Der Kommissionierprozess ist eine der Kernaufgabe eines Warenlagers im Bereich der operativen Lagerleistung und bietet ein großes Potenzial um Verbesserungen durchzuführen. Optimierungen die hier angesetzt werden, spiegeln sich in weiterer Folge in einem höheren Durchsatz und einer gesteigerten Kommissionierleistung wider.

Die Kommissionierleistung wird durch die Anzahl der durchschnittlich durchgeführten Kommissionierpositionen und der dafür benötigten Kommissionierzeit bewertet. Durch den Einsatz von Belegungsstrategien ist es möglich, kurze Wege sowie eine gute Platznutzung zu

¹³² Vgl. Deutsch 2013, S. 16.

erreichen. Des Weiteren werden durch diese Strategien Nachschubaufwände gering gehalten. Durch Belegungsstrategien wird festgelegt, auf welche Lagerplätze welche Artikel gelagert und bereitgestellt werden. Folgende Strategien kommen laut Gudehus (2012)¹³³ in den Warenlagern zur Steigerung der Leistung zum Einsatz:

- **Feste oder Statische Kommissionierplatzzuordnung:** Solange sich ein Artikel im Sortiment befindet und angeboten wird, ist für diesen Artikel ein definierter Kommissionierplatz zugeordnet.
- **Freie bzw. dynamische Kommissionierplatzzuordnung:** Fixe Kommissionierplatzzuordnungen bestehen nur solange der Greifplatz belegt ist. Leer gewordene Plätze werden bei Platzbedarf dem nächsten Artikel zugeordnet.
- **Feste Reserveplatzzuordnung:** Bei dieser Belegungsstrategie werden den Reserveplätzen die Artikel fix zuordnet.
- **Freie Reserveplatzzuordnung:** Nicht belegte Reserveplätze werden einem beliebigen Artikel zugeordnet.
- **Zonenweise freie Platzzuordnung:** Innerhalb einer Lagerzone ist die Platzzuordnung frei. Bestimmte Lagerplätze sind als Bereitstellflächen sowie für die Lagerung einer definierten Warengruppe reserviert.
- **Schnellläuferkonzentration:** Die Plätze der schnelldrehenden Artikel werden nahe der Basis angeordnet. Bei einem dynamischen Bereitstelllager werden Zugriffseinheiten nahe der Ein- und Auslagerungsflächen des Bereitstelllagers abgestellt. Diese Strategie senkt die mittleren Wege im Lager.
- **Packoptimale Pickplatzfolge:** Um eine hohe Puckleistung zu gewährleisten und gleichzeitig die Beschädigung einer Pickereinheit zu minimieren, sind die Kommissionierplätze entlang der Kommissionierstrecke nach abnehmendem Gewicht bzw. Volumen und nach zunehmender Empfindlichkeit angeordnet.
- **Greifoptimale Platzbelegung:** Schnellaufende Artikel, welche schwer zu entnehmen sind, werden in einer optimalen Zugriffshöhe platziert. Langsam gängige Artikel hingegen, welche leicht zu entnehmen sind, werden in den oberen oder in den unteren Bereichen der Regale gespeichert.
- **Trennung der Reserveeinheiten:** Übervorräte sind in eigenen Reservelägern gelagert. Zugriffreserveeinheiten werden direkt über den Greifplätzen gelagert.

¹³³ Vgl. Gudehus 2012 (2), S. 752f.

- **Starres Flip-Flop Verfahren:** Bei diesem Verfahren werden jedem Artikel zwei nebeneinanderliegende Bereitstellplätze fix zugeordnet. Sobald ein Greifplatz geleert ist, wird vom nebenliegenden Reserveplatz kommissioniert.
- **Flexibles Flip-Flop Verfahren:** Hier wird eine gewisse Anzahl an Zugriffsplätzen freigehalten, auf die bei Erreichung des Meldebestandes eines Artikels die Zugriffsreserve abgestellt wird. Die Bereitstellplätze verändern sich somit im Laufe des Betriebes.
- **Artikelreine Platzbelegung:** Je Bereitstellplatz ist nur ein Artikel abgelegt.
- **Artikelgemischte Platzbelegung:** Auf einem Bereitstellplatz befinden sich mehrere Artikel
- **Durchsatzabhängige Systemzuweisung:** Auf Basis des erwarteten Durchsatzes wird einem Artikel vom System jeweils der wirtschaftlichste Platz zugewiesen.¹³⁴

Unter der Einhaltung einiger Restriktionen von Fördersystemen, Lagergeräten und Lagermitarbeitern werden durch Bewegungsstrategien die Abarbeitungsreihenfolgen von Ein-, Aus- und Umlagerungen festgelegt. Dadurch ergibt sich eine verbesserte Einlager-, Auslager- und Durchsatzleistung. Häufig verwendete Bewegungsstrategien sind laut Neugebauer (2014)¹³⁵:

- **FIFO (First in First Out):** Jene Artikel welche zuerst eingelagert werden, werden nach FIFO auch wieder zuerst ausgelagert.
- **LIFO (Last in First Out):** Bei der LIFO-Strategie werden Artikel welche zuletzt eingelagert werden, zuerst ausgelagert.
- **Querverteilungs- bzw. Gleichverteilungsstrategie:** Artikel werden im Lager quer bzw. gleich verteilt, um bei einem Ausfall des Förder- oder Lagersystems sicherzustellen, dass eine Versorgung mit Waren für den Kommissionierprozess gegeben ist.
- **Einzelstrategie:** Bei dieser Strategie findet eine getrennte Ein- und Auslagerung statt.

¹³⁴ Vgl. Gudehus 2012 (2), S. 752f.

¹³⁵ Vgl. Neugebauer 2014, S. 70.

- **Doppelspielstrategie:** Ein- und Auslagerungen werden kombiniert durchgeführt. Dadurch werden Spielzeiten reduziert und es wird eine höhere Leistung bzw. Auslastung des Lagersystems erreicht.
- **Strategie der Wegoptimierung:** Die Artikel im Warenlager werden anhand einer ABC-Analyse klassifiziert. Jene Artikel, welche eine hohe Umschlagshäufigkeit haben, werden nahe der Ausgabestelle gelagert. Artikel die eine niedrige Umschlagshäufigkeit besitzen, werden auf Lagerplätzen mit einer längeren Entfernung zur Ausgabestelle gelagert.¹³⁶

In der Literatur sind weitere Abwandlungen der erwähnten Belegungs- und Bewegungsstrategien zu finden, welche im Zuge der Auslegung und der Planung von Lägern aufeinander abzustimmen sind. Diese Strategien stellen Stellhebel dar, um eine Steigerung der Leistung durch die Reduzierung von Wegzeiten, eine Verbesserung der Greifzeiten, eine Verminderung der Ermüdung des Lagerarbeiters und eine höhere Auslastung des Lagersystems herbeizuführen.¹³⁷

¹³⁶ Vgl. Neugebauer 2014, S. 70.

¹³⁷ Vgl. Martin 2004, S. 381.

5.2 Kennzahlenbereich Qualität

Eine Qualitätsverbesserung kann laut Literatur aus drei unterschiedlichen Bereichen resultieren. Diese sind in nachstehender Abbildung 32 dargestellt:

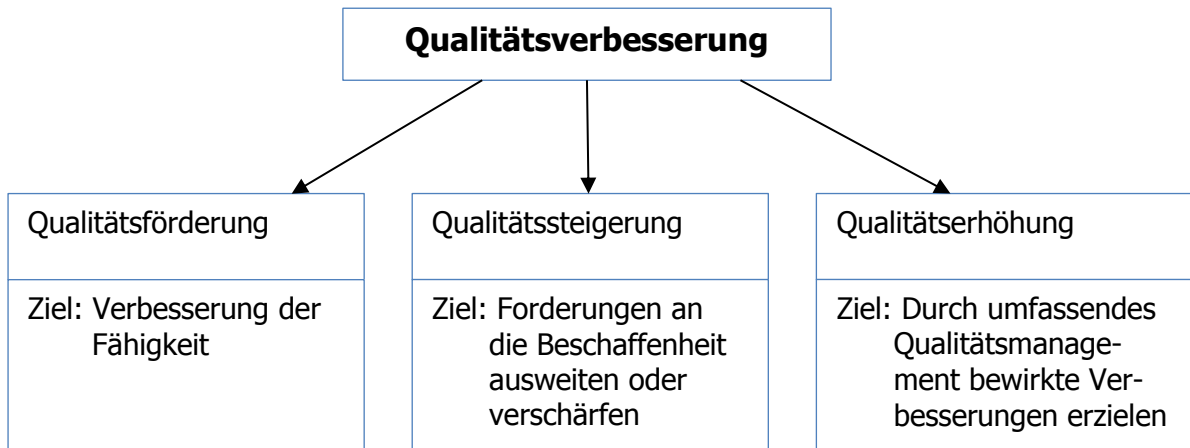


Abbildung 32: Einteilung der Qualitätsverbesserungen ¹³⁸

Um eine Qualitätssteigerung herbeizuführen, können nach Abbildung 32 verschiedene Bereiche betrachtet werden. Relevant für die Verbesserungen sind demnach nicht nur das Erkennen von qualitätsbedingten Fehlern, sondern vor allem auch die Verhinderung von potenziellen Fehlern sowie der richtige Umgang im Rahmen des Qualitätsmanagements.

In einem Warenlager ist besonders auf die Qualität innerhalb des Kommissionierprozesses zu achten, da Fehler in der Kommissionierung zu einem niedrigen internen Servicegrad führen und bei Nichterkennung zu einer erhöhten Fehllieferquote. Fehler müssen daher identifiziert und eliminiert werden. Um Kommissionierfehler möglichst zeitnah zu identifizieren ist es notwendig, nach jedem Kommissionierbereich eine Kontrolle durchzuführen. Das Durchführen einer Kommissionierkontrolle wird je nach Technologie unterschiedlich ausgeführt:

- **Musterkennung:** Ist eine optische Erkennung mittels Kamerasysteme, die durch einen Vergleich mit einem vorliegenden Muster Fehler aufdeckt.¹³⁹
- **Visuelle Kontrolle:** Unter der visuellen Kontrolle ist das Zählen sowie die Kontrolle durch einen Mitarbeiter zu verstehen.

¹³⁸ Vgl. Geiger / Kotte 2008, S. 181.

¹³⁹ Vgl. Ten Hompel et al. 2011, S. 203.

- **Gewichtskontrolle:** Bei der Gewichtskontrolle wird das berechnete Soll-Gewicht mit dem Ist-Gewicht verglichen. Bei einer Abweichung wird der Auftrag von einem Mitarbeiter nachkontrolliert und der Fehler somit identifiziert.¹⁴⁰
- **Radio Frequency Identification (RFID):** Über RFID erfolgt eine automatische Erkennung von Gegenständen anhand elektromagnetischer Wellen.¹⁴¹ Durch das Auslesen und Zählen der im Behälter befindlichen RFID-Transponder findet eine Kontrolle statt.¹⁴²

Eine Kommissionierkontrolle wird meistens bei der Übergabe eines Kommissionierauftrages von einem Kommissionierbereich in den folgenden Kommissionierbereich durchgeführt. Dadurch können Fehler der Kommissionierung schnell identifiziert werden und somit wird das Risiko einer fehlerhaften Auslieferung gesenkt. Jedoch besteht die Möglichkeit, dass ein vollständig erfüllter Kommissionierauftrag zu einer fehlerhaften Auslieferung/Warenausgang führt. Nach der letzten Kommissioniertätigkeit des Auftrages wird die Ladeinheit auf die Warenausgangsfläche transportiert. Während dieses Transportprozesses ist es möglich, dass Artikel zu Bruch gehen und es kommt in Folge zu fehlerhaften Auslieferungen. Des Weiteren findet oftmals eine Konsolidierung bzw. Verdichtung von Ladeeinheiten statt, bevor die Verladung auf den LKW durchgeführt wird. Dieser Prozess bietet eine Quelle für Fehler im Warenausgangsprozess. Um diese Fehler zu beheben und eine niedrige Fehllieferquote zu erreichen ist es ratsam, eine Warenausgangskontrolle kurz vor der Abschließung der Auslieferung durchzuführen. Die Warenausgangskontrolle bedient sich derselben Techniken, wie die Kommissionierkontrolle. Zusätzlich zur Mengen und Gewichtskontrolle kann auch eine Konturenkontrolle durchgeführt werden. Eine Konturenkontrolle ermöglicht Schäden an Ladeeinheiten zu erkennen.¹⁴³ Diese Technik wird bei Auslieferungen von Ganz-Ladeeinheiten eingesetzt. Bei dieser Art von Auslieferungen wird keine herkömmliche Kommissionierung durchgeführt, sondern Ganz-Ladeeinheiten werden direkt von der Reserve auf die Warenausgangsfläche transportiert.

¹⁴⁰ Vgl. Klug 2010, S. 195.

¹⁴¹ Vgl. Zsifkovits 2013, S. 284.

¹⁴² Vgl. Thiele 2015, S. 30.

¹⁴³ Vgl. Ten Hompel et al. 2007, S. 371.

5.3 Kennzahlenbereich Bestand

Um eine Verbesserung in der Kennzahlenkategorie Bestand zu erreichen, ist es notwendig ein gutes Bestandsmanagement im Unternehmen zu etablieren. Bestandsmanagement befasst sich mit dem Dilemma der Reduzierung von Beständen bei gleichzeitiger Erhöhung und Einhaltung des Lieferservicegrads. Ziele wie eine niedrige Kapitalbindung, Verbesserung der Kundenzufriedenheit und Reduzierung der Bestände werden im Rahmen des Bestandsmanagements angestrebt.¹⁴⁴ Überbestände verdecken nicht abgestimmte sowie störanfällige Prozesse, eine niedrige Liefertreue, Missstände in der Liefertreue und eine mangelnde Flexibilität. Um Verbesserungen in der Kennzahlenkategorie Bestand zu erreichen, stehen verschiedene Werkzeuge aus dem Bestandsmanagement zur Verfügung. Diese Werkzeuge sind:

- ABC- und XYZ-Klassifikation
- Bedarfsermittlung (deterministisch, stochastisch bzw. subjektive Schätzung)
- Brutto- und Nettobedarfsrechnung
- Steuerung über Lagerumschlag, Lager-Reichweite und Sicherheitsbestand
- Bestellpunktverfahren und Bestellrhythmusverfahren
- Optimale Losgrößen in Beschaffung, Lagerung etc.¹⁴⁵

Aus Expertengesprächen geht hervor, dass die ABC/XYZ Analyse ein großes Potenzial zur Verbesserung bietet. Daher wird in weiterer Folge diese genauer erläutert.

Die ABC-Analyse ist ein Verfahren zur Teileklassifikation. Diese Analyse wird auch Pareto-Prinzip genannt. Die ABC-Analyse basiert auf Praxiserfahrungen welche besagen, dass oftmals eine kleine Anzahl an der Grundmenge einen hohen Anteil am Gesamtaufwand verursacht. Dadurch wird unter anderem erkennbar welche Artikel den höchsten Anteil an Lagerkosten verursachen oder auch bei welchen Artikeln der höchste Deckungsbeitrag erzielbar ist. Dafür können unterschiedliche Kriterien betrachtet werden. Beispielsweise können in einem Warenlager die Anzahl der Zugriffe auf Artikel klassifiziert werden, um so Rückschlüsse auf Verbesserungen bezüglich der Lageranordnung ziehen zu können. Um eine Teileklassifikation durchzuführen, wird meist eine Einteilung durch den Lagerwert, also den wertmäßigen Bestand zu einem bestimmten Zeitpunkt, vorgenommen.¹⁴⁶

¹⁴⁴ Vgl. Tautrim 2015, S. 42.

¹⁴⁵ Vgl. Zsifkovits 2013, S. 225.

¹⁴⁶ Vgl. Zsifkovits 2013, S. 186.

Die Zuordnung nach A-, B- und C-Teilen wird wie folgt getroffen:

- **A-Teile:** Diese zeichnen sich durch einen geringen Anteil an der Gesamtzahl mit maximal 10% und einem großen Anteil am gesamten Bestandwert mit etwa 80% aus. A-Teile bieten somit das größte Kostensenkungspotenzial.
- **B-Teile:** B-Teile sind mit einem Anteil von ca. 30% an der Gesamtanzahl beteiligt und für etwa 15% des Bestandwertes im Lager verantwortlich.
- **C-Teile:** Der Rest der etwa 60% der Teile hat einen Einfluss von etwa 5% am Gesamtbestandwert.¹⁴⁷

Bei der XYZ-Analyse werden die Artikel analog zur ABC-Analyse in drei Gruppen eingeteilt. Diese Gruppen stehen für folgendes:

- **X-Teile:** Die Kategorie der X-Teile beschreibt einen regelmäßigen und schwankungslosen Bedarfsverlauf. Die Planungsgenauigkeit ist bei diesen Teilen dementsprechend groß.
- **Y-Teile:** Diese Teile zeichnen sich durch einen trendmäßig steigenden oder fallenden Bedarfsverlauf aus. Unter Y-Teilen werden auch Artikel verstanden, die einer saisonalen Schwankung unterliegen. Die Prognosegenauigkeit der Planung liegt hierbei im Mittelfeld.
- **Z-Teile:** Z-Teile weisen einen sehr unregelmäßigen Bedarfsverlauf auf, der durch zufällige oder nicht vorhersehbare Einflüsse auftritt. Die Prognosegenauigkeit des Bedarfes ist daher auch gering.¹⁴⁸

¹⁴⁷ Vgl. Bichler et al. 2010, S. 83f.

¹⁴⁸ Vgl. Thommen et al. 2017, S. 158.

Werden die ABC- und die XYZ-Analyse miteinander kombiniert, so lassen sich Schlüsse auf das heranzuziehende Dispositionsverfahren ziehen. Diese sind in der nachstehenden Abbildung 33 aufgelistet:

		Bedarfsregelmäßigkeit		
		X (hoch)	Y	Z (niedrig)
Verbrauchswert	A (hoch)	Plangesteuerte Disposition Absatzprognose		Bedarfssynchrone Beschaffung / Mindestbestands- disposition
	B			
	C (niedrig)	Verbrauchsgesteuerte Disposition	Mindestbestands- disposition	

Abbildung 33: Dispositionsverfahren nach ABC/XYZ Analyse ¹⁴⁹

Aus Abbildung 33 geht hervor, dass Artikel die unter A und X fallen, also Teile mit einem großen Wertanteil und einem sehr regelmäßigen Verlauf, eine gute Planbarkeit aufweisen, wodurch Lagerbestände gering gehalten werden können.

¹⁴⁹ Vgl. Zsifkovits 2013, S. 189.

5.4 Kennzahlenbereich Service

Eine hohe Kundenzufriedenheit in der vorherrschenden wettbewerbsintensiven Zeit bietet einen Erfolgsfaktor. Kunden welche einen guten Service erhalten neigen potenziell dazu wieder Einkäufe zu tätigen. Abnehmer welche hingegen unzufrieden sind neigen eher dazu ihre negativen Erfahrungen zu verbreiten, als ein zufriedener Kunde positive Effekte bringt.¹⁵⁰

Die Liefertreue, welche den Anteil der vereinbarungsgemäß durchgeführten Lieferungen an der Gesamtanzahl der Lieferungen angibt, kann durch eine Priorisierung der Kommissionieraufträge nach Lieferterminen sowie durch Track und Trace gesteigert werden.¹⁵¹ Eine Sicherstellung einer hohen Qualität der Lieferungen kann durch die in „5.2 Kennzahlenbereich Qualität“ ermittelten Handlungsempfehlungen gewährleistet werden.

Die Lieferflexibilität gibt Auskunft darüber, inwieweit ein Unternehmen im Stande ist auf kurzfristige Kundenwünsche zu reagieren.¹⁵² Durch das in Kapitel „5.3 Kennzahlenbereich Bestand“ erwähnte Bestandsmanagement, ist es möglich Bestände möglichst gering zu halten, jedoch auch genügend Bestand vorrätig zu haben, um auf Kundenwünsche kurzfristig reagieren zu können.

Bei einer beleglosen Kommissionierung wie z.B. Pick By Light findet eine Senkung der Durchlaufzeit des Auftrages statt. Dabei werden zusätzlich Mengen-, Artikelverwechslungsfehler und Kommissionierwege reduziert. Durch die erwähnten Vorteile wird die Lieferzeit positiv beeinflusst und bietet somit Potenzial zur Optimierung.¹⁵³

¹⁵⁰ Vgl. Gleich/Daxböck 2014, S. 92.

¹⁵¹ Vgl. Abts/Mülder 2010, S. 119.

¹⁵² Vgl. Tavasli 2007, S. 435.

¹⁵³ Vgl. Wannewetsch 2002, S. 185.

5.5 Kennzahlenbereich Kosten

Wie in Kapitel „3.3.2.5 Kostenkennzahlen“ beschrieben, sind Logistikkosten ein weiterer wesentlicher Kennzahlenbereich zur Bewertung der Ist-Situation eines Warenlagers. Um diese Kosten zu senken und einen Vorteil gegenüber den Mitbewerbern zu erreichen, gibt es laut Tim Gudehus (2000)¹⁵⁴ diverse technische und betriebswirtschaftliche Kostensenkungsmaßnahmen. Da bei dieser Arbeit der Fokus auf die intralogistischen Prozesse gelegt wird, werden nur die dafür in Frage kommenden Kostensenkungsmaßnahmen, welche für ein Warenlager eingesetzt werden können, beschrieben. Die organisatorischen Maßnahmen sind kurzfristig und mit wenig finanziellem Aufwand realisierbar. Folgende Bündelungs- und Ordnungsstrategien können dabei eingesetzt werden:

- Durch zeitliche und räumliche Bündelung von Bestellungen sowie Prozessen, Warenströmen und Beständen besteht die Möglichkeit Ressourcen besser zu nutzen und die Auslastung zu steigern.
- Das Zeitliche und räumliche Ordnen von Aufträgen, Beständen, Prozessen und Kapazitäten bietet das Potenzial Personal und Betriebsmittel effizienter zu nutzen. Dabei werden Leerfahrten minimiert und somit die Leistung gesteigert.

Weitere Maßnahmen bilden die technischen Kostensenkungsmaßnahmen:

- Gesteigertes Leistungsvermögen durch höhere Geschwindigkeit, höhere Beschleunigung und Verminderung der Totzeiten bieten Ansatzpunkte zur Verbesserung. Durch die Optimierung dieser Parameter lassen sich bei gleichbleibender Transportmittelanzahl der Durchsatz und die Umschlagsleistung steigern.
- Einsatz neuer Technologien: Durch Automatisierung wie z.B. der Einsatz eines automatischen Hochregallagers anstelle eines Staplerlagers oder der Einsatz von fahrerlosen Transportsystemen gegenüber manuell bedienter Flurförderfahrzeuge resultiert eine gleichmäßige Auslastung des Lagers, welche in weiterer Folge zu einer Kostensenkung führt.
- Bau von großen Anlagen: Wird von einem Logistiksystem ein hoher Leistungsbedarf abverlangt, lassen sich durch den Bau und die Erweiterung von Umschlagsanlagen, Logistikzentren und Güterverteilzentren Logistikkosten senken.

¹⁵⁴ Vgl. Gudehus 2000, S. 155.

- Bilden von großen Ladeeinheiten: Ist der Kostenaufwand für das Bilden und Auflösen großer Ladeeinheiten niedrig, kann dadurch erreicht werden, dass die Handlings-, Lager- und Transportkosten im Lager gesenkt werden.
- Normierung und Standardisierung: Aufeinander normierte abgestimmte Verpackungsvarianten, Ladeeinheiten sowie Transportmittel haben einen positiven Effekt auf den Personalbedarf und die Leistungssteigerung von Fördertechnik und Lagerhandlingsautomaten.¹⁵⁵

¹⁵⁵ Vgl. Gudehus 2000, S. 155.

6 Conclusio

Durch die stetig steigende Komplexität von Logistikketten, steigen auch die Anforderungen an die Effizienz eines Lagers, um die Wettbewerbsfähigkeit aufrecht zu erhalten. Um die Lagereffizienz bereits von Beginn an zu fördern, wurde im Rahmen dieser Arbeit für die Lagerverwaltungssoftware von SSI Schäfer ein Konzept eines Kennzahlensystems erstellt, welches die Hochlaufphase der intralogistischen Systeme bewerten soll. Hierfür wurde im ersten Schritt ein Portfolio zur Klassifizierung der Auftragsstruktur entwickelt. Die Vorklassifizierung bewertet die Auftragsstruktur anhand der identen Artikel, der identen Sortimente sowie, wenn auch durch eine untergeordnete Relevanz, die Höhe der Nachfragemenge. Das Portfolio definiert durch die Kennzahlen drei Fälle, welche als Best-, Average-, und Worst Case bezeichnet werden. Je nach Zuordnung der vorherrschenden Auftragsstruktur in den passenden Case werden die Rahmenbedingungen beim Kunden abgegrenzt und gleichzeitig die benötigte Intensität des Kennzahlensystems identifiziert. Die drei Fälle differenzieren sich voneinander durch ihre unterschiedliche Anzahl an Kennzahlen in den Bereichen Leistung, Service, Bestand, Qualität und Kosten. Während der Worst Case rund 24 Kennzahlen beinhaltet und somit durch einen hohen Ermittlungsaufwand charakterisiert ist, sind beim Best Case lediglich sechs Kennzahlen erforderlich, um die Situation im Lager zu bewerten. Die zur Berechnung notwendigen Daten werden entweder von der Lagerverwaltungssoftware oder vom ERP-System zur Verfügung gestellt. Die Kennzahlen werden in weiterer Folge durch einen neuen Dialog im LVS in Form eines Kennzahlencockpits visualisiert. Dieses Cockpit zeigt die Abweichungen der Ist-Situation zu den mit dem Kunden definierten Soll-Werten eines bestimmten Zeitpunktes der Hochlaufphase. Somit können Schwachstellen in einem Lager zeitnah transparent gemacht werden. Wird eine große Abweichung einer der Kennzahlenbereiche Leistung, Service, Bestand, Qualität oder Kosten zu den mit dem Kunden festgelegten Werten identifiziert, muss mit entsprechenden Maßnahmen entgegengewirkt werden, um den Soll-Wert zu erreichen und somit ein positives Ergebnis zu erzielen. Bei großen Abweichungen ist es ratsam, alle Kennzahlen eines Bereiches zu ermitteln, unabhängig davon in welchem Case die Auftragsstruktur eingeordnet ist, um die Ursachen zu identifizieren und die richtigen Maßnahmen setzen zu können. Diese Maßnahmen können je nach Herkunft der Abweichung sehr vielfältig sein. Diese Arbeit zeigt dabei einige Handlungsempfehlungen auf, um die einzelnen Bereiche positiv zu beeinflussen. Die wesentlichsten Ansatzpunkte im Falle einer Abweichung der Leistungskennzahlen sind die Belegungs- bzw. Bewegungsstrategien.

Im Bereich Qualität werden eine Kommissionier- oder eine Warenausgangskontrolle durchgeführt, mit dem Ziel fehlerhafte Auslieferungen zu minimieren und somit die Qualität zu steigern. Die Durchführung solcher Kontrollen bedient sich unterschiedlicher Techniken und kann automatisiert oder manuell durchgeführt werden.

Werden Missstände im Bereich Bestand festgestellt, gibt es mehrere Werkzeuge des Bestandsmanagements, um eine Verbesserung zu erzielen. In dieser Arbeit wird dabei Hauptaugenmerk auf die ABC/XYZ-Analyse gelegt, da diese ein wesentliches Instrument für die Bestandssteuerung in einem Warenlager ist.

Um eine Steigerung im Bereich Service zu erreichen ist es notwendig, nach der Ermittlung der wichtigsten Servicekennzahlen verschiedene Ansätze in Betracht zu ziehen, da Servicekennzahlen auch immer in Korrelation mit anderen Kennzahlenbereichen stehen. So spiegelt sich beispielsweise ein erfolgreiches Bestandsmanagement nicht nur in den Bestandskennzahlen wider, sondern beeinflusst ebenfalls die Lieferflexibilität sowie die Liefertreue positiv. Eine Steigerung der Qualität schlägt sich auch in einer höheren Kundenzufriedenheit nieder und steigert somit den Logistikservice.

Zur Senkung der Kosten werden Bündelungs- und Ordnungsstrategien eingesetzt. Diese beschäftigen sich mit dem zeitlichen und räumlichen Bündeln und Ordnen von Aufträgen, Bestellungen, Prozessen und Warenströmen. Zusätzlich kommen zur Kostensenkung technische Maßnahmen zum Einsatz, welche in der Arbeit genauer erläutert werden.

Vor der Umsetzung von Maßnahmen ist zu beachten, dass auch die Auswirkungen auf andere Bereiche analysiert werden müssen, da Verbesserungen in einem Bereich einen anderen negativ beeinflussen können. So ist eine Leistungserhöhung mit einer höheren Geschwindigkeit im Lager und Bündelungen von Aufträgen zu erreichen. Aufgrund der hohen Geschwindigkeiten steigt jedoch die Fehlerwahrscheinlichkeit, welche sich negativ auf die Qualität auswirkt. Dieses Beispiel veranschaulicht, wie relevant das Zusammenspiel der einzelnen Bereiche auf das Gesamtergebnis ist. Durch die Ermittlung der Kennzahlen der Bereiche Leistung, Qualität, Bestand und Service ist es möglich Missstände eines Warenlagers transparent zu machen und durch Maßnahmen, Werkzeuge, Methoden diese Kennzahlen ins Positive zu steuern.

Literaturverzeichnis

ABTS, DIETMAR / MÜLDER WILHELM (Hrsg.): Masterkurs Wirtschaftsinformatik: Kompakt, praxisnah, verständlich – 12 Lern- und Arbeitsmodule, GWV Fachverlage GMBH, Wiesbaden 2010.

ARNDT, HOLGER: Supply Chain Management: Optimierung logistischer Prozesse, 3. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden 2006.

ARNOLDS, HANS / HEEGE, FRANZ / RÖH, CARSTEN / TUSSING, WERNER: Materialwirtschaft und Einkauf: Grundlagen – Spezialthemen – Übungen, 11. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden 2010.

BICHLER, KLAUS / KROHN, RALF / PHILIPPI, PETER: Gabler Kompakt Lexikon Logistik: 1800 Begriffe nachschlagen, verstehen und anwenden, Gabler Verlag, Wiesbaden 2005.

BICHLER, KLAUS / KROHN, RALF / RIEDEL, GUIDO / SCHÖPPACH, FRANK: Beschaffungs- und Lagerwirtschaft: Praxisorientierte Darstellung der Grundlagen, Technologien und Verfahren, 9. Auflage, Gabler Verlag, Wiesbaden 2010.

BICHLER, KLAUS / RIEDEL, GUIDO / SCHÖPPACH, FRANK: Kompakt Edition Lagerwirtschaft: Grundlagen, Technologien und Verfahren, Springer Gabler Verlag, Wiesbaden 2013.

BRUNO, JENNY: Projektmanagement: Das Wissen für eine erfolgreiche Karriere, 5. Auflage, vdh Hochschulverlag, Zürich 2016.

DEUTSCH, ANDREAS: Verlagerungseffekte im containerbasierten Hinterlandverkehr: Analyse, Bewertung, Strategieentwicklung, University of Bamberg Press, Bamberg 2013.

DISSELKAMP, MARCUS / SCHÜLLER, RUDOLF: Lieferantenrating: Instrumente, Kriterien, Checklisten, Gabler Verlag, Wiesbaden 2004.

ENGELHARDT-NOWITZKI, CORINNA / OBERHOFER, ALBERT F.: Innovationen für die Logistik: Wettbewerbsvorteile durch neue Konzepte, Erich Schmidt Verlag, Berlin 2006.

FANDEL, GÜNTHER / HEUFT, BIRGIT / PFAFF, ANDREA / PITZ, THOMAS: Kostenrechnung, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1999.

FORTMANN, KLAUS-MICHAEL / KALLWEIT, ANGELA: Logistik, 2. Auflage, W. Kohlhammer Verlag, Stuttgart 2007.

GEIGER, WALTER / KOTTE, WILLI: Handbuch Qualität: Grundlagen und Elemente des Qualitätsmanagements, 5. Auflage, Vieweg Verlag, Wiesbaden 2008.

GLEICH, RONALD / DAXBÖCK, CHRISTIAN (Hrsg.): Supply Chain und Logistikcontrolling: Instrumente, Kennzahlen, Best Practice, Haufe Lexware GMBH & Co. KG, München 2014.

GLEIBNER, HARALD / FEMERLING, J. CHRISTIAN: Logistik: Grundlagen – Übungen – Fallbeispiele, Gabler Verlag, Wiesbaden 2008.

GLEIBNER, HARALD / MÖLLER, KLAUS: Fallstudien Logistik: Logistikwissen in der praktischen Anwendung, Gabler Verlag, Wiesbaden 2009.

GOLL, JOACHIM: Methoden und Architekturen der Softwaretechnik, Vieweg + Teubner Verlag, Wiesbaden 2011.

GUDEHUS, TIMM: Logistik 1: Grundlagen, Verfahren und Strategien, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2000.

GUDEHUS, TIMM: Logistik: Grundlagen, Strategien und Anwendungen, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2004.

GUDEHUS, TIMM: Logistik: Grundlagen, Strategien und Anwendungen, 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2010.

GUDEHUS, TIMM (1): Dynamische Positionen: Strategien, Algorithmen und Werkzeuge zur optimalen Auftrags-, Bestands- und Fertigungsdisposition, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2012.

GUDEHUS, TIMM (2): Logistik 2: Netzwerke, Systeme und Lieferketten, 4. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2012.

HAUX, REINHOLD / KNAUP, PETRA / LAGEMANN, ANITA / SCHMÜCKER, PAUL / WINTER, ALFRED: Management von Informationssystemen, Teubner Verlag, Stuttgart 1998.

HEINRICH, GERT: Allgemeine Systemanalyse, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München 2007.

HEINRICH, MARTIN: Transport und Lagerlogistik, 4. Auflage, Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden 2002.

HERTEL, JOACHIM: Warenwirtschaftssysteme: Grundlagen und Konzepte, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1997.

HUBER, ANDREAS / LAVERENTZ, KLAUS: Logistik, Franz Vahlen Verlag, München 2012.

JUNGE, KARSTEN / MILDENBERGER, UDO / WITTMANN, JOCHEN (Hrsg.): Perspektiven und Facetten der Produktionswirtschaft, Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden 2003.

JUSSEN, PHILLIP: Betriebskennlinien für industrielle Dienstleistungen, 1. Auflage, Apprimus Verlag, Aachen 2016.

KORTUS-SCHULTES, DORIS / FERFER, UTE: Logistik und Marketing in der Supply Chain: Wertsteigerung durch virtuelle Geschäftsmodelle, 1. Auflage, Gabler-Verlag, Wiesbaden 2005.

KOSKE, PETER: Erstellung eines Kennzahlen- und Visualisierungskonzepts zur Unterstützung von KVP, Diplomica Verlag 2000.

KRUTH, WILHELM: Grundlagen der Informationstechnik: Kompaktwissen für Datenschutz- und Security Management, 3. Auflage, Datakontext Verlag, München 2009.

KUMMER, SEBASTIAN (Hrsg.) / GRÜN, OSKAR / JAMMERNEGG, WERNER: Grundzüge der Beschaffung Produktion und Logistik, 2. Auflage, Pearson Studium, München 2009.

KUSTER, JÜRIG / HUBER, EUGEN / LIPPMANN, ROBERT / SCHMID, ALPHONS / SCHNEIDER, EMIL / WITSCHI, URS / WÜST, ROGER: Handbuch Projektmanagement, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2011.

KLAUS, PETER / KRIEGER, WIENFRIED / KRUPP, MICHAEL (Hrsg.): Gabler Lexikon Logistik: Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 5. Auflage, Springer Verlag, Wiesbaden 2012.

KLUG, FLORIAN: Logistikmanagement in der Automobileindustrie: Grundlagen der Logistik in der Automobile Industrie, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2010.

LUCZAK, HOLGER / STICH, VOLKER (Hrsg.): Betriebsorganisation im Unternehmen der Zukunft, Gabler Verlag, Berlin Heidelberg 2004.

LOSBIHLER, HEIMO / EISL, CHRISTOPH / ENGELBRECHTSMÜLLER, CHRISTIAN (Hrsg.): Handbuch der betriebswirtschaftlichen Kennzahlen: Key Performance Indicators für die erfolgreiche Steuerung von Unternehmen, Linde Verlag, Wien 2015.

MARTIN, HEINRICH: Transport- und Lagerlogistik: Planung, Aufbau und Steuerung von Transport- und Lagersystemen, 5. Auflage, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden 2004.

MARTIN, HEINRICH: Transport- und Lagerlogistik: Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik, 9. Auflage, Springer Vieweg Verlag, Wiesbaden 2014.

MOLZOW-VOIT, FRANK / QUANDT, MORITZ / FREITAG, MICHAEL / SPÖTTL GEORG (Hrsg.): Robotik in der Logistik: Qualifizierung für Fachkräfte und Entscheider, Springer Gabler Verlag, Wiesbaden 2016.

NEUGEBAUER, REIMUND (Hrsg.): Handbuch Ressourcenorientierte Produktion, Carl Hanser Verlag, Wien 2014.

ÖSTERLE, HUBERT / VOGLER, PETRA (Hrsg.): Praxis des Workflow-Managements: Grundlagen, Vorgehen, Beispiele, Vieweg Verlag, Wiesbaden 1996.

PEPELS, WERNER / BÖCK, RUTH / ERKE, BURKHARD / KIESEL, MANFRED / PIONTEK, JOCHEM / PROPACH, JÜRGEN / SCHÜNEMANN, GERHARD / TYSIAK, WOLFGANG: Expert Praxislexikon: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen, 2. Auflage, Expert Verlag, Renningen 2008.

PFOHL, HANS-CHRISTIAN: Logistiksysteme: Betriebswirtschaftliche Grundlagen, 5. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 1996.

PREIBLER, PETER: Betriebswirtschaftliche Kennzahlen: Formeln, Aussagekraft, Sollwerte, Ermittlungsintervalle, Oldenbourg Verlag, München 2008.

REICHHARDT, MICHAEL: Grundlagen der doppelten Buchführung, 2. Auflage, Springer Gabler Verlag, Wiesbaden 2013.

RUPP, CHRIS / SOPHIST GMBH: Systemanalyse Kompakt, 3. Auflage, Springer Vieweg Verlag, Nürnberg 2013.

SABRAUTZKY, THORSTEN: Erfolgreiche und profitable Vertriebssteuerung: Praxis Leitfaden: die 100 wichtigsten Vertriebs- und Marketingkennzahlen verstehen, BoD - Books on Demand, Norderstedt 2013.

SCHEIBELER, ALEXANDER A. W. / SCHEIBELER, FLORIAN: Easy ISO 9001 für kleine Unternehmen, Carl Hanser Verlag, München 2014.

SCHNEIDER, HANS-JOCHEN: Lexikon Informatik und Datenverarbeitung, 4. Auflage, Oldenbourg Verlag, Wien 1998.

SCHNEIDER, WILLY / HENNIG ALEXANDER: Lexikon Kennzahlen für Marketing und Vertrieb: Das Marketing Cockpit von A-Z, 2. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2008.

SCHOENEBERG, KLAUS-PETER: Komplexitätsmanagement in Unternehmen: Herausforderungen im Umgang mit Dynamik, Unsicherheit und Komplexität meistern, Springer Gabler Verlag, Wiesbaden 2014.

SCHULTE, CHRISTOF: Logistik: Wege zur Optimierung der Supply Chain, 7. Auflage, Franz Vahlen Verlag, München 2016.

SCHWEGLER, GEORG: Logistische Innovationsfähigkeit, Springer Verlag, Wiesbaden 1995.

SEECK, STEPHAN: Erfolgsfaktoren Logistik: Klassische Fehler erkennen und vermeiden, Gabler Verlag, Wiesbaden 2010.

SPRINGER FACHMEDIEN WIESBADEN (Hrsg.): Kompakt-Lexikon Wirtschaftsinformatik: 1.500 Begriffe nachschlagen, verstehen, anwenden, Springer Gabler Verlag, Wiesbaden 2013.

SSI SCHÄFER: Wir realisieren Visionen: Führend in der Logistikautomation, Friesach 2014.

SSI SCHÄFER (1): Kowhow – Aufbau; Einführung CORE Prozess, Friesach 2015.

SSI SCHÄFER (2): Prozesshandbuch: WAMAS 5.4 Standard, Version 6.1, Friesach 2015.

SUCKY, ERIC / ASDECKER, BJÖRN / DOBHAN, ALEXANDER / HAAS, SABINE / WIESE, JONAS: Logistikmanagement: Herausforderungen, Chancen und Lösungen, Univerity of Bamberg Press, Bamberg 2011.

TAVASLI, SERKAN: Six Sigma Performance Measurement System: Prozesscontrolling als Instrumentarium der modernen Unternehmensführung, GWV Fachverlage GMBH, Wiesbaden 2007.

TAUTRIM, JÖRG: Lean Production Taschenbuch: Wesentliche Konzepte und Werkzeuge für mehr Effizienz in der Produktion, epubli GMBH Verlag, Berlin 2015.

TEN HOMPEL, MICHAEL / HEIDENBLUT, VOLKER: Taschenlexikon Logistik: Abkürzungen, Definitionen und Erläuterungen der wichtigsten Begriffe aus Materialfluss und Logistik, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2011.

TEN HOMPEL, MICHAEL / SADOWSKY, VOLKER / BECK, MARIA: Kommissionierung: Planung und Berechnung der Kommissionierung in der Logistik, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2011.

TEN HOMPEL, MICHAEL (Hrsg.) / SCHMIDT, THORSTEN / NAGEL, LARS / JÜNEMANN, REINHARDT (Hrsg.): Materialflusssysteme: Förder- und Lagertechnik, 3. Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2007.

THOMSEN, IRIS: Basiswissen Inventur – Bilanz – Kosten, Haufe-Lexware Verlag, Freiburg 2014.

THIELE, DAVID: RFID Technologie: Einsatzmöglichkeiten und Grenzen in der Unternehmenslogistik, Imprint der Diplomica Verlag GMBH, Hamburg 2015.

THOMMEN, JEAN-PAUL / ACHLEITNER, ANN-KRISTIN / GILBERT, DIRK ULRICH / HACHMEISTER, DIRK / KAISER, GERNOT: Allgemeine Betriebswirtschaftslehre: Umfassende Einführung aus managementorientierter Sicht, 8. Auflage, Springer Gabler Verlag, Wiesbaden 2017.

WANNENWETSCH, HELMUT: Integrierte Materialwirtschaft und Logistik: Eine Einführung, Springer Verlag, Berlin Heidelberg 2002.

WENDT, OLIVER / KÖNIG, WOLFGANG / STOCKHEIM, TIM / LANNINGER, VOLKER / WEIß, KILIAN: Transportplanung der Zukunft: Prozess- und Kostenanalyse, Optimierungspotenziale und Outsourcing, Book on Demand Verlag, Norderstedt 2006.

WERNER, HARTMUT: Supply Chain Management: Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling, 5. Auflage, Springer Gabler Verlag, Wiesbaden 2013.

WISSER, JENS / FURMANS, KAI (Hrsg.): Der Prozess Lagern und Kommissionieren im Rahmen des Distribution Center Reference Model (DCRM), Universitätsverlag Karlsruhe, Karlsruhe 2009.

WÖLTJE, JÖRG: Betriebswirtschaftliche Formelsammlung, 5. Auflage, Haufe-Lexware Verlag, Freiburg 2011.

ZSIFKOVITS, HELMUT E.: Logistik, UVK/Lucius Verlag, Konstanz und München 2013.

Internetquellenverzeichnis

SSI SCHÄFER (1):

<http://www.ssi-schaefer.at/jobs-karriere/die-unternehmen-unserer-gruppe/salomon-automation-gmbh-at.html> [07.10.2016].

SSI SCHÄFER (2):

<http://www.ssi-schaefer.at/das-unternehmen/wir-ueber-uns.html> [07.10.2016].

Anhang

Tabelle 11: Expertengespräch

Expertengespräch	
Datum: 10.02.2017 Uhrzeit: 09:30 – 11:00	Gesprächsführer: Werner Wolf, BSc Gesprächspartner: Dipl. Ing. (FH) Wolfgang Jöbstl <i>(Teamleiter IT Logistics Consultancy)</i>
Fragen:	Antworten:
Welche Herausforderungen hat ein Warenlager während der Hochlaufphase zu bewältigen?	<i>„Einen großen Einfluss auf die Prozesse eines Warenlagers in der Hochlaufphase hat die Auftragsstruktur. Diese gibt Auskunft darüber welche Kommissioniertechnik eingesetzt werden muss oder wie Prozesse im Lager gestaltet werden müssen, um eine hohe Qualität sowie einen hohen Auslastungsgrad zu erzielen.“</i>
Welche Charakteristika beeinflussen die Auftragsstruktur eines Warenlagers?	<i>„Grundsätzlich ist zu erwähnen, viele unterschiedliche Artikel und viele Sortimente haben einen gravierenden Einfluss auf die Prozesse in einem Lager. Dies bedeutet Kommissionieraufträge können im komplexesten Fall aus vielen unterschiedlichen Artikel bestehen. Dies würde bedeuten, dass viele Quellbehälter ausgelagert bzw. nach der Kommissioniertätigkeit wieder eingelagert werden müssen. Dabei passieren Fehler und das Auftreten fehlerhafter Auslieferungen steigt. Die Kommissionierzeit nimmt durch das Ein- bzw. Auslagern der Behälter zu. Die Belastung für Mensch und Maschine steigt enorm.“</i>
Welche Rolle spielt die in einem Auftrag enthaltene Nachfragemenge?	<i>„Die Nachfragemenge hat einen Einfluss auf die Prozesse. Wird pro Auftragsposition eine kleine Menge entnommen werden viele Anbruchmengen produziert. Kleine Mengen bedeuten des Weiteren, dass die Zielbehälter nicht angefüllt werden und somit viele Zielbehälter benötigt werden.“</i>
Welches Marktsegment ist durch die Charakteristika der Auftragsstruktur besonders betroffen?	<i>„Besonders Lagerbetreiber eines Retail-Warenlagers sind von den erwähnten Charakteristika betroffen. Aufgrund der steigenden Produktvielfalt enthalten Aufträge in Retail-Warenlagern viele unterschiedliche Artikel. Dies bewirkt auch eine Erhöhung der Anzahl an Sortimenten. Kunden solcher Lagerbetreiber neigen dazu kleine Mengen einzelner Artikel zu bestellen, um eigene Lagerkosten niedrig zu halten. Auch der Trend, dass Endverbraucher direkt von Retail-Warenlager bestellen, wirkt sich negativ auf die Auftragsstruktur aus. Solche Aufträge setzen sich aus unterschiedlichsten Artikeln mit kleinen Mengen zusammen.“</i>