

März-Schellenberg, Olga

Research Report

Entwicklung von Algorithmen zur Lagerbestandsoptimierung und effizienten Bedarfsplanung

ild Schriftenreihe der FOM, No. 69

Provided in Cooperation with:

ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement, FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Suggested Citation: März-Schellenberg, Olga (2022) : Entwicklung von Algorithmen zur Lagerbestandsoptimierung und effizienten Bedarfsplanung, ild Schriftenreihe der FOM, No. 69, ISBN 978-3-89275-239-4, MA Akademie Verlags- und Druck-Gesellschaft mbH, Essen

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/249702>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

*Band
69*

Matthias Klumpp / Torsten Marner / Thomas Hanke (Hrsg.)

*Entwicklung von Algorithmen
zur Lagerbestandsoptimierung
und effizienten Bedarfsplanung*

~
Olga März-Schellenberg

ild Schriftenreihe



Institut für Logistik- &
Dienstleistungsmanagement
der FOM University of Applied Sciences

Olga März-Schellenberg

Entwicklung von Algorithmen zur Lagerbestandsoptimierung und effizienten Bedarfsplanung

ild Schriftenreihe der FOM, Band 69

Essen 2022

ISBN (Print) 978-3-89275-238-7 ISSN (Print) 1866-0304

ISBN (eBook) 978-3-89275-239-4 ISSN (eBook) 2569-5355

Dieses Werk wird herausgegeben vom ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement der FOM Hochschule für Oekonomie & Management gGmbH

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© 2022 by



**Akademie
Verlags- und Druck-
Gesellschaft mbH**

MA Akademie Verlags-
und Druck-Gesellschaft mbH
Leimkugelstraße 6, 45141 Essen
info@mav-verlag.de

Das Werk einschließlich seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urhebergesetzes ist ohne Zustimmung der MA Akademie Verlags- und Druck-Gesellschaft mbH unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen. Oft handelt es sich um gesetzlich geschützte eingetragene Warenzeichen, auch wenn sie nicht als solche gekennzeichnet sind.

Olga März-Schellenberg

***Entwicklung von Algorithmen
zur Lagerbestandsoptimierung
und effizienten Bedarfsplanung***

Matthias Klumpp / Thorsten Marner / Thomas Hanke (Hrsg.)

Abstract

Das Ziel dieser Arbeit ist es Verfahren zu entwickeln, welche Lösungen zur Reduzierung des Bestandes bei den obsoleten Artikeln mit unregelmäßigem oder keinem Bedarf anbieten werden. Hierfür erarbeitete der Autor zwei Algorithmen, welche Berechnung der Logistikkosten beinhalten. Die Funktionalität der beiden Berechnungsmethoden wird mittels einem Fallbeispiel nachgewiesen. Die vorgestellten Verfahren sowie mathematische Kalkulationen können für weitere wissenschaftliche Arbeiten genutzt werden.

Inhaltsverzeichnis

Abstract.....	II
Abkürzungsverzeichnis.....	VI
Abbildungsverzeichnis.....	VII
Tabellenverzeichnis.....	VIII
Formel- und Symbolverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Aktuelle Herausforderungen und Zielsetzung	4
1.3 Aufbau der Arbeit.....	55
2 Begriffsabgrenzungen und Definitionen	6
2.1 Bedarfsplanung und Bestandsarten	6
2.2 Relevante Kostenarten	10
2.3 Notwendigkeit eines Ersatzteilmanagements.....	14
2.4 Instrumente zur Warenbestandsreduzierung	16
2.4.1 Aufteilung des Warenbestandes.....	16
2.4.2 ABC-Analyse	17
2.4.3 XYZ-Analyse.....	18
2.4.4 Gängigkeitsanalyse	19
3 Untersuchungen zur Bedarfsplanung und zum Bestandsmanagement.....	22
3.1 Problemhinführung	22
3.1.1 Bestimmung der optimalen Bestelllosgröße	22
3.1.2 Analyse der Bestände.....	25
3.1.3 Einzelauftragsfertigung vs. Massenfertigung	29
3.1.4 Einfluss der Globalisierung.....	31
3.1.5 Risiken entlang der Supply Chain	33
3.2 Zusammenfassung der Analyse	36

4	Ableitung empirischer Modelle zur Lagerbestandsoptimierung.....	38
4.1	Algorithmus zur Lagerbestandsoptimierung	38
4.1.1	Vorgehensweise bei der Warenbestandsuntersuchung.....	42
4.1.2	Formel zur Berechnung der Weiterlagerungskosten	45
4.1.3	Formel zur Berechnung der Kosten einer Verschrottungsaktion	46
4.1.4	Formel zur Berechnung der Verkaufskosten	48
4.1.5	Formel zur Berechnung des Nacharbeitsaufwandes	49
4.1.6	Gesamtübersicht der Kosten	50
4.2	Algorithmus zur Bestimmung der Bestellmenge.....	50
4.2.1	Formeln zur Bestimmung der Bestellmenge	52
4.2.1.1	Bestimmung der Bestellmenge für ungängige Artikel	53
4.2.1.2	Bestimmung der Bestellmenge für gängige Artikel	54
4.3	Auswirkung der Unkosten auf die Transaktionskosten und Wertschöpfung	57
4.4	Verwendung der Methoden bei Einzelauftrags- und Massenfertigung.....	60
5	Fallstudie.....	62
5.1	Ausgangssituation	62
5.1.1	Berechnung der Weiterlagerungskosten	64
5.1.2	Berechnung der Verschrottungskosten	64
5.1.3	Berechnung der Verkaufskosten	65
5.1.4	Berechnung der Nacharbeitskosten	66
5.1.5	Zusammenfassung der Ergebnisse.....	67
5.2	Anwendungsbeispiele zur Bestimmung der Bestellmenge	70
5.2.1	Beispiel zur Berechnung der Bestellmenge für ungängige Artikel	70
5.2.2	Beispiel zur Berechnung der Bestellmenge für gängige Artikel	73
5.3	Ermittlung der Effekte auf die Transaktionskosten und Wertschöpfung.....	76
5.4	Kritische Betrachtung.....	79

6	Fazit	81
6.1	Zusammenfassung der Untersuchungserkenntnisse	81
6.2	Ausblick und Forschungsperspektiven	84
	Anhang.....	96
	Literaturverzeichnis	85

Abkürzungsverzeichnis

AM	After Market
DIHK	Deutscher Industrie- und Handelskammertag
EG	Entgeltgruppe
ERP	Enterprise-Resource-Planning
KLU	Kühne Logistics University
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
OEM	Original Equipment Manufacturer
OES	Original Equipment Spare

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bestandsarten der Materialplanung	9
Abbildung 2: Gesamtkosten der Bevorratung	10
Abbildung 3: Lieferbereitschaftsgrad in Abhängigkeit von weiteren Kosten	12
Abbildung 4: Grafische Darstellung der ABC-Analyse	18
Abbildung 5: ABC- und XYZ-Analyse	19
Abbildung 6: Einteilung der Gängigkeit	20
Abbildung 7: Algorithmus zur Lagerbestandsoptimierung der ungängigen Artikel	41
Abbildung 8: Algorithmus zur Bestimmung der Bestellmenge	52
Abbildung 9: Ermittlung der Wertschöpfung.....	59
Abbildung 10: Wertschöpfungsrechnung	77
Abbildung 11: Wertschöpfungsrechnung inkl. Unkosten für Weiterlagerung	78
Abbildung 12: Wertschöpfungsrechnung exkl. obsoleten Bestand	79
Abbildung 13: Handlungsmatrix	83

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: ABC-Klassifizierung	43
Tabelle 2: XYZ-Klassifizierung	43
Tabelle 3: Bedeutung der ABC- und XYZ-Matrix	44
Tabelle 4: Gängigkeitsanalyse	45
Tabelle 5: Gesamtübersicht der Kosten zu einem Artikel	50
Tabelle 6: Vergleich der Kosten bei ungängigen Teilen.....	54
Tabelle 7: Vergleich der Kosten bei gängigen Teilen.....	56
Tabelle 8: Ableitung der Transaktionskosten	58
Tabelle 9: Gegenüberstellung der Kosten zu einem Artikel	67
Tabelle 10: Entwicklung der Kosten nach 2 Jahren	68
Tabelle 11: Entwicklung der Kosten nach 5 Jahren	69
Tabelle 12: Übersicht der Kosten	71
Tabelle 13: Einkaufskosten in Abhängigkeit von Rüstkosten.....	72
Tabelle 14: Kosten in Abhängigkeit von der Lagermenge	75

Formel- und Symbolverzeichnis

Formel 1: Optimale Bestellmenge	6
Formel 2: Lagerbestand	7
Formel 3: Sicherheitsbestand.....	8
Formel 4: Meldebestand.....	8
Formel 5: Höchstbestand	9
Formel 6: Lieferbereitschaftsgrad.....	11
Formel 7: Gebundenes Kapital.....	12
Formel 8: Lagerzinssatz	12
Formel 9: Lagerzinskosten	13
Formel 10: Lagerkostensatz.....	13
Formel 11: Lagerhaltungskostensatz	13
Formel 12: Berechnung der Transaktionskosten	14
Formel 13: Ungängigkeit	21
Formel 14: Gesamtbestandswert	42
Formel 15: Lagerungskosten.....	46
Formel 16: Gesamte Verlustkosten.....	46
Formel 17: Verschrottungskosten	47
Formel 18: Gesamte Verschrottungsausgaben.....	47
Formel 19: Zusatzkosten bei einem Verkauf.....	48
Formel 20: Gesamtkosten bei einem Verkauf.....	48
Formel 21: Aufwandskosten bei einer Nacharbeit	49
Formel 22: Gesamtkostenbetrachtung bei einer Nacharbeit.....	49
Formel 23: Einkaufskosten bei Bedarfsmenge (EK Bed.Me).....	53
Formel 24: Einkaufskosten bei Mindestabnahmemenge (EK MiMe)	53
Formel 25: Einkaufskosten bei optimaler Bestellmenge (EK opt. BeMe)	55

1 Einleitung

Die vorliegende wissenschaftliche Arbeit beschäftigt sich in der Einführung mit dem aktuellen Stand der Wirtschaft sowie mit der Erarbeitung von Ursachen, welche die Betriebe daran hindern, ihren Lagerbestand auf dem optimalen Level zu halten. Anschließend wird auf die aktuellen Herausforderungen, die Abgrenzung dieser Arbeit sowie das Ziel, der Bestimmung von Algorithmen, eingegangen. Die Beschreibung des methodischen Vorgehens schließt die Einleitung ab.

1.1 Problemstellung

Gemäß dem Konjunkturausblick der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (Organisation for Economic Co-operation and Development = OECD) werden die ungelösten Themen, wie der Brexit sowie der Handelskonflikt zwischen USA und China, die Wirtschaft im Jahr 2019 und 2020 spürbar belasten¹. Die OECD prognostiziert einen Abschwung in der Industriebranche aufgrund von fallendem Exportvolumen.² Auch die Umfrage des Deutschen Industrie- und Handelskammertages (DIHK) bestätigt diese Wachstumsprognose: „Zum dritten Mal in Folge melden die Unternehmen in der Herbst-Konjunkturumfrage (...) eine deutlich eingetrübte Geschäftslage“.³ Daraus folgen sinkende Investitions- und Beschäftigungsvorhaben der Unternehmen. Wenn die Unternehmen nicht agil auf die Wirtschaftsschwankungen reagieren, kann dies zu höheren Beständen bei abnehmender Auftragslage und somit zu starken finanziellen Auswirkungen führen, wie das Ergebnis der Studie der Kühne Logistics University (KLU) aufzeigt. Die Studie befasste sich mit der Analyse des Lagerbestandsmanagements während der Finanzkrise aus den Jahren 2008/09. Die Forschung mit Teilnahme von 1.263 Unternehmen hat ergeben, dass einige Unternehmen achtzehn Monate zum Abbau ihres jeweiligen Lagerbestandes benötigen haben. Die finanziellen Risiken für die Betriebe können sowohl bei schnellem als auch bei langsamem Bestandsabbau die Folge sein. Die zügige Reduktion der Lagerbestände kann einen positiven Beitrag zur schnellen Steigerung der Liquidität leisten, jedoch kann sie auch zur potenziellen Nichterfüllung des

¹ Diese Arbeit wurde in Zeitraum von Nov. 2019 bis Apr. 2020 verfasst.

² Vgl. Der Spiegel, 2019, o. S.

³ DIHK, 2019, o. S.

Kundenauftrages führen. Die Schwierigkeit liegt darin, eine vernünftige Lösung zur Bestandsreduzierung zu finden.⁴

Zusätzlich haben Unternehmen mit kürzer werdenden Produktionslebenszyklen bei steigender Varianten- und Produktvielfalt zu kämpfen. Geringere Stückzahlen pro Variante oder Produkt sind Folgen dieser Änderung. Das Gesamtpaket erschwert es den Unternehmen, produktiv und wertschöpfend zu arbeiten. Der Wettbewerbsdruck bringt die Betriebe dazu, die Anzahl der Zulieferer in Übersee zu erhöhen, um zu Niedrigpreisen einzukaufen. Um den Produktionsstillstand aufgrund der langen Lieferketten zu vermeiden, sichern sich die Unternehmen mit hohen Lagerbeständen ab.⁵ Das gebundene Kapital im Lager kann somit nicht gewinnbringend eingesetzt werden, sondern verursacht zusätzliche Opportunitätskosten und nimmt Lagerstellflächen ein.⁶

Steigende Anforderungen der Kunden in Bezug auf die Individualität der Produkte bei gleichbleibenden Preisen und Lieferzeiten im Vergleich zu Standardartikeln führen die Unternehmen in den Wettbewerb. Um mit der Konkurrenz mithalten, geht der heutige Trend von Massenproduktion zur Losgröße 1. Geringe Stückkosten, hohe Produktivität sowie gleichbleibende Bestellmengen sind Vorteile der Massenproduktion. Jedoch sind hohe Lagerkosten und damit verbundene Kapitalbindungskosten als negative Punkte aufzuführen. Die Einzelstückproduktion, auch *one piece flow* genannt, ermöglicht Bestandsreduzierung aufgrund von entfallenden Warenbeständen an Halberzeugnissen zwischen den Bearbeitungsschritten und kurze Durchlaufzeiten. Jedoch erfordern unterschiedliche Varianten an Rohteilen dazugehörige Lagerplätze und Sicherheitsbestände. Auch dieses Verfahren führt zum Wachstum der Lagerbestände und Kapitalbindungskosten.⁷

Des Weiteren ist die Ersatzteilkpflicht ein weiterer Grund für hohe unternehmerische Lagerbestände. Die Herausforderung hier ist es, die geforderte Verfügbarkeit der Teile dem Kunden gegenüber jederzeit sicher zu stellen. Die Komplexität wird durch die Dauer der Ersatzteilkpflicht gegeben, die je nach Branche unterschiedlich ist. Die Versorgung mit den Ersatzteilen in der Automobilbranche liegt

⁴ Vgl. KLU, 2018, o. S.

⁵ Vgl. Kemmner, 2004, o. S.

⁶ Vgl. Waldecker, 1995, S. 94 ff.; Logistik Knowhow, 2018, o. S.

⁷ Vgl. Meininger, 2018, o. S.

bei 10 Jahren nach dem Ende der Serienproduktion.⁸ Dagegen kann die Ersatzteilkpflicht in anderen Branchen bis zu 20 Jahre betragen.⁹ Den Bestand unter Kontrolle zu halten, ist bei Serienteilen mit regelmäßiger Lagerumschlagshäufigkeit einfacher als bei Ersatzteilen, da die Schwierigkeit in einer möglichst genauen Abschätzung über die zukünftige Abrufmenge und deren Datum liegt. Es bedarf einer Prüfung mehrerer Kriterien, bspw. des Nachfragemusters, des Warenwerts oder des Vorhandenseins der Werkzeuge.¹⁰

Die im ERP System gepflegten Angaben zum Artikel, wie beispielsweise Mindestbestellmenge oder fixe Bestellmenge, sind von Vorteil bei der Verhandlung des Einkaufspreises, können jedoch Schwierigkeiten in der Disposition bereiten. Wenn die benötigte Bestellmenge kleiner als die Mindestbestellmenge ist, führt dies zum Aufbau des Lagerbestandes. Nicht zuletzt müssen die Unternehmen eine Entscheidung über die Bestandsartikel ohne zukünftige Bedarfsvorschau treffen. Angefangen von der Suche nach dem Grund des Überbestandes, über die eventuelle Weiterverwendung dessen, bis hin zu der Entscheidung über potenzielle Verschrottung, werden Kosten verursacht, die nicht wertschöpfend sind und zusätzlich dem Unternehmen weitere finanzielle Einbußen einbringen. Die Verkürzung der Kapitalbindungsdauer mittels eines vernünftigen Bestandsmanagementprozesses sollte das Ziel der Unternehmen sein.¹¹

Die Problemstellung dieser Arbeit liegt in der Erarbeitung jeweils eines Schemas und entsprechender Berechnungsmethoden zur Reduktion des Lagerbestands bei zum Teil ungängigen und völlig ungängigen Artikeln sowie der Bestimmung der optimalen Bestellmenge für gängige und ungängige Artikel.

Daraus ergeben sich folgende Forschungsfragen:

1. Mit welcher mathematischen Formel kann die Entscheidung zur Reduzierung des Lagerbestandes bei den Artikeln mit unregelmäßigem oder keinem Bedarf berechnet werden?

⁸ Vgl. Klug, 2018, S. 498-505.

⁹ Vgl. IHK, 2013, o. S.

¹⁰ Vgl. Cordes, 2018, S. 20 ff.

¹¹ Vgl. Waldecker, 1995, S. 94 ff.; Kemmner, 2016, o. S.

2. Mittels welches Algorithmus kann die Entscheidung über die effiziente Bestellmenge bei den Artikeln mit unregelmäßigem Bedarf getroffen werden?

Eine auf einem Algorithmus basierte Lösung ermöglicht eine Einsparung der menschlichen Ressourcen sowie der Arbeitszeit für die Unternehmen. Die Antwort auf die erste Forschungsfrage bietet eine Möglichkeit, durch den Algorithmus die potentiellen Ausgaben auf einen Blick zu haben. Dies kann vom Management zur Entscheidungsfindung genutzt werden. Dieses Schema wird als Bestandteil der Entscheidung über die richtige Bestellmenge für die Artikel mit geringer Lagerumschlagshäufigkeit dienen. Errechnete potentielle Kosten können vom Disponenten vor der Bestellung kalkuliert werden, um basierend darauf die für das Unternehmen wirtschaftliche Bestellmenge zu bestellen. Die Berechnungsmethoden sollen in der Praxis als feste Bestandteile in der Disposition unterschiedlicher Branchen genutzt werden können, um dem obsoleten Bestandsaufbau entgegenzuwirken.

1.2 Aktuelle Herausforderungen und Zielsetzung

Vor diesem Hintergrund ist das Ziel dieser Arbeit, zwei generische Verfahren zu entwickeln, welche basierend auf vorhandenen Daten und deren Auswertung eine oder mehrere Lösungen zur Reduzierung des Lagerbestandes bieten. Die Lösungsvariationen können als Entscheidungshilfe dienen. Der zweite Algorithmus soll zur sinnvollen Planung der Bestellmenge eingesetzt werden, um das Bestandswachstum der Artikel zu vermeiden. Die Lösungsmodelle sollen allgemein sein, um in unterschiedlichen Bereichen genutzt werden zu können.

Hierbei geht es nicht um die Entwicklung eines Schemas zur Reduzierung der Bestände der Serienteile aufgrund des regelmäßigen Verbrauches sowie der regelmäßigen Anlieferungen. Die Forschungslücke besteht bei den Teilen, die hohen Vorrat aufweisen, jedoch im Zeitraum von über einem halben oder ganzen Jahr nicht umgeschlagen werden. Zudem muss beachtet werden, dass diese Artikel vom Kunden jederzeit bestellt werden können, was somit automatisch eine weitere Herausforderung bei der optimalen Bestellmenge mit sich bringt. Die falsche Bestellmenge kann dazu führen, dass ein Lagerbestand aufgebaut wird und aufgrund fehlender Bedarfe das Material über einen längeren Zeitraum nicht bewegt wird. In solchen Fällen müssen die Unternehmen sich Gedanken über eine weitere Vorgehensweise zum betroffenen Artikel machen. Ziel ist es, bereits vor

der Bestellung einen mathematischen Vergleich zu haben, welcher es ermöglicht, vor der Bestellung die effizienteste Bestellmenge zu bestimmen. Dieses Schema soll den Algorithmus aus der ersten Forschungsfrage aufgreifen, um im Voraus die eventuell anfallenden Kosten bei hoher Bestellmenge aufzuzeigen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Aufgrund der Komplexität des Themenbereiches Lagerbestandsreduzierung liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit auf der Ermittlung der Algorithmen und der dazugehörigen Berechnungsmethoden. Diese sollen dazu dienen, die Entscheidung über die mögliche Art des Reduzierungsvorganges zu treffen. Der Fokus liegt auf den bestandsgeführten Artikeln mit seltener Nutzung und weniger auf den Artikeln mit hoher Lagerumschlagshäufigkeit. Die Betrachtung der nur eingekauften Artikel gilt als weitere Abgrenzung dieser Arbeit. Somit werden die Bestände der Halbfertigerzeugnisse sowie Fertigerzeugnisse nicht Bestandteil dieser Arbeit sein.

Um der oben aufgeführten Zielsetzung der Arbeit gerecht zu werden, widmet sich das zweite Kapitel der Erläuterung der theoretischen Begrifflichkeiten, die zum besseren Verständnis dieser Arbeit beitragen sollen.

Das dritte Kapitel widmet sich dem Stand der empirischen Forschung. Es werden mehrere internationale Forschungsarbeiten aus unterschiedlichen Perspektiven vorgestellt, um das vorhandene Problem zu begründen und die daraus resultierende Forschungslücke aufzuzeigen.

Inhalt des vierten Kapitels ist eine mögliche Lösung des Problems. Die Untersuchung beginnt mit der Erarbeitung der Modelle inklusive detaillierter Begründung der Variablen. Im nächsten Schritt erfolgt die Schaffung des Bezuges zu Wertschöpfung und den Transaktionskosten.

Die daraus resultierende Vorgehensweise wird abschließend in Kapitel fünf an einem Fallbeispiel vorgestellt. Die Betrachtung der Ergebnisse und deren kritische Hinterfragung runden dieses Kapitel ab.

Die Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse erfolgt im sechsten Kapitel. Nach der Beantwortung der Forschungsfragen folgt eine Handlungsempfehlung. Die Nennung der offengebliebenen Aspekte und mögliche Ansätze für weitere wissenschaftliche Forschungen schließen das Kapitel ab.

2 Begriffsabgrenzungen und Definitionen

Das folgende Kapitel beinhaltet Begriffe und Elemente aus den Bereichen Disposition, Lager und Bestandsführung. Diese werden im späteren Verlauf der Ausarbeitung in ihrer Anwendung aufgezeigt und zur Bearbeitung der Problemstellung benutzt.

2.1 Bedarfsplanung und Bestandsarten

Ziel der Bestandsführung in den Unternehmen ist die Erfüllung der „6 R der Logistik“. Diese lauten: „richtiges Produkt am richtigen Ort in der richtigen Menge zur richtigen Zeit in der richtigen Qualität zu richtigen Kosten“.¹² Die Erreichung dieses Zieles fängt bei der optimalen Planung der Bedarfe an. Bei der Bedarfsplanung werden die Bestellmenge sowie der Anliefertermin festgelegt und dem Lieferanten mitgeteilt. Hierbei wird unterschieden zwischen deterministischer und stochastischer Planung. Bei der deterministischen Bestellplanung wird bedarfsgesteuert, das heißt basierend auf den Kundenabrufen, disponiert. Ziel ist es, die optimale Bestellmenge zu bestimmen, die in der Summe die Bestell- und Lagerhaltungskosten minimiert. Dagegen wird bei der stochastischen Planung gemäß Bestandsentwicklung disponiert, aufgrund fehlender Informationen über die Materialbedarfsmenge. Somit erfolgt die Bestellung bestandsgesteuert.¹³

Die Ermittlung einer optimalen Bestellmenge ist mittels einer Losgrößenformelrechnung möglich. Jedoch müssen hierfür einige Voraussetzungen gegeben sein: Der Bestellpreis ist gleichbleibend und unabhängig von der Bestellmenge sowie anderen Teilen. Zudem ist der Bedarf ohne Schwankungen und die Lieferzeit möglichst kurz. Die Fehlmengen sind ausgeschlossen.¹⁴ Formel 1 ermöglicht die Ermittlung der optimalen Bestellmenge. Die Formel zur Berechnung des Lagerhaltungskostensatzes wird im späteren Verlauf der Arbeit erläutert.

Formel 1: Optimale Bestellmenge

$\text{opt. BeMe} = \sqrt{\frac{(200 \times \text{Jahresbedarf} \times \text{Fixkosten})}{(\text{Einstandspreis} \times \text{Lagerhaltungskostensatz } \%)}} \quad (1)$
--

¹² Fortmann, 2007, S. 123.

¹³ Vgl. Klaus, 2008, S. 67 ff.

¹⁴ Vgl. Wannenwetsch, 2010, S. 64.

Quelle: In Anlehnung an Ventzislavova, 2012, S. 57

In der Praxis wird die errechnete Menge aufgrund von anderen Faktoren, wie Mindestliefermenge oder Behälterlosgröße, angepasst.¹⁵

Bestände können in vier Arten eingeteilt werden: Lagerbestand, Sicherheitsbestand, Meldebestand sowie Höchstbestand. Lagerbestand beinhaltet alle physischen Einheiten, die in einem Lager vorhanden sind. Der Lagerbestand kann variieren aufgrund von Lagerzu- und Abbuchungen.¹⁶ Der durchschnittliche Lagerbestand kann über einen der beiden folgenden Rechenwegen der Formel 2 ermittelt werden:

Formel 2: Lagerbestand

$\emptyset \text{ LB} = \frac{\text{Anfangsbestand} + \text{Endbestand}}{2}$	(2)
$\emptyset \text{ LB} = \frac{\text{Jahresanfangsbestand} + 12 \text{ Monatsbestände}}{13}$	(2a)

Quelle: Wöltje, 2012, S. 80 ff.

Des Weiteren kann der Lagerbestand auf andere Arten ermittelt werden. Hierzu gibt es verfügbaren und disponierbaren Bestand. Der verfügbare Bestand kann ermittelt werden, indem zum vorhandenen Lagerbestand alle offenen Bestellungen addiert und vorgemerkte Abgänge subtrahiert werden.¹⁷ Disponierbarer Bestand beinhaltet Bestandsmengen „für bereits laufende Aufträge“.¹⁸

Die Wiederbeschaffungszeit „setzt sich zusammen aus der Auftragsübermittlungszeit, der Lieferzeit, der Wareneingangsabwicklungszeit und der innerbetrieblichen Transportzeit zum Verbrauchsort“.¹⁹

Synonyme für das Wort Sicherheitsbestand sind die Begriffe „eiserner Bestand“ oder „Mindestbestand“. Dieser Bestand darf bei der Disposition nicht unterschritten werden. Bei einer planmäßigen Disposition findet die Anlieferung der Einheit vor der Erreichung des Sicherheitsbestandes statt, da der Sicherheitsbestand

¹⁵ Vgl. Wannenwetsch, 2010, S. 67.

¹⁶ Vgl. Oeldorf, 2018, S. 166.

¹⁷ Vgl. ebd., S. 166 ff.

¹⁸ Oeldorf, 2018, S. 167.

¹⁹ Klaus, 2008, S. 627.

„zur Kompensation [...] unvorhersehbarer Schwankungen im Bestandszugang oder -abgang vorgehalten wird“.²⁰ Die Gründe für die Festlegung des Sicherheitsbestandes können Wiederbeschaffungszeit, ein Lieferengpass oder fehlerhafte Bestandsführung sein.²¹ Die Ermittlung des Sicherheitsbestandes kann mittels folgender Formel 3 erfolgen:

Formel 3: Sicherheitsbestand

$SB = \emptyset \text{ Verbrauch pro Periode} \times \text{Wiederbeschaffungszeit} \quad (3)$

Quelle: In Anlehnung an Oeldorf, 2018, S. 170

Die Erreichung des Meldebestandes, auch Bestellpunkt genannt, löst eine Bestellanforderung aus. Von der Erreichung des Meldebestandes bis zur Erreichung des Sicherheitsbestandes muss die Wiederbeschaffungszeit einkalkuliert werden, da die Anlieferung der neuen Einheit vor dem Unterschreiten des Sicherheitsbedarfs empfohlen wird.²² Der Meldebestand kann über Formel 4 ermittelt werden:

Formel 4: Meldebestand

$MB = \emptyset \text{ Verbrauch pro Periode} \times \text{Wiederbeschaffungszeit} + SB \quad (4)$
$MB = 2 \times SB \quad (4a)$
$MB = \text{Mindestbestellmenge} + SB \quad (4b)$

Quelle: Oeldorf, 2018, S. 171

Der Höchstbestand, auch Maximalbestand genannt, definiert die maximale Menge im Lager. Die Festlegung dieses Wertes trägt dazu bei, die Erhöhung des Lagerbestandes und damit verbundene Lagerhaltungs- und Kapitalbindungskosten zu vermeiden.²³ Formel 5 kann zur Berechnung des Höchstbestandes genutzt werden.

²⁰ Klaus, 2008, S. 510.

²¹ Vgl. Oeldorf & Olfert, 2018, S. 168-170.

²² Vgl. ebd., S. 171.

²³ Vgl. ebd., S. 172.

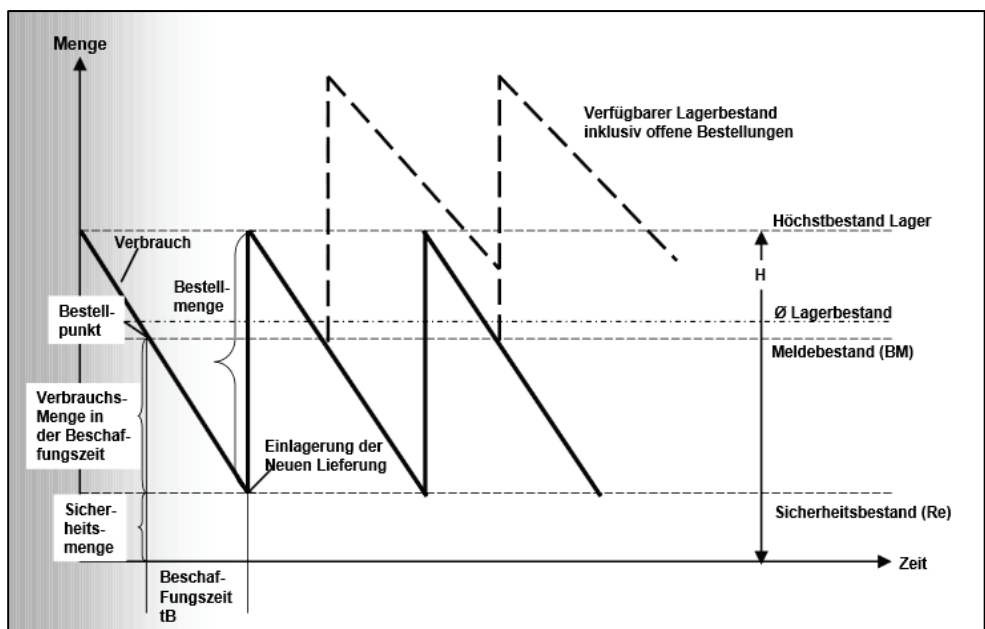
Formel 5: Höchstbestand

$HB = \text{Sicherheitsbestand} + \text{optimale Bestellmenge} \quad (5)$

Quelle: Schulte, 2001, S. 469

In Abbildung 1 wird der Bestellprozess unter der Annahme eines gleichmäßigen Verbrauchs aufgezeigt. Die Abbildung verdeutlicht, wie alle Bestandsarten miteinander agieren.

Abbildung 1: Bestandsarten der Materialplanung

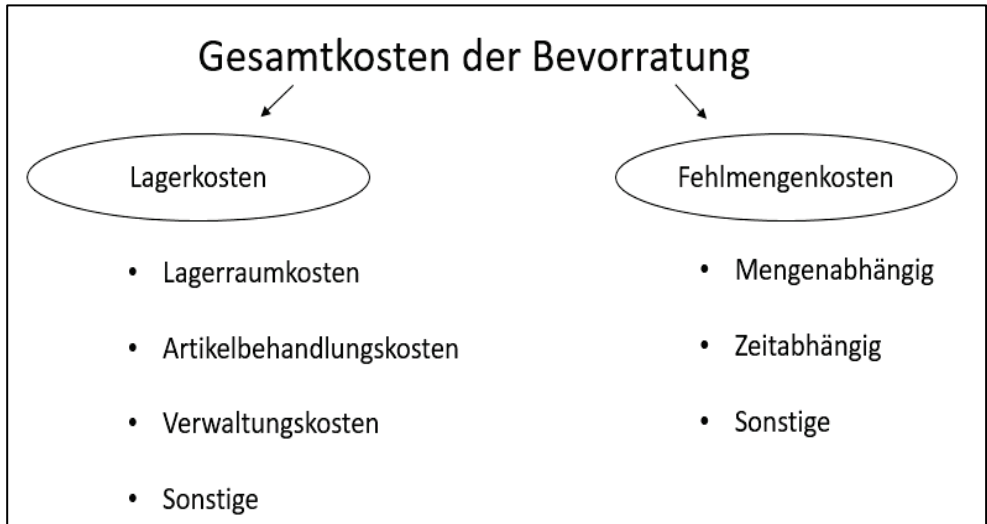


Quelle: Oeldorf, 2018, S. 172

2.2 Relevante Kostenarten

„Die Gesamtkosten einer Bevorratung setzen sich aus Lagerkosten und Fehlmengenkosten zusammen“.²⁴ In Abbildung 2 ist eine detaillierte Unterteilung der Kosten dargestellt.

Abbildung 2: Gesamtkosten der Bevorratung



Quelle: In Anlehnung an Werner, 2008, S. 186

Die Lagerkosten können aufgrund von der Lagermenge und dem Bestandwert der gelagerten Artikel variieren. Kosten setzen sich zusammen aus der Lagerung, Behandlung und Verwaltung. Lagerraumkosten beinhalten beispielsweise Kosten für Raummiete, Instandhaltung, Lagereinrichtung, Versicherung oder Energiekosten. Behandlungskosten umfassen Kosten für Aufgaben, die im Lager erfolgen. Diese sind das Abladen der Artikel, Ein- und Auslagerung, Kommissionierung oder das Verpacken. Zu den Verwaltungskosten zählen Kosten für die Rechnungsprüfung, Qualitätskontrolle oder Inventurdurchführung.²⁵

²⁴ Werner, 2008, S. 186.

²⁵ Vgl. Eichner, 1995, S. 69 ff., Werner, 2008, S. 186 f.

Die Fehlmengenkosten entstehen durch fehlende Lieferbereitschaft. Spät ausgelöste Bestellungen vom Einkauf an den Lieferanten oder eine nicht termingerechte Anlieferung durch den Lieferanten können Gründe für Fehlmengen bzw. Fehlmengenkosten sein. Die Fehlmengen führen zum Stillstand der Produktion und damit zum Umsatzverlust. Je nach Vertrag und Ausmaß der Situation sind Vertragsstrafen möglich. Fehlmengenkosten können in mengenabhängige, zeitabhängige und sonstige eingruppiert werden. Von mengenabhängigen Fehlmengenkosten wird gesprochen, wenn aufgrund von nicht ausreichender Stückzahl ein Auftrag nicht ausgeführt werden kann. Die fehlende Menge wird häufig wegen kleiner Stückzahl zum höheren Preis eingekauft. Die resultierenden Preisdifferenzen sind mengenmäßige Fehlmengenkosten. Dagegen entstehen zeitabhängige Fehlmengenkosten beispielsweise beim Bandstillstand. Die Höhe der Kosten ist abhängig von der Dauer des Stillstandes. Unter sonstigen Fehlmengenkosten werden entgangene Gewinne oder Imageschäden verbucht.²⁶

Der Lieferbereitschaftsgrad, auch Servicegrad genannt, wirkt sich auf die Fehlmengenkosten aus. Dieser bezeichnet die Fähigkeit, jederzeit liefern zu können.²⁷ Über Formel 6 kann der Wert der Lieferperformance ausgerechnet werden.

Formel 6: Lieferbereitschaftsgrad

$\text{LBG} = \frac{\text{Anzahl der bedienten Bedarfspositionen}}{\text{Anzahl aller Bedarfspositionen}} \times 100$	(6)
---	-----

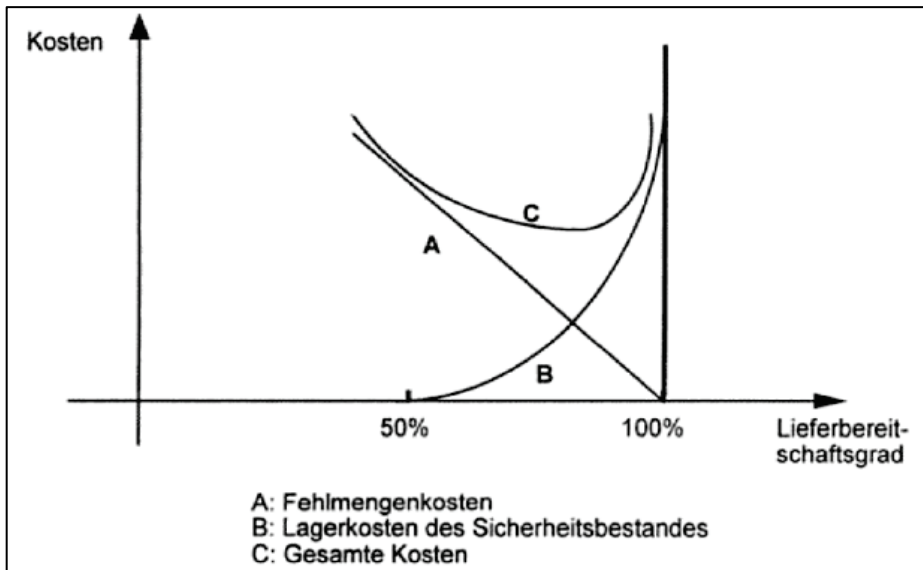
Quelle: Wöltje, 2012, S. 85

Der Servicegrad kann verbessert werden, indem die Sicherheitsbestände erhöht werden. Dies führt zur Reduzierung der Fehlmengenkosten, aber zur Steigerung der Lagerkosten und somit zum Gesamtkostenanstieg, wie aus der Abbildung 3 ersichtlich ist.²⁸ Die Schwierigkeit für Unternehmen liegt darin, das optimale Verhältnis zwischen den Kostenarten zu finden.

²⁶ Vgl. Werner, 2008, S. 186 f., Wannenwetsch, 2010, S. 35 f.

²⁷ Vgl. Wöltje, 2012, S. 80-87.

²⁸ Vgl. Gonschorrek, 2006, S. 127, Heßmann, 2010, S. 55 ff.

Abbildung 3: Lieferbereitschaftsgrad in Abhängigkeit von weiteren Kosten

Quelle: Heßmann, 2010, S. 58

Das gebundene Kapital lässt sich ausgehend vom durchschnittlichen Lagerbestand ermitteln. Hierfür muss der durchschnittliche Lagerbestand mit dem Einzelpreis des jeweiligen Artikels multipliziert werden. Formel 7 zeigt zwei mögliche Berechnungsweisen.

Formel 7: Gebundenes Kapital

$$\emptyset \text{ Gebundenes Kapital} = \emptyset \text{ Lagerbestand} \times \text{Einstandspreis} \quad (7)$$

$$\emptyset \text{ Gebundenes Kapital} = (\emptyset \text{ Lagerbestand} / 2) \times \text{Einstandspreis} \quad (7a)$$

Quelle: Wannenwetsch, 2010, S. 61 f.

Für die Berechnung der Lagerzinskosten muss im nächsten Schritt der Lagerzinssatz berechnet werden. In Formel 8 ist die kalkulatorische Vorgehensweise beschrieben.

Formel 8: Lagerzinssatz

$$\text{Lagerzinssatz} = \frac{\text{marktüblicher Zinssatz} \times \emptyset \text{ Lagerdauer}}{360} \quad (8)$$

Quelle: Sabrautzky, 2013, S. 69

Ausgehend von dem Ergebnis können die Lagerzinskosten berechnet werden. Hierfür ist in Formel 9 eine Berechnungsmöglichkeit aufgezeigt.

Formel 9: Lagerzinskosten

$\text{Lagerzinskosten} = \frac{\emptyset \text{ Gebundenes Kapital} \times \text{Lagerzinssatz}}{100} \quad (9)$

Quelle: Wannenwetsch, 2010, S. 61 f.

Für die Berechnung des Lagerkostensatzes werden die Kosten für das Lager, zum Beispiel die Miete, sowie die Bestandskosten benötigt. Der Lagerkostensatz zeigt den prozentualen Anteil der Lagerkosten des Gesamtbestandes auf. Diese können in Formel 10 eingesetzt werden, um das prozentuale Resultat zu berechnen.

Formel 10: Lagerkostensatz

$\text{Lagerkostensatz} = \frac{\text{Lagerkosten} \times 100 \times 2}{\text{Lagerbestand} \times \text{Einstandspreis}} \quad (10)$

Quelle: Wannenwetsch, 2008, S. 71

Wenn die bekannten Prozentsätze von Lagerkostensatz und marktüblichem Zinssatz summiert werden, ergibt das den Lagerhaltungskostensatz, siehe Formel 11. Damit werden die Zinskosten bei Fremdfinanzierung oder Eigenfinanzierung für die Ware, die im Lager liegt, berechnet.

Formel 11: Lagerhaltungskostensatz

$\text{Lagerhaltungskostensatz} = \text{Lagerkostensatz} + \text{marktüblicher Zinssatz} \quad (11)$
--

Quelle: Wannenwetsch, 2008, S. 71

Eine weitere Kostenart trägt den Namen Transaktionskosten. Unter diesem Begriff sind „Kosten für (..) unternehmensinterne(n) Aufwände zur Organisation der Abnehmer-Lieferanten-Beziehung [zu verstehen]. Sie fallen für die Prozesse der Suche, Anbahnung, Vereinbarung, Abwicklung, Anpassung und Kontrolle an“.²⁹ Koordinations- und Organisationskosten, die zwischen zwei Parteien aufgrund von Kommunikation und Austausch der notwendigen Informationen entstehen, werden auch zu den Transaktionskosten hinzugerechnet. Die Häufigkeit des Austausches, die Anzahl der Teilnehmer sowie zusätzliche Aufgaben hinsichtlich

²⁹ Schönsleben, 2011, S. 81.

einer Transaktion nehmen Einfluss auf die Höhe der Transaktionskosten.³⁰ Angesichts dieser Auflistung kann eine pauschale Formel zur Berechnung der Transaktionskosten abgeleitet werden, indem die Summe der Stunden für den Zusatzaufwand mit dem Stundensatz multipliziert wird, wie durch Formel 12 aufgezeigt ist.

Formel 12: Berechnung der Transaktionskosten

$\text{Transaktionskosten} = \sum h \times \text{Preis/Std.} \quad (12)$
--

Die Senkung der Transaktionskosten wirkt sich positiv auf die Wertschöpfung aus. Dies ist beispielsweise möglich, wenn bestimmte sich wiederholende Prozesse vereinheitlicht, aufeinander abgestimmt und standardisiert werden.³¹

Alle bereits genannten Kosten in diesem Unterkapitel haben einen Einfluss auf die Wertschöpfung eines Unternehmens. Der Begriff Wertschöpfung bezeichnet „den Wert, den eine Unternehmung durch ihre Leistungen innerhalb einer vorgegebenen Periode erwirtschaftet“.³²

Ausgehend von der Wertschöpfungskette nach Porter gehört die Eingangslogistik mit dazugehörigen Aufgaben wie Warenannahme, Einbuchung, Einlagerung sowie internem Transport zwischen Lager und Produktion zu den primären Aktivitäten eines Unternehmens, die zur Herstellung eines Produktes notwendig sind. Im Gegensatz dazu werden die Aufgaben der Einkaufsabteilung wie Lieferantenauswahl und Verhandlungen als unterstützende Aufgaben gesehen. Beide Aktivitätsbereiche haben die Steigerung der Gewinnspanne zum Ziel, bei Reduzierung der nicht wertschöpfenden Prozesse bzw. Aufgaben.³³

2.3 Notwendigkeit eines Ersatzteilmanagements

Gemäß dem Deutschem Institut für Normung werden folgende Teile als Ersatzteile definiert: „Einzelteile, Baugruppen oder vollständige Erzeugnisse, die dazu

³⁰ Vgl. Schönberger, 2011, S. 26 f.

³¹ Vgl. Arnold, 2008, S. 272.

³² Bengel, 2007, S. 95.

³³ Vgl. Porter, 1986, S. 120.

bestimmt sind, beschädigte, verschlissene oder fehlende Einzelteile, Baugruppen oder Erzeugnisse zu ersetzen“.³⁴

Ersatzteilwesen hat auch als Ziel die Erfüllung der „6 R der Logistik“. Durch die gestiegene Anzahl der kundenspezifischen Teile und die verlängerte Ersatzteilarantie, ist die Menge der ersetzbaren Teile stark angestiegen. Daraus resultiert eine geringe Nachfrage nach Ersatzteilmengen pro Artikel mit höheren, kaum vorhersehbaren Schwankungen.³⁵ Die Herausforderung bei der Disposition der Ersatzteile ist es, „den Ersatzteilbestand so zu steuern, dass ein ersatzteilwirtschaftliches Optimum erreicht wird“.³⁶

Die Bedarfe sind von einigen Faktoren abhängig: Ersatzteillebensdauer, Marktbedingungen, Nutzungsbedingung der Teile, etc. Ein gängiges Verfahren in der Automobilpraxis ist die Bestimmung der Menge über die gesamte Ersatzteillieferpflicht, ausgehend von der Abnahmemenge im letzten Jahr der Serienproduktion. Die bekannte Menge wird mit dem Faktor 10 multipliziert und anteilig auf die Jahre verteilt. Diese Prognose schließt alle anderen Faktoren, wie beispielsweise Marktbedingungen, vollkommen aus.³⁷

Ersatzteile werden in drei Arten untergliedert:

1. „OEM-Teile (Original Equipment Manufactured Parts) betreffen das Seriengeschäft.
2. OES-Teile (Original Equipment Spare Parts) finden im Ersatzteilgeschäft Einsatz.
3. AM-Teile (After Market) beziehen sich auf (...) After-Sales-Aktivitäten“.³⁸

Die OES- und AM-Teile werden nach der Beendigung der Serienproduktion geführt. Diese Teile haben eine niedrige Lagerumschlagshäufigkeit. Die Verschrottung der Teile bzw. der Werkzeuge für deren Herstellung muss mit dem Kunden abgestimmt werden, da der Lieferant, je nach Vertrag, viele Jahre in der Lieferpflicht ist.³⁹

³⁴ Schuh, 2013, S. 166.

³⁵ Vgl. Klug, 2018, S. 498-505.

³⁶ Biedermann, 2008, S. 7.

³⁷ Vgl. Klug, 2018, S. 498-505.

³⁸ Werner, 2008, S. 194.

³⁹ Vgl. ebd., S. 196.

2.4 Instrumente zur Warenbestandsreduzierung

Jede Abteilung eines Unternehmens verfolgt eigene Ziele. Jedoch kann dies dazu führen, dass mit der Erreichung dieser Ziele neue Zielkonflikte entstehen. Hierzu einige Beispiele: Das Hauptziel des Einkaufs ist es, zu möglichst niedrigeren Preisen einzukaufen. Jedoch ist dies meist nur über hohe Abnahmemengen möglich, welche zu hohen Kapitalbindungskosten führen können. Wenn aber der Einkauf als Ziel eine geringe Kapitalbindung verfolgt und dies über das Just-in-Time Konzept umsetzt, kann das zu Lieferengpässen, Fehlteilen und Produktionsausfall führen.⁴⁰

2.4.1 Aufteilung des Warenbestandes

Als ersten Schritt auf dem Weg zur Reduzierung der Bestände schlägt der Autor, Helmut Werner, eine Aufgliederung des Bestandes vor. Dies führt zur Transparenz und zeigt auf, in welchem der Bereiche die meisten Bestände vorhanden sind. So kann der Bestand beispielsweise in Kaufteil, Eigenfertigung und Fertigerzeugnisse aufgeteilt werden. Die Aufgliederung veranschaulicht, in welchem der Bereiche die meisten Bestände vorliegen und somit, in welchem Bereich mit der Reduzierung gestartet werden soll.⁴¹

Beim Ersatzteil-Controlling werden nur die Bestände der Ersatzteile analysiert. Als Ergebnis sollen die Antworten auf die Fragen „Wann“ und „Wie viel soll bestellt werden?“ folgen. Im ersten Schritt können folgende Kriterien zur Analyse herangezogen werden: Verbrauchsmenge pro Teil, Teilebestand, Teilegesamtsomme pro Segment, Teilebestand pro Segment, Teilereichweite, Anzahl der Zu- und Abbuchungen. Die Identifizierung bestandsrelevanter Artikel wird das Ergebnis dieser detaillierten Untersuchung sein. Im nächsten Schritt erfolgt die Prüfung des Bestellverfahrens und dazugehöriger Parameter, die bei Bedarf angepasst werden sollen.⁴²

⁴⁰ Vgl. Wannenwetsch, 2010, S. 22 ff.

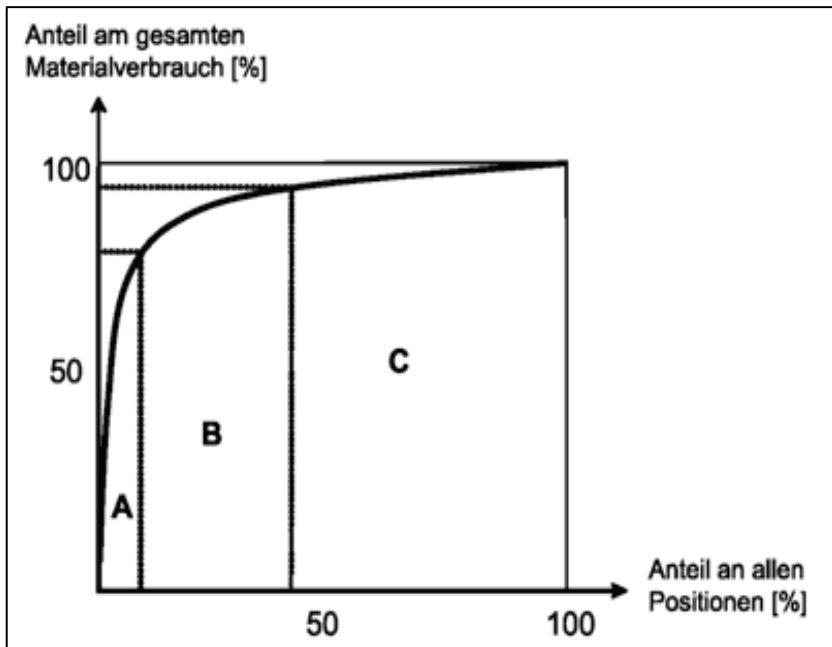
⁴¹ Vgl. Werner, 2008, S. 187 ff.

⁴² Vgl. Biedermann, 2008, S. 61-64.

2.4.2 ABC-Analyse

Eine weitere Option, den Bestand aufzuteilen, bietet die ABC-Analyse. Der Bestand wird mittels dieser Teile-Menge-Wertstatistik aufgeteilt, ausgehend von dem Artikelwert und dessen Menge. Zu den A-Teilen gehören Artikel mit geringer Menge, aber hohem Artikelwert. Ziel ist es, möglichst geringen Lagerbestand an A-Teilen zu haben. Vom Gesamtbestand sind nur ca. 15-25% A-Teile, die aber bis zu 80% vom Gesamteinkaufsumsatz an Wert beanspruchen. Zu den B-Teilen gehören 30-40% vom Bestand; sie machen ca. 15% vom Gesamteinkaufsumsatz aus. Die restliche große Menge an Teilen sind C-Teile; diese haben trotz hoher Menge einen Anteil von ca. 5% des Gesamteinkaufsumsatzes. Die grafische Darstellung dieser Analyse kann in Abbildung 4 betrachtet werden. Die Bestandsreduzierungsmaßnahmen sollten auf die A-Teile ausgelegt werden, da hier das größte Potential vorhanden ist.⁴³

⁴³ Vgl. Bichler, 2010, S. 83 f.

Abbildung 4: Grafische Darstellung der ABC-Analyse

Quelle: Bichler, 2010, S. 84

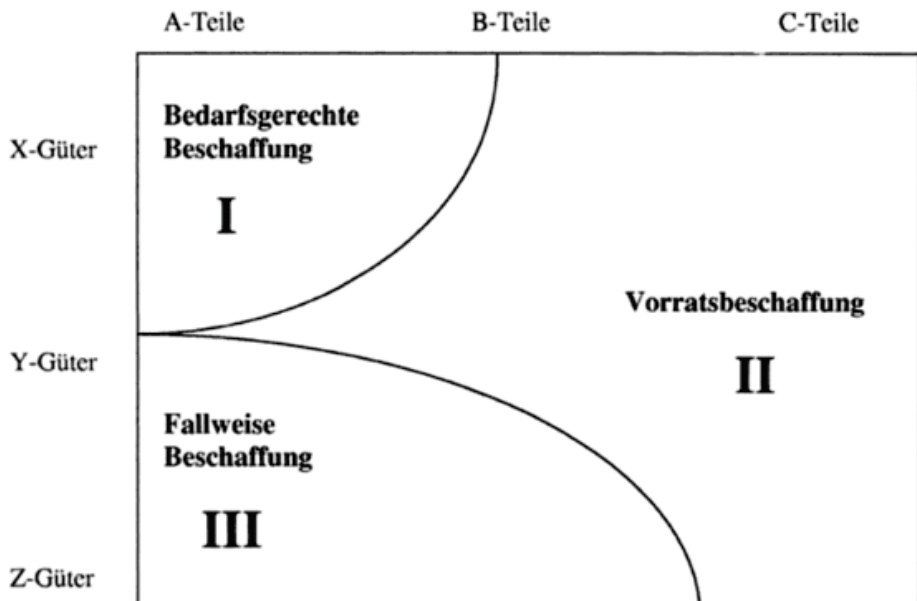
2.4.3 XYZ-Analyse

Eine weitere Möglichkeit, den Bestand aufzugliedern, ist die XYZ-Analyse. Die Artikel können nach dem Verbrauchsverlauf sortiert werden. Zu den X-Teilen zählen Artikel mit keinen bzw. geringen Bedarfsschwankungen und hoher Vorhersagegenauigkeit. Die Y-Artikel haben Schwankungen zu verzeichnen, die zum Teil abschätzbar sind. Z-Teile haben starke Bedarfsschwankungen und geringe Vorhersagegenauigkeit.⁴⁴

Die Zusammenlegung der beiden Analysen zu einer ABC-XYZ-Analyse ermöglicht die Ermittlung der optimalen Materialbeschaffung, wie in Abbildung 5 dargestellt ist.⁴⁵

⁴⁴ Vgl. Werner, 2008, S. 191 f.

⁴⁵ Vgl. ebd., S. 191 f.

Abbildung 5: ABC- und XYZ-Analyse

Quelle: Werner, 2008, S. 192

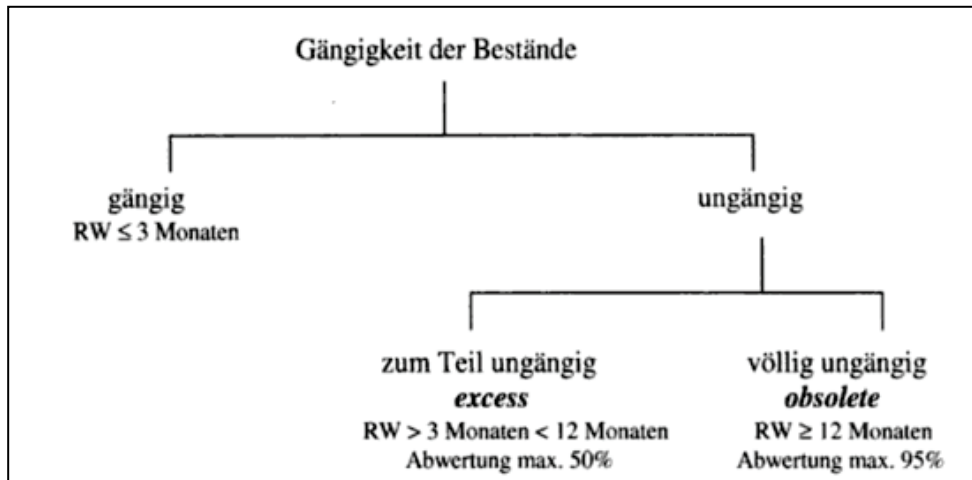
2.4.4 Gängigkeitsanalyse

Mittels ABC- und XYZ-Analysen kann der gesamte Warenbestand kategorisiert werden. Für die daraus herausgefilterten C- und Z-Teile kann im nächsten Schritt eine Gängigkeitsanalyse gemacht werden. Diese ermöglicht es, die Teile weiter zu unterteilen und als Basis bei der Bearbeitung der Thematik dieser wissenschaftlichen Arbeit zu nutzen.

Die Gängigkeitsanalyse gestattet die Gliederung der Artikel in „gängig“ und „ungängig“, wobei ungängige Artikel in „zum Teil ungängig“ und „völlig ungängig“ aufgeteilt werden. Zur Verdeutlichung siehe Abbildung 6. Artikel mit einer Bestandsreichweite von bis zu drei Monaten werden als gängig bezeichnet. Bei der Bestandsreichweite zwischen drei und zwölf Monaten gelten Artikel als zum Teil ungängig, auch „excess“ genannt. Als völlig ungängig werden Artikel mit einer

Reichweite von über zwölf Monaten bezeichnet. Die englische Bezeichnung hierfür ist „obsolete“.⁴⁶

Abbildung 6: Einteilung der Gängigkeit



Quelle: Werner, 2008, S. 193

Vor der Verschrottung der ungängigen Teile können Überlegungen über deren Vermeidung gemacht werden. Der mögliche Verkauf der betroffenen Artikel oder deren Weiterverwendung durch Nacharbeit sollen einer Prüfung unterzogen werden.⁴⁷

Um die gleiche Problematik in der Zukunft zu vermeiden, wird empfohlen, die Mindestabnahmemengen zu überprüfen. Eine Optimierung der Ein- und Auslaufsteuerung trägt auch dazu bei, die ungängigen Bestände auf niedrigerem Level zu halten.⁴⁸ Über Formel 13 kann der Anteil der zum Teil ungängigen und völlig ungängigen Artikel vom Gesamtbestand ausgerechnet werden.

⁴⁶ Vgl. Werner, 2008, S. 192 ff.

⁴⁷ Vgl. Werner, 2008, S. 192 ff.

⁴⁸ Vgl. ebd., S. 164.

Formel 13: Ungängigkeit

$\text{Ungängigkeit (\%)} = \frac{\text{Ungängiger Bestand} \times 100}{\text{Gesamtbestand}}$	(13)
--	------

Quelle: Werner, 2000, S. 304

3 Untersuchungen zur Bedarfsplanung und zum Bestandsmanagement

In diesem Kapitel werden empirische Arbeiten zu dem gewählten Forschungsproblem dargestellt. Die ausführliche Darstellung mehrerer Forschungsstände aus unterschiedlichen Blickwinkeln und deren Bewertung ermöglicht das Aufzeigen des status quo der bisherigen Forschungen sowie der Forschungslücke auf diesem Gebiet.

3.1 Problemhinführung

In den Unterkapiteln erfolgt die Vorstellung der Arbeiten unterschiedlicher Verfasser, um langjährige, internationale Forschungen auf diesem Gebiet darstellen zu können. Die Untersuchungen vom Jahr 1958 bis 2019 sollen den Leser zum Problem hinführen und ihm das Vorhandensein des Problems belegen. Es soll aufgezeigt werden, dass durch die Globalisierung und damit verbundene Risiken sowie durch die gewählte Fertigungsart eines Unternehmens ein Einfluss auf beide Themenbereiche stattfindet. Die Ergebnisse der vorgestellten Verfahren werden abschließend bewertet und auf ihre Einsatzfähigkeit zur Schließung der Forschungslücke dieser Arbeit geprüft.

3.1.1 Bestimmung der optimalen Bestelllosgröße

Mit der Bestimmung der optimalen Bestelllosgröße haben sich im Jahr 1958 Harvey M. Wagner und Thomson M. Whitin beschäftigt. Das in englischer Sprache verfasste Buch mit dem Titel *Dynamic Version of the Economic Lot Size Model* beinhaltet ein dynamisches Verfahren, welches in der Praxis zur Festlegung der optimalen Bestellmenge effektiv helfen soll. Der Auslöser ihrer Forschung war die Tatsache, dass bis dahin vorhandene Verfahren von stabilen Bedarfen ohne Schwankungen über längeren Zeitraum ausgegangen sind. Da dies nicht der gängigen Praxis entspricht, kann das statische Verfahren bei flexiblen Bedarfen keine Kostenoptimierung gewährleisten.⁴⁹

Dieser ursprüngliche Lösungsansatz ist einer von vielen, da in der Praxis aufgrund des Schwierigkeitsgrades keine einheitliche Lösung des Problems vorhanden ist. Somit sind die verfügbaren Verfahren als Näherungsverfahren zu sehen.

⁴⁹ Vgl. Wagner & Whitin, 1958, o. S.

Zu beachten ist, dass das gleiche Prinzip sowohl bei Serien- bzw. Massenbedarfen als auch bei Ersatzteilen angewendet wird. Folgende Faktoren bleiben jedoch beim „Wagner-Whitin Verfahren“ unberücksichtigt: Rüstkosten, Lieferzeit, Transportkosten, Bestellkosten und Menge. Je nach Vertrag kann in der Praxis die laut Bedarfen empfohlene Menge nicht bestellt werden, da diese unter der Abnahmelosgröße ist. In einem solchen Fall muss der Einkäufer entscheiden, ob die vertragliche Losgröße abgenommen und dadurch der Lagerbestand erhöht wird, oder ob die exakt benötigte Menge abgenommen wird, trotz anfallender Mindermengenzuschläge und Rüstkosten. Die erste Variante führt zu den Beständen, die im ‚worst-case‘ als ungängige Materialien nach der Bestellung und Anlieferung zu betrachten sind. Die durch höhere Abnahmemengen umgangenen Kosten werden durch Kapitalbindungs- und Lagerkosten für die ungängige Restmenge ersetzt. Die nähere Betrachtung zeigt, dass auch das „Wagner-Whitin Verfahren“ nicht die optimale Lösung bieten kann.⁵⁰

Die weitere Forschung auf diesem Gebiet haben im Jahr 1984 die Autoren Christopher Nevison und Michael Burstein betrieben. Die Grundlage für ihre Arbeit mit dem Titel „The Dynamic Lot-Size Model with Stochastic Lead Times“ bildet das Wagner-Whitin Verfahren. Die Autoren führen mehrere Forschungen auf, die sich alle mit der Eingrenzung der Vorlaufzeit befasst haben und erarbeiteten ausgehend davon ein Lösungsmodell. Nevison und Burstein erläutern die Problemstellung anhand eines Beispiels aus der Praxis, bei welchem eine spät ausgelöste Bestellung bei statischer Vorlaufzeit zur verzögerten Ausführung des Kundenauftrages führt. Sie vertreten die These, dass die bisher vorhandenen Lösungsmodelle nicht der gelebten Praxis entsprechen. Ziel ihrer Arbeit war es, eine optimale Lösung zu finden, welche folgende Voraussetzungen erfüllt: wechselnde Bedarfe und beliebige Vorlaufzeit in Unabhängigkeit von Bestellmenge. Ihre Lösung beinhaltet einen Entscheidungsbaum.⁵¹

Einfache Nachvollziehbarkeit aufgrund von fehlenden mathematischen Formeln sowie die Lösung mit dem Bestandsergebnis von null sind positiv zu bewerten. Demgegenüber steht allerdings das ungelöste Knotenproblem. Das Problem liegt darin, dass zwei zum unterschiedlichen Zeitpunkt gemachte Bestellungen zum gleichen Zeitpunkt angeliefert werden oder die zweite Bestellung vor der ersten ankommt. Dies kann dazu führen, dass, obwohl die Ware vorhanden ist, die

⁵⁰ Vgl. Wagner & Whitin, 1958, o. S.

⁵¹ Vgl. Nevison & Burstein, 1984, o. S.

Menge nicht ausreicht, um den Kundenauftrag auszuführen, da diese Bestellung für einen späteren Auftrag eingeplant war.

Auch im Jahr 2000 hat der Autor Vernon Ning Hsu sich mit der Thematik der optimalen Bestellgröße beschäftigt. Der Titel seiner Arbeit lautet „Dynamic Economic Lot Size Modell with Perishable Inventory“. Wie bereits aus dem Titel herauszulesen ist, untersucht der Verfasser die optimale Bestellmenge für kurzlebige Verbrauchsgüter. Auch für diese wissenschaftliche Arbeit bildet das Wagner-Whitin Verfahren die Grundlage. Die Forschungslücke liegt in der Nichtbetrachtung der Lebenszeit der Artikel. Die Festlegung der optimalen Bestellmenge mit dem Ziel, die Einkaufs- und Transportkosten zu reduzieren, kann dazu führen, dass dieser Bestand über einen längeren Zeitraum nicht verbraucht wird und dadurch an Haltbarkeit verliert. Die eingesparten Kosten bei der Beschaffung können den Kosten für den Bestandsverlust sowie der Vernichtung bzw. Verschrottung entgegengerechnet werden.⁵²

Die Ansätze von bereits aufgeführten Verfassern dieser wissenschaftlichen Thematik betrachten Lagerbestände als altersunabhängig. Zur Lösung des Problems wurde ein Algorithmus erarbeitet, welcher den Wertverlust des Lagerbestandes in jeder Periode in Abhängigkeit zur Periode bewertet, in der dieser Lagerbestand verbraucht wird. Dies soll dazu führen, dass genau die Menge bestellt wird, die in der jeweiligen Periode benötigt wird, um somit den Lagerbestand zu reduzieren und den Warenverlust aufgrund einer Überschreitung der Haltbarkeit zu vermeiden.⁵³ Hier stellt sich jedoch die Frage, wie mittels dieser Lösung mit kurzfristigen Bedarfsschwankungen umzugehen ist, wenn vor allem die Vorlaufzeit mehrere Wochen beträgt. In allgemeiner Betrachtung werden auf einer Seite die Bestands- und somit Kapitalbindungskosten reduziert. Auf der anderen Seite verschlechtert sich der Lieferbereitschaftsgrad.

Eine weitere empirische Forschung wurde im Jahr 2018 von drei russischen Studenten, I. Popova, A. Vlasov und N. Nikitina betrieben. Der Titel ihrer Arbeit lautet „Optimization of Inventory Distribution Logistics in Industrial Enterprises“. Der Grund für ihre Untersuchung war die Erkenntnis, dass die vorhandenen Lösungen nicht das ganze Potential der Prognostizierbarkeit ausschöpfen und nicht für alle Arten von Beständen nutzbar sind. Ihr Ziel war es, die optimale Bestellmenge

⁵² Vgl. Ning Hsu, 2000, o. S.

⁵³ Vgl. ebd. o. S.

für jedes Produkt, für jeden Bestellzeitpunkt, bei minimalen Kosten zu bestimmen.⁵⁴

Ihre Ausgangssituation basiert auf folgenden Annahmen: Die Höhe der Bestellkosten bleibt gleich trotz unterschiedlicher Bestellmengen; der Zeitabschnitt zur Kalkulation des Bedarfes ist immer variabel und beinhaltet einen Sicherheitsbestand. Die Bestellung innerhalb eines Zeitabschnittes kann zu jeder Zeit ausgelöst werden. Um sich dem Ziel zu nähern, wurde eine Liste mit Faktoren aufgenommen, die den Wert der Zielfunktion beeinflussen können.⁵⁵

Ihre Lösung basiert auf drei verschiedenen modifizierten Modellen, die es ermöglichen, die optimale Bestellmenge zu ermitteln. Die Kalkulationen können sowohl für die Berechnung der Bestände der Fertigwaren als auch der Artikel in der Entwicklungsphase genutzt werden. Mit Modell 1 können die Bestandskosten ausgehend von historischen Daten berechnet werden. Modell 2 berechnet die Höhe der Bestände zum Stichtag und Modell 3 berechnet den Kapitalwert der Bestände.⁵⁶

Positiv zu erwähnen ist, dass diese Forschung auf realen Umständen der Praxis basiert. Die Voraussetzung der unbekannten Bestellmenge zum unbekannten Zeitpunkt ist täglich in der Disposition anzutreffen. Auch die Berücksichtigung der Lager- und Bestandskosten ist hervorzuheben. Die Bestimmung der optimalen Bestellmenge unter der Berücksichtigung der Kosten kann jedoch zum Bestand an ungängigen Artikeln führen. Diese Thematik wurde von den Autoren nicht betrachtet.

3.1.2 Analyse der Bestände

Die unternehmerischen Umstände, wie beispielsweise Bedarfsschwankungen und Flexibilität in der Produktion, bereiten Herausforderungen aufgrund der langen Lieferzeit. Mit der Thematik, wie die Supply Chain unter diesen Umständen geplant und gesteuert werden kann, hat sich Anja Braun vom Fraunhofer-Institut im Jahr 2013 befasst. Titel ihrer Arbeit lautet „Schlanke Planung und Steuerung in Supply Chains – Glätten der Produktion“. Zunächst erläutert die Verfasserin

⁵⁴ Vgl. Popova, Vlasov & Nikitina, 2018, o. S.

⁵⁵ Vgl. ebd., o. S.

⁵⁶ Vgl. ebd., o. S.

die Ausgangssituation. Die Analyse über einen Zeitraum von zwanzig Wochen hat ergeben, dass Z-Teile eine Bedarfsschwankung zwischen einem und 91 Teilen eines Artikels pro Woche haben. Zugleich konnte die Schwankung bei AX-Teilen innerhalb der gleichen Zeitspanne beobachtet werden. Diese Flexibilität widerspricht der plangesteuerten Fertigung. Um täglich sich ändernde Kundenbedarfe bedienen zu können, kann ein Unternehmen diese Schwankungen nur mit hohen Sicherheitsbeständen abfangen. Die Einhaltung der Lieferbereitschaft bei flexibler Produktion und fehlenden Sicherheitsbeständen erfordert ein hohes Maß an Problembehandlungsaufwand und Zusatzkosten. Die Vermeidung dieser Probleme kann durch die Optimierung folgender Punkte erfolgen: „Schaffung eines synchronen und flexiblen Produktionssystems, Harmonisierung des Produktionsflusses, Vermeidung von Warteschlangen und damit verbunden[en] Transport- und Liegezeiten“. ⁵⁷ Ihre Lösung besteht aus einer Analyse der gesamten Situation anhand von sechs Schritten. Im ersten Schritt sollte das Produkt untersucht werden. Dabei wird auch auf das Kundenbestellverhalten eingegangen. Die Schritte zwei und drei enthalten die Prüfung des Ist-Zustandes der Kapazitäten, der Rüstzeiten, sowie des Fertigungs- und Auftragsabwicklungsprozesses. In den Schritten vier bis sechs geht es in die Planung. Dabei erfolgt die Festlegung des Produktionsplanungs- und Steuerungssystems und der Lagerbestände pro Artikel. Abschließend findet die Planung der Fertigungsprozesse statt. Die Vorgehensweise ermöglicht es, die Bedarfsschwankungen besser abzufangen und zu bedienen und dabei die Lieferperformance zum Kunden zu erhöhen. Eine Reduzierung der Lagerbestände und damit verbundenen weiteren Kosten sind weitere positive Aspekte. ⁵⁸

Mit dem Thema „Entwicklung eines Ansatzes zur proaktiven Identifikation und Bestandsplanung von langsam drehenden Materialien“ haben sich im Jahr 2014 die Autoren Dipl.-Wirtsch.-Ing. Steffi Hoppenheit und Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wi.-Ing. Willibald A. Günthner an der Technischen Universität München beschäftigt. Die Problemstellung ihrer Arbeit besteht in fehlendem systematischem Bestandsmanagement, welches langsam drehende Artikel früh erkennt. Ziel der Arbeit war es, einen Ansatz zu erarbeiten, welcher es dem Disponenten ermöglicht, die

⁵⁷ Braun, 2013, S. 6.

⁵⁸ Vgl. ebd., S. 1 ff.

langsam drehenden Teile frühzeitig zu identifizieren, um deren Parameter, beispielsweise den Sicherheitsbestand, vorzeitig zu ändern und dadurch das Bestandswachstum zu vermeiden.⁵⁹

Im ersten Schritt bieten die Verfasser einen algorithmisch gestützten, methodischen Ansatz, um mit Hilfe dessen die langsam drehenden Artikel von den anderen zu trennen. Dabei werden Anforderungen sowie algorithmische Klassifizierungsmethoden definiert. Im nächsten Schritt erfolgt die Bewertung der Methoden. Die Methode mit den am meisten erhaltenen Punkten wird für die Einteilung des Bestandes eingesetzt. Als Kriterium für die Einteilung in schnell-, mittel- oder langsam drehendes Teil kann beispielsweise der Verbrauch gelten. Für die sich daraus herauskristallisierenden langsam drehenden Artikel können nach Bedarf die Dispositionsparameter angepasst werden.⁶⁰

Um die optimale Bedarfsplanung zu erreichen, werden im nächsten Schritt mit Hilfe eines algorithmisch gestützten Ansatzes Anforderungen zur Bestimmung der Bestandstreiber festgelegt. Auch diesen Anforderungen werden Methoden zugeordnet und es werden diese bewertet. Die am höchsten bewertete Methode wird zur Beurteilung der Bestandstreiber eingesetzt. Die Analyse ergibt eine Liste mit den Einflussfaktoren auf den Bestand. Die Erkenntnis kann zur proaktiven Nutzung gegen Bestandsaufbau berücksichtigt werden.⁶¹

Die Bewertung und proaktive Handlung bei sich langsam drehenden Artikeln findet in der Praxis selten bis kaum statt. In den meisten Unternehmen wird die Analyse der Bestände erst im Nachgang durchgeführt. Die Einführung dieser Analyse ermöglicht es den Unternehmen, die Kosten und den Aufwand zu vermeiden. Anzumerken ist, dass bei der Einteilung des Bestandes auf die obsoleuten Teile nicht eingegangen wird. Es ist nicht nachvollziehbar, ob diese von Anfang an ausgeschlossen werden oder ob diese in der Betrachtung unter langsam drehenden Teilen inbegriffen sind. Hierzu wird eine weitere Einteilung der langsam drehenden Teile empfohlen, um auch für obsoleute Artikel eine gesonderte Strategie ausarbeiten zu können.

Das Interesse an der Thematik des Bestandsmanagements nimmt nicht ab. In der Fachzeitschrift *Beschaffung aktuell* erschien im Jahr 2019 ein Artikel mit dem

⁵⁹ Vgl. Hoppenheit & Günthner, 2014, S. 1 ff.

⁶⁰ Vgl. ebd., S. 4 ff.

⁶¹ Vgl. ebd., S. 13 ff.

Titel „Der Schlüssel zum erfolgreichen Bestandsmanagement“. Die sich verändernden Marktanforderungen streben nach neuen innovativen Lösungen. Der Verfasser, Peter Frerichs, wiederholt zunächst die bereits bekannten Herausforderungen der Unternehmen, wie „verkürzte Produktlebenszyklen, schrumpfende Losgrößen und unvorhergesehene Bedarfsspitzen“. ⁶² Er geht auf die ERP-Systeme ein, die die Anforderungen nicht mehr bewältigen können und somit die Unternehmen daran hindern, effizienter zu arbeiten.

Der Autor schlägt vor, die Vorteile der heutigen fortgeschrittenen technologischen Entwicklung zu nutzen und sich an der Vorgehensweise des Unternehmens Amazon zu orientieren. Die Lösung besteht darin, die Algorithmen zu nutzen, die mittels Sammlung der Daten eine Vorhersage über die zukünftige Bestellung des Kunden liefern. Dies ermöglicht es, die Teile für diese Bestellung vorzubereiten und bei einer ausgelösten Bestellung die Auslieferung innerhalb kurzer Zeit zu organisieren. In der Praxis wird diese Lösung mittels eines Hilfsprogramms umgesetzt und bereits angeboten. Es wird ans ERP-System angeschlossen und kann mit Hilfe von Künstlicher Intelligenz und Operational Research sowie Daten über Bestand, Aufträge und Vergangenheitszahlen eine Prognose ermitteln. Das System kann bei den Teilen mit gleichmäßigem Verbrauch automatisiert disponieren. In Ausnahmesituationen müssen die Mitarbeiter manuell eingreifen und anhand ihrer Erfahrung das Problem lösen. ⁶³

Positiv zu bewerten ist, dass der Einsatz der neuen Technologien auch im operativen Bestandteil der Logistik stattfindet. Jedoch fällt auf, dass das System genau dort problemlos disponieren kann, wo auch in der Praxis wenig Aufwand besteht. Im Alltag entstehen Fehlteile aufgrund von Lieferverzug, fehlender Freigabe seitens Qualität oder spät erfolgter Bestellung. ⁶⁴ Da das Hilfsprogramm Bedarfe prognostizieren kann, geht aus dem Artikel nicht hervor, ob dieses Verfahren auch bei den Teilen mit geringem bzw. seltenem Verbrauch funktioniert.

⁶² Frerichs, 2019, o. S.

⁶³ Vgl. ebd., o. S.

⁶⁴ Vgl. Wildemann, 1996, S. 130 ff.

3.1.3 Einzelauftragsfertigung vs. Massenfertigung

In diesem Unterkapitel werden die Forschungsstände aufgeführt, die aufzeigen, dass sich die Fertigungsverfahren für Einzelauftrags- und Massenfertigung unterschiedlich auf die Bestelllosgröße sowie den Lagerbestand auswirken.

Zum Thema Mass Customization bzw. individualisierte Massenfertigung wurde im Jahr 1994 von den Autoren Prof. Dr. M. Reiß und Dipl.-Kfm. T. C. Beck ein Artikel mit dem Titel „Mass Customization - ein Weg zur wettbewerbsfähigen Fabrik“ veröffentlicht. Der Artikel verfolgt das Ziel, aufzuzeigen, dass die Massenfertigung und individualisierte Massenfertigung nicht als Gegensätze zu betrachten sind. Die Umstellung auf individualisierte Fertigung bietet den Unternehmen neue Möglichkeiten. Die Verfasser skizzieren einen Leitfaden, welchen die Unternehmen zur Erreichung der individualisierten Massenfertigung nutzen können. Zudem haben sie die Gründe für die Umstellung der Fertigungsverfahren ausgearbeitet. Der Hauptgrund gegen die Mass Customization liegt in der erwarteten Kostensteigerung bei der Losgröße 1. Die Autoren dementieren dieses Argument mit der Begründung, dass bei der Betrachtung aller Effekte, die die Unternehmen mit der Umstellung auf Mass Customization haben, ein Ausgleich der Kosten stattfindet. Die Senkung der Kosten wird durch eine Reduzierung des Lagerbestands oder optimierte Prozesse erreicht.⁶⁵

Fast drei Jahrzehnte nach der Veröffentlichung dieses Artikels können heute die Fortschritte in der individualisierten Produktion betrachtet werden. Die Unternehmen haben dieses Fertigungsverfahren als Wettbewerbsmerkmal bereits erkannt und umgesetzt. Die Bestandsthematik hat sich jedoch nicht positiv entwickelt, sondern ist zum Kostentreiber geworden.

2001 erschien in der amerikanischen Zeitschrift „MIT Sloan Management Review“ ein Artikel mit dem Titel „Successful Build-to-Order Strategies Start With the Customer“. Die Autoren, Matthias Holweg und Frits K. Pil, behaupteten bereits damals, dass eine gute Kundenauftragsfertigung nur gelingen kann, wenn das Unternehmen auf die Bedürfnisse des Kunden eingeht. Die Unternehmen mit der Massenproduktion arbeiten nach dem „Push-Prinzip“ und machen es sich einfach, indem sie große Mengen produzieren in der Hoffnung, dass diese Mengen abgenommen werden. In der Realität wachsen die Lagerbestände und um

⁶⁵ Vgl. Reiß & Beck, 1994, o. S.

die Artikel schließlich an den Kunden zu bringen, werden die Artikel zum niedrigen Preis verkauft, was zu den Einbußen der Gewinne führt. Der Fehler der Betriebe liegt darin, dass ihre Verbesserungsmaßnahmen auf die Fertigung konzentriert werden und nicht auf das Ganze. Die Unternehmen arbeiten mit prognostizierten Daten, was zu Beständen an falschen Artikeln führt und sogar zum Fehlbestand. Um den aufgeführten Herausforderungen aus dem Weg zu gehen, lautet die Empfehlung der Autoren, eine Fertigung nach Kundenauftrag vorzunehmen. Dieses Konzept erfordert Flexibilität im Prozess sowie hinsichtlich Produkt und Menge entlang der ganzen Wertschöpfungskette. Um die Lagerbestände zu reduzieren, empfehlen die Verfasser eine enge Zusammenarbeit mit den Lieferanten. Zusätzlich wird der „Bullwhip-Effekt“ erklärt, um zu verdeutlichen, dass die Volumenanstiege nicht vom Endkunden umgesetzt werden, sondern entlang der Kette zwischen dem Endkunden und dem Hersteller aufgrund von unterschiedlichen Faktoren beeinflusst werden. Abschließend führen die Autoren die Vor- und Nachteile der Push- und Pull- Strategien auf, um zu veranschaulichen, welche Effizienz die kundenauftragsbezogene Fertigung bringen kann.⁶⁶

Im Jahr 2017 erschien das Buch *Lean Production für die variantenreiche Einzelproduktion*. Die Autoren, Prof. Dr. Koether und Prof. Dr. Klaus-Jürgen Meier, haben in diesem Buch geprüft, ob die Standards der Massenfertigung für die individualisierte Einzelfertigung übernommen werden können. Die Einzelauftragsfertigung wird geprägt von nicht vorhersehbaren Kundenaufträgen hinsichtlich Datum und Menge. Dadurch können die Standardtools der Beschaffung, wie beispielsweise Just-in-Time, nicht eingesetzt werden, was höhere Lagerbestände zur Folge hat. Bei der Einzelauftragsfertigung, im Gegensatz zur Massenfertigung, kann der Kunde vieles selbst bestimmen. Die für diesen Auftrag eingekauften Artikel werden mit hoher Wahrscheinlichkeit bei keinem anderen Auftrag benötigt. Für den strategischen Einkauf bereitet dies Schwierigkeiten bei der Verhandlung des Einkaufspreises aufgrund einer geringen Abnahmemenge. Der Einkäufer kann entweder eine große Menge zum niedrigeren Preis abnehmen, wohlwissend, dass es zusätzlich Lagerplatz und Kapitalbindungskosten beanspruchen wird, oder er nimmt die benötigte Menge zu einem höheren Preis ab. Ein weiterer

⁶⁶ Vgl. Holweg & Pil, 2001, o. S.

Unterschied ist die Qualität. Mit jedem neuen Produkt für einen neuen Kundeneinzelauftrag müssen die Qualitätsanforderungen von Anfang an geprüft werden. Dagegen findet bei der Massenfertigung die Prüfung der Qualität am Anfang und nur stichpunktartig innerhalb der Laufzeit statt. Die sich variabel gestaltenden Kundenbedarfe erfordern von der Einzelauftragsfertigung einen hohen Flexibilitätsgrad in der Produktion als auch in der Beschaffung.⁶⁷

Des Weiteren haben sich die Autoren mit dem Thema Lagerbestand befasst. Die Lösungsansätze zum schlanken Lager sind beispielsweise „Reduktion der Wiederbeschaffungszeit“, „Stückzahlmäßige und qualitative Sicherstellung der Materialversorgung zum Solltermin“ und „Vereinheitlichen der Losgröße in allen Prozessschritten an den Kundenbedarf“.⁶⁸ Auch hier muss der Vergleich der Kosten zwischen oft, aber kleiner Losgröße und selten, aber großer Losgröße gemacht werden. Zudem ist zu beachten, dass bei der Menge für eine Einzelfertigung die Splittung der Liefermenge sich nicht rentieren könnte, wohingegen mit der Liefermenge für die Massenfertigung sowie den Transportkosten gespielt werden kann, um die optimalste Lösung zu generieren. Die termingerechte Materialversorgung bei den Artikeln aus Übersee ist in der Praxis kaum möglich. Der Bestand und damit verbundene Bestandskosten lassen sich in diesem Fall nicht einfach optimieren, da das Just-in-Time Konzept bei solchen Lieferungen zu riskant für die Produktion ist. Die Vorschläge und Lösungen der Autoren sind bereits aus anderen Büchern bekannt, lassen sich jedoch nicht einfach für jedes Produkt und jedes Unternehmen umsetzen.

3.1.4 Einfluss der Globalisierung

Dass die Globalisierung in den letzten fünfzig Jahren einen großen Beitrag zu der Entwicklung und Veränderung der Wirtschaft und Märkte geleistet hat, ist keine neue Erkenntnis. Aufgrund der sich veränderten Rahmenbedingungen sind andere Entwicklungen im Rahmen der Globalisierung in Unternehmen zu verzeichnen. Damit hat sich Prof. Dr. Dalia Marin im Jahr 2008 zusammen mit anderen Forschern an der LMU beschäftigt.⁶⁹ Eine von vielen wichtigen Thesen ihrer Arbeit zum Thema „Wie Globalisierung die Unternehmen verändert“ verdeutlicht,

⁶⁷ Vgl. Koether & Meier, 2017, S. 24 ff.

⁶⁸ Ebd., S. 31.

⁶⁹ Vgl. Park, 2008, o. S.

dass das Outsourcen bestimmter Bereiche aber auch Fertigungsstufen den Betrieben ermöglicht, sich auf ihre Kernkompetenz zu konzentrieren und dadurch noch wettbewerbsfähiger und wertschöpfender zu werden. Die Globalisierung ermöglicht es den Unternehmen neue Märkte zu erschließen, erfordert jedoch die Eröffnung neuer Betriebsstätten vor Ort, unter der Voraussetzung, dass die Lohn- und Transportkosten günstiger ausfallen. Die Autorin verdeutlicht, dass die aktuellen Herausforderungen in Bezug auf die Globalisierung beim Fachkräftemangel sowie der „internationale[n] Organisation der Produktion“ liegen.⁷⁰ Es muss zwischen der Produktion im eigenen Land zum höheren Lohnstundensatz und der Produktion in Niedriglohnländern mit zusätzlichen Transportkosten und Zollabgaben entschieden werden.⁷¹

Auch im Jahr 2015 wurde die Globalisierung als einer der Trends des Logistikmanagements gesehen. Prof. Dr. Holger Arndt veröffentlichte das Buch *Logistikmanagement*, in welchem er zunächst auf die Trends eingeht, die den Bereich Logistik beeinflussen. Gemäß seiner Aussage hat die Globalisierung den Wachstumshandel erhöht und dadurch weitere Arbeitsplätze geschaffen. Der Einfluss auf die Transportbranche hat zu Weiterentwicklungen sowie einer Reduktion der Lieferzeiten und Kosten beigetragen. Die Globalisierung ermöglicht es den Unternehmen, auf den neuen Märkten neue Kunden und Lieferanten zu entdecken sowie neue Investitionen zu realisieren. Global Sourcing bietet den Betrieben viele neue Chancen. Jedoch müssen die Unternehmen jeder Branche mit der stetig steigenden Anzahl der Wettbewerber rechnen. Bei der Gestaltung neuer Lieferketten müssen viele Punkte, wie beispielsweise interkulturelle Aspekte, Sprachkenntnisse, Zeitzonen sowie Gesetze und Bürokratie beachtet werden. Durch die Globalisierung stehen die Unternehmen unter hohem Kunden- und Konkurrenzdruck. Bei langsamer Entwicklung des Produktes sowie Nichtbeachtung der Kundenwünsche gehen die Kunden zu der Konkurrenz. Technische Entwicklungen von Computer, Internet und Telefonie haben einen großen Beitrag zur Verbesserung des internationalen Wirtschaftshandels geleistet.⁷²

⁷⁰ Vgl. Park, 2008, o. S.

⁷¹ Vgl. ebd., o. S.

⁷² Vgl. Arndt, 2015, 2 ff.

3.1.5 Risiken entlang der Supply Chain

Im Sinne des Risikomanagements befassen sich die Unternehmen mit einer „spezielle(n) Managementmethode, die die Situation des Unternehmens hinsichtlich Finanz-, Betriebs- und Haftungsrisiko analysiert und entsprechende Maßnahmen vorschlägt“. ⁷³

Im Jahr 2014 erschien das Buch *Supply Chain Risk Management (SCRM) und Verträge* von Dr. Jan Bohnstedt. Das Buch bietet Informationen zu Absicherung, Verpflichtung und Umsetzung des Supply Chain Risk Managements. Des Weiteren untersucht Dr. Bohnstedt die möglichen Vertragsmängel, die Risiken beherbergen, sowie die Vertragsziele.

Die Reduzierung der Risiken entlang der Supply Chain ist auch mittels der Gestaltung des Vertrages mit dem Lieferanten möglich, wird jedoch von den Unternehmen unterschätzt. Im Falle eines Verlustes der Ware entlang der Lieferkette von A nach B oder einer Anlieferung der Ware im schlechten Zustand, bietet nur ein Vertrag die Basis für die Verbindlichkeit. Jedes Unternehmen entscheidet selbst, welche Kriterien hinsichtlich des Risikomanagements im Bereich der Supply Chain erfüllt werden müssen. Der Autor empfiehlt einen eigenen Standard zu definieren, ausgehend von „dem Stand der Technik“. ⁷⁴ Zu beachten ist, dass die Verantwortung für den nicht gelieferten Artikel durch Lieferanten, beispielsweise aufgrund seiner Insolvenz, trotzdem der Empfangskunde gegenüber seinem Kunden trägt. Anfallende Kosten anlässlich der späten oder fehlenden Lieferung können, basierend auf der Vertragsgrundlage, weiterverrechnet werden. Die zuverlässige Funktionsfähigkeit der Supply Chain im In- und Outbound unterliegt dem Verantwortungsbereich des bestellenden Unternehmens. Um das Risiko entlang der Supply Chain möglichst gering zu halten, empfiehlt der Verfasser, einen Vertrag zu Gunsten des Käufers aufzusetzen, der die Angaben über Pflichten, Zeit, Ort, Quantität und Qualität enthält. Des Weiteren ist zu untersuchen, ob ein anderer Lieferant das Lieferrisiko verringern würde. ⁷⁵

In Bezug auf diese wissenschaftliche Arbeit kann zusammenfassend gesagt werden, dass eine klare Regelung zu den Abnahmemengen, Höhe der Rüstkosten, Toleranz bei Über- und Unterlieferung und Werkzeuglebensdauer in den Vertrag

⁷³ Lauterbach, 2010, S. 389.

⁷⁴ Bohnstedt, 2014, S. 117.

⁷⁵ Vgl. ebd., S. 9-22.

aufgenommen werden müssen. Die gründliche Arbeit am Anfang erspart Aufwand, Kosten und Geld im Nachgang.

Die Autoren Prof. Dr. Michael Huth und Frank Romeike haben zu diesem Thema im Jahr 2016 ein Buch mit dem Titel *Risikomanagement in der Logistik: Konzepte – Instrumente – Anwendungsbeispiele* veröffentlicht. Mit diesem Buch stützen sie sich auf die möglichen Risiken im Bereich Logistik und Supply Chain und bieten einen praxisnahen Leitfaden. Sie verfassten konkrete Fragen, die dem Leser als Anstoß dienen sollen: „Was sind die kritischen Komponenten beziehungsweise Baugruppen eines Produktes oder einer Dienstleistung? Wo werden diese in der Lieferkette entwickelt und hergestellt und nach welchen Kriterien werden kritische Objekte ermittelt?“ oder „Wie kann man Supply Chain-Risiken identifizieren, analysieren, behandeln und vermindern? Welche Methoden kommen zum Einsatz?“.⁷⁶ Im weiteren Verlauf des Buches wird auf die Risikoanalyse und deren Bewertung eingegangen. Hierzu soll das Unternehmen unterschiedliche Szenarien eingeschränkter Betriebsfunktionen mit entsprechenden Verlustkosten erarbeiten. Für die analysierten Schwachstellen werden im nächsten Schritt Lösungsmöglichkeiten vorgeschlagen. Bei den Lieferanten mit langer Lieferkette wird beispielsweise die Double-Sourcing Strategie⁷⁷ empfohlen. Der Aufbau des Sicherheitsbestandes oder der Abschluss eines Konsignationslagervertrages mit dem Lieferanten sind weitere Möglichkeiten, das Risiko zu minimieren. Zusätzlich befassen sich die Autoren mit den risikorelevanten Trends in der Logistik und Supply Chain. Diese sind unter anderem die Globalisierung, Outsourcing von Geschäftsprozessen, Verkürzung der Zykluszeiten, Mass Customization sowie Kostendruck.⁷⁸

In der 3. Auflage des Buches *Chefsache Finanzen in Einkauf und Supply Chain*, aus dem Jahr 2019 haben sich die Autoren Dr. Alwin Locker und Dr. Pan Theo Grosse-Ruyken mit den Potentialen der Bereiche Einkauf und Supply Chain auseinandergesetzt und bieten neue Lösungssätze an. Die Verfasser sehen die Potentiale im direkten Zusammenhang mit dem Einsatz neuer Entwicklungen und

⁷⁶ Huth & Romeike, 2016, S. 164 f.

⁷⁷ Bei dieser Strategie wird ein Artikel gleichzeitig von zwei Lieferanten bezogen, die zueinander in Konkurrenz stehen. Dadurch wird das Ausfallrisiko reduziert. Vgl. Werner, 2013, S. 95.

⁷⁸ Vgl. ebd., S. 14 ff.

der Digitalisierung. Sie fordern „radikales Umdenken: weg von der Silobetachtung, hin zu einem ganzheitlichen, netzwerkbezogenen und digitalen Denken entlang der gesamten Wertschöpfungskette“.⁷⁹

Ziel des Buches ist es, aufzuzeigen, dass Einkauf und Supply Chain Management nicht nur über kleine Aktionen zur Kostenoptimierung führen können, sondern dass mit der richtigen Strategie dieser Unternehmensbereiche ein „Beitrag zur Wettbewerbsdifferenzierung, zur Erhöhung der Finanz-Performance und zur Reduktion der Risiken der Supply Chain“⁸⁰ geleistet werden kann. Die Analyse hat ergeben, dass Unternehmen zweigleisig fahren müssen, um mit der Konkurrenz mithalten. Bei den Artikeln mit bekannten Bedarfsmengen über einen bekannten Zeitraum wird empfohlen, die vorhandene Lieferkette zu optimieren und daraus Einsparungen zu generieren. Eine andere Vorgehensweise wird bei den Teilen mit kurzfristigen Bedarfen vorgeschlagen. Hier empfehlen die Autoren, eine agile und flexible Lieferkette zu organisieren, um damit den hohen Lieferservicegrad und die Kundentreue zu gewährleisten. Anhand eines Beispiels aus der Praxis machen die Autoren deutlich, dass bereits kleine Optimierungen große Wirkung erzielen: „30% weniger Rohmaterialbestände reduzieren das Working Capital um 10%“ oder „25% weniger Fehlteile reduzieren die Durchlaufzeit um 10%“.⁸¹

Viele Unternehmen verlagern ihre Fertigungsstufen ins Ausland, um Kostenpotentiale zu schöpfen. In der Gegenrechnung werden Transport-, Verpackungs- und eventuelle Zollabfertigungskosten aufgenommen, jedoch werden Nebenkosten wie Qualitäts- oder Risikokosten überhaupt nicht betrachtet. Die Verfasser empfehlen eine totale Kostenbetrachtung sowie die Einführung eines Finanz- und Controlling-Konzeptes im Bereich Einkauf und Supply Chain Management. Des Weiteren wird empfohlen, sich mit den Speditionen abzustimmen, um eine möglichst kurze Lieferkette zu realisieren und im Ausnahmefall schnell reagieren zu können. Die Offenlegung der Risiken ermöglicht eine proaktive Schaffung der Lösung, um in der Ausnahmesituation bestens vorbereitet zu sein. Zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit wird zudem geraten, mit dem Lieferanten eng zusammen zu arbeiten und dessen Ideen und Entwicklungen einfließen zu lassen. Die

⁷⁹ Locker & Grosse-Ruyken, 2019, S. 9.

⁸⁰ Vgl. ebd., S. 12.

⁸¹ Ebd., S. 7.

Agilität und Flexibilität der Lieferanten und Speditionen einer Supply Chain ermöglichen es dem Unternehmen, schneller zu sein als die Konkurrenz. Zudem wird empfohlen, die Entwicklung der Digitalisierung für sich zu nutzen. Als Beispiel kann die Einführung von elektronischen Rechnungen, Lieferscheinen oder Ausschreibungsprozessen genannt werden.⁸²

Das Buch bietet eine völlig andere Betrachtung des Bereiches Supply Chain Management sowie weitere Optimierungsideen in diesem Bereich. Die konkreten Beispiele bekannter internationaler Unternehmen zeigen auf, dass diese Theorien auch in der Praxis umgesetzt werden können. Das Buch prognostiziert, dass nur die Unternehmen, die eine klare Strategie haben und die Einführung technischer Innovationen nicht scheuen, erfolgreich sein werden.

Dass das Risikomanagement von großer Bedeutung ist, merken die Unternehmen derzeit weltweit aufgrund der Epidemie in der chinesischen Provinz Wuhan, welche zum Teil die chinesische Wirtschaft lahmgelegt hat. Gemäß der Information mehrerer Zeitschriften wirkt sich die Epidemie unter anderem massiv auf Fertigungs- und Transportbranchen aus. Zahlreiche chinesische Unternehmen haben über Wochen geschlossene Produktionsstandorte. Aufgrund von eingeschränktem Flugverkehr von und nach China und daraus folgenden geringen Luftfrachtvolumen, steigen die Flugkosten. Der fehlende Nachschub der Ware sowie die fehlende Information über den nächstmöglichen Produktions- und Lieferstart verunsichern viele Unternehmen weltweit.⁸³ Die fehlende oder verspätete Lieferung aus China stellt derzeit viele Unternehmen als nicht lieferfähig ihrem Kunden gegenüber. Mit der Kalkulation der Risikokosten aufgrund eines Stillstands der Fertigung, hohen Luftfahrtkosten oder Vertragsstrafen sind derzeit einige Unternehmen weltweit beschäftigt.⁸⁴

3.2 Zusammenfassung der Analyse

Die im vorherigen Kapitel dargelegte empirische Forschung belegt, dass die Thematik der Lagerbestandsoptimierung sowie der Bestelllosgröße seit vielen Jahren von Forschern aus unterschiedlichen Ländern behandelt wird. Die zahlreichen wissenschaftlichen Berichte sowie Bücher auf diesem Gebiet belegen die

⁸² Vgl. Locker & Grosse-Ruyken, 2019, S. 7 ff.

⁸³ Vgl. Rieck, 2020, o. S, Dierig & Preuß, 2020, o. S.

⁸⁴ Diese Arbeit wurde im Zeitraum von November 2019 bis April 2020 verfasst.

Wichtigkeit des Problems. Die Betrachtung der unterschiedlichen Einflüsse auf die Entwicklung der Lagerbestände, wie beispielsweise die Globalisierung oder Fertigungsverfahren, verdeutlicht die Herausforderungen darin. Im Unterkapitel Einkauf und Supply Chain als Finanzhebel wird veranschaulicht, dass es noch viele Potentiale gibt, unter anderem die Lagerbestandsoptimierung der langsam drehenden oder nicht drehenden Artikel, deren Ausschöpfung noch lange nicht erreicht ist. Mit mehreren belegten Dokumenten konnte nachgewiesen werden, dass die Reduzierung der Lagerbestände sowie die Bestimmung der optimalen Bestellmenge bei langsam drehenden Artikeln einen großen Einfluss auf das Unternehmenskapital haben. Die Verringerung der Bestände führt zur Reduzierung des gebundenen Kapitals, welches in die Weiterentwicklung des Unternehmens investiert werden kann. Es konnten viele unterschiedliche Forschungsstände aufgezeigt werden, die jedoch nicht die gewünschten Antworten auf die gestellten Forschungsfragen liefern konnten. Die Erarbeitung einer möglichen Lösung für die Forschungslücke erfolgt im nächsten Kapitel.

4 Ableitung empirischer Modelle zur Lagerbestandsoptimierung

In diesem Kapitel findet anfangs die Vorstellung des Algorithmus zur Lagerbestandsreduzierung und das Zusammenspiel aller Bestandteile statt. Die Erklärung des Verfahrens zur Bestimmung der Bestellmenge für ungängige Artikel mit den dazugehörigen Formeln vervollständigt die Synthese. Die Auswirkung der Unkosten auf die Wertschöpfung und das Aufzeigen der Nutzung des Verfahrens bei unterschiedlichen Fertigungstypen schließen das Kapitel ab.

4.1 Algorithmus zur Lagerbestandsoptimierung

In welcher Reihenfolge die Lagerbestandsoptimierung der zum Teil ungängigen und völlig ungängigen Artikel angegangen werden kann, wird mittels eines Flussdiagrammes dargestellt. Die Abbildung 7 enthält alle Schritte, die in diesem Unterkapitel erklärt werden.

Der Start wird mit der Analyse des Bestandes gelegt. Der Input der Daten kann aus dem vorhandenen System sowie aus dem Teilprozess erfolgen, der die Durchführung der ABC-, XYZ- und Gängigkeitsanalysen beinhaltet. Danach erfolgt die Entscheidung, ob das identifizierte Gut ein Artikel ist, der als ‚excess‘ bzw. ‚obsolet‘ bezeichnet werden kann. Dabei kann nur zwischen „ja“ und „nein“ entschieden werden. Die Antwort „nein“ bedeutet, dass der Artikel gängig ist und der Bestand durch den Verbrauch reduziert wird. Somit benötigt dieser Artikel keine Lagerbestandsreduzierung. Der Prozess ist hiermit abgeschlossen.

Anderenfalls erfolgt im nächsten Schritt die Prüfung des Einsatzes dieses Artikels in einem anderen laufenden oder in einem neuen Projekt. Falls dies möglich ist, kann dadurch der Bestand aufgebraucht werden, ohne einer Warenbestandsreduzierung unterzogen werden zu müssen. Dadurch wird das gebundene Kapital wertschöpfend eingesetzt, die Benutzung verhindert Unkosten und schafft Lagerstellplatz. Die Verwendung und somit das Aufbrauchen des Bestandes führen zum Abschluss des Prozesses.

Falls der Artikel nicht anderweitig eingesetzt werden kann, muss in Erfahrung gebracht werden, ob das Teil ersatzteilpflichtig ist. Bei der Auswahl der Antwort „nein“ wird im nächsten Schritt geprüft, ob für die Herstellung dieses Artikels ein Werkzeug notwendig ist.

Wenn der Artikel jedoch ersatzteilpflichtig ist, müssen im nächsten Schritt die Dauer der Ersatzteilpflicht und die Menge geklärt werden. Hierfür können entweder die Verträge herangezogen werden oder es findet eine Kontaktaufnahme mit dem Kunden statt. Bei Bedarf kann der Verbrauch der letzten Periode zur möglichen Mengenabschätzung berücksichtigt werden.

Die Prüfung der Notwendigkeit eines Werkzeuges zur Herstellung von diesem Teil ist erforderlich, denn falls beim Aufbrauchen oder einer anderweitigen Reduktion der Teile ein neuer Bedarf auf Basis der Ersatzteilpflicht aufkommt und die Teile wegen fehlendem Werkzeug nicht hergestellt werden können, muss neues Werkzeug beschafft werden oder ein alternativer Herstellungsprozess erfolgen, um den Kunden trotz allem beliefern zu können. Je nach Werkzeug und der zu herstellenden Menge können hohe Kosten für das Unternehmen entstehen.

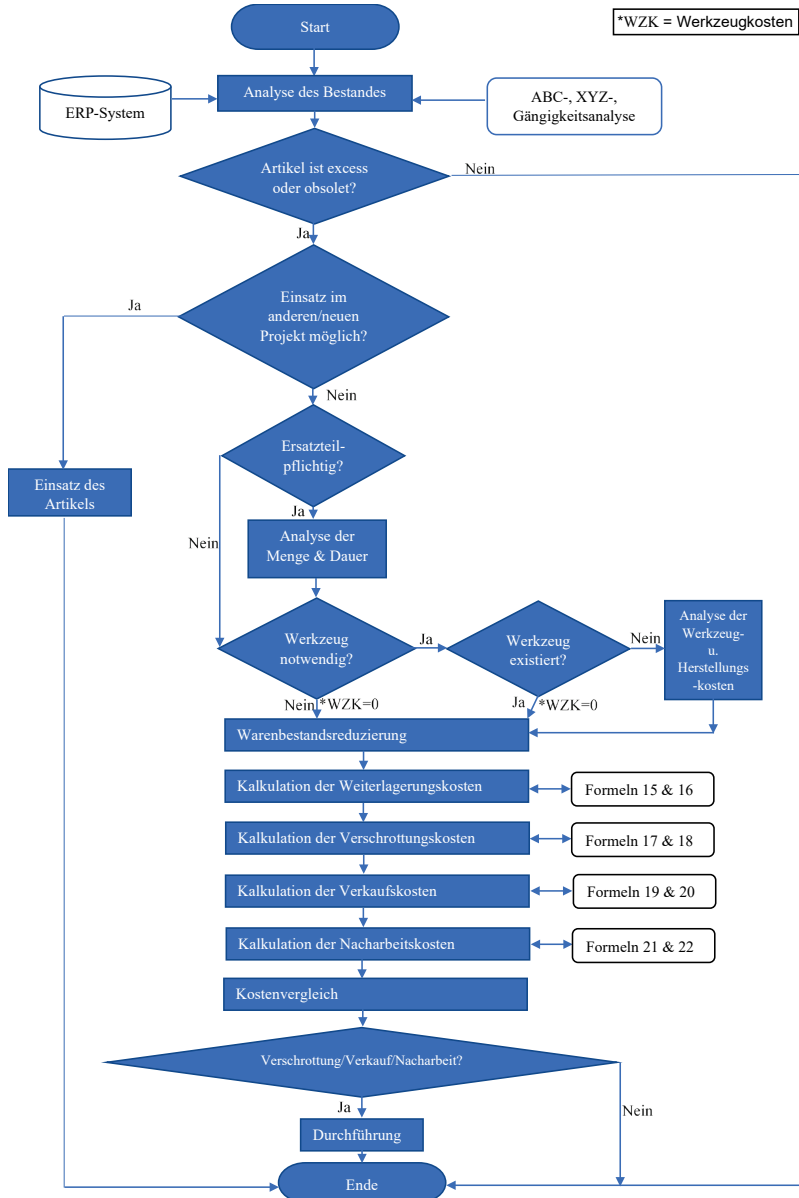
Wenn die Notwendigkeit eines Werkzeuges zur erneuten Herstellung ebenfalls mit „nein“ beantwortet werden kann, werden in weiteren Berechnungen die Werkzeugkosten mit 0 € kalkuliert. Ansonsten wird geprüft, ob das benötigte Werkzeug vorhanden ist. Diese Information kann entweder aus der Datenbank entnommen werden oder muss durch die Lieferantenbefragung in Erfahrung gebracht werden.

Ist das Werkzeug vorhanden, können die Kosten bei den Berechnungen mit 0 € angesetzt werden. Anderenfalls müssen im nächsten Schritt die Herstellung des Ersatzwerkzeuges oder die Herstellung mittels anderer Prozesse, zum Beispiel 3D-Druck, untersucht und errechnet werden. Bei Bedarf sind Angebote einzuholen, um eine Kostenabschätzung machen zu können. Die Betrachtung dieser Kosten ist von hoher Bedeutung, weil diese eventuell aufkommenden Kosten nach einer durchgeführten Aktion der Lagerbestandsreduzierung höher ausfallen können, als beispielsweise bei einer Weiterlagerung des Artikels. Die Betrachtung der Werkzeug- und Herstellungskosten und der spätere Vergleich dieser Kosten mit den Unkosten bei Weiterlagerung leisten somit einen wichtigen Beitrag dazu, die effizienteste Entscheidung zu treffen, die auch den Lieferbereitschaftsgrad nicht außer Acht lässt.

Mit den gesammelten Informationen und eventuellen Kosten kann im nächsten Schritt mit den Berechnungen gestartet werden. Als erstes werden die Unkosten bei einer Weiterlagerung kalkuliert. Danach findet die Berechnung der Kosten bei einer Verschrottung statt. Die dritte Option ist auf den Verkauf der Ware an einen Dritten ausgelegt. Die vierte und letzte Aktion beinhaltet die Berechnung der

Nacharbeit am Artikel, um diesen dann in der Produktion einsetzen zu können. Die Formeln zu allen vier Aktionen werden detailliert in den nächsten Unterkapiteln vorgestellt. Die Werkzeug- und Herstellungskosten sind in den Formeln enthalten und werden je nach gewähltem Entscheidungsweg mit den dazugehörigen Summen vervollständigt. Anzumerken ist, dass nicht bei jedem Artikel alle vier Optionen kalkuliert werden können. Sollte beispielsweise die Nacharbeit am Artikel nicht möglich sein, kann diese Option übersprungen werden.

Nachdem alle Kosten kalkuliert sind, findet der Vergleich dieser statt. Zudem kann das Unternehmen selbst bestimmen, ob die Entscheidung nur anhand der Unkosten oder der Gesamtkosten erfolgen soll. Basierend auf den Zahlen und erarbeiteten Informationen kann eine Entscheidung über das weitere Vorgehen erfolgen. Für den Fall, dass keine Entscheidung getroffen wird, ist der Prozess abgeschlossen. Dies führt automatisch dazu, dass der identifizierte Artikel weiterhin gelagert wird. Anderenfalls findet die Durchführung einer der ausgewählten Aktionen statt. Dadurch wird der Bestand des analysierten Artikels reduziert und der Prozess erfolgreich abgeschlossen.

Abbildung 7: Algorithmus zur Lagerbestandsoptimierung der ungängigen Artikel

4.1.1 Vorgehensweise bei der Warenbestandsuntersuchung

Wie bereits in Kapitel 2.4.1 vorgestellt, findet als erstes die Aufteilung des Bestandes nach den Kriterien eingekaufte Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe (RHB), Halbfertigerzeugnisse (HFE) und Fertigerzeugnisse (FE) statt. Die Informationen zu den einzelnen Artikeln können aus der Datenbank eines ERP-Systems entnommen werden. Dabei ist zu beachten, dass alle Daten aus einer bestimmten Periode zu entnehmen sind. Das Ergebnis der Bestandsanalyse kann anhand der Formel 14 dargestellt werden:

Formel 14: Gesamtbestandswert

$\text{Gesamtbestandswert} \triangleq \text{RHB €} + \text{HFE €} + \text{FE €} \quad (14)$

Im nächsten Schritt erfolgt die genaue Analyse des Gesamtbestandes der eingekauften Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe. Diese Betrachtung wird mittels der ABC- sowie XYZ-Analysen durchgeführt.

Als Ordnungskriterien für die ABC-Analyse werden der Bestandwert sowie die Bestandsmenge pro Artikel gewählt. Für die prozentuale Berechnung des Bestandsanteils eines Artikels ist der Bestandwert eines Artikels durch den Gesamtbestandswert zu teilen. Das prozentuale Ergebnis pro Artikel kann absteigend sortiert werden, um im nächsten Schritt eine Kumulierung der Wertanteile durchführen zu können. Die vorherige Festlegung der prozentualen Klassifizierung, wie beispielsweise in Tabelle 1 dargestellt, wird im nächsten Schritt angewendet. Ausgehend von den definierten Wertanteilen werden die absteigend sortierten Artikel aufsummiert, bis die Summe 80 Prozent erreicht hat. Darunterfallende Artikel werden als A-Teile gekennzeichnet, weil diese den höchsten wertmäßigen Anteil vom Gesamtbestand der RHB-Teile eines Unternehmens ausmachen. Die Anzahl der A-Teile muss durch die Anzahl der gesamten RHB-Artikel geteilt werden, um den Mengenanteil zu erfahren. Die Berechnung der B- und C-Teile läuft in der gleichen Weise ab.⁸⁵

⁸⁵ Vgl. Bichler, 2010, S. 83 f., Disselkamp, 2004, S. 45-47.

Tabelle 1: ABC-Klassifizierung

	Wertanteil	Mengenanteil
A	80%	15%
B	15%	35%
C	5%	50%

Als nächstes werden die Zahlen der XYZ-Analyse unterzogen, um die Vorhersagegenauigkeit des Verbrauchs der RHB-Artikel in Erfahrung zu bringen. Hierfür wird pro Artikel die Bestellsumme pro Monat über die Länge der definierten Periode benötigt. Mit diesen Daten werden zunächst die Standardabweichung und danach der Mittelwert pro Artikel berechnet. Die Standardabweichung zeigt die Schwankungsbreite des Artikels auf. Die Berechnung dieser erfordert im ersten Schritt die Kalkulation des Durchschnittswertes und dann der Varianz. Abschließend wird die Wurzel der Varianz gezogen, die als Ergebnis die Größe der Abweichung darstellt. Zur Errechnung des Variationskoeffizienten wird der Wert der Standardabweichung durch den Mittelwert dividiert.⁸⁶ Ausgehend von der definierten Klassifizierung, welche in Tabelle 2 dargestellt wird und welche frei wählbar ist, können abschließend die Artikel den entsprechenden Werten zugeordnet werden.

Tabelle 2: XYZ-Klassifizierung

	Variationskoeffizient
X	0-25%
Y	25-50%
Z	>50%

Durch das Zusammenfügen der Ergebnisse der beiden Analysen entsteht eine Übersicht pro Artikel in Bezug auf seine Wertigkeit und Vorhersagegenauigkeit.

⁸⁶ Vgl. Stollenwerk, 2016, S. 103 ff.

Die Ergebnisse können entsprechend der dargestellten Zuordnung in Tabelle 3 zur Festlegung der Strategie genutzt werden.

Tabelle 3: Bedeutung der ABC- und XYZ-Matrix

Vorhersagegenauigkeit	Wertigkeit			
		A	B	C
	X	hoher Verbrauchswert	mittlerer Verbrauchswert	niedriger Verbrauchswert
		hohe Vorhersagegenauigkeit	hohe Vorhersagegenauigkeit	hohe Vorhersagegenauigkeit
Y		hoher Verbrauchswert	mittlerer Verbrauchswert	niedriger Verbrauchswert
		mittlere Vorhersagegenauigkeit	mittlere Vorhersagegenauigkeit	mittlere Vorhersagegenauigkeit
Z		hoher Verbrauchswert	mittlerer Verbrauchswert	niedriger Verbrauchswert
		niedrige Vorhersagegenauigkeit	niedrige Vorhersagegenauigkeit	niedrige Vorhersagegenauigkeit

Quelle: Heege, 2010, S. 27, Boyanova, 2015, S. 62 ff.

Wie aus der Tabelle herauszulesen ist, kann der Verbrauch der Z-Artikel nicht vorhergesagt werden. Aufgrund des Warenwertes sollten die AZ- und BZ-Artikel einen möglichst geringen Lagerbestand aufweisen. Um auf den unerwarteten Bedarf schnell reagieren zu können, werden bei diesen Teilen Lieferanten mit kurzen Lieferzeiten benötigt.

Anzumerken ist, dass bei der Analyse auch Artikel entdeckt werden können, die innerhalb der untersuchten Periode keinen Verbrauch aufweisen. Diese, sowie die Artikel der Zuordnung AZ, BZ und CZ, können im nächsten Schritt auf ihre Gängigkeit untersucht werden. Die Ist-Reichweite und die vergangenheitsbasierten Daten über den Verbrauch des betrachteten Artikels sind die Bestimmungs-

kriterien für die Einteilung. Diese Daten können auch aus dem ERP-System entnommen werden. Die Möglichkeit, die Gängigkeit pro Artikel darzustellen, ist in Tabelle 4 abgebildet.

Tabelle 4: Gängigkeitsanalyse

Artikel	RW in Tagen	$RW \leq 60$ Tage	$RW > 60$ Tage, < 12 Monate	$RW \geq 12$ Monate
1	2	gängig		
2	33	gängig		
3	999	ungängig		obsolet
4	10	gängig		
5	70	ungängig	excess	

Die Gängigkeitsanalyse hilft, die Artikel aufzudecken, die seit über 60 Tagen keinen oder zum Teil geringen Verbrauch hatten. Damit kann ein Unternehmen ermitteln, wie groß der Anteil an ungängigen Artikeln an dem gesamten RHB-Bestand ist. Zudem kann völlig ungängiger Bestand identifiziert, untersucht, sowie bearbeitet werden mit dem Ziel, das gebundene Kapital freizusetzen. Der Zeitraum, ab wann ein Artikel als ungängig bezeichnet wird, kann von jedem Unternehmen in Abhängigkeit von Produkt und Branche festgelegt werden.

4.1.2 Formel zur Berechnung der Weiterlagerungskosten

Im ersten Schritt werden die Kosten für die weitere Lagerung berechnet, abgekürzt als LK, da aufgrund fehlenden Gebrauchs für Unternehmen Unkosten entstehen. Die Kalkulation wird pro Artikel erstellt, ausgehend von 360 Tagen im Jahr. Als Unkosten werden zum ersten die Lagerzinskosten betrachtet, da diese nicht entstehen würden, wenn das Material verbraucht wäre. Zum zweiten werden die Lagerhaltungskosten erfasst. Diese kommen während der Liegezeit der Materialien im Lager zu Stande. Zum dritten werden die Transaktionskosten für

die aufgewendete Zeit bei der Entscheidung über die nächsten Schritte mit einkalkuliert. Die Definitionen zu jeder Variablen der unten aufgeführten Formel 15 sind im Kapitel 2.2 zu finden.

Formel 15: Lagerungskosten

$$LK = \text{Lagerzinskosten} + \text{Lagerhaltungskosten} + \text{Transaktionskosten} \quad (15)$$

Um die gesamten Verlustkosten (VKg) zu berechnen, werden zu den Lagerungskosten die Opportunitätskosten hinzugerechnet. Der entgangene Gewinn, aufgrund von Kapitalbindung im Lager und dessen nicht möglicher anderweitiger Verwendung, wird als Opportunitätskosten bezeichnet.⁸⁷ Eine einheitliche Formel zur Bestimmung der Opportunitätskosten ist nicht vorhanden.⁸⁸ In dieser Arbeit wird die Summe des gebundenen Kapitals mit der entgangenen Verkaufsmarge multipliziert, wie in Formel 16 dargestellt.

Formel 16: Gesamte Verlustkosten

$$VKg = LK + \text{Opportunitätskosten} \quad (16)$$

$$VKg = LK + (\text{geb. Kapital} \times \text{Verkaufsmarge } \%) \quad (16a)$$

Artikel mit der Ersatzteilpflicht werden über mehrere Jahre gelagert, weil beispielsweise das Produktionswerkzeug nicht mehr vorhanden ist. Eine Darstellung der Kosten über die gesamte Dauer der Ersatzteilpflicht gestaltet sich als schwierig, weil die Lagermenge mit den Jahren aufgrund von Kundenbedarfen schrumpfen kann, aber auch, weil die Kosten für die Lagerhaltung höher ausfallen können. Je nach Unternehmen sollte zudem die Abwertung der gelagerten Artikel bei der Kalkulation in Betracht gezogen werden. Die Abwertung der excess und obsoleten Artikel wird bei dieser Ausarbeitung nicht berücksichtigt.

4.1.3 Formel zur Berechnung der Kosten einer Verschrottungsaktion

Die Verschrottung des Lagerbestandes eines Artikels ist bei genauer Betrachtung keine einfach zu treffende Entscheidung. Dabei müssen alle damit verbundenen Ausgaben sowie alle möglichen Erlöse betrachtet werden. Gemäß der Information vom Internetportal businesswissen.de liegt der Kostenanteil nur für die

⁸⁷ Vgl. Zapp, 2008, S. 25 f.

⁸⁸ Vgl. Seiter, 2016, S. 69.

Entsorgung in einem Unternehmen zwischen 5–15% von den gesamten Logistikkosten.⁸⁹ Bei der Berechnung sollen Transaktionskosten, Transportkosten und Abfallgebühren berücksichtigt werden. Die Transaktionsaufwände können die aufgewendete Zeit für die innerbetriebliche Entscheidung über die Verschrottung umfassen. Des Weiteren sind es unter anderem Ausgaben für die Trennung, Sortierung und den unternehmensinternen Transport. Ferner können auch die Stunden für die Auswahl des Entsorgungsunternehmens einkalkuliert werden. Transportkosten bis zum Ort der Entsorgung bzw. Wieder- und Weiterverarbeitung sollten auch nicht unbeachtet bleiben. Für den Fall, dass in einem Container mehrere Artikel enthalten sind, kann der Betrag anteilig verrechnet werden. Abfallgebühren entstehen bei den Artikeln, die nicht wieder- oder weiterverwertet werden können. Für die Entsorgung dieser Teile, wie zum Beispiel Dämmschaumstoff, müssen die Unternehmen mit Kosten rechnen. Im Gegenzug kann die Entsorgung der Metalle, beispielsweise Aluminium oder Kupfer, einen Erlös einbringen. Mögliche Einnahmen aus der Verwertung der Metalle müssen von den Kosten abgezogen werden. Je größer der Recycling-Ertrag ist, desto geringer sind die Unkosten.

Die in Formel 17 aufgeführten Variablen ermöglichen die Berechnung der Ausgaben bei einer Verschrottungsaktion.

Formel 17: Verschrottungskosten

$\text{VsK} = \text{Transaktionskosten} + \text{Transportkosten} + \text{Abfallgebühren} -$ $\text{Wieder- u. Weiterverwertungsertrag} \quad (17)$
--

Um die gesamten Ausgaben zu berechnen, kann zu dem Resultat aus der oben aufgeführten Formel der Warenwert hinzugerechnet werden, da dieser durch die Verschrottung reduziert bzw. aufgelöst wird. Die eventuell anfallenden Kosten für die Herstellung und das dafür notwendige Werkzeug können bei Bedarf in die Kalkulation einbezogen werden. Nach Formel 18 kann die Kalkulation der gesamten Verschrottungsausgaben erfolgen.

Formel 18: Gesamte Verschrottungsausgaben

$\text{VsKg} = \text{VsK} + \text{Warenwert} + \text{Werkzeug} - \text{u. Herstellungskosten} \quad (18)$

⁸⁹ Vgl. Wannenwetsch, 2017, o. S.

4.1.4 Formel zur Berechnung der Verkaufskosten

Die weitere Möglichkeit, den Lagerbestand zu reduzieren, besteht darin, die gelagerten Artikel zu verkaufen. Eine von mehreren Optionen ist der Rückverkauf an den Lieferanten. Es können die Teile veräußert werden, die nicht kundenspezifisch sind, sondern auch an andere Kunden in dem gleichen Zustand verkauft werden können. Die zweite denkbare Option ist der Weiterverkauf. Die Ware kann beispielsweise Tochterunternehmen oder sogar dem Kunden angeboten werden. Nicht zuletzt ist der Verkauf an oder über eine An- und Verkaufsbörse möglich. Der Vorteil einer Verkaufsaktion liegt in der Bestandsreduzierung, nachteilig kann die Höhe des Verkaufserlöses ausfallen. In Abhängigkeit vom verkauften Gut kann der Verkaufspreis beispielsweise dem Einkaufspreis entsprechen. Der Verkauf zum niedrigeren Preis oder sogar zu null Euro ist denkbar, weil diese Vorgehensweise, im Vergleich zur Verschrottungsaktion, die Abfallkosten vermeidet. Bei der Berechnung der Kosten sind außer dem Verkaufserlös auch die Abwicklungs-, Verpackungs- und Transportkosten zu beachten. Zur Abwicklung zählen unter anderem Arbeitsschritte wie die Angebotseinholung oder Aufbereitung der Ware im Lager. Die Beförderung der Ware zum Abnehmer sowie die Ausgaben für die Verpackung sind auch zu berücksichtigen. Ein erwirtschafteter Erlös aus dem Verkauf muss von der Summe subtrahiert werden. Formel 19 beinhaltet alle genannten Variablen zur Berechnung der zusätzlichen Verkaufskosten (VKz), die bei einem Weiterverkauf anfallen können.

Formel 19: Zusatzkosten bei einem Verkauf

$$\text{VKz} = \text{Transaktionskosten} + \text{Transportkosten} + \text{Verpackungskosten} - \text{Verkaufserlös (19)}$$

Für die Kalkulation der Gesamtkosten ist zu den Zusatzkosten der Warenwert zu addieren. Auch in diesem Fall können Werkzeug- und Herstellungskosten entstehen, die von Anfang an nicht aus der Betrachtung verloren gehen dürfen und bei Berechnung berücksichtigt werden sollen. Die Vorgehensweise zur Bestimmung der Verkaufsgesamtkosten (VKg) ist in Formel 20 dargestellt.

Formel 20: Gesamtkosten bei einem Verkauf

$$\text{VKg} = \text{VKz} + \text{Warenwert} + \text{Werkzeug- u. Herstellungskosten} \quad (20)$$

4.1.5 Formel zur Berechnung des Nacharbeitsaufwandes

Nacharbeit ist eine weitere Option, den nicht benötigten Bestand zu reduzieren. Unter Nacharbeit ist eine Änderung am Artikel gemeint, durch welche der Artikel eine neue Einsatzfähigkeit bekommt und in der Fertigung eingesetzt werden kann.⁹⁰ Bei dieser Aktion werden die Kosten für die Abwicklung einkalkuliert. Hierfür müssen die Zeichnungen geprüft werden, um die Entscheidung über die Nacharbeit am Artikel zu treffen. Für den Fall, dass die Nacharbeit nicht im eigenen Betrieb gemacht werden kann, kann ein Dienstleister mit der Ausführung der Tätigkeit beauftragt werden. Hierfür finden Preisverhandlungen und die Platzierung der Bestellung statt. Die anfallenden Transportkosten zu und von dem externen Dienstleister dürfen nicht ungeachtet bleiben. Nicht zuletzt werden die Kosten für die vollbrachte Nacharbeit bzw. Änderung am Material angerechnet. Formel 21 enthält alle Variablen, die zur Berechnung der Nacharbeitskosten zu berücksichtigen sind.

Formel 21: Aufwandskosten bei einer Nacharbeit

$$\text{NaK} = \text{Transaktionskosten} + \text{Transportkosten} + \text{Änderungskosten} \quad (21)$$

Im nächsten Schritt können die gesamten Kosten berechnet werden. Dabei ist zu beachten, dass der Warenwert des nachgearbeiteten Artikels ein anderer sein kann als vor der Nacharbeit. In Formel 22 sind alle Positionen aufgeführt, die zur Gesamtkostenbetrachtung aufgenommen werden müssen. Bei Bedarf sind anfallende Kosten für Werkzeug und Herstellung hinzuzurechnen.

Formel 22: Gesamtkostenbetrachtung bei einer Nacharbeit

$$\begin{aligned} \text{NaKg} = \text{NaK} + \text{Warenwert vor Nacharbeit} - \text{Warenwert nach Nacharbeit} + \\ \text{Werkzeug- u. Herstellungskosten} \end{aligned} \quad (22)$$

Alle bereits vorgestellten Optionen zeigen, dass die Entscheidung für oder gegen eine Option eine tiefere Analyse erfordert.

⁹⁰ Vgl. Geiger, 2009, S. 8.

4.1.6 Gesamtübersicht der Kosten

Nach der Prüfung der vier aufgelisteten Berechnungsmöglichkeiten kann der Anwender mittels einer Übersichtstabelle die Kosten pro Artikel darstellen. Die Transparenz der Kosten schafft eine konstruktive Grundlage, die als Basis für die Entscheidung über das weitere Vorgehen dienen kann. Tabelle 5 zeigt eine beispielhafte Darstellung der Ergebnisse.

Tabelle 5: Gesamtübersicht der Kosten zu einem Artikel

Aktion	Unkosten	% von der Weiterlagerung	Gesamtkosten	% von der Weiterlagerung
Weiterlagerung	x_1	100%	y_1	100%
Verschrottung	x_2	$x_2 \times 100 / x_1$	y_2	$y_2 \times 100 / y_1$
Verkauf	x_3	$x_3 \times 100 / x_1$	y_3	$y_3 \times 100 / y_1$
Nacharbeit	x_4	$x_4 \times 100 / x_1$	y_4	$y_4 \times 100 / y_1$

Da der Artikel auch bei fehlender Entscheidung weiter gelagert wird, wird die Weiterlagerung in Tabelle 5 als Grundwert mit 100% gesetzt. Bei Unkosten und Gesamtkosten wird empfohlen, einen prozentualen Vergleich vorzunehmen, um dadurch den Unterschied pro Aktion zu sehen, aber auch, um die Auswirkung der hinzugefügten Kosten bzw. Erlöse zu betrachten. Diese Tabelle bietet eine Grundlage für die Entscheidung, ob mit einer Durchführung der ausgewählten Aktion der Bestand eines Artikels entweder reduziert oder weiter gelagert wird.

4.2 Algorithmus zur Bestimmung der Bestellmenge

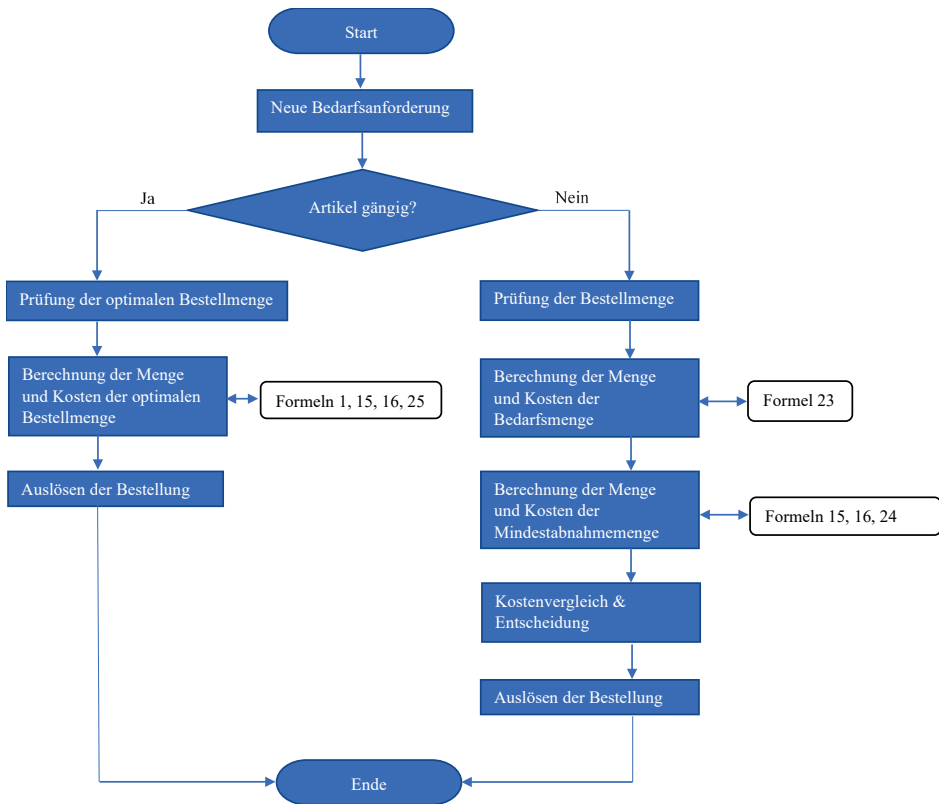
Wie bereits in der Einführung geschrieben, beschäftigt sich diese Arbeit mit der Lagerbestandsoptimierung sowie mit der Bestimmung der Bestellmenge. In Abbildung 8 ist das Verfahren hierzu dargestellt.

Mit einer neuen Bestellanforderung schlägt das ERP-System vor, eine Bestellung aufgrund eines neuen Bedarfs auszulösen. Dies ist der Grund, warum der gesamte Prozess gestartet wird. Als erstes ist zu klären, ob der Artikel ein gängiges Teil ist. Weitere im ERP-System ersichtliche oder fehlende Bedarfe über einen längeren Zeitraum können hierzu eine Antwort liefern. Falls die Frage „Ist der Artikel gängig?“ mit „ja“ beantwortet wird, kann mit der Formel 1 die optimale Bestellmenge kalkuliert werden. In den meisten Fällen übernimmt diesen Schritt das ERP-System. Es schlägt dem Anwender die optimale Menge vor, die im nächsten Schritt bestellt wird.

Andernfalls, wenn die Frage bzgl. der Gängigkeit verneint wird, erfolgt die Prüfung der Bestellmenge für ungängige Artikel. Als erstes kann die Kostenberechnung des tatsächlichen Bedarfs erfolgen. Wenn die Bedarfsmenge unter der Mindestabnahmemenge liegt, entstehen eventuell Zusatzkosten für den Käufer, die bei der Kalkulation zu berücksichtigen sind.

Im weiteren Verlauf können die Einkaufskosten für die Abnahme der Mindestmenge ermittelt werden. Falls die Mindestabnahmemenge höher als die tatsächliche Bedarfsmenge ist, können die Unkosten für die Restmenge berechnet werden. Folglich werden die Opportunitätskosten der Restmenge und die dazugehörigen Unkosten addiert, um die gesamten Verlustkosten der Lagerrestmenge zu ermitteln.

Die Formeln zu den Berechnungen werden detailliert im nächsten Unterkapitel vorgestellt. Alle Ergebnisse werden in einer Tabelle aufgezeigt, die im späteren Verlauf präsentiert wird. Die Übersicht ermöglicht einen direkten Kostenvergleich, um eine Entscheidung über die effizienteste Bestellmenge treffen zu können. Abschließend erfolgt die Bestellung der festgelegten Menge. Die Ausführung dieses Schrittes schließt den Prozess ab.

Abbildung 8: Algorithmus zur Bestimmung der Bestellmenge

4.2.1 Formeln zur Bestimmung der Bestellmenge

Im Vergleich zu den gängigen Teilen haben zum Teil ungängige Artikel geringe oder keine Bedarfsprognosen. Dadurch ist die Bestimmung der optimalen Bestellmenge über die bereits erwähnte Formel 1 im Kapitel 2.1 nicht möglich, weil diese bei ungängigen Teilen kein zuverlässiges Ergebnis liefert. Formel 1 setzt einen langfristigen Bedarf ohne Schwankungen voraus. Aus dem genannten Grund wird in diesem Unterkapitel die Ermittlung der Bestellmenge bei ungängigen Artikeln über andere Vorgehensweise vorgestellt. Es werden die tatsächliche Bedarfsmenge und Mindestbestellmenge miteinander verglichen. Es soll geprüft werden, welche der möglichen Bestellmengen am kostengünstigsten für das Unternehmen ist.

Um eine betriebswirtschaftliche Entscheidung zu treffen und diese mit einem mathematischen Modell belegen zu können, wird hier ein Lösungsansatz vorgestellt. Dieser basiert auf der Betrachtung aller anfallenden Kosten.

4.2.1.1 Bestimmung der Bestellmenge für ungängige Artikel

Als erstes wird vorgeschlagen, die Einkaufskosten für die Bedarfsmenge zu berechnen. Hierzu müssen neben den Einkaufskosten auch fixe Bestellkosten sowie Zusatzkosten, beispielsweise Rüstkosten, berücksichtigt werden, siehe Formel 23.

Formel 23: Einkaufskosten bei Bedarfsmenge (EK Bed.Me)

$$\text{EK Bed. Me} = (\text{Bedarfsmenge} \times \text{Preis/Stk.}) + \text{Zusatzkosten} + \text{fixe Bestellkosten} \quad (23)$$

Dabei belaufen sich die Unkosten sowie die Gesamtkosten der Lagerrestmenge auf 0€, da die eingekaufte Menge innerhalb kurzer Zeit bis zum letzten Stück aufgebraucht wird.

Als nächstes wird die Mindestabnahmemenge betrachtet. Für die Berechnung der Einkaufskosten bei einer Bestellung der Mindestbestellmenge (EK MiMe) ist die Mindestabnahmemenge mit dem Preis pro Stück zu multiplizieren. Zusätzlich werden fixe Bestellkosten hinzugerechnet, wie in Formel 24 dargestellt ist.

Formel 24: Einkaufskosten bei Mindestabnahmemenge (EK MiMe)

$$\text{EK MiMe} = (\text{Mindestabnahmemenge} \times \text{Preis/Stk.}) + \text{fixe Bestellkosten} \quad (24)$$

Das eingesetzte Kapital für den Einkauf der Mindestabnahmemenge wird zum Teil durch den Verbrauch reduziert und zum Teil im Lager über den Zeitraum x gelagert und somit gebunden. Zur Berechnung der Restmenge ist von der Mindestabnahmemenge die tatsächliche Bedarfsmenge abzuziehen und mit dem Einkaufspreis zu multiplizieren. Für die gebundene Summe können die Unkosten nach Formel 15 kalkuliert werden.

Die gesamten Verlustkosten der Lagerrestmenge können mit Formel 16 ermittelt werden, indem zu den Unkosten der nicht verbrauchten Menge die Opportunitätskosten hinzugerechnet werden.

Die Ergebnisse der vorgestellten Kalkulationen können wie in Tabelle 6 dargestellt werden. Die Tabelle beinhaltet pro Bedarfsart die Menge, deren Einkaufskosten, die Unkosten und die gesamten Verlustkosten der Lagerrestmenge.

Tabelle 6: Vergleich der Kosten bei ungängigen Teilen

Arten des Bedarfs	Menge	Einkaufskosten	Unkosten für Lagerrestmenge	Gesamte Verlustkosten der Lagerrestmenge
Bedarfsmenge	x_1	Formel 23	= 0	= 0
Mindestabnahmemenge	x_2	Formel 24	Formel 15: Lagerungskosten	Formel 16: Gesamte Verlustkosten

Je nach Unternehmen kann vereinbart werden, welche Kosten ausschlaggebend für die Entscheidung sind. Ausgehend von den Einkaufskosten kann dies dazu führen, dass der Einkauf der Mindestabnahmemenge am wirtschaftlichsten ist. Jedoch wird die eingekaufte, aber nicht verbrauchte Menge Lagerzins-, Lagerhaltungs- und Transaktionskosten verursachen sowie Kapital binden. Aus diesem Grund sollen nicht nur die Einkaufskosten, sondern auch die Unkosten für die Restmenge in Betracht gezogen werden.

4.2.1.2 Bestimmung der Bestellmenge für gängige Artikel

Für gängige Artikel wird die optimale Bestellmenge nach der Formel 1 berechnet, siehe hierzu Kapitel 2.1. Die Formel geht von einer festen Auftragsmenge pro Periode aus und berechnet hierfür die optimale Stückzahl. Diese ermittelte Menge pro Bestellung kann über der Bedarfsmenge der Fertigung liegen. Die

Differenzmenge wird bis zum nächsten Verbrauch eingelagert. Für die berechnete optimale Bestellmenge können die Einkaufskosten mittels Formel 25 berechnet werden.

Formel 25: Einkaufskosten bei optimaler Bestellmenge (EK opt. BeMe)

$\text{EK opt. BeMe} = (\text{opt. BeMe} \times \text{Preis/Stk.}) + \text{fixe Bestellkosten} \quad (25)$
--

Für die Differenzmenge, die bis zum nächsten Bedarf der Fertigung eingelagert wird, können die Unkosten mittels Formel 15 kalkuliert werden.

Zur Berechnung der gesamten Verlustkosten werden zu den vorher ermittelten Unkosten die Opportunitätskosten addiert, weil über den Zeitraum der Einlagerung der Ware das Kapital gebunden ist und keinen Erlös einbringt. Der Berechnungsvorgang ist in Formel 16 abgebildet.

Die Entscheidung liegt zwischen der Bestellung des tatsächlichen Bedarfes, der Mindestabnahmemenge und der errechneten optimalen Menge. Auch hier kann Transparenz der Kosten mittels einer Tabelle geschaffen werden. Tabelle 7 bietet eine beispielhafte Darstellung der Ergebnisse.

Tabelle 7: Vergleich der Kosten bei gängigen Teilen

Arten des Bedarfs	Menge	Einkaufskosten	Unkosten für Lagerrestmenge	Gesamte Verlustkosten der Lagerrestmenge
Bedarfsmenge	x_1	Formel 23	= 0	= 0
Mindestabnahmemenge	x_2	Formel 24	Formel 15: Lagerungskosten	Formel 16: Gesamte Verlustkosten
Optimale Bestellmenge	x_3	Formel 25	Formel 15: Lagerungskosten	Formel 16: Gesamte Verlustkosten

Die optimale Bestellmenge ermöglicht es dem Unternehmen, den Zielkonflikt zwischen der Menge, Bestell- und Lagerhaltungskosten zu lösen.

Abschließend ist zu erwähnen, dass der obsoleete Bestand, der durch die Bestellung höherer Mengen als dem tatsächlichen Bedarf entsprechenden entsteht und somit nicht über die Kundenabrufe verbraucht wird, im Nachgang mit Hilfe der Berechnungsmethoden aus dem Kapitel 4.1 analysiert und eventuell reduziert werden kann.

4.3 Auswirkung der Unkosten auf die Transaktionskosten und Wertschöpfung

Die Kalkulation der Transaktionskosten für die Durchführung von beispielsweise einer Nacharbeit gestaltet sich als schwierig, da es hierzu auch in der Literatur keine genauen Formeln gibt und somit eine einheitliche Vorgehensweise fehlt. Die komplette Nichtbeachtung dieser Kosten führt zur Verfälschung der Ergebnisse, die dadurch positiver ausfallen. Ein möglicher Ansatz zur Berechnung der Transaktionskosten ist die Ableitung der Wertansätze. Wie in Tabelle 8 dargestellt, werden die möglichen anfallenden Kostenarten zu dem jeweiligen Vorgang festgehalten, beispielsweise Entscheidungskosten. Die Entscheidung über die Nacharbeit trifft in der Regel das Management. Daraus folgt der Aufwand aufgrund von anfallenden Personalkosten des Managements. Nach diesem Prinzip können alle möglichen Handlungsaktivitäten und deren Kosten berücksichtigt werden. Suchkosten beinhalten den Aufwand, der aufgrund der Suche nach einem möglichen Abnehmer der zum Verkauf stehenden Ware entsteht.⁹¹

⁹¹ Vgl. Keuper, 2008, S. 156–158.

Tabelle 8: Ableitung der Transaktionskosten

Leistung	Transaktionskosten- art	Wertansatz
Nacharbeit	Entscheidungskosten	Personalkostensatz (Management- ebene)
	Abwicklungskosten	Materialkosten, Nutzungskosten der Anlage (fräsen, bohren)
Verkauf	Suchkosten	Personalkostensatz (Mitarbeiter)
	Abwicklungskosten für Verhandlungen, Vertrag	Personalkostensatz (Mitarbeiter)
	Entscheidungskosten	Personalkostensatz (Management- ebene)
	Abwicklungskosten im Lager und Versand	Personalkostensatz (Mitarbeiter)

Quelle: In Anlehnung an Keuper, 2008, S. 156

In Kapitel 2.2 wurde bereits erklärt, dass die Transaktionskosten das Wertschöpfungsergebnis beeinflussen. Um die gesamte Wertschöpfung zu berechnen, müssen die Aufwendungen zur Bereinigung der Lagerbestände in die Kalkulation aufgenommen werden. Die Abbildung 9 enthält die Formel zur Berechnung der Wertschöpfung. Die zusätzlichen, nicht wertschöpfenden Ausgaben wie beispielsweise Weiterlagerungskosten, Verschrottungskosten oder Nacharbeit sowie die Transaktionskosten zählen zu den Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe.⁹²

⁹² Vgl. von Regius, 2002, S. 72.

Abbildung 9: Ermittlung der Wertschöpfung

+ Umsatzerlöse
+ Erhöhung des Bestandes an fertigen und unfertigen Erzeugnissen
– Verminderung des Bestandes an fertigen und unfertigen Erzeugnissen
+ selbsterstellte Anlagen
= Gesamtleistung
+ sonstige Erträge
= Unternehmensleistung
– Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe
– fremde Aggregate
– Dienstleistungen
= Bruttowertschöpfung
– Abschreibungen
= Wertschöpfung (Nettowertschöpfung)

Quelle: Kraut, 2002, S. 224

Die Lagerung der Artikel wird als eine Verschwendung von vielen vorhandenen gesehen.⁹³ Alle gelagerten Artikel beanspruchen Lagerplatz. Durch längere Lagerdauer können die Artikel verschmutzt werden. Zudem, wie bereits in Kapitel 4.1 aufgezeigt, sind weitere nicht wertschöpfende Tätigkeiten notwendig, um den Bestand der gelagerten Artikel ohne Verbrauch zu reduzieren.⁹⁴

Je höher die Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe sowie Zusatzkosten ausfallen, desto geringer ist das Ergebnis der Wertschöpfung. Die rechtzeitige Kalkulation der optimalen Bestellmenge bei Beachtung der anfallenden Unkosten leistet einen positiven Beitrag zur Reduzierung der Aufwendungen und wirkt sich dadurch vorteilhaft auf die Wertschöpfung aus. Die Betrachtung der möglichen Vorgehensweisen bei nicht wertschöpfenden Lagerbeständen und die mathematische Bewertung der Unkosten ermöglichen es, die effizientere Entscheidung in Bezug auf eine Steigerung der Wertschöpfung zu treffen.

⁹³ Vgl. Woratschek, 2015, S. 17 ff., Tomanek, 2018, S. 9 ff.

⁹⁴ Vgl. Ohno, 1993, S. 46 f.

4.4 Verwendung der Methoden bei Einzelauftrags- und Massenfertigung

In diesem Unterkapitel wird geprüft, ob die vorgestellten Berechnungsmethoden sowie das ganze Verfahren auf unterschiedliche Produktionstypen, wie Einzelauftrags- und Massenfertigung, anwendbar sind.

Bei Einzelfertigung handelt es sich um „Produkte als Einzelstücke oder in geringen Stückzahlen nach kundenspezifischen Anforderungen“.⁹⁵

Das geringe Einkaufsvolumen zur Erfüllung des Auftrages macht es dem Einkäufer schwer, mit dem Lieferanten über einen Preisnachlass zu verhandeln. Je nach Größe des Auftrages können die Komponenten einmalig oder durch mehrere kleine Teillieferungen transportiert werden. Da der Auftrag nach Kundenwunsch produziert wird, enthält das Produkt fixe und variierbare Bauteile. Fixe Bauteile werden in unterschiedlichen Kundenaufträgen eingesetzt, worunter beispielsweise Kabel oder Schrauben fallen. Dagegen entsprechen variierbare Teile genau dem Kundenwunsch. Deren Menge wird ausschließlich für diesen einen Auftrag eingekauft. Eine stück- bzw. metergenaue Menge abzunehmen, kann dazu führen, dass es nicht zur Auftragserfüllung ausreicht, aufgrund von Faktoren wie Fehlern des Mitarbeiters, Verschnitt oder Verschleiß. Dies können einige der Gründe dafür sein, warum nach dem Auftragsabschluss in der Einzelauftragsfertigung einige Artikel zum Teil oder völlig ungängige Bestände aufweisen. Die in Kapitel 4.1 vorgestellten Lösungsmethoden zur Bestandsreduzierung sowie zur Bestimmung der Bestellmenge können bei der Einzelauftragsfertigung eingesetzt werden.⁹⁶

Dagegen wird bei der Massenfertigung eine hohe Stückzahl produziert, die parallel von vielen Kunden abgenommen werden kann. Die kontinuierliche Produktion ohne Rüstkosten bei stetiger, hoher Stückzahl ermöglicht es, das Produkt zum niedrigen Preis anzubieten.⁹⁷ Die hohe Stückzahl spielt bereits bei den Einkaufsverhandlungen mit dem Lieferanten eine Rolle. Der konstante Verbrauch der Produktion ermöglicht eine effiziente Planung der Anlieferungen, der Transportkosten sowie der Bestände. Die optimale Bestellmenge kann mit der Formel 1 aufgrund langer Bedarfsprognosen ohne Schwankungen errechnet werden. Die Massenfertigung bringt geringe Variantenvielfalt mit sich. Dadurch haben die

⁹⁵ Berndt, 1998, S. 355.

⁹⁶ Vgl. Wenger, 2011, S. 178 ff.

⁹⁷ Vgl. Padberg, 2010, S. 105; Töpfer, 2005, S. 978 ff.

Hersteller wenige ähnliche Produkte auf Lager, was zur regelmäßigen Umschlagshäufigkeit der Produkte führt und den Anteil der excess und obsoleten Artikel reduziert. Die Umstellung eines Materials auf ein anderes, beispielsweise aufgrund von technischen Umständen, kann mittels gut geplanter Auslaufsteuerung ermöglicht werden.⁹⁸

Sofern bei der Massenfertigung durch die Bestandsanalyse zum Teil ungängige oder völlig ungängige Artikel entdeckt werden, können diese nach dem bereits im Kapitel 4.1 beschriebenen Verfahren analysiert werden. Die Art des Fertigungsverfahrens, die zu diesem Bestand geführt hat, spielt keine Rolle.

⁹⁸ Vgl. Yagyu, 2011, S. 17 ff.

5 Fallstudie

In diesem Kapitel werden die erarbeiteten Methoden aus Kapitel 4 anhand von Zahlenbeispielen auf ihre Funktionsfähigkeit geprüft. Zuerst erfolgt die Anwendung der vorgestellten Berechnungsmodelle zur Warenbestandsreduzierung. Im nächsten Schritt findet mittels eines anderen Beispiels die Kalkulation zur Bestimmung der Bestellmenge bei ungängigen und gängigen Artikeln statt. Abschließend wird durch ein fiktives Zahlenbeispiel die Auswirkung der Transaktionskosten auf die Wertschöpfung dargestellt. Die Anwendungsbeispiele werden mithilfe von mehreren Artikeln durchgeführt, um dem Leser den Nutzen der erarbeiteten Modelle näher zu bringen. Zusätzlich erfolgt die Bewertung der Ergebnisse sowie deren kritische Betrachtung.

5.1 Ausgangssituation

Mit folgenden quantifizierenden Berechnungsbeispielen soll aufgezeigt werden, dass die Forschungslücke mittels gewonnener Erkenntnisse aus dem vorherigen Kapitel geschlossen werden kann. Diese Fallstudie bezieht sich auf ein mittelständisches Unternehmen, welches auf dem europäischen Markt als Zulieferer für Bus- und Bahnindustrien agiert. Das Unternehmen hat sich auf die Herstellung der Sitze bzw. Sitzsysteme spezialisiert. Am zentralen Standort in Bayern werden hauptsächlich Bahnsitze entwickelt und produziert. Jeder gewonnene Auftrag ist ein Kundeneinzelauftrag. Der Kunde kann entweder sein Wunschprodukt aus dem Portfolio auswählen oder die Vorstellungen und Wünsche an die Entwicklungsabteilung äußern, die in enger Abstimmung mit dem Kunden die Wünsche realisiert. Das Unternehmen ist der Branche Metallhandwerk untergeordnet. Die Bezahlung entspricht der ERA-Tariftabelle der IG-Metall.

Der Wagen eines Zuges kann mit bis zu 74 Sitzen ausgestattet werden. Die Sitze haben eine breite Variantenvielfalt: Klappsitze, Sitze 1. Klasse aus Leder mit zwei Armlehnen und breiter Sitzfläche, Sitze 2. Klasse aus Stoff mit und ohne Armlehne, Klapp Tisch, Zeitungsnetz, Fußstützen, Steckdosen, Leseleuchten, Kopfhöreranschlüsse etc.⁹⁹ Die Anzahl der Wagen pro Zug variiert je nach Zugtyp und dessen Einsatzgebiet.¹⁰⁰

⁹⁹ Vgl. ice-fansite, o. J., o. S.

¹⁰⁰ Vgl. Deutsche Bahn, o. J., o. S.

Bei einem neuen Auftrag hat sich ein Kunde für sein Projekt ein Granulat gewünscht, welches vom Sitzhersteller bis dato nie verwendet wurde. Das Granulat wurde in eine vom Kunden bestimmte Farbe eingefärbt, um daraus Rückenabdeckungen für die Sitze herstellen zu können. Der durchschnittliche Marktpreis des Rohstoffes lag im August 2019 bei 2.000€ pro Tonne.¹⁰¹ Die vorgeschriebene Mindestabnahmemenge des Lieferanten betrug 10 Tonnen. Der Kundeneinzelauftrag wurde mit einer Restmenge an Granulat in Höhe von 5 Tonnen abgeschlossen. Die Analyse des Lagerbestandes hat ergeben, dass das Granulat ein völlig ungängiger Artikel ist, weil Bedarfe über weitere Abnahmemengen oder Ersatzteilbedarfe nicht bekannt sind. Für andere Kundenaufträge konnte das Material nicht verwendet werden, aufgrund des fehlenden Kundenwunsches. Der Sitzhersteller ist auf der Suche nach einer wirtschaftlichen Lösung für das Unternehmen, um das bislang gebundene Kapital freizusetzen.

Folgende Angaben werden für die nächsten Kalkulationen benötigt: Einstandspreis 2.000,00€/t, Lagerbestandsmenge 5t; die Lagerdauer wird mit 360 Tagen angesetzt. Im Januar 2020 lag der Zinssatz für Kredite von bis zu einem Jahr an Unternehmen bei 2,20%.¹⁰² Ein Lagermitarbeiter ohne Ausbildung kostet dem Arbeitgeber bei der Entgeltgruppe 3a und 35 Stunden-Woche ca. 25,00€ pro Stunde inklusive Zusatzleistungen.¹⁰³ Ein Materialdisponent mit einschlägiger abgeschlossener Berufsausbildung kostet dem Arbeitgeber bei der Entgeltgruppe 5 ca. 30,00€ pro Stunde.¹⁰⁴ Daraus resultiert ein durchschnittlicher Stundensatz von 27,50€ pro Stunde.

Für die Berechnungen werden folgende Annahmen getroffen: Der Lagerkostensatz beträgt 9% bei Lagerkosten in Höhe von 150.000,00€. Die Verkaufsmarge wird mit 10% angesetzt. Die angenommenen Transportkosten belaufen sich auf 150,00€. Die Transaktionsdauer wird mit 2 Stunden angesetzt. Weitere notwendige Informationen zu den Kalkulationen werden im Laufe der Arbeit vervollständigt.

¹⁰¹ Vgl. Probst, 2019, S. 3.

¹⁰² Vgl. Deutsche Bundesbank, 2020, S. 2.

¹⁰³ Vgl. igmetall.de, 2018, S.1.

¹⁰⁴ Vgl. ebd., S.1.

5.1.1 Berechnung der Weiterlagerungskosten

Die Berechnung der Kosten erfolgt gemäß Formel 15:

$$\begin{aligned}
 \text{LK} &= \text{Lagerzinskosten} + \text{Lagerhaltungskosten} + \text{Transaktionskosten} \\
 &= (\text{Menge} \times \text{Preis/Stk.} \times \text{Lagerzinssatz}) + (\text{Menge} \times \text{Preis/Stk.} \times \text{Lagerkostensatz}) \\
 &\quad + (\Sigma h \times \text{Preis/Std.}) \\
 &= (5t \times 2.000,00\text{€/t} \times 2,20\%) + (5t \times 2.000,00\text{€/t} \times 9\%) + (2 \text{ Std.} \times 25,00\text{€/Std.}) \\
 &= 220,00\text{€} + 900,00\text{€} + 50,00\text{€} \\
 &= 1.170,00\text{€}
 \end{aligned}$$

Somit verursacht die Weiterlagerung des Artikels Unkosten in Höhe von 1.170,00€ im Jahr. Zur Berechnung der gesamten Verlustkosten bei weiterer Lagerung des Artikels kann Formel 16 herangezogen werden:

$$\begin{aligned}
 \text{VKg} &= \text{LK} + (\text{geb. Kapital} \times \text{Verkaufsmarge} \%) \\
 &= 1.170,00\text{€} + (5t \times 2.000,00\text{€/t} \times 10\%) \\
 &= 1.170,00\text{€} + 1.000,00\text{€} \\
 &= 2.170,00\text{€}
 \end{aligned}$$

Die weitere Lagerung des Artikels generiert Opportunitätskosten in Höhe von 1.000,00€. Somit verursacht sie über einen Zeitraum von einem Jahr ca. 22% an gesamten Verlustkosten vom Warenwert, die bei fehlender Analyse nicht entdeckt werden.

In bestimmten Branchen kann der gelagerte Bestand einen Vorteil haben, wenn dieser stark von den Preisschwankungen beeinträchtigt wird. Bei einer Preissteigerung haben die Unternehmen mit einem vorhandenen Bestand einen höheren Gewinn.

5.1.2 Berechnung der Verschrottungskosten

Die Kalkulation kann mittels der Formel 17 erfolgen. Die Transaktionskosten werden mit dem Durchschnittswert von 27,50€/Std. angesetzt, da nicht nur der Lagermitarbeiter, sondern auch ein Disponent in diesen Prozess involviert ist. Der

Preis pro Tonne zur Verwertung beträgt im Durchschnitt 500,00€/t.¹⁰⁵ Die Unkosten der Verschrottungsaktion werden mit Formel 17 ermittelt:

$$\begin{aligned}
 \text{VsK} &= \text{Transaktionskosten} + \text{Transportkosten} + \text{Abfallgebühren} - \\
 &\quad \text{Wieder- u. Weiterverwertungsertrag} \\
 &= (\Sigma h \times \text{Preis/Std.}) + (\text{Transportkosten}) + (\text{Gewicht} \times \text{Preis/ME}) - (\text{Ertrag}) \\
 &= (2 \text{ Std.} \times 27,50\text{€/Std.}) + 150,00\text{€} + (5\text{t} \times 500,00\text{€/t}) - 0,00\text{€} \\
 &= 55,00\text{€} + 150,00\text{€} + 2.500,00\text{€} \\
 &= 2.705,00\text{€}
 \end{aligned}$$

Die Einrechnung des zu verschrottenden Warenwertes zu den berechneten Unkosten gestattet eine ganzheitliche Betrachtung der Kosten mit Hilfe von Formel 18. Die eventuell anfallenden Werkzeug- und Herstellungskosten sind auch zu den Unkosten und dem Restwert zu addieren.

$$\begin{aligned}
 \text{VsKg} &= \text{VsK} + \text{Warenwert} + \text{Werkzeug- u. Herstellungskosten} \\
 &= 2.705,00\text{€} + (5\text{t} \times 2.000,00\text{€/t}) + 0,00\text{€} \\
 &= 12.705,00\text{€}
 \end{aligned}$$

Der Vergleich der Ergebnisse bei Weiterlagerung sowie Verschrottung zeigt auf, dass die Unkosten für die Verschrottung höher ausfallen als die Unkosten bei weiterer Lagerung für ein Jahr. Die gesamten Verschrottungsausgaben ergeben einen höheren Betrag aufgrund des Warenwertes, der durch die Aktion verloren geht.

5.1.3 Berechnung der Verkaufskosten

Die Transaktionskosten belaufen sich durchschnittlich auf 27,50€ pro Stunde. Für die Verpackung werden 8 Europaletten benötigt, da der Artikel in 25kg Säcken verpackt ist. Der Preis pro Palette beträgt 13,50€.¹⁰⁶ Der Artikel kann zur Hälfte des Einkaufspreises an einen Käufer veräußert werden. Die Kostenermittlung erfolgt nach der Formel 19:

¹⁰⁵ Vgl. EUWID, 2018, S. 1.

¹⁰⁶ Vgl. bb-verpackungsshop, o. J., o. S.

$VKz = \text{Transaktionskosten} + \text{Transportkosten} + \text{Verpackungskosten} - \text{Verkaufserlös}$

$$= (\sum h \times \text{Preis/Std.}) + (\text{Transportkosten}) + (\text{Stk.} \times \text{Preis/Stk.}) - (\text{Gewicht} \times \text{Preis/ME})$$

$$= (2 \text{ Std.} \times 27,50\text{€/Std.}) + 150,00\text{€} + (8 \times 13,50\text{€}) - (5t \times 2000,00\text{€/t} / 2)$$

$$= 55,00\text{€} + 150,00\text{€} + 108,00\text{€} - 5.000,00\text{€}$$

$$= -4.687,00\text{€}$$

Der negative Wert sagt aus, dass hier keine Unkosten entstehen, weil durch den Verkauf ein höherer Erlös als Verlust erzielt wird. Um die gesamten Kosten bewerten zu können, wird im nächsten Schritt zu den Unkosten der Einkaufsbetrag hinzugerechnet, wie aus Formel 20 zu entnehmen ist.

$$VKg = VKz + \text{Warenwert} + \text{Werkzeug- u. Herstellungskosten}$$

$$= -4.687,00\text{€} + (5t \times 2.000,00\text{€/t}) + 0,00\text{€}$$

$$= 5.313,00\text{€}$$

Die Einrechnung des Warenwertes führt zu einem Verlust.

5.1.4 Berechnung der Nacharbeitskosten

Die interne Analyse hat ergeben, dass eine Nacharbeit am Artikel, um diesen dann im Betrieb anderweitig einsetzen zu können, nicht möglich ist. Aus diesem Grund ist die Berechnung der Kosten mittels Formel 21 in diesem Fall hinfällig.

$$NaK = \text{Transaktionskosten} + \text{Transportkosten} + \text{Änderungskosten}$$

=> Aktion nicht möglich

Die Berechnung des gesamten Nacharbeitsaufwandes kann auch anhand von Formel 22 nicht erfolgen.

$$NaKg = NaK + \text{Warenwert vor Nacharbeit} - \text{Warenwert nach Nacharbeit} + \text{Werkzeug- und Herstellungskosten}$$

=> Aktion nicht möglich

Dieses Beispiel zeigt auf, dass nicht bei jedem Artikel jede Aktion durchgeführt werden kann. Je nach Spezifikation der Teile wird es schwierig, einen Abnehmer

zu finden. Der fehlende Käufer oder nicht mögliche Nacharbeitsprozess führen dazu, dass das Unternehmen nur zwischen der Weiterlagerung und der Verschrottung entscheiden muss.

5.1.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die berechneten Ergebnisse der vier Aktionen können in einer Tabelle abgebildet werden. Die in Tabelle 9 dargestellten Zahlen zeigen auf einen Blick anfallende Unkosten, Gesamtkosten pro Artikel sowie das prozentuale Verhältnis der Kosten zur Weiterlagerung. Die Weiterlagerungskosten ergeben eine Basis zur Berechnung des prozentualen Unterschiedes zwischen den Optionen.

Tabelle 9: Gegenüberstellung der Kosten zu einem Artikel

Aktion	Unkosten	% von der Weiterlagerung	Gesamtkosten	% von der Weiterlagerung
Weiterlagerung	1.170,00€	100%	2.170,00€	100%
Verschrottung	2.705,00€	231%	12.705,00€	585%
Verkauf	- 4.687,00€	-401%	5.313,00€	245%
Nacharbeit	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich

Aus diesem Beispiel wird deutlich, dass bei der Betrachtung nur anfallender Unkosten pro Option der Verkauf aufgrund des Verkaufserlöses ein positives Ergebnis generiert. Wenn der Artikel im ersten Jahr nicht weitergelagert, sondern verkauft wird, bringt es dem Unternehmen ein Plus von 4.687,00€. Wenn jedoch die Gesamtausgaben inkl. Opportunitätskosten sowie dem Warenwert in die Kalkulation miteinbezogen werden, verändert sich das ganze Bild. In diesem konkreten

Beispiel sticht die Weiterlagerung mit den geringsten Gesamtkosten heraus. Hingegen sind die Kosten bei der Verschrottungsaktion um das 6-fache höher als die Weiterlagerungskosten. Trotz des positiven Ertrages bei der Kalkulation der Unkosten bei der Verkaufsoption, steigen die Gesamtkosten aufgrund des Warenwertes.

Die Analyse des Artikels hat ergeben, dass die Weiterlagerung des ungängigen Bestandes im Betrachtungszeitraum von einem Jahr die günstigste Lösung für das Unternehmen ist. Der Vorteil dieses Ansatzes ist die Verfügbarkeit des Gutes bei unvorhersehbarem Kundenbedarf. Jedoch kann der Betrachtungszeitraum verlängert werden, um die Entwicklung der Kosten zu beobachten. Ausgehend von gleichbleibendem Bestand und dessen Weiterlagerung über die nächsten 2 Jahre kann in Tabelle 10 die Steigerung der Kosten verzeichnet werden.

Tabelle 10: Entwicklung der Kosten nach 2 Jahren

Aktion	Gesamtkosten bei 1 Jahr	Gesamtkosten bei 2 Jahren	Steigerung der Kosten zum Vorjahr
Weiterlagerung	2.170,00€	4.340,00€	+100%
Verschrottung	12.705,00€	12.705,00€	0%
Verkauf	5.313,00€	5.313,00€	0%
Nacharbeit	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich

Bei einer Weiterlagerung von 2 Jahren verdoppeln sich die Kosten aufgrund von anfallenden Lagerzins-, Lagerhaltungs-, Transaktions- sowie Opportunitätskosten. Dagegen fallen die Verschrottungs- oder Verkaufsaktion einmalig bei der Durchführung an. Dennoch ist auch nach 2 Jahren die Weiterlagerung die vergleichsweise günstigste Variante. Wenn jedoch der Artikel insgesamt 5 Jahre gelagert wird, steigen die Kosten der Lagerung um das 5-fache und erreichen beinahe das Niveau der gesamten Verschrottungskosten, wie aus Tabelle 11 zu entnehmen ist.

Tabelle 11: Entwicklung der Kosten nach 5 Jahren

Aktion	Gesamtkosten bei 1 Jahr	Gesamtkosten bei 5 Jahren	Steigerung der Kosten nach 5 Jahren
Weiterlagerung	2.170,00€	10.850,00€	+500%
Verschrottung	12.705,00€	12.705,00€	0%
Verkauf	5.313,00€	5.313,00€	0%
Nacharbeit	nicht möglich	nicht möglich	nicht möglich

Für den Fall, dass die Weiterlagerung die wirtschaftlichste Lösung im ersten Jahr ist, muss die weitere Entwicklung der Kosten betrachtet werden. Das Beispiel zeigt, dass bereits nach einer Lagerung des Artikels von ca. 2,5 Jahren das Unternehmen zwischen der Weiterlagerung und dem Verkauf entscheiden muss, weil das Kostenlevel der beiden Optionen gleich ist. Nach 5 Jahren übersteigen die gesamten Weiterlagerungskosten die Verkaufskosten um 100%. Eine Lagerungsdauer von 6 Jahren macht die Weiterlagerung zu der ineffizientesten Entscheidung. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Bestandsanalyse und die Berechnungen jedes Jahr zu erfolgen haben. Wenn im ersten Jahr die Weiterlagerung als günstigste Variante ermittelt wird, ist es empfehlenswert, mittels weiterer Kalkulationen zu bestimmen, ab wann dies nicht mehr der Fall ist, um sich eventuell vom Bestand über Verkauf, Verschrottung oder Nacharbeit zu trennen.

Die Kalkulation dieser Fallstudie geht immer von der Verschrottung, dem Verkauf oder der Nacharbeit des gesamten Bestandes aus. In der praktischen Anwendung des Algorithmus kann entschieden werden, ob der ganze oder nur der anteilige Bestand der Lagerbestandsreduzierung unterzogen werden soll, um das Fehlteilrisiko bei potenziellen Ersatzteilbedarfen zu reduzieren.

5.2 Anwendungsbeispiele zur Bestimmung der Bestellmenge

Allgemeine Daten aus der Ausgangssituation in Kapitel 5.1 gelten auch für die nächsten zwei Beispiele. Jedoch wird ein anderer Artikel zur Berechnung der Bestellmenge genommen. Die artikelbezogenen Informationen werden pro Berechnung im Laufe der Arbeit vervollständigt.

5.2.1 Beispiel zur Berechnung der Bestellmenge für ungängige Artikel

Für ein demnächst auslaufendes Projekt ist der letzte Bedarf der Haltegriffe von insgesamt 20 Stück vorhanden. Der Einkaufspreis liegt bei 15,00€ pro Stück. Die Mindestbestellmenge beträgt 50 Stück. Bei einer Abnahme von weniger als 50 Stück werden Rüstkosten in Höhe von 10,00€ pro Stück belastet, siehe Anhang I. Die fixen Bestellkosten betragen 150,00€.

Als erstes findet anhand der Formel 23 die Ermittlung der Einkaufskosten der Bedarfsmenge statt.

$$\begin{aligned} \text{EK Bed.Me} &= (\text{Bedarfsmenge} \times \text{Preis/Stk.}) + \text{Zusatzkosten} + \text{fixe Bestellkosten} \\ &= (20 \text{ Stk.} \times 15,00\text{€/Stk.}) + (20 \text{ Stk.} \times 10,00\text{€/Stk.}) + 150,00\text{€} = 650,00\text{€} \end{aligned}$$

Da diese Menge der Verbrauchsmenge entspricht, werden hierfür keine Lagerungskosten entstehen.

Im nächsten Schritt findet die Kalkulation der Einkaufskosten für die Mindestabnahmemenge mit Hilfe der Formel 23 statt.

$$\begin{aligned} \text{EK MiMe} &= (\text{Mindestabnahmemenge} \times \text{Preis/Stk}) + \text{fixe Bestellkosten} \\ &= (50 \text{ Stk.} \times 15,00\text{€/Stk.}) + 150,00\text{€} = 900,00\text{€} \end{aligned}$$

Jedoch werden von den 50 Stück nur 20 Stück verbraucht. Somit werden die 30 Stück bis zum nächsten potenziellen Verbrauch eingelagert oder bleiben als völlig ungängiger Bestand im Lager. Für diese Restmenge können mittels Formel 15 die Unkosten kalkuliert werden.

Formel 15: Lagerungskosten

$$\text{Restmenge} = 50 - 20 = 30 \text{ Stk.}$$

$$\begin{aligned} \text{LK} &= \text{Lagerzinskosten} + \text{Lagerhaltungskosten} + \text{Transaktionskosten} \\ &= (30 \text{ Stk.} \times 15,00\text{€/Stk.} \times 2,2\%) + (30 \text{ Stk.} \times 15,00\text{€/Stk.} \times 9\%) + \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & (2 \text{ Std.} \times 27,50\text{€/Std.}) \\
 & = 9,90\text{€} + 40,50\text{€} + 55,00\text{€} \\
 & = 105,40\text{€}
 \end{aligned}$$

Die Ermittlung der gesamten Verlustkosten für die Lagerbestandsmenge in Höhe von 30 Stück kann mit Formel 16 ermittelt werden.

Formel 16: Gesamte Verlustkosten

$$\begin{aligned}
 \text{VKg} &= \text{LK} + (\text{geb. Kapital} \times \text{Verkaufsmarge } \%) \\
 &= 105,40\text{€} + ((30 \text{ Stk.} \times 15,00\text{€}) \times 10\%) \\
 &= 150,40\text{€}
 \end{aligned}$$

Tabelle 12 zeigt den Unterschied der Kosten zwischen der tatsächlichen Bedarfsmenge und der Mindestabnahmemenge. Die Unkosten und Verlustkosten werden für die Weiterlagerungsdauer von einem Jahr gerechnet, da der nächste Verbrauch nicht bekannt ist.

Tabelle 12: Übersicht der Kosten

Arten des Bedarfs	Menge	Ein- kaufs- kosten	Unkosten für Lager- rest- menge	Gesamte Ver- lustkosten der Lagerrest- menge
Bedarfsmenge	20	650,00€	0,00€	0,00€
Mindestabnah- memenge	50	900,00€	105,40€	150,40€

Die Darstellung zeigt, dass trotz der anfallenden Rüstkosten bei einer Abnahmemenge von weniger als 50 Stück die Einkaufskosten für die Bedarfsmenge geringer ausfallen als bei der Abnahme der Mindestbestellmenge. Wenn jedoch im Laufe der Periode eine weitere Bestellung über mindestens 11 Stück erfolgt, trägt das Unternehmen einen Verlust, denn ab 31 Stück sind die Einkaufskosten für

die Bedarfsmenge höher als für die Mindestabnahmemenge. In diesem konkreten Beispiel ist aber der Einkauf der Mindestabnahmemenge teurer, generiert zusätzliche Unkosten und bindet Kapital.

Mit einem weiteren Beispiel möchte der Verfasser aufzeigen, dass die Höhe der Zusatzkosten die Entscheidung zwischen Bedarfs- und Mindestabnahmemenge ausmachen kann. Hierzu ändern sich die Angaben über die Rüstkosten aus dem Anhang I, die für die weitere Berechnung mit 30,00€ angesetzt werden.

Berechnung der Einkaufskosten der Bedarfsmenge nach Formel 23:

$$\begin{aligned} \text{EK Bed.Me} &= (\text{Bedarfsmenge} \times \text{Preis/Stk.}) + (\text{Zusatzkosten}) + \text{fixe Bestellkosten} \\ &= (20 \text{ Stk.} \times 15,00\text{€/Stk.}) + (20 \text{ Stk.} \times 30,00\text{€/Stk.}) + 150,00\text{€} \\ &= 1.050,00\text{€} \end{aligned}$$

Aufgrund der fehlenden Restmenge fallen keine Unkosten an. Die Einkaufskosten für die Mindestabnahmemenge sowie die Unkosten der Lagerrestmenge und Verlustkosten bleiben gleich, wie im vorherigen Beispiel. In Tabelle 13 kann die Veränderung der Situation aufgrund von höheren Rüstkosten betrachtet werden.

Tabelle 13: Einkaufskosten in Abhängigkeit von Rüstkosten

Arten des Bedarfs	Menge	Einkaufskosten	Unkosten für Lagerrestmenge	Gesamte Verlustkosten der Lagerrestmenge
Bedarfsmenge	20	1.050,00 €	0,00€	0,00€
Mindestabnahmemenge	50	900,00€	105,40€	150,40€

Die Einkaufssumme der Mindestabnahmemenge inklusive der Unkosten und Opportunitätskosten fällt in Summe beinahe identisch aus, wie der Einkaufswert der

Bedarfsmenge. In diesem Beispiel ist der Kauf der Mindestabnahmemenge zu empfehlen, trotz der Lagerrestmenge.

Um die richtige Entscheidung in Bezug auf die optimale Bestellmenge treffen zu können, müssen die Ausgaben für die tatsächliche Bedarfsmenge sowie für die Mindestabnahmemenge gegenübergestellt und abgewogen werden. Die durch die Berechnung und Darstellung gegebene Transparenz zeigt die Kosten auf, an welche beim Auslösen einer Bestellung nicht immer gedacht wird.

5.2.2 Beispiel zur Berechnung der Bestellmenge für gängige Artikel

Bei einem Projekt gibt der Kunde bekannt, dass die Jahresverbrauchsmenge 500 Stück betragen wird. Im ERP-System ist bis dato ein Bedarf von 20 Stück ersichtlich. Die Mindestabnahmemenge beträgt 50 Stück. Der Einkaufspreis liegt bei 15,00€ pro Stück. Bei einer Abnahme von unter 50 Stück betragen Rüstkosten 10,00€ pro Stück, siehe Anhang II. Die fixen Bestellkosten betragen 150,00€.

Der Materialdisponent hat die Wahl zwischen der Bestellung der tatsächlichen Bedarfsmenge von 20 Stück, der Mindestabnahmemenge von 50 Stück, der errechneten optimalen Bestellmenge oder der Gesamtmenge des Auftrages in Höhe von 500 Stück.

Aufgrund der Bekanntgabe des weiteren Bedarfs kann zu diesem gängigen Artikel die optimale Bestellmenge mittels der Formel 1 berechnet werden.

$$\text{opt. BeMe} = \sqrt{[(200 \times \text{Jahresbedarf} \times \text{Fixkosten}) / (\text{Einstandspreis} \times \text{Lagerhaltungskostensatz } \%)]}$$

$$= \sqrt{[(200 \times 500 \times 150,00\text{€}) / (15,00\text{€} \times 11,2)]}$$

$$= \sqrt{[(15.000.000) / (168)]}$$

$$\approx 299 \text{ Stück}$$

Wenn davon auszugehen ist, dass der Kunde weiterhin ohne langfristige Vorausschau einzelne Bedarfe in Höhe von 20 Stück platzieren, und der Einkauf jeweils 20 Stück beim Lieferanten bestellen wird, um das Risiko eines obsoleten Bestandes zu vermeiden, so beträgt die Summe der gesamten Einkaufskosten 16.250,00€.

$$\text{EK Bed.Me} = (25 \text{ Bestellungen} \times 20 \text{ Stk.} \times 25,00\text{€/Stk.}) + (25 \text{ Bestellungen} \times 150,00\text{€ Bestellkosten})$$

$$= 16.250,00\text{€}$$

Wenn der Einkauf jedes Mal die Mindestbestellmenge abrufen, um die Rüstkosten zu vermeiden, fallen am Ende Einkaufskosten in Höhe von 9.000,00€ an.

$$\begin{aligned}\text{EK MiMe} &= (10 \text{ Bestellungen} \times 50 \text{ Stk.} \times 15,00\text{€/Stk.}) + \\ &(10 \text{ Bestellungen} \times 150,00\text{€ Bestellkosten}) \\ &= 9.000,00\text{€}\end{aligned}$$

Für den Fall, dass der Disponent dem Kunden vertraut und ohne offizielle Bestellung die ermittelte optimale Menge bestellt, fallen insgesamt 7.800,00€ an.

$$\begin{aligned}\text{EK opt. BeMe} &= (1 \text{ Bestellung} \times 299 \text{ Stk.} \times 15,00\text{€/Stk.}) + \\ &(1 \text{ Bestellung} \times 201 \text{ Stk.} \times 15,00\text{€/Stk.}) + \\ &(2 \text{ Bestellungen} \times 150,00\text{€ Bestellkosten}) \\ &= 7.800,00\text{€}\end{aligned}$$

Die Abnahme der gesamten Auftragsmenge von 500 Stück vermeidet Rüstkosten, weitere Bestellkosten, bindet aber Kapital, generiert Unkosten und ist mit dem Risiko verbunden, nicht vom Kunden abgenommen zu werden.

$$\begin{aligned}\text{EK ges. AMe} &= (1 \text{ Bestellung } 500 \text{ Stk.} \times 15,00\text{€/Stk.}) + \\ &= (1 \text{ Bestellung} \times 150,00\text{€ Bestellkosten}) = 7.650,00\text{€}\end{aligned}$$

Für jede einzelne Bedarfsart sind die Unkosten und gesamten Verlustkosten nach Formel 15 und Formel 16 zu kalkulieren.

Jedoch bedarf diese Berechnung einer genauen Betrachtung der Lagerzeitdauer der Mengen, weil diese nicht wie bei ungängigen Artikeln ein Jahr unbewegt gelagert werden. Ausgehend davon, dass der Kunde für die gesamte Auftragsmenge jeweils 20 Stück alle zwei Wochen abrufen wird, sind die Unkosten und die gesamten Verlustkosten der Lagerrestmenge dementsprechend hochgerechnet. Somit werden beispielsweise von den angelieferten 50 Stück der Mindestabnahmemenge für 30 Stück die Unkosten sowie Opportunitätskosten über einen Zeitraum von 2 Wochen kalkuliert. Die Ergebnisse der detaillierten Berechnung aus dem Anhang II sind in Tabelle 14 abgebildet.

Tabelle 14: Kosten in Abhängigkeit von der Lagermenge

Arten des Bedarfs	Menge	Einkaufskosten	Unkosten für Lagerrestmenge	Verlustkosten der Lagerrestmenge	Gesamte Kosten
Bedarfsmenge	20 × 25	16.250,00€	0,00€	0,00€	16.250,00 €
Mindestabnahmemenge	50 × 10	9.000,00€	77,60€	30,00€	9.107,60€
Optimale Bestellmenge	299 + 201	7.800,00€	266,90€	191,16€	8.258,06€
Gesamte Auftragsmenge	500	7.650,00€	456,00€	360,00€	8.466,00€

Das Gesamtergebnis zeigt, dass die Bestellung der optimalen Bestellmenge im Gegensatz zu der Bedarfsmenge die Einkaufsausgaben um ca. die Hälfte verringern wird. Die Einkaufskosten für die gesamte Auftragsmenge sind zwar niedriger als die Einkaufskosten der optimalen Menge, wenn jedoch die zusätzlich anfallenden Kosten für die Lagerung hinzugerechnet werden, ist die Bestellung der optimalen Menge die wirtschaftlichste Lösung. Die Bestellung der Bedarfsmenge über jeweils 20 Stück generiert keine weiteren Kosten, könnte jedoch aufgrund der hohen Einkaufskosten die gesamte Auftragsmenge zweifach abdecken. Mittels dieser Betrachtung und einer detaillierten Berechnung kann der Anwender die effizienteste Lösung für seine Bestellungen erarbeiten. Anzumerken ist, dass dem Anwender in der Praxis die Zeit fehlen wird, um für jede Bestellung die Kalkulationen manuell vorzunehmen. Aus diesem Grund empfiehlt sich eine Programmierung des Berechnungsvorganges, um mit wenigen Klicks eine Übersicht der Kosten zu haben.

5.3 Ermittlung der Effekte auf die Transaktionskosten und Wertschöpfung

Formel 12 zur Berechnung der Transaktionskosten wurde bereits in dieser Arbeit zur Kalkulation von Weiterlagerungs-, Verschrottungs-, Verkaufs- und Nacharbeitskosten angewendet. Die Anzahl der Stunden für die Durchführung der Aktionen wurde mit dem durchschnittlichen Stundensatz multipliziert. Die Anzahl der angesetzten Stunden ist abhängig von der Detailgenauigkeit. Ein zu hoher Transaktionsaufwand kann den Nutzen überwiegen und dadurch, im Falle einer Nacharbeit, diese als nicht rentabel erkennbar werden lassen. Eine weitere realitätsnahe Darstellung ist möglich, indem die Splittung der Transaktionen pro Mitarbeiter mit entsprechendem Stundensatz berechnet wird. Zu beachten ist, dass die Erarbeitung der Transaktionspositionen bereits eine Transaktion ist. Je länger das Unternehmen sich mit der Bestimmung der Transaktionskosten beschäftigt, desto höher ist der Aufwand für diese nicht wertschöpfende Tätigkeit. Dieser ist wiederum auf das Produkt anzurechnen, um eine realistische Darstellung der Wertschöpfung aufzeigen zu können.¹⁰⁷

Die nächsten Beispiele anhand fiktiver Zahlen zeigen die Auswirkung des zusätzlichen Aufwandes zur Reduzierung der Lagerbestände der zum Teil ungängigen sowie völlig ungängigen Artikel auf die Wertschöpfung.

In dem Beispiel beläuft sich der Wert der Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe auf 1.505.000,00€. Dieser beinhaltet alle Materialien im Lager, inklusive zum Teil ungängiger sowie völlig ungängiger Artikel. Wie in Abbildung 10 zu sehen ist, beträgt das Endergebnis 2.785.000,00€.

¹⁰⁷ Vgl. Keuper, 2008, S. 156–158.

Abbildung 10: Wertschöpfungsrechnung

+ Umsatzerlöse	5.000.000,00€
+ Erhöhung des Bestandes an fertigen und unfertigen Erzeugnissen	80.000,00€
– Verminderung des Bestandes an fertigen und unfertigen Erzeugnissen	50.000,00€
+ selbsterstellte Anlagen	10.000,00€
= Gesamtleistung	5.040.000,00€
+ sonstige Erträge	150.000,00€
= Unternehmensleistung	5.190.000,00€
– Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe	1.505.000,00€
– fremde Aggregate	50.000,00€
– Dienstleistungen	250.000,00€
= Bruttowertschöpfung	3.385.000,00€
– Abschreibungen	600.000,00€
= Wertschöpfung (Nettowertschöpfung)	2.785.000,00€

Quelle: In Anlehnung an Kraut, 2002, S. 224

Gemäß der Annahme beträgt die Gesamtsumme der zum Teil ungängigen und völlig ungängigen Artikel 100.000,00€ an Aufwendungen für RHB-Stoffe. Die Bestandssumme von 100.000,00€ wird durch 100 Artikelpositionen gebildet. Wenn davon auszugehen ist, dass diese Teile weiterhin gelagert werden, kann mittels Formel 15 ein pauschaler Betrag der Unkosten ausgerechnet werden. Für die Berechnung werden folgende Annahmen gewählt: Lagerzinssatz 2,2%, Lagerkostensatz 9%. Ein Lagermitarbeiter benötigt für die Bearbeitung eines Artikels zwei Stunden bei einem Stundensatz von 25,00€.

LK = Lagerzinskosten + Lagerhaltungskosten + Transaktionskosten

= $(100.000,00€ \times 2,2\%) + (100.000,00€ \times 9\%) + (100 \times 2 \text{ Std.} \times 25,00€)$

= 2.200,00€ + 9.000,00€ + 5.000,00€

= 16.200,00€

Dadurch steigt die Summe der Aufwendungen für RHB-Stoffe von 1.505.000,00€ auf 1.521.200,00€. Diese Erhöhung wirkt sich negativ auf die Wertschöpfung aus, wie in Abbildung 11 zu sehen ist.

Abbildung 11: Wertschöpfungsrechnung inkl. Unkosten für Weiterlagerung

+ Umsatzerlöse	5.000.000,00€
+ Erhöhung des Bestandes an fertigen und unfertigen Erzeugnissen	80.000,00€
- Verminderung des Bestandes an fertigen und unfertigen Erzeugnissen	50.000,00€
+ selbsterstellte Anlagen	10.000,00€
= Gesamtleistung	5.040.000,00€
+ sonstige Erträge	150.000,00€
= Unternehmensleistung	5.190.000,00€
- Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe	1.521.200,00€
- fremde Aggregate	50.000,00€
- Dienstleistungen	250.000,00€
= Bruttowertschöpfung	3.368.800,00€
- Abschreibungen	600.000,00€
= Wertschöpfung (Nettowertschöpfung)	2.768.800,00€

Quelle: In Anlehnung an Kraut, 2002, S. 224

Daraus resultiert eine Senkung von 0,6% der Wertschöpfung bei einer Steigerung der Unkosten von 16% für die Weiterlagerung der zum Teil ungängigen oder völlig ungängigen Artikel.

Bei der Annahme, dass die Bestellmenge der zum Teil ungängigen Artikel gemäß dem bereits vorgestellten Schema kalkuliert wird und die Bestandsreduzierung vollzogen wird, kann der Bestand in Höhe von 100.000€ mit dazugehörigen Unkosten vermieden werden. Dadurch reduziert sich die Summe der Aufwendungen um 116.200,00€, wie in Abbildung 12 zu erkennen ist.

Abbildung 12: Wertschöpfungsrechnung exkl. obsoleten Bestand

+ Umsatzerlöse	5.000.000,00€
+ Erhöhung des Bestandes an fertigen und unfertigen Erzeugnissen	80.000,00€
– Verminderung des Bestandes an fertigen und unfertigen Erzeugnissen	50.000,00€
+ selbsterstellte Anlagen	10.000,00€
= Gesamtleistung	5.040.000,00€
+ sonstige Erträge	150.000,00€
= Unternehmensleistung	5.190.000,00€
– Aufwendungen für Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffe	1.405.000,00€
– fremde Aggregate	50.000,00€
– Dienstleistungen	250.000,00€
= Bruttowertschöpfung	3.485.000,00€
– Abschreibungen	600.000,00€
= Wertschöpfung (Nettowertschöpfung)	2.885.000,00€

Quelle: In Anlehnung an Kraut, 2002, S. 224

Dies führt auf der einen Seite zu einer Reduzierung der Aufwendungen für RHB und auf der anderen Seite zu einer Steigerung des Wertschöpfungsbetrages.

Aus diesen Beispielen wird deutlich, welche erhebliche Auswirkung der nicht wertschöpfende Lagerbestand und die daraus folgenden Unkosten auf die Wertschöpfung eines Unternehmens haben. Die Vermeidung der obsoleten Bestände und die Reduzierung von bereits bestehenden obsoleten Beständen sollten aufgrund der Konsequenzen auf die Liste der wesentlichen und langfristigen Unternehmensziele gesetzt werden. Die genannten Ergebnisse zeigen Parallelen zu den Algorithmen auf, die in Kapitel 4 erarbeitet wurden. Diese unterstützen den Materialplaner dabei, die richtige Entscheidung bei der Bestellung eines selten benötigten Artikels zu machen und können bei bereits vorhandenen Lagerbeständen die effiziente Handlung anhand der Zahlen für das Unternehmen bewirken.

5.4 Kritische Betrachtung

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde versucht, einen geeigneten Algorithmus mit dazugehörigen Berechnungsmethoden zu erstellen, um die zahlenbasierten Ergebnisse zur Reduzierung des Warenbestandes im Lager und zur Bestimmung der Bestellmenge für nicht gängige sowie gängige Teile ermitteln zu können.

Ein Kritikpunkt dieser Arbeit ist die fehlende Betrachtung der Abwertung der gelagerten Artikel. In Kapitel 2.4.4 wurde aufgezeigt, dass der Wert bei zum Teil ungängigen und völlig ungängigen Artikeln nach einer bestimmten Lagerperiode ohne Verbrauch buchhalterisch abgewertet werden kann. Dadurch reduziert sich der Wert des gebundenen Kapitals und wirkt sich auf das Endergebnis aus.¹⁰⁸ In den vorgestellten Berechnungen dieser Arbeit wurde diese Thematik nicht berücksichtigt. Jedoch kann der erarbeitete Algorithmus mit den Berechnungsmethoden auch nach einer Abwertung angewendet werden.

Ein weiterer Kritikpunkt betrifft die fehlende Betrachtung der bereits längeren Lagerung. Das Verfahren sowie die Berechnungsmethoden sind für „neue“ excess bzw. obsolete Artikel ausgelegt. Die Formel befragt den Anwender nicht zu der bereits vollzogenen Lagerdauer des Artikels. Falls der Artikel beispielsweise seit 2 Jahren gelagert wird, werden die dadurch entstandenen Unkosten komplett ignoriert, was zur Verfälschung des gesamten Ergebnisses führt.

Die pauschale Betrachtung der Lagerungsdauer von einem Jahr in den vorgestellten Formeln ist ein weiterer Kritikpunkt. Eine Berechnung der Lagerung nach Wochen oder Tagen wird in den Formeln nicht berücksichtigt.

Als letzter Kritikpunkt kann die Auffassung der falschen Bestellmenge als einziger Grund für das Wachstum des obsoleten Bestandes genannt werden. Die Steigerung des zum Teil ungängigen und völlig ungängigen Bestandes kann auch infolge von Überlieferung, fehlender Auslaufsteuerung oder technischer Änderung stattfinden. Auf die genannten Gründe wird im Laufe dieser Arbeit nicht eingegangen.

Die in diesem Kapitel aufgeführten Punkte können als Anstöße für weitere Forschungen genommen werden.

¹⁰⁸ Vgl. Werner, 2008, S. 192 ff.

6 Fazit

6.1 Zusammenfassung der Untersuchungserkenntnisse

Hinsichtlich der Bedeutung der Lagerbestandsreduzierung für die Unternehmen für zum Teil oder völlig ungängige Artikel ist es erforderlich, dieses Thema zu analysieren und sich mit der Lösung auseinander zu setzen. Auch die Bestellung der richtigen Menge, besonders unter dem Aspekt der Wirtschaftlichkeit und Effizienz, ist wichtig. Ziel dieser Arbeit war die Entwicklung von Algorithmen zur Lagerbestandsoptimierung und effizienten Bedarfsplanung. Nach der detaillierten Problemstellung im ersten Kapitel folgen im Kapitel 2 die Begriffsabgrenzungen, die für ein besseres Verständnis dieser Arbeit unerlässlich sind. Um dem Leser die Forschungslücke zu erklären, wurden in Kapitel 3 mehrere empirische Untersuchungen vorgestellt, die sich alle mit der Thematik Bestandsreduzierung sowie der Bestellmenge beschäftigten, jedoch das Problem nicht zufriedenstellend gelöst haben. Der Verfasser beleuchtete die Materie aus unterschiedlichen Blickwinkeln, um die Wichtigkeit der Forschung zu verdeutlichen. In Kapitel 4 folgte die Antwort auf die erste Forschungsfrage:

1. Mit welcher mathematischen Formel kann die Entscheidung zur Reduzierung des Lagerbestandes bei den Artikeln mit unregelmäßigem oder keinem Bedarf berechnet werden?

Hierfür wurde in Unterkapitel 4.1 ein Verfahrensschema erstellt und beschrieben. Zur praktischen Nutzung dessen wurden im weiteren Verlauf vier mathematische Formeln zur Berechnung der Kosten vorgestellt. Das Gesamtergebnis ermöglicht es, anhand der Zahlen eine Entscheidung über die nächsten Schritte zu treffen.

In Kapitel 4.2 folgte die Antwort auf die zweite Forschungsfrage:

2. Mittels welches Algorithmus kann die Entscheidung über die effiziente Bestellmenge bei den Artikeln mit unregelmäßigem Bedarf getroffen werden?

In diesem zweiten Algorithmus wird eine konkrete Vorgehensweise bei der Bestellung der gängigen oder ungängigen Artikel angeboten. Die nächsten Unterkapitel beinhalten Formeln zur Berechnung der Einkaufskosten sowie der Unkosten, um anhand der Ergebnisse die effizienteste Menge zu bestellen. Die praktische Relevanz der Algorithmen sowie der Formeln konnte in Kapitel 5 anhand von Praxisbeispielen aufgezeigt werden. Die gewonnenen Erkenntnisse bestätigen die Annahme, dass eine Entscheidung über die Reduzierung des Bestandes

sowie über die Bestimmung der optimalen Bestellmenge einer detaillierten Analyse bedarf. Die Zuverlässigkeit der Ergebnisse dieser Analyse ist abhängig von der Verfügbarkeit und der Richtigkeit der eingesetzten Variablen. Die kritische Betrachtung dieser Arbeit schließt das Kapitel ab.

Im Verlauf der Arbeit konnte zusätzlich der Zusammenhang zwischen den beiden Forschungsfragen bzw. Themen verdeutlicht werden. Denn der Algorithmus zur Bestandsreduzierung kann beispielsweise für den Restbestand, der aufgrund der ermittelten Bestellmenge übrigbleibt, eingesetzt werden. Durch die Zusammenfügung der bereits vorhandenen Formeln, Instrumente und neu erarbeiteten Berechnungen konnte die Forschungslücke geschlossen werden.

In Abbildung 13 ist die Übersicht der in dieser Arbeit erarbeiteten Möglichkeiten zum gängigen und ungängigen Bestand anhand einer Handlungsmatrix dargestellt. Die Matrix zeigt, welche Handlungen in Bezug auf Bestand und Bestellung bei der jeweiligen Gängigkeit des Artikels zu erfolgen haben.

Abbildung 13: Handlungsmatrix

	gängig	ungängig
Bestand	Reduzierung durch den Verbrauch	Reduzierung durch Lagerbestands-optimierung im Kapitel 4.1
Bestellung	Kalkulation der optimalen Bestellmenge im Kapitel 4.2.1.2	Kalkulation zur Bestimmung der Bestellmenge im Kapitel 4.2.1.1

Um die Durchführung der Analyse zu ermöglichen, sollten alle notwendigen Informationen, wie beispielsweise die Dauer der Ersatzteilkpflicht oder die Existenz des Werkzeuges, vorhanden sein. Die Speicherung dieser Daten im ERP-System ermöglicht einen schnellen Zugriff; deren Fehlen erschwert und verzögert die Analyse.

Eine weitere Handlungsempfehlung bezieht sich auf die in dieser Arbeit vorgestellten Algorithmen. Diese bieten eine Grundlage für eine Programmierung, damit der manuelle Aufwand für die Berechnungen abgestellt werden kann. Eine Software mit Verknüpfung zum ERP-System wird die Berechnungen innerhalb kurzer Zeit ermöglichen. Eine grundlegende Bedingung hierfür ist die Verfügbarkeit der vollständigen und richtigen Stammdaten pro Artikel.

6.2 Ausblick und Forschungsperspektiven

Der Einsatz der neuen Technologien, wie beispielsweise Künstliche Intelligenz, ist bei der Bestimmung der Bestellmenge denkbar. Heutzutage kann ein ERP System bereits die Abrufe anhand der Bedarfe kalkulieren und an Lieferanten versenden. Es fehlt nur der Zwischenschritt, der im Hintergrund alle anfallenden Unkosten kalkuliert und anhand der Ergebnisse die optimale bzw. kostengünstigste Bedarfsmenge bestimmt.

Der Einsatz der Künstlichen Intelligenz könnte im Falle der Bestandsreduzierung in einem großen Konzern mit mehreren Werken, die das gleiche ERP-System benutzen, den Vorschlag machen, einen Artikel von einem Tochterwerk zu beziehen anstatt vom Lieferanten. Anhand von Zeichnungen könnte das System eine anderweitige Verwendung eines Artikels anbieten, um den Bestand zu reduzieren.

Eine automatisierte regelmäßige Prüfung der Artikel erkennt das veränderte Verhalten dieser aufgrund von Verbrauch und Bestandsmenge, und warnt den Anwender über die Teile, die dazu neigen, ungängig zu werden.

Die Nutzung eines 3D-Druckers nicht nur für Musterteile, sondern auch für Ersatzteile kann dazu beitragen, den Bestand zu reduzieren. Die Prüfung einer möglichen Herstellung von ungängigen Teilen mittels 3D-Druck kann dazu führen, dass der Bestand nicht gelagert werden soll, sondern innerhalb kurzer Zeit produziert und verkauft werden kann.

Als eine weitere Forschungsperspektive auf diesem Gebiet kann die Analyse der Auslagerung von ungängigen Artikeln an einen Ersatzteile-Dienstleister aufgeführt werden, weil das Thema der Lagerbestandsreduzierung weiterhin relevant bleibt.

Anhang

Anhang I: Angebot eines Lieferanten

Lieferanten Name, Adresse

Kundenname
Kundenadresse

Auftragsbestätigung

Bearbeiter	DW	Mail	Lieferanten-Nr.	Kunden-Nr.	Auftrag	Datum	Seite
			620100	11302	2000381	20.03.2020	1

Wir danken Ihnen für den uns erteilten Auftrag, den wir ausschließlich unter Zugrundelegung unserer Verkaufs- und Lieferbedingungen wie folgt bestätigen:

Artikel-Nummer	Bezeichnung	Menge	Einh.	Preis PE	Betrag
Lieferanschrift:					
Ihre Bestell-Nr.: 4500469714 vom: 18.03.2020					
Lieferwoche: 30/20					
10 113800	Haltegriff lackierfähige Oberfläche ZTN: 83023000 DE	20	Stück	15,00	300,00
20 00.101	Rüstkostenanteil	20	Stück	10,00	200,00

Zahlungsbedingungen	Gesamt:	500,00	EUR
30 Tage 2 %, 60 Tage netto Alle Preise verstehen sich zuzüglich der gesetzlichen Mehrwertsteuer!			

Versandbedingung:	Spedition <> Paketdienst UPS
Lieferbedingung:	Ab Werk (EXW), exkl. Verpackung

Anhang II: Berechnung der Kosten der Lagerrestmenge in Abhängigkeit von Lagerdauer und der Stückzahl

2-Wochen-Rhythmus	Lagerrestmenge bei MfMe	Unkosten für Lagerrestmenge bei MfMe	Opportunitätskosten der Lagerrestmenge von MfMe	Gesamte Verlustkosten der Lagerrestmenge von MfMe	Lagerrestmenge e der opt. BaMe	Unkosten für Lagerrestmenge bei opt. BaMe	Opportunitätskosten der Lagerrestmenge von opt. BaMe	Gesamte Verlustkosten der Lagerrestmenge von opt. BaMe	Lagerrestmenge der Auftragsmenge	Unkosten für Lagerrestmenge der Auftragsmenge	Opportunitätskosten der Lagerrestmenge der Auftragsmenge	Gesamte Verlustkosten der Lagerrestmenge der Auftragsmenge
1	30	4,22 €	1,80 €	6,02 €	279	20,95 €	16,74 €	37,69 €	480	34,46 €	28,80 €	63,26 €
2	10	2,87 €	0,60 €	3,47 €	259	19,60 €	15,54 €	35,14 €	460	33,11 €	27,60 €	60,71 €
3	40	4,89 €	2,40 €	7,29 €	239	18,26 €	14,34 €	32,60 €	440	31,77 €	26,40 €	58,17 €
4	20	3,54 €	1,20 €	4,74 €	219	16,92 €	13,14 €	30,06 €	420	30,43 €	25,20 €	55,62 €
5	0	- €	- €	- €	199	15,57 €	11,94 €	27,51 €	400	29,08 €	24,00 €	53,08 €
6	30	4,22 €	1,80 €	6,02 €	179	14,23 €	10,74 €	24,97 €	380	27,74 €	22,80 €	50,54 €
7	10	2,87 €	0,60 €	3,47 €	159	12,88 €	9,54 €	22,42 €	360	26,39 €	21,60 €	47,99 €
8	40	4,89 €	2,40 €	7,29 €	139	11,54 €	8,34 €	19,88 €	340	25,05 €	20,40 €	45,45 €
9	20	3,54 €	1,20 €	4,74 €	119	10,20 €	7,14 €	17,34 €	320	23,70 €	19,20 €	42,90 €
10	0	- €	- €	- €	99	8,85 €	5,94 €	14,79 €	300	22,36 €	18,00 €	40,36 €
11	30	4,22 €	1,80 €	6,02 €	79	7,51 €	4,74 €	12,25 €	280	21,02 €	16,80 €	37,82 €
12	10	2,87 €	0,60 €	3,47 €	59	6,16 €	3,54 €	9,70 €	260	19,67 €	15,60 €	35,27 €
13	40	4,89 €	2,40 €	7,29 €	39	4,82 €	2,34 €	7,16 €	240	18,33 €	14,40 €	32,73 €
14	20	3,54 €	1,20 €	4,74 €	19	3,48 €	1,14 €	4,62 €	220	16,98 €	13,20 €	30,18 €
15	0	- €	- €	- €	200	15,64 €	12,00 €	27,64 €	200	15,64 €	12,00 €	27,64 €
16	30	4,22 €	1,80 €	6,02 €	180	14,30 €	10,80 €	25,10 €	180	14,30 €	10,80 €	25,10 €
17	10	2,87 €	0,60 €	3,47 €	160	12,95 €	9,60 €	22,55 €	160	12,95 €	9,60 €	22,55 €
18	40	4,89 €	2,40 €	7,29 €	140	11,61 €	8,40 €	20,01 €	140	11,61 €	8,40 €	20,01 €
19	20	3,54 €	1,20 €	4,74 €	120	10,26 €	7,20 €	17,46 €	120	10,26 €	7,20 €	17,46 €
20	0	- €	- €	- €	100	8,92 €	6,00 €	14,92 €	100	8,92 €	6,00 €	14,92 €
21	30	4,22 €	1,80 €	6,02 €	80	7,58 €	4,80 €	12,38 €	80	7,58 €	4,80 €	12,38 €
22	10	2,87 €	0,60 €	3,47 €	60	6,23 €	3,60 €	9,83 €	60	6,23 €	3,60 €	9,83 €
23	40	4,89 €	2,40 €	7,29 €	40	4,89 €	2,40 €	7,29 €	40	4,89 €	2,40 €	7,29 €
24	20	3,54 €	1,20 €	4,74 €	20	3,54 €	1,20 €	4,74 €	20	3,54 €	1,20 €	4,74 €
25	0	- €	- €	- €	0	- €	- €	- €	0	- €	- €	- €
		77,60 €	30,00 €	107,60 €		266,90 €	191,16 €	458,06 €		458,06 €	360,00 €	818,06 €

Literaturverzeichnis

- Arndt, Holger (2015): Logistikmanagement, Wiesbaden: Springer, 2015.
- Arnold, Dieter (2008): Handbuch Logistik, 3. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2008.
- Benger, Alf (2007): Gestaltung von Wertschöpfungsnetzwerken, Band 7, Berlin: GITO, 2007.
- Berndt, Ralph (1998): Springers Handbuch der Betriebswirtschaftslehre 1, Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1998.
- Bichler, Klaus, (2010): Beschaffungs- und Lagerwirtschaft: Praxisorientierte Darstellung der Grundlagen, Technologien und Verfahren, 9. Aufl., Wiesbaden: Gabler.
- Biedermann, Hubert (2008): Ersatzteilmanagement, Effiziente Ersatzteillistik für Industrieunternehmen, 2. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2008.
- Bohnstedt, Jan (2014): Vertragsrecht im Einkauf - Erfolgsfaktor im Supply Chain Risk Management (SCRM), 2. Aufl., Wiesbaden: Springer, 2014.
- Boyanova, Boyana (2015): Analyse und Bewertung der industriellen Methoden zur Artikelsegmentierung für die Materialwirtschaft, Hamburg: Igel, 2015.
- Cordes, Ann-Kristin (2018): Prozesse, Prognose und Planung in Ersatzteil-Supply-Chains für die Zustandsorientierte Instandhaltung: Entwicklung eines Referenzprozessmodells, eines Nachfrageprognoseverfahrens und eines integrierten Planungsmodells am Beispiel der Maschinenbauindustrie, Berlin: Logos: 2018.
- Disselkamp, Markus (2004): Lieferanterating: Instrumente, Kriterien, Checklisten, Wiesbaden: Springer, 2004.
- Eichner, Wolfgang (1995): Lagewirtschaft: Praxis der Unternehmensführung, Wiesbaden: Gabler, 1995.
- Fortmann, Klaus-Michael (2007): Logistik, 2. Aufl., Stuttgart: Kohlhammer W., 2007.
- Gonschorrek, Ulrich (2006): Ganzheitliches Management, Band 8, Berlin: Berliner Wissenschafts-Verlag, 2006.

- Heege, Franz (2010): Materialwirtschaft und Einkauf: Grundlagen – Spezialthemen – Übungen, 11. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 2010.
- Heßmann, Stefan (2010): Umsatzrendite: Ansätze zur Reduzierung der Kosten im Supply Chain Management, Norderstedt: BoD, 2010.
- Huth, Michael, und Romeike, Frank (2016): Risikomanagement in der Logistik Konzepte – Instrumente – Anwendungsbeispiele, Wiesbaden: Gabler, 2016.
- Keuper, Frank (2008): Corporate Shared Services: Bereitstellung von Dienstleistungen im Konzern, 2. Aufl., Wiesbaden: GWV, 2008.
- Klaus, Peter (2008): Gabler Lexikon Logistik, Management logistischer Netzwerke und Flüsse, 4. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 2008.
- Klug, Florian (2018): Logistikmanagement in der Automobilindustrie: Grundlagen der Logistik im Automobilbau, 2. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2018.
- Koether, Reinhard, und Meier, Klaus-Jürgen (2017): Lean Production für die variantenreiche Einzelfertigung, Wiesbaden: Gabler, 2017.
- Kraut, Nicole (2002): Unternehmensanalyse in mittelständischen Industrieunternehmen: Konzeption-Methode-Instrumente, Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag, 2002.
- Lauterbach, Karl W. (2010): Gesundheitsökonomie, Management und Evidence-based Medicine: Handbuch für Praxis, Politik und Studium, 3. Aufl., Stuttgart: Schattauer
- Locker, Alwin, und Grosse-Ruyken, Pan Theo (2019): Chefsache Finanzen in Einkauf und Supply Chain, 3. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 2019.
- Oeldorf, Gerhard, und Olfert, Klaus (2018): Material-Logistik, 14. Aufl., Herne: Kiehl, 2018.
- Ohno, Taiichi (1993): Das Toyota-Produktionssystem, Frankfurt: Campus, 1993.
- Padberg, Thomas (2010): Technischer Fachwirt – Das prüfungsrelevante Wissen Teil 3, Paderborn: Sarasto, 2010.
- Porter, Michael E. (1986): Competition in Global Industries, Boston: Harvard Business School.

- Von Regius, Bernd (2002): Kostenreduktion in der Produktion: Praxisleitfaden für die Qualitätskostenanalyse, Berlin, Heidelberg: Springer, 2002.
- Sabrazutsky, Thorsten (2013): Erfolgreiche und profitable Vertriebssteuerung. Praxis-Leitfaden: Die 100 wichtigsten Vertriebs- und Marketingkennzahlen verstehen, Norderstedt: BoD, 2013.
- Seiter, Mischa (2016): Industrielle Dienstleistungen: Wie produzierende Unternehmen ihr Dienstleistungsgeschäft aufbauen und steuern, 2. Aufl., Wiesbaden: Springer, 2016.
- Schönberger, Robert (2011): Produktion folgt Logistik: Der Einfluss von Logistik Clustern auf die regionale Wertschöpfung, Berlin: Erich Schmidt, 2011.
- Schönsleben, Paul (2011): Integrales Logistikmanagement: Operations und Supply Chain Management innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifend, 6. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2011.
- Schuh, Günther (2013): Logistikmanagement, 2. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2013.
- Schulte, Gerd (2001): Material- und Logistikmanagement, 2. Aufl., München, Wien: Oldenbourg, 2001.
- Stollenwerk, Andreas (2016): Wertschöpfungsmanagement im Einkauf: Analysen - Strategien - Methoden – Kennzahlen, 2. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 2016.
- Töpfer, Armin (2005): Betriebswirtschaftslehre: Anwendung- und prozessorientierte Grundlagen, Berlin, Heidelberg: Springer, 2005.
- Tomanek, Dagmar Piotr: Value Added Heat Map: Eine Methode zur Visualisierung von Wertschöpfung, Wiesbaden: Gabler, 2018.
- Ventzislavova, Madlen (2012): Betriebswirtschaftliche Formelsammlung: betrieblicher Leistungsprozess, Norderstedt: Books on Demand, 2012.
- Waldecker, Peter (1995): Strategische Alternativen in der Unternehmensentwicklung: Interne Entwicklung und Unternehmensakquisition, Wiesbaden: Springer, 1995.
- Wannenwetsch, Helmut (2008): Intensivtraining Produktion, Einkauf, Logistik und Dienstleistung: Mit Aufgaben und Lösungen, Wiesbaden: Gabler, 2008.

- Wannenwetsch, Helmut (2010): Integrierte Materialwirtschaft und Logistik: Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion, 4. Aufl., Berlin, Heidelberg: Springer, 2010.
- Werner, Hartmut (2000): Supply Chain Management: Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling, 1. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 2000.
- Werner, Hartmut (2008): Supply Chain Management: Grundlagen, Strategien, Instrumente und Controlling, 3. Aufl., Wiesbaden: Gabler, 2008.
- Wenger, Wolf (2011): Business Excellence in Produktion und Logistik: Festschrift für Prof. Dr. Walter Habenicht, Wiesbaden: Gabler, 2011.
- Wildemann, Horst (1996): Controlling im TQM: Methoden und Instrumente zur Verbesserung der Unternehmensqualität, Berlin, Heidelberg: Springer, 1996.
- Wöltje, Jorg (2012): Betriebswirtschaftliche Formeln, 6. Aufl., Freiburg: Haufe, 2012, S. 80-87.
- Woratschek, Herbert (2015): Wertschöpfungsorientiertes Benchmarking: Logistische Prozesse in Gesundheitswesen und Industrie, Berlin, Heidelberg: Springer, 2015.
- Yagyu, Shunji (2011): Das synchrone Managementsystem: Wegweiser zur Neugestaltung der Produktion auf Grundlage des synchronen Produktionssystems, 2. Aufl., München: Imprint, 2011.
- Zapp, Winfried (2008): Qualitätskostenrechnung für die stationäre Altenhilfe, Lohmar, Köln: JOSEF EUL, 2008.

Internetquellen

- bb-verpackungsshop (o. J.): Europalette neu, <<https://www.bb-verpackungs-shop.de/Europalette-neu-p-308.html>> (keine Datumsangabe) [Zugriff 2020-04-06]
- Braun, Anja (2013): Schlanke Planung und Steuerung in Supply Chains – Glätten der Produktion, <<http://publica.fraunhofer.de/starweb/servlet.starweb?path=urn.web&search=urn:nbn:de:0011-n-2856801>> (2013-11-19) [Zugriff 2020-14-02]
- Der Spiegel (2019): OECD warnt vor schwächstem Wachstum seit Finanzkrise, <<https://www.spiegel.de/wirtschaft/soziales/oecd-prognose-schwaechstes-globales-wachstum-seit-der-finanzkrise-erwartet-a-1287580.html>> (2019-09-19) [Zugriff 2019-11-21]
- Deutsche Bahn (o. J.): Züge im Fernverkehr: Zugtypen und ihre Strecken, <<https://www.bahn.de/p/view/service/zug/fahrzeuge/zugtypen.shtml>> (keine Datumsangabe) [Zugriff 2020-03-29]
- Deutsche Bundesbank (2020): Zinsstatistik, <https://www.bundesbank.de/resource/blob/650658/3c0651ca01e0b73b3f1d20aee3f2d105/mL/s510atsu_hde-data.pdf> (2020-03-04) [Zugriff 2020-03-29]
- DIHK (2019): DIHK sieht "Konjunktur auf Talfahrt", <<https://www.dihk.de/de/aktuelles-und-presse/presseinformationen/dihk-sieht-konjunktur-auf-talfahrt--13952>> (2019-10-30) [Zugriff 2019-11-21]
- Dierig, Carsten, and Preuß, Olaf (2020): Homeoffice und geschlossene Werke – Coronavirus bremst deutsche Wirtschaft, (2020-02-05) [Zugriff 2020-02-15]
- EUWID (2018): EUWID-Preisspiegel: Altkunststoffe Deutschland, <<https://www.thueringen-recycling.de/documents/3348338/3574179/Be-richt-Altkunststoffe-Recycling-Preise/1fced04f-6ee9-4afc-bfef-bbaf590c87d9>> (2018-02) [Zugriff 2020-03-29]
- Frerichs, Peter (2019): Der Schlüssel zum erfolgreichen Bestandsmanagement, <<https://beschaffung-aktuell.industrie.de/news/der-schluessel-zum-erfolgreichen-bestandsmanagement/>> (2019-08-06) [Zugriff 2020-02-20]
- Geiger, Walter (2009): Nacharbeit, <<https://www.qz-online.de/service/qm-glossar/artikel/nacharbeit-159103.html>> (2009-03) [Zugriff 2020-03-28]

- Holweg, Matthias, and Pil, Frits K. (2001): Successful Build-to-Order Strategies Start With the Customer, <https://www.researchgate.net/profile/Matthias_Holweg/publication/247667547_Successful_Build-to-Order_Strategies_Start_with_the_Customer/links/56635ea708ae192bbf8ef061/Successful-Build-to-Order-Strategies-Start-with-the-Customer.pdf> (2001) [Zugriff 2020-02-21]
- Hoppenheit, Steffi, und Günthner, Willibald A. (2014): Entwicklung eines Ansatzes zur proaktiven Identifikation und Bestandsplanung von langsamdrehenden Materialien, <https://www.logistics-journal.de/proceedings/2014/4055/hoppenheit_2014wgtl.pdf> (2014-11-21) [Zugriff 2020-02-17]
- ice-fansite (o. J.): ICE 1 - die Ausstattung der Mittelwagen, <<http://www.ice-fansite.com/index.php/ice-baureihen/ice-1/31-ice-1-die-ausstattung-der-mittelwagen>> (keine Datumsangabe) [Zugriff 2020-03-29]
- igmetall.de (2018): Metall- und Elektroindustrie, <https://www.igmetall.de/download/docs/MuE_ERA_Engelte_Juni2018_78d3e1848939887f53dcf9506907870bb637c493.pdf> (keine Datumsangabe), [Zugriff 2020-04-10]
- IHK (2013): Merkblatt zur Ersatzteilversorgung für Hersteller und Händler (Wiederverkäufer), <http://heilbronn.ihk.de/ximages/1444973_ersatzteil.pdf> (2013-01-07) [Zugriff 2019-12-10]
- Kemmner, Andreas (2004): Lagerbestände und Durchlaufzeiten verringern, <<https://www.ak-online.de/2004/07/ps2004-4/>> (2004-06-30) [Zugriff 2019-11-21]
- Kemmner, Andreas (2016): Nachhaltiges Bestandsmanagement, <<https://beschaffung-aktuell.industrie.de/allgemein/nachhaltiges-bestandsmanagement/>> (2016-02-03) [Zugriff 2019-11-22]
- KLU (2018): How to avoid US\$106BN excess inventories in the next economic crisis, <<https://www.the-klu.org/klu-experience/news/how-to-avoid-us106bn-excess-inventories-in-the-next-economic-crisis/>> (2018-12-19) [Zugriff 2019-11-21]

- Logistik Knowhow (2018): Opportunitätskosten in der Logistik, <<https://logistikknowhow.com/kennzahlen/opportunitaetskosten-in-der-logistik/>> (2018-03-06) [Zugriff 2019-11-21]
- Park, Andreas (2008): Wie Globalisierung die Unternehmen verändert, <https://www.uni-muenchen.de/aktuelles/medien/einsichten/archiv/2008/rechtswissenschaften/2unternehmen_2008.pdf> (2008) [Zugriff 2020-02-13]
- Probst, Thomas (2019): bvse-Marktbericht: Kunststoffe August 2019, <<https://plasticker.de/preise/marktbericht3.php?id=194>> (2019) [Zugriff 2020-03-29]
- Meininger, Fabienne (2018): Losgröße 1 – Warum kleinere Losgrößen für die IT eine Herausforderung sind, <<https://www.fis-gmbh.de/de/blog/losgroesse-1-warum-kleinere-losgroessen-fuer-die-it-eine-herausforderung-sind/>> (2018-09-21) [Zugriff 2020-02-06]
- Nevison, Christopher, and Burstein, Michael (1984): The dynamic lot-size model with stochastic lead times, <<http://web.b.ebsco-host.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=1&sid=6cb9c86c-8bf-4ab7-a102-aba4e3d1ea40%40pdc-v-sessmgr02>> (1984-01-30) [Zugriff 2020-02-13]
- Ning Hsu, Vernon (2000): Dynamic Economic Lot Size Model with Perishable Inventory, <<http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/de-tail?vid=4&sid=b5b62a03-0856-4cb1-8844-e1a351a9ece4%40sdc-v-sessmgr03&bdata=Jmxhbm9ZGUmc2l0ZT1lZHMtY2ZQ%3d%3d#AN=edsj.sr.2661591&db=edsjsr>> (2000-08) [Zugriff 2020-02-15]
- Popova, Irina, und Vlasov Andrey, and Nikitina Natalya (2018): Optimization of Inventory Distribution Logistics in Industrial Enterprises, <<http://www.revis-taespacios.com/a18v39n24/a18v39n24p16.pdf>> (2018-01-30) [Zugriff 2020-01-26]
- Reiß, M, und Beck, T. C., (1994): Mass Customization - ein Weg zur wettbewerbsfähigen Fabrik, <https://www.researchgate.net/profile/Michael-Reiss4/publication/279380862_Mass_customization_-

- [ein Weg zur wettbewerbsfähigen Fabrik/links/560518b708aea25fce32147a/Mass-customization-ein-Weg-zur-wettbewerbsfähigen-Fabrik.pdf](#)> (1994) [Zugriff 2020-02-20]
- Rieck, von Henry (2020): Mitteldeutsche Wirtschaft bislang ohne Auswirkungen der Coronavirus-Epidemie, <<https://www.mdr.de/nachrichten/wirtschaft/ausland/import-aussenhandel-frachtverkehr-tourismus-china-corona-virus-folgen-100.html>> (2020-02-07) [Zugriff 2020-15-02]
- Wagner, Harvey M., und Whitin, Thomson M., (1958): Dynamic Version of the Economic Lot Size Model, <<https://pdfs.semanticscholar.org/831e/6a3edba368604297f3164855146a376d33c9.pdf>> (2010-02-14) [Zugriff 2019-12-07]
- Wannenwetsch, Helmut (2017): Entsorgungslogistik: Kosten und Erträge der Entsorgung, <<https://www.business-wissen.de/hb/kosten-und-ertraege-der-entsorgung/>> (2017-02-28) [Zugriff 2020-03-01]

Die Publikationsreihe

Schriftenreihe Logistikforschung / Research Paperseries Logistics

In der Schriftenreihe Logistikforschung des Institutes für Logistik- & Dienstleistungsmanagement (ild) der FOM werden fortlaufend aktuelle Fragestellungen rund um die Entwicklung der Logistikbranche aufgegriffen. Sowohl aus der Perspektive der Logistikdienstleister als auch der verladenden Wirtschaft aus Industrie und Handel werden innovative Konzepte und praxisbezogene Instrumente des Logistikmanagements vorgestellt.

The series research paper logistics by the Institute for Logistics and Service Management at FOM University of Applied Sciences addresses management topics within the logistics industry. The research perspectives include logistics service providers as well as industry and commerce concerned with logistics research questions. The research documents support an open discussion about logistics concepts and benchmarks.

- | | |
|---------|--|
| Band 1 | Klumpp, M., Bovie, F.: Personalmanagement in der Logistikwirtschaft |
| Band 2 | Jasper, A., Klumpp, M.: Handelslogistik und E-Commerce |
| Band 3 | Klumpp, M.: Logistikanforderungen globaler Wertschöpfungsketten |
| Band 4 | Matheus, D., Klumpp, M.: Radio Frequency Identification (RFID) in der Logistik |
| Band 5 | Bioly, S., Klumpp, M.: RFID und Dokumentenlogistik |
| Band 6 | Klumpp, M.: Logistiktrends und Logistikausbildung 2020 |
| Band 7 | Klumpp, M., Koppers, C.: Integrated Business Development |
| Band 8 | Gusik, V., Westphal, C.: GPS in Beschaffungs- und Handelslogistik |
| Band 9 | Koppers, L., Klumpp, M.: Kooperationskonzepte in der Logistik |
| Band 10 | Koppers, L.: Preisdifferenzierung im Supply Chain Management |
| Band 11 | Klumpp, M.: Logistiktrends 2010 |

- Band 12 Keuschen, T., Klumpp, M.: Logistikstudienangebote und Logistik-trends
- Band 13 Bioly, S., Klumpp, M.: Modulare Qualifizierungskonzeption RFID in der Logistik
- Band 14 Klumpp, M.: Qualitätsmanagement der Hochschullehre Logistik
- Band 15 Klumpp, M., Krol, B.: Das Untersuchungskonzept Berufswertigkeit in der Logistikbranche
- Band 16 Keuschen, T., Klumpp, M.: Green Logistics Qualifikation in der Logistik-praxis
- Band 17 Kandel, C., Klumpp, M.: E-Learning in der Logistik
- Band 18 Abidi, H., Zinnert, S., Klumpp, M.: Humanitäre Logistik – Status quo und wissenschaftliche Systematisierung
- Band 19 Backhaus, O., Döther, H., Heupel, T.: Elektroauto – Milliardengrab oder Erfolgsstory?
- Band 20 Hesen, M.-A., Klumpp, M.: Zukunftstrends in der Chemielogistik
- Band 21 Große-Brockhoff, M., Klumpp, M., Krome, D.: Logistics capacity management – A theoretical review and applications to outbound logistics
- Band 22 Helmold, M., Klumpp, M.: Schlanke Prinzipien im Lieferantenmanagement
- Band 23 Gusik, V., Klumpp, M., Westphal, C.: International Comparison of Dangerous Goods Transport and Training Schemes
- Band 24 Bioly, S., Kuchshaus, V., Klumpp, M.: Elektromobilität und Ladesäulenstandortbestimmung – Eine exemplarische Analyse mit dem Beispiel der Stadt Duisburg
- Band 25 Sain, S., Keuschen, T., Klumpp, M.: Demographic Change and its Effect on Urban Transportation Systems: A View from India
- Band 26 Abidi, H., Klumpp, M.: Konzepte der Beschaffungslogistik in Katastrophenhilfe und humanitärer Logistik
- Band 27 Froelian, E., Sandhaus, G.: Conception of Implementing a Service Oriented Architecture (SOA) in a Legacy Environment
- Band 28 Albrecht, L., Klumpp, M., Keuschen, T.: DEA-Effizienzvergleich Deutscher Verkehrsflughäfen in den Bereichen Passage/Fracht
- Band 29 Meyer, A., Witte, C., Klumpp, M.: Arbeitgeberwahl und Mitarbeitermotivation in der Logistikbranche

- Band 30 Keuschen, T., Klumpp, M.: Einsatz von Wikis in der Logistikpraxis
- Band 31 Abidi, H., Klumpp, M.: Industrie-Qualifikationsrahmen in der Logistik
- Band 32 Kaiser, S., Abidi, H., Klumpp, M.: Gemeinnützige Kontraktlogistik in der humanitären Hilfe
- Band 33 Abidi, H., Klumpp, M., Bölsche, D.: Kompetenzen in der humanitären Logistik
- Band 34 Just, J., Klumpp, M., Bioly, S.: Mitarbeitermotivation bei Berufskraftfahrern – Eine empirische Erhebung auf der Basis der AHP-Methode
- Band 35 Keinhörster, M., Sandhaus, G.: Maschinelles Lernen zur Erkennung von SMS-Spam
- Band 36 Kutlu, C., Bioly, S., Klumpp, M.: Demografic change in the CEP sector
- Band 37 Witte, C., Klumpp, M.: Betriebliche Änderungsanforderungen für den Einsatz von Elektronutzfahrzeugen – eine AHP-Expertenbefragung
- Band 38 Keuschen, T., Klumpp, M.: Lebenslanges Lernen in der Logistikbranche –Einsatz von ergänzenden Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen
- Band 39 Bioly, S., Klumpp, M.: Statusanalyse der Rahmenbedingungen für Fahrerberufe in Logistik und Verkehr.
- Band 40 Abidi, H., Klumpp, M.: Demografischer Wandel und Industrie-Qualifikationsrahmen Logistik
- Band 41 Bayer, F., Bioly, S.: Supply Chain Risk Management in der Industrie – am Beispiel der Metall- und Elektroindustrie
- Band 42 Bioly, S., Sandhaus, G., Klumpp, M.: Wertorientierte Maßnahmen für eine Gestaltung des demografischen Wandels in Logistik und Verkehr
- Band 43 Steltemeier, B., Bioly, S.: Real-time Tracking and Tracing bei Überseetransporten – technische Realisierung und wirtschaftliche Auswirkungen der Implementierung
- Band 44 Keuschen, T., Marner, T., Bioly, S.: Nachhaltige Mobilitätskonzepte in der Pharmalogistik
- Band 45 Abidi, H., Marner, T., Schwarz, D.: Last Mile-Distribution im Großhandel
- Band 46 Witte, C., Marner, T., Klumpp, M.: Elektronutzfahrzeuge in der Entsorgungslogistik
- Band 47 Berg, A., Abidi, H.: Humanitäre Logistiknetzwerke

- Band 48 Richter, N., Keuschen, T.: Merkmale und Umsetzungsmöglichkeiten nachhaltiger Logistik unter den Aspekten Erwartungshaltung und Zahlungsbereitschaft der Konsumenten
- Band 49 Dorten, E., Marner, T.: Ausschreibung versus Direktvergabe von ÖPNV-Leistungen
- Band 50 Marner, T., Zelewski, S., Gries, S., Münchow-Küster, A., Klumpp, M.: Elektromobilität in der Logistikzukunft - Analysen zur Wirtschaftlichkeit und zu möglichen Einsatzfeldern
- Band 51 Klumpp, M., Neukirchen, T., Jäger, S.: Logistikqualifikation und Gamification – Der wissenschaftliche und fachpraktische Ansatz des Projektes MARTINA
- Band 52 Neukirchen, T., Jäger, S., Paulus, J., Klumpp, M.: Sicherheit und Compliance in der Logistikqualifikation – Konzepte für Gamification-Anwendungen
- Band 53 Peretzke, J., Sandhaus, G.: Einsatzpotentiale von Cognitive Computing zur Unterstützung der Entscheidungsfindung im Supply Chain Management
- Band 54 Meier, C., Mönnig, M., Koop, W., Kleffmann, M., Neukirchen, T., Jäger, S., Klumpp, M.: Logistikqualifikation und Gamification – Softwareentwicklung und Pilotierung der MARTINA-App
- Band 55 Metzlauff, P., Jäger, S., Neukirchen, T.: Praxistests der MARTINA-App
- Band 56 Neukirchen, T., Kleffmann, M., Koop, W., Jäger, S., Klumpp, M.: Evaluation von mobilen Trainingsanwendungen in der Logistik: Nutzerfeedback der MARTINA-App
- Band 57 Loske, D.: Hält Fairtrade was es verspricht? Eine wertschöpfungsorientierte Analyse der Fairtrade Kaffee Supply Chain
- Band 58 Neukirchen, T., Kleffmann, M., Koop, W., Gels, A., Jäger, S., Klumpp, M.: Serious Games in der Logistik: Das Beispiel Routenplanung
- Band 59 Abidi, H., Klumpp, M., Lehr, T., Jäger, S.: Zukunftsthemen in der Logistikweiterbildung – Ergebnisse einer Expertenbefragung mit dem Analytic Hierarchy Process
- Band 60 Loske, D.: Entwicklung eines Konzepts zur Deckung des streckenbezogenen LKW- Parkbedarfs in Süddeutschland mittels GAMS

- Band 61 Gruchmann, T., Klumpp, M., Hanke, T., Nestler, K.: Innovative Kommissionier- und Umschlagkonzepte der Logistik – der fachliche Ansatz des Forschungsprojektes ADINA
- Band 62 Koop, W., Kleffmann, M., Gels, A., Neukirchen, T., Jäger, S., Klumpp, M.: Serious Games in der Logistik: Generalisierbarkeit und Zertifizierung
- Band 63 Gruchmann, T., Nestler, K., Brauckmann, A., Schneider, J., Fischer, C., Hecht, A.: Hürden und Treiber für die Umsetzung innovativer Automatisierungstechnik und Ergonomieunterstützung der Intralogistik
- Band 64 Hoene, A., Jawale, M., Neukirchen, T., Bednorz, N., Schulz, H., Hauser, S.: Bewertung von Technologielösungen für Automatisierung und Ergonomieunterstützung der Intralogistik
- Band 65 Zaborek, J.: Effizienzmessung als Bewertungskriterium für das Produktionskonzept In-Line mit Hilfe einer Data Envelopment Analysis
- Band 66 Schulz, H., Bednorz, N., Lückmann, P., Hauser, S.: Anwendung von passiven Exoskeletten in der Intralogistik – Ergebnisse und Tendenzen aus ersten Piloteinsätzen
- Band 67 Huber, I.: Wirtschaftliche Untersuchungen von Jurier-, Express-, und Paketdienstleistungen im suburbanen Raum
- Band 68 Terre, P.: Logistikdeterminierte Standortwahl einer zentralen Distributionslogistik

ISBN (Print) 978-3-89275-238-7

ISBN (eBook) 978-3-89275-239-4

ISSN (Print) 1866-0304

ISSN (eBook) 2569-5355



Institut für Logistik- &
Dienstleistungsmanagement
der FOM University of Applied Sciences

FOM Hochschule

FOM. Die Hochschule. Für Berufstätige.

Mit über 57.000 Studierenden ist die FOM eine der größten Hochschulen Europas und führt seit 1993 Studiengänge für Berufstätige durch, die einen staatlich und international anerkannten Hochschulabschluss (Bachelor/Master) erlangen wollen.

Die FOM ist der anwendungsorientierten Forschung verpflichtet und verfolgt das Ziel, adaptionsfähige Lösungen für betriebliche bzw. wirtschaftsnahe oder gesellschaftliche Problemstellungen zu generieren. Dabei spielt die Verzahnung von Forschung und Lehre eine große Rolle: Kongruent zu den Masterprogrammen sind Institute und KompetenzCentren gegründet worden. Sie geben der Hochschule ein fachliches Profil und eröffnen sowohl Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern als auch engagierten Studierenden die Gelegenheit, sich aktiv in den Forschungsdiskurs einzubringen.

Weitere Informationen finden Sie unter **fom.de**

ild

Das Ziel des ild Institut für Logistik- & Dienstleistungsmanagement ist der konstruktive Austausch zwischen anwendungsorientierter Forschung und Betriebspraxis. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts untersuchen nachhaltige und innovative Logistik- und Dienstleistungskonzepte unterschiedlicher Bereiche, initiieren fachbezogene Managementdiskurse und sorgen zudem für einen anwendungs- und wirtschaftsorientierten Transfer ihrer Forschungsergebnisse in die Unternehmen. So werden die wesentlichen Erkenntnisse der verschiedenen Projekte und Forschungen unter anderem in dieser Schriftenreihe Logistikforschung herausgegeben.

Darüber hinaus erfolgen weitergehende Veröffentlichungen bei nationalen und internationalen Fachkonferenzen sowie in Fachpublikationen.

Weitere Informationen finden Sie unter **fom-ild.de**



Der Wissenschaftsblog der FOM Hochschule bietet Einblicke in die vielfältigen Themen, zu denen an der FOM geforscht wird: **fom-blog.de**