

Masterarbeit

Prognose des Ersatzteilbedarfs am Beispiel der Firma Pöttinger

eingereicht an der

Montanuniversität Leoben

erstellt am

Lehrstuhl Industrielogistik

Vorgelegt von:

Nils Mayer
0533126

Betreuer/Gutachter:

DI Ralph Potzinger, MBA
Univ.-Prof. Dr. Helmut Zsifkovits

Leoben, 20.02.2012

Eidesstattliche Erklärung

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

Affidativ

I declare in lieu of oath, that I wrote this thesis and performed the associated research myself, using only literature cited in this volume.

Leoben, 20.02.2012

Nils Mayer

Danksagung

Ich möchte mich bei all jenen Menschen bedanken, die zum Gelingen dieser Diplomarbeit beigetragen haben. Seitens der Firma Pöttinger möchte ich mich stellvertretend für alle Mitarbeiter, welche direkt oder indirekt die Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben, bei DI Ralph Potzinger, Patrick Hangl, Gerhard Gerstberger und Andreas Lindenbauer für ihre Unterstützung und Zusammenarbeit bedanken. Seitens der Universität gilt mein Dank Prof. Dr. Helmut Zsifkovits für die Betreuung dieser Diplomarbeit.

Kurzfassung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Frage, ob der Ersatzteilbedarf der Firma Pöttinger, eines oberösterreichischen Landmaschinenherstellers, mittels einer Reihe von relativ einfach anzuwendenden Prognoseverfahren, mit ausreichender Prognosequalität prognostizierbar ist. Die vorliegende Arbeit lässt sich in drei große Abschnitte teilen.

Im ersten Abschnitt wurde der Ersatzteilbedarf analysiert und bewertet. Hierfür wurden die ABC-Analyse nach der Verbrauchsmenge, die Klassifikation nach der Verbrauchsmenge und die XYZ-Analyse als Methoden angewandt. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Ersatzteile der Firma Pöttinger größtenteils über sehr geringe Bedarfsvolumina und ein unregelmäßiges Verbrauchsverhalten verfügen.

Im zweiten Abschnitt (Kapitel 3) wurden Einflussfaktoren identifiziert, welche auf den Bedarf der Firma Pöttinger wirken. Aufgrund der mangelnden Datenverfügbarkeit konnten diese Ergebnisse im Zuge der Anwendung der Prognoseverfahren nicht berücksichtigt werden.

Im dritten Abschnitt wurden die ausgewählten Prognoseverfahren auf die Vergangenheitswerte (Jänner 2005 bis April 2011) für eine Vergleichsgruppe von 157 Ersatzteilen angewandt. Es wurden die exponentielle Glättung erster und zweiter Ordnung, Varianten des gleitenden und gewichteten gleitenden Mittelwerts, das Verfahren von Croston und eine Reihe einfacher, eigener Verfahren angewandt.

In einem ersten Schritt wurden die Prognoseverfahren für ein ausgewähltes Außenlager (in Recke, Deutschland) miteinander verglichen. Für dieses Außenlager fiel die Prognosequalität aller Verfahren deutlich zu niedrig aus (der mittlere absolute Fehler betrug im besten Fall 90% des durchschnittlichen Monatsbedarfs). Daher wurden die Prognoseverfahren in einem zweiten Schritt auf den Gesamtverbrauch angewandt und miteinander verglichen. Durch diese Vorgehensweise konnte die Prognosequalität erhöht werden, die damit zu erzielende Verfügbarkeit (berechnet mittels Alpha Servicegrads auf Monatsbasis), unter Berücksichtigung eines Sicherheitsbestands, fiel jedoch auch in diesem Fall zu niedrig aus.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass trotz des Ergebnisses der vorliegenden Arbeit, welches besagt, dass der Ersatzteilverbrauch der Firma Pöttinger nicht sinnvoll mit den untersuchten Verfahren prognostizierbar ist, wichtige Rückschlüsse auf die

Charakteristik des Ersatzteilbedarfs und die Bedarfseinflussfaktoren gezogen werden konnten.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung	I
Danksagung	II
Kurzfassung.....	III
Inhaltsverzeichnis.....	V
Tabellen- und Abbildungsverzeichnis.....	VII
1 Einführung.....	9
1.1 Ersatzteil	3
1.2 Ersatzteillogistik.....	3
1.3 Allgemeine Informationen über die Alois Pöttinger Maschinenfabrik GmbH.....	4
1.3.1 Standorte	4
1.3.2 Umsatz	4
1.4 Aufgaben des Autors und Projektdauer	5
2 Darstellung der Bedarfsstruktur.....	5
2.1 Verwendete Methoden zur Bedarfsanalyse	6
2.1.1 ABC-Analyse und Klassifikation	6
2.1.2 XYZ-Analyse für den Stützpunkt Recke und den Gesamtverbrauch	7
2.2 Definition der Analyse Kriterien	8
2.3 Durchführung der Analysen.....	9
2.4 Kritische Betrachtung der Datenqualität	9
2.5 Analyse der Bedarfsstruktur im Außenlager Recke	10
2.5.1 ABC-Analyse der Bedarfsstruktur in Recke.....	10
2.5.2 Klassifikation der Ersatzteile in Recke	11
2.5.3 XYZ-Analyse für Recke	12
2.6 Vergleich der Ergebnisse aus Recke mit den untersuchten Stützpunkten.....	12
2.6.1 Vergleich des Bedarfes.....	13
2.6.2 Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analyse	17
2.6.3 Vergleich der Ergebnisse der Klassifikation	19
2.6.4 Ergebnisse des Vergleichs von Recke mit den anderen Außenlagern.....	21
2.7 Vergleich der Ergebnisse aus Recke mit den Ergebnissen aus Grieskirchen	21
2.7.1 Vergleich des Bedarfes.....	21
2.7.2 Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analyse	22
2.7.3 Vergleich der Ergebnisse der Klassifikation	23
2.7.4 Ergebnisse des Vergleichs von Recke mit Grieskirchen	24
2.8 Analyse des Gesamtverbrauchs an Ersatzteilen.....	24
2.8.1 Ergebnisse der ABC-Analyse	25
2.8.2 Ergebnisse der Klassifikation	26
2.8.3 Ergebnisse der XYZ-Analyse	27
2.9 Rückschlüsse aus der Analyse der Bedarfsstruktur	28
3 Bedarfseinflussfaktoren	30
3.1 Kategorisierung der Bedarfseinflussfaktoren	31
3.1.1 Kategorie „Maschine“	31
3.1.2 Kategorie „Ersatzteil“	32
3.1.3 Kategorie „Markt und Umfeld“	32
3.1.4 Kategorie „Instandhaltung“	33
3.2 Auswahl der zu berücksichtigenden Bedarfseinflussfaktoren	33
3.3 Methoden zur Berücksichtigung der Bedarfseinflussfaktoren in der Prognose	34

3.3.1	Berücksichtigung von Planverkauf und Maschinenbestand	34
3.3.2	Maschinengenerationswechsel.....	37
3.4	Zusammenfassung der gewählten Form der Berücksichtigung.....	38
3.5	Problematik bei der gewählten Form der Berücksichtigung	38
3.6	Berücksichtigung der Bedarfseinflussfaktoren im Zuge des Vergleichs der Prognoseverfahren.....	39
4	Prognoseverfahren	40
4.1	Arten der Bedarfsrechnung	41
4.1.1	Deterministische Bedarfsrechnung	41
4.1.2	Stochastische Bedarfsrechnung	42
4.1.3	Subjektive Bedarfsrechnung	43
4.2	Darstellung der verwendeten Prognoseverfahren	43
4.2.1	Exponentielle Glättung 1. Ordnung	44
4.2.2	Exponentielle Glättung 2. Ordnung	44
4.2.3	Gleitender Mittelwert	45
4.2.4	Gleitender Mittelwert mit unterschiedlicher Gewichtung	45
4.2.5	Varianten des gleitenden Mittelwerts – $X*Y$	46
4.2.6	Varianten des gleitenden Mittelwerts – Dispbereiche.....	47
4.2.7	Croston-Verfahren	48
4.2.8	Berechnung des Sicherheitsbestands.....	49
4.3	Auswahl der Teile für die Prognose	49
4.4	Betrachtungszeitraum für den Prognosevergleich	50
4.5	Vorgehensweise beim Vergleich der Prognoseverfahren.....	50
4.6	Feststellung der Prognosequalität.....	51
4.6.1	Prognosefehler.....	51
4.6.2	Vergleich mittels Fehlermaßen	52
4.6.3	Vergleich von Verfügbarkeit und Bestand	54
4.7	Datenbereinigung	55
4.8	Aufrunden der Werte.....	55
4.9	Prognosevergleich.....	56
4.9.1	Prognosevergleich mit den Verbrauchswerten des Außenlagers Recke	57
4.9.2	Zwischenergebnisse des Prognosevergleichs	58
4.9.3	Prognosevergleich auf Basis des Gesamtverbrauchs.....	59
4.9.4	Quartalsweise Prognose auf Basis des Gesamtverbrauchs	62
4.10	Ergebnisse des Prognosevergleichs	63
4.11	Umsetzung in SAP oder als Zusatzprogramm	63
5	Resümee.....	64
6	Literaturverzeichnis	67

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Definition der Klassen der ABC-Analyse nach den Verbrauchsmengen	8
Tabelle 2: Definition der Klassen für die Klassifikation nach den Verbrauchsmengen.....	8
Tabelle 3: Definition der Grenzen für die XYZ-Analyse	9
Tabelle 4: ABC-Analyse des Kalenderjahres 2010.....	10
Tabelle 5: Ergebnisse der ABC-Analyse für Recke	11
Tabelle 6: Ergebnisse der Klassifikation nach der Verbrauchsmenge für Recke	11
Tabelle 7: Vergleich der Verbrauchsmengen der Außenlager (in Stück).....	14
Tabelle 8: Anzahl der verbrauchten Ersatzteile (Materialnummern) in den Außenlagern.....	15
Tabelle 9: Ergebnisse der ABC-Analyse der Außenlager (alle Werte in Prozent)	17
Tabelle 10: Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analysen zwischen Recke und den Außenlagern (Mittelwerte)	18
Tabelle 11: Ergebnisse der Klassifikation der Außenlager nach der Verbrauchsmenge (Werte in Prozent).....	20
Tabelle 12: Vergleich der Ergebnisse der Klassifikation nach der Verbrauchsmenge von Recke und den anderen Außenlagern	20
Tabelle 13: Verbrauchsmengen und Anzahl der verbrauchten Ersatzteile (Materialnummern) in Grieskirchen	22
Tabelle 14: Ergebnisse der ABC-Analyse für Grieskirchen	22
Tabelle 15: Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analyse von Recke und Grieskirchen.....	23
Tabelle 16: Ergebnisse der Klassifikation nach der Verbrauchsmenge für Grieskirchen.....	23
Tabelle 17: Vergleich der Ergebnisse der Klassifizierung nach der Verbrauchsmenge von Recke und Grieskirchen.....	24
Tabelle 18: Gesamtverbrauch und Anzahl der verbrauchten Ersatzteile (Materialnummern) für die Kalenderjahre 2005 bis 2010	25
Tabelle 19: Ergebnisse der ABC-Analyse des Gesamtverbrauchs an Ersatzteilen der Firma Pöttinger	25
Tabelle 20: Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analyse von Recke und dem Gesamtverbrauch	26
Tabelle 21: Ergebnisse der Klassifizierung nach der Verbrauchsmenge des Gesamtverbrauchs an Ersatzteilen.....	26
Tabelle 22: Vergleich der Ergebnisse der Klassifikation nach der Verbrauchsmenge von dem Gesamtverbrauch und Recke.....	27
Tabelle 23: Ergebnisse der XYZ-Analyse für den Gesamtverbrauch an Ersatzteilen	27
Tabelle 24: Angabe Berechnungsbeispiel	36
Tabelle 25: Angabe Berechnungsbeispiel 2	37
Tabelle 26: Aktualisierte Angabe Berechnungsbeispiel 2	38
Tabelle 27: Berechnungsschema X*Y Methoden	46
Tabelle 28: Beispiel der Berechnung nach der X*Y Methode.....	47
Tabelle 29: Verwendete Varianten des gleitenden Mittelwerts (X*Y Methode).....	47
Tabelle 30: Beispiel zur Berechnung mittels des Verfahrens Dispobereiche	47

Tabelle 31: Anzahl der Ersatzteile in Recke mit einem Bedarf von mehr als 50 Stück pro Jahr ..	50
Tabelle 32: Niveau der Prognosefehler für das Außenlager Recke	58
Tabelle 33: Niveau der Prognosefehler für die Prognose des Gesamtverbrauchs	59
Tabelle 34: Mittelwert des Abweichungssignals ($\emptyset AS$) für die Vergleichsgruppe bei der Prognose der Vergangenheitswerte von Recke	60
Tabelle 35: Prozentuelle Verteilung von positiven und negativen Abweichungssignalen für Recke	60
Tabelle 36: Verfügbarkeit nach dem Alpha Servicegrad (α -SG) und theoretisch zu erreichender Bestand an Ersatzteilen (in Stück)	61
Abbildung 1: Schematischer Aufbau der vorliegenden Arbeit	9
Abbildung 2: Darstellung des Umsatzes und der Umsatzentwicklung der Firma Pöttinger	4
Abbildung 3: Monatsverbräuche des Ersatzteils 103.086 aus SAP Standard	46
Abbildung 4: Algorithmus zur Prognose mittels des Verfahrens von Croston	48
Abbildung 5: Legende der im Zuge des Prognosevergleichs verwendeten Abkürzungen	57

Abkürzungsverzeichnis

MAE	Mittlerer absoluter Prognosefehler
RMSE	Quadratwurzel aus dem mittleren quadratischen Prognosefehler
AS	Abweichungssignal
STAW	Standardabweichung
$\emptyset MAE$	Durchschnittlicher mittlerer absoluter Prognosefehler
$\emptyset RMSE$	Durchschnittlicher RMSE
$\emptyset rMAE$	Durchschnittlicher relativer mittlerer absoluter Prognosefehler

1 Einführung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Versuch, den Ersatzteilbedarf der Firma Pöttinger zu prognostizieren. Das Ziel einer solchen Bedarfsprognose liegt darin, den quantitativen Materialbedarf für eine bestimmte Periode zu ermitteln.¹

Die Prognose von Ersatzteilverbräuchen ist aufgrund der speziellen Natur der Ersatzteile sehr schwierig, da diese zumeist über unregelmäßige Verbrauchskarakteristiken und sehr geringe Verbrauchsmengen verfügen (siehe hierzu Kapitel 2). Ein weiterer Faktor, der die Prognose von Ersatzteilen zu einem anspruchsvollen Unterfangen werden lässt, ist der Umstand dass sich der Ersatzteilverbrauch nicht, oder in nur äußerst geringem Maße aus dem aktuellen Produktionsprogramm ableiten lässt. Somit ist eine deterministische Bestimmung des Ersatzteilbedarfs im Falle der Firma Pöttinger nicht sinnvoll. Es besteht natürlich eine Beeinflussung des Ersatzteilverbrauchs durch die Produktionsprogramme der Firma Pöttinger, diese tritt aber zeitversetzt und aufgrund der unzureichenden Datenlage sehr schwer messbar, auf (siehe Kapitel 3).

Somit ergibt sich, dass für die Auswahl eines geeigneten Prognoseverfahrens für die Firma Pöttinger drei Schritte notwendig waren, denen die vorliegende Arbeit auch hinsichtlich ihres Aufbaus folgt.

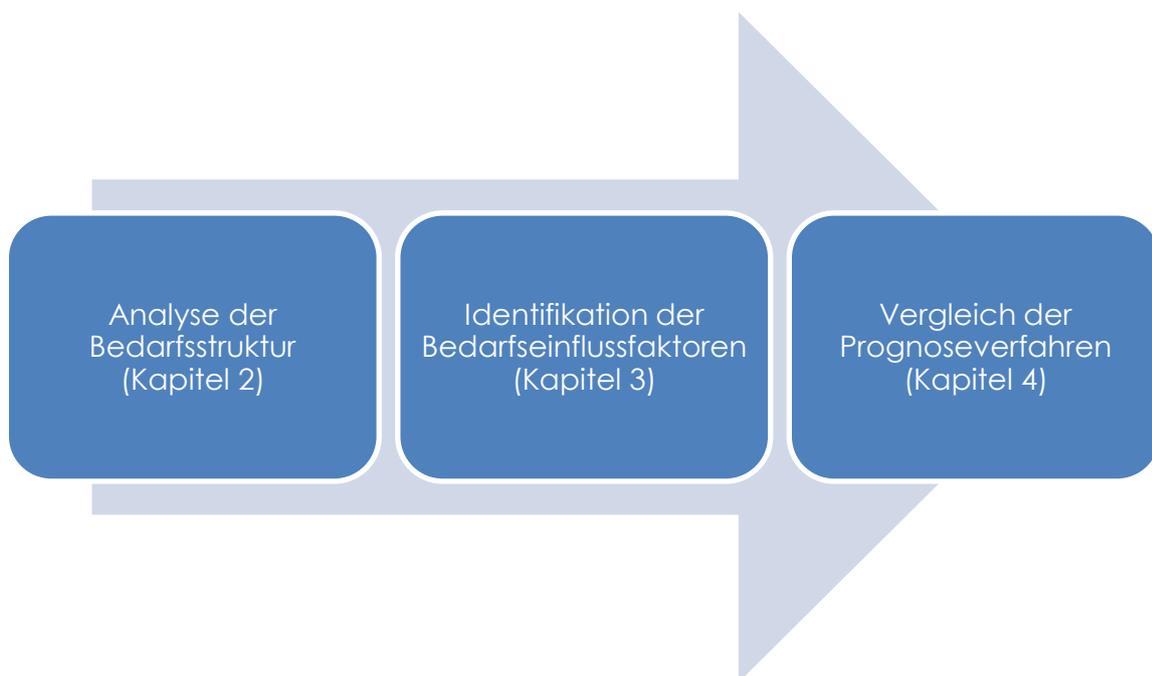


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der vorliegenden Arbeit

¹ vgl. Biedermann (2008), S. 34

Der erste Schritt bestand darin, die Bedarfsstruktur der Ersatzteile eingehend zu untersuchen um Rückschlüsse auf geeignete Prognoseverfahren treffen zu können. Im zweiten Schritt wurden Faktoren identifiziert, welche den entstehenden Bedarf an Ersatzteilen beeinflussen.

Aufbauend auf den Erkenntnissen aus den ersten beiden Schritten wurden verschiedene Prognoseverfahren anhand einer Vergleichsgruppe, bestehend aus 157 Ersatzteilen, durchgeführt und miteinander verglichen. Dieser Prognosevergleich stellte den dritten Schritt dar.

Das Hauptziel der vorliegenden Arbeit besteht darin, zu untersuchen ob der Ersatzteilbedarf der Firma Pöttinger mittels der ausgewählten Verfahren unter Berücksichtigung der Verfügbarkeit und der Bestände, sinnvoll prognostizierbar ist. Die Analyse des Ersatzteilverbrauchs, der daraus resultierende Erkenntnisgewinn und die Identifikation der Bedarfseinflussfaktoren stellen die Nebenziele der vorliegenden Arbeit dar.

Es war aufgrund des begrenzten Umfangs der vorliegenden Arbeit nicht möglich, sämtliche existierenden Prognoseverfahren miteinander zu vergleichen, es musste daher eine Auswahl getroffen werden. Unter den ausgewählten Verfahren befinden sich sowohl solche, welche in der Fachliteratur als besonders geeignet für die Ersatzteilprognose angesehen werden (z.B. das Verfahren von Croston), als auch ausgesprochene Standardverfahren (wie z.B. die exponentielle Glättung). Aus dem Vergleich des Verfahrens von Croston mit den besagten Standardverfahren lassen sich beispielsweise interessante Rückschlüsse auf die zu erreichende Prognosequalität erwarten.

In den folgenden Kapiteln 1.1 bis 1.2 wird kurz auf die Begriffe Ersatzteil und Ersatzteillogistik eingegangen um Klarheit bezüglich deren Verwendung in der vorliegenden Arbeit zu gewährleisten. In Kapitel 1.3 erfolgt eine kurze Darstellung der Firma Pöttinger, für welche dieser Versuch einer Ersatzteilprognose im Rahmen eines dreimonatigen Praktikums unternommen wurde.

1.1 Ersatzteil

Ein Ersatzteil ist ein Teil, Baugruppe oder ein vollständiges Erzeugnis, welches zum Ersatz von beschädigten, verschlissenen oder fehlenden Teilen, Baugruppen oder Erzeugnissen bestimmt ist.² Eine weitere Unterteilung der Ersatzteile in Reserve- Verbrauchs- und Kleinteile ist möglich.³ Grundsätzlich handelt es sich bei der in der vorliegenden Arbeit thematisierten Ersatzteilprognose um die Prognose von Ersatzteilen für die Landmaschinen und nicht etwa um die Prognose der Ersatzteile für die Produktionsanlagen der Firma Pöttinger.

Es besteht naturgemäß eine Vielzahl an verschiedensten Ersatzteilen mit gemeinsamer Charakteristik, für welche im Zuge einer vom Autor 2010 verfassten Bachelorarbeit eine Klassifizierung durchgeführt wurde. Da diese Klassifizierung zum Zeitpunkt der Entstehung der vorliegenden Arbeit noch nicht vollständig umgesetzt war, konnten die Ergebnisse selbiger hinsichtlich der Ersatzteilprognose nicht verwendet werden.

1.2 Ersatzteillogistik

Ziel der Ersatzteillogistik ist die Bereitstellung des richtigen Ersatzteils, zur richtigen Zeit am richtigen Ort und bei möglichst optimalen Beständen.⁴ Um diese Bereitstellung zu ermöglichen, ist das Wissen um den zu erwartenden Ersatzteilebedarf von großer Bedeutung.

Aus den Zielen der Ersatzteillogistik lassen sich zwei elementare Anforderungen an die Prognose von Ersatzteilen ableiten. Zum einen muss das Prognoseverfahren eine möglichst hohe Verfügbarkeit der Ersatzteile gewährleisten, zum anderen dürfen die Bestände durch das Prognoseverfahren nicht unnötig erhöht werden. Daher gilt es die richtige Balance zwischen der Verfügbarkeit der Ersatzteile auf der einen Seite und einem vertretbaren Lagerbestand auf der anderen Seite zu finden.⁵

² vgl. Biedermann (2008), S. 3

³ vgl. Ester (1997), S. 118

⁴ vgl. Biedermann (2008), S. 7

⁵ vgl. Mathar, Scheuring (2009), S. 249

1.3 Allgemeine Informationen über die Alois Pöttinger Maschinenfabrik GmbH

Die Firma Alois Pöttinger Maschinenfabrik ist ein aus Oberösterreich stammender Landmaschinenhersteller mit Stammsitz in Grieskirchen, welcher mittlerweile international operiert und im Bereich Ladewagen die Position des Weltmarktführers erringen konnte. Die Produktpalette lässt sich in Produkte zur Bodenbearbeitung und zur Bewirtschaftung von Grünland unterteilen.⁶

1.3.1 Standorte

Die Firma Alois Pöttinger Maschinenfabrik GmbH produziert in Grieskirchen (Österreich), Bernburg (Deutschland) und Vodnany (Tschechische Republik).⁷ Des Weiteren verfügt die Firma Pöttinger über Vertriebsstandorte in zehn Ländern.

1.3.2 Umsatz

Wie aus Abbildung 1 ersichtlich wird, beschäftigte die Firma Pöttinger im Wirtschaftsjahr 2010/2011 (August-Juli) 1270 Mitarbeiter und erwirtschaftete einen Umsatz von 236 Millionen Euro.

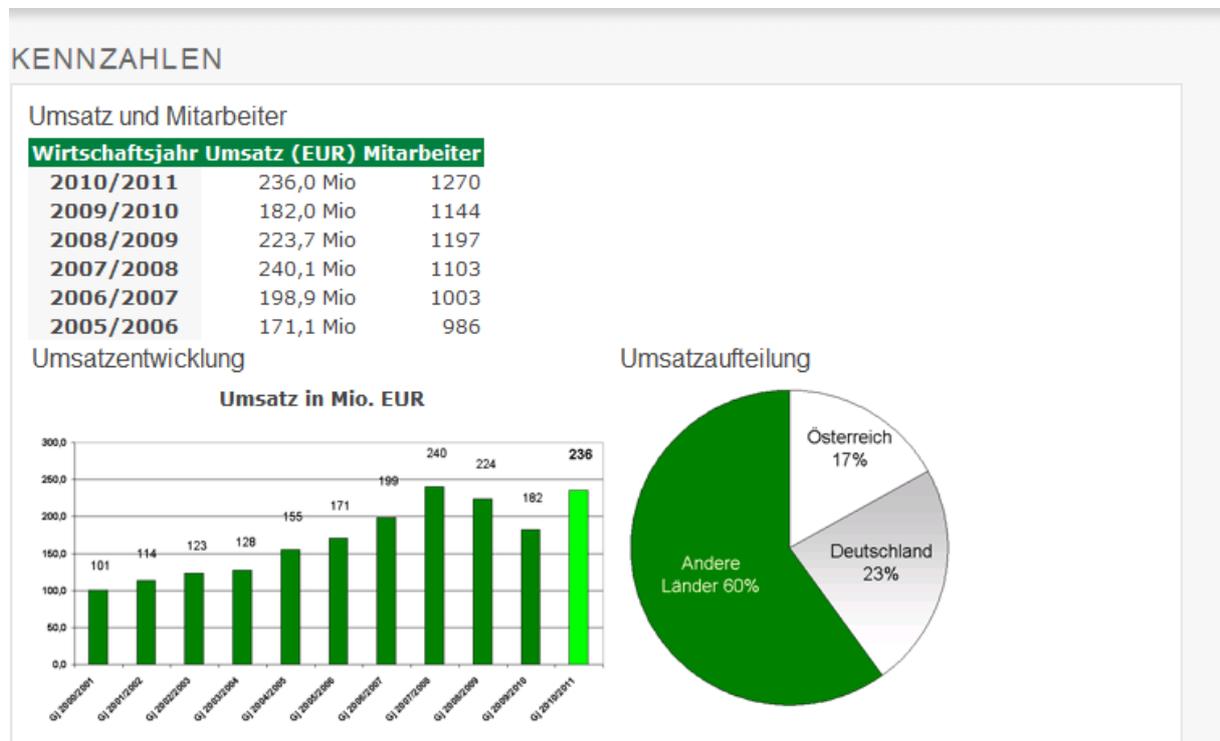


Abbildung 2: Darstellung des Umsatzes und der Umsatzentwicklung der Firma Pöttinger⁸

⁶ <http://www.poettinger.at/de/> am 15.12.2011

⁷ http://www.poettinger.at/de/unternehmen_daten_stvt/ am 15.12.2011

1.4 Aufgaben des Autors und Projektdauer

Der Autor fungierte während der dreimonatigen Projektdauer als Projektleiter. Sämtliche Analysen, Ausarbeitungen und Prognosevergleiche, sofern nicht anders vermerkt, wurden vom Autor durchgeführt.

2 Darstellung der Bedarfsstruktur

Bevor mit der Betrachtung der eigentlichen Prognoseverfahren begonnen werden kann, ist es sinnvoll, zuerst die Bedarfsstruktur eingehend zu analysieren. Dadurch wird die Entscheidung für ein Prognoseverfahren erleichtert und die spezifischen Besonderheiten der Ersatzteile werden deutlich. Aufgrund der begrenzten Kapazitäten des Verfassers war es nicht möglich, alle Prognoseverfahren für alle Stützpunkte und alle Ersatzteile durchzuführen. Somit war es nötig, sich auf einen Stützpunkt zu konzentrieren. Dieser Stützpunkt sollte darum hinsichtlich seiner Bedarfscharakteristik den anderen Stützpunkten, auf welche die Ersatzteilprognose theoretisch (und bei Durchführbarkeit auch praktisch) angewandt werden soll, grundsätzlich ähnlich sein. Es wird im Laufe dieses Kapitels deutlich werden, dass sich keine zwei Stützpunkte mit exakt gleicher Bedarfscharakteristik finden lassen. Dieser Umstand ist durch die Besonderheiten der jeweiligen Märkte, welche mittels der Stützpunkte bedient werden leicht erklärbar. So variieren neben der Bodenbeschaffenheit, der Zusammensetzung der Maschinenpopulation im Markt und ähnlicher Faktoren (siehe dazu Kapitel 3) auch die Art und die Intensität der Nutzung der Landmaschinen. Daher war das Ziel der Bedarfsanalyse die Außenlager der Firma Pöttinger auf eine grundsätzliche Ähnlichkeit der Bedarfscharakteristik hin zu untersuchen.

Als besonders geeignet für die Anwendung der Prognoseverfahren und deren Vergleich wurde seitens der Ersatzteildisponenten der Firma Pöttinger der Stützpunkt Recke in Deutschland erachtet. Darum wurde der Bedarf des Stützpunktes Recke untersucht und mit dem Bedarfsverhalten der anderen Stützpunkte, des Hauptwerkes Grieskirchen und des Gesamtverbrauchs verglichen.

Zusammenfassend besteht das Ziel der Bedarfsanalyse darin, wichtige Informationen für die Auswahl der Prognoseverfahren zu gewinnen und zu entscheiden, ob der Stützpunkt Recke als repräsentativ für die Außenlager der Firma Pöttinger gelten kann.

⁸ http://www.poettinger.at/de/unternehmen_daten_kenn/ am 15.12.2011

2.1 Verwendete Methoden zur Bedarfsanalyse

Um die Stützpunkte miteinander vergleichen zu können, wurde auf drei Methoden zurückgegriffen. Zuerst wurde eine ABC-Analyse hinsichtlich der Verbrauchsmengen durchgeführt. Darauf folgte eine Klassifikation nach den jährlichen Bedarfsmengen. Die Klassifikation fasst die Ersatzteile in Gruppen hinsichtlich ihrer Verbrauchsmengen zusammen. Somit zeigen sowohl die ABC-Analyse nach der Verbrauchsmenge, als auch die Klassifikation die Einteilung der Ersatzteile der Firma Pöttinger nach ihren Jahresverbrauchsmengen. Es handelt sich daher um zwei verschiedene Darstellungsformen desselben Sachverhalts.

Als dritte Methode wurde eine XYZ-Analyse für das Außenlager Recke und den Gesamtverbrauch durchgeführt.

2.1.1 ABC-Analyse und Klassifikation

Normalerweise wird bei der ABC-Analyse die Anzahl dem Wert der Materialdispositionen (in unserem Fall der Ersatzteile) gegenübergestellt.⁹ Da jedoch für die Ermittlung des geeigneten Prognoseverfahrens die Verbrauchsmengen wichtiger als die wertmäßige Aufteilung der Ersatzteile sind, wurden bei der ABC-Analyse die Verbrauchsmengen der Anzahl der Ersatzteile gegenübergestellt. Somit zeigt die ABC-Analyse nach den Verbrauchsmengen welcher prozentuale Anteil der Ersatzteile für den Großteil des Bedarfes verantwortlich ist. Bei der wertmäßigen ABC-Analyse würde gezeigt, welche Anzahl an Ersatzteilen für den Großteil des betrachteten Wertes verantwortlich ist. Die Verfügbarkeit ist jedoch das maßgebliche Ziel der Ersatzteilprognose da im Falle der Firma Pöttinger beispielsweise auch Ersatzteile mit eher geringem Wert ausfallkritisch für eine Landmaschine sein könnten.

Bei der Klassifikation wird gezeigt, welche Anzahl an Ersatzteilen über Verbrauchsmengen verfügen, welche bestimmten Klassen zugeordnet werden. Beispielsweise lässt sich auf diese Weise ermitteln, welcher Prozentsatz der Ersatzteile der Firma Pöttinger im Durchschnitt einen Jahresverbrauch von über 10 Einheiten hat.

Für beide Methoden wurden die Jahre 2005 bis 2010 betrachtet. Die ABC-Analyse und die Klassifikation wurden jeweils für ein ganzes Kalenderjahr durchgeführt und anschließend wurde der Mittelwert für die einzelnen Klassen über die Ergebnisse der sechs Kalenderjahre gebildet.

⁹ vgl. Arnold(Hrsg) et al. (2008), S. 277

Die Entscheidung für diese Vorgehensweise (der Betrachtung der einzelnen Kalenderjahre) fiel aufgrund der Möglichkeit, zeitliche Veränderungen betrachten zu können, welche bei einer Betrachtung der ganzen Periode wegfallen würde. Außerdem würden die Ergebnisse der Analysen verzerrt werden, sollte ein Stützpunkt erst nach 2005 eröffnet worden sein.

2.1.2 XYZ-Analyse für den Stützpunkt Recke und den Gesamtverbrauch

Da es für die Gestaltung eines Prognoseverfahrens von großer Bedeutung ist, über die Art des Bedarfsverlaufes Bescheid zu wissen, wurde eine XYZ-Analyse durchgeführt. Es lassen sich drei Klassen von Verbrauchsverläufen bilden.¹⁰ Man unterscheidet somit zwischen regelmäßigem [X], schwankendem (bzw. trendförmigem)[Y] und zufälligem[Z] Bedarfsverlauf.¹¹

Die XYZ-Analyse untersucht somit auch die Vorhersagegenauigkeit der betrachteten Ersatzteile und teilt deren Verbrauch in die drei oben angeführten Klassen ein.¹² Bei X-Teilen ist von einer hohen Prognosegenauigkeit, bei Y-Teilen von einer mittleren und bei Z-Teilen von einer äußerst geringen Prognosegenauigkeit auf Basis von Vergangenheitsdaten auszugehen.¹³

Diese Einteilung liefert somit wichtige Informationen für die Ersatzteilprognose und der zu erwartenden Prognosequalität.

¹⁰ vgl. Biedermann(2008), S. 85

¹¹ vgl. Biedermann (2008), S. 85

¹² vgl. Arnold (Hrsg) et al. (2008), S. 278

¹³ vgl. Vollmuth (2007), S. 226

2.2 Definition der Analysekriterien

Die Definition der Kriterien für die drei durchgeführten Analysen erfolgte einheitlich für alle Stützpunkte. Für die ABC-Analyse der Ersatzteile nach der Verbrauchsmenge wurden die in Tabelle 1 angeführten Klassengrenzen angewandt.

Klasse	% des Gesamtverbrauchs
A	70%
B	20%
C	10%

Tabelle 1: Definition der Klassen der ABC-Analyse nach den Verbrauchsmengen

Die Klassifikation nach der Verbrauchsmenge soll verdeutlichen, für welchen Anteil der Ersatzteile eine Prognose als sinnvoll angenommen werden kann. Außerdem veranschaulicht die Klassifikation auf ansehnliche Weise die Verbrauchsstruktur der Ersatzteile. Die Klassengrenzen für die Klassifikation nach der Verbrauchsmenge sind in Tabelle 2 dargestellt.

Klasse	Bedarf (Stück/Jahr)
Klasse 1	Bedarf < 0
Klasse 2	0 < Bedarf < 10
Klasse 3	10 < Bedarf < 30
Klasse 4	30 < Bedarf < 100
Klasse 5	Bedarf > 100

Tabelle 2: Definition der Klassen für die Klassifikation nach den Verbrauchsmengen

Die XYZ-Analyse wurde für die Vergleichsgruppe, anhand derer der Prognosevergleich später durchgeführt wurde, vorgenommen um Aufschlüsse über die Art der Zeitreihenverläufe ziehen zu können.

Es wurde der Variationskoeffizient mittels der Formel Standardabweichung/Mittelwert berechnet¹⁴. Folgende, in Tabelle 3 dargestellte, Grenzen wurden für die XYZ-Analyse definiert:

¹⁴ vgl. Mayer(2006), S. 59

Klasse	Bedarfsverlauf	Variationskoeffizient (V)
X	Gleichförmig	$V \leq 0,3$
Y	Saisonal/trendförmig	$0,3 < V \leq 0,7$
Z	Unregelmäßig	$V > 0,7$

Tabelle 3: Definition der Grenzen für die XYZ-Analyse

Es wurden die Ersatzteile der Vergleichsgruppe im Zeitraum der Kalenderjahre 2009 und 2010 analysiert.

Zur Vergleichsgruppe soll an dieser Stelle so viel vorweggenommen werden, dass es sich hierbei um jene Ersatzteile handelt, anhand welcher der Prognosevergleich durchgeführt wurde. Auf die genaue Zusammensetzung der Vergleichsgruppe wird in Kapitel 4 näher eingegangen, es soll an dieser Stelle nur so viel vorweggenommen werden, dass es sich hierbei um jene Ersatzteile handelt, welche im Stützpunkt Recke im Jahr 2010 einen Jahresbedarf von mehr als 50 Stück hatten und Vergangenheitswerte bis mindestens 2005 aufwiesen. Der Grund hierfür war die Entscheidung seitens der Firma Pöttinger, sich bei der Prognose auf jene Ersatzteile konzentrieren zu wollen, da man sich bei Ersatzteilen mit höherem Jahresverbrauch eine höhere Prognosequalität versprach (siehe dazu Kapitel 2.7 und 2.8).

2.3 Durchführung der Analysen

Die ABC-Analysen und die Klassifikationen wurden in SAP durchgeführt. Die XYZ-Analysen für Recke und den Gesamtverbrauch wurden in Microsoft Excel durchgeführt. Als Grundlage für die Durchführung aller drei Methoden dienten die Verbrauchsmengen, welche in SAP Standard gepflegt sind.

2.4 Kritische Betrachtung der Datenqualität

Hinsichtlich der Ergebnisse der ABC-Analyse und der Klassifikation ist von einer geringen Ungenauigkeit auszugehen, die sich aus verschiedenen Maßeinheiten, mit denen die Werte im System gepflegt wurden, ergibt.

Es wurden Ersatzteile mit den Einheiten Stück, Meter, Kilogramm und Millimeter im System gefunden, wobei von den im Kalenderjahr 2010 in Recke verbrauchten Artikeln (5378), lediglich zwei Ersatzteile in der Einheit Millimeter, sechs Ersatzteile in Kilogramm

und zwölf Ersatzteil in der Einheit Meter angegeben waren. Dies ergibt einen Prozentsatz von 0,37% der Ersatzteile, welche nicht in der Einheit Stück gepflegt sind. Daher ist die daraus entstandene Ungenauigkeit als minimal zu betrachten und zu vernachlässigen. Selbige Ungenauigkeiten sind bezüglich aller betrachteten Stützpunkte anzunehmen und werden im Folgenden nicht mehr erwähnt.

2.5 Analyse der Bedarfsstruktur im Außenlager Recke

Für Recke wurde eine ABC-Analyse nach der Verbrauchsmenge, eine Klassifikation nach der Verbrauchsmenge und eine XYZ-Analyse der Vergleichsgruppe (157 Ersatzteile) durchgeführt.

2.5.1 ABC-Analyse der Bedarfsstruktur in Recke

Begonnen wurde mit der Durchführung einer ABC-Analyse des jeweiligen Gesamtverbrauches der Kalenderjahre 2005 bis 2010, welche nach den in Tabelle 1 dargestellten Kriterien in SAP Standard durchgeführt wurde. Zur Veranschaulichung wird in Tabelle 4 das Ergebnis der ABC-Analyse des Kalenderjahres 2010 dargestellt und kurz auf die gezeigten Ergebnisse eingegangen.

Segmente	Material		Liefermenge in Segment	
	Anzahl	Anteil	Menge	Anteil
A-Segment	104	1,93%	86.419,000	70,10%
B-Segment	359	6,68%	24.552,000	19,91%
C-Segment	4.915	91,39%	12.315,140	9,99%
Summe	5378	100,00%	123.286,140	100,00%

Tabelle 4: ABC-Analyse des Kalenderjahres 2010

Anhand von Tabelle 4 lässt sich erkennen, dass 104 Ersatzteile, also nur 1,93% der Ersatzteile für einen Verbrauch von 70,10% der Liefermenge an Ersatzteilen verantwortlich sind. Bemerkenswert ist die geringe Anzahl an Ersatzteilen, welche für den Großteil der Verbrauchsmenge (=Liefermenge) an Ersatzteilen verantwortlich sind.

Die Ergebnisse der einzelnen Analysen der Jahre 2005 bis 2010 werden Tabelle 5 dargestellt. Im Anschluss an die Analysen für die einzelnen Jahre wurden die Mittelwerte für die gesamte Periode gebildet.

Segment	2010	2009	2008	2007	2006	2005	Mittelwert
A	1,93%	1,68%	1,49%	2,93%	2,37%	3,16%	2,26%
B	6,68%	6,35%	6,58%	11,49%	11,2%	12,79%	9,18%
C	91,39%	91,97%	91,93%	85,59%	86,43	84,06	88,56%

Tabelle 5: Ergebnisse der ABC-Analyse für Recke

Durchschnittlich gab es jährlich Verbrauchswerte für 4842 verschiedene Ersatzteile in Recke. Aus den Ergebnissen der ABC-Analyse lässt sich erkennen, dass verhältnismäßig wenige Teile (2,26%) für den Großteil des Ersatzteilverbrauches verantwortlich sind. Daraus folgt des Weiteren, dass sehr viele Ersatzteile über sehr geringe Bedarfsmengen verfügen und daher als schwierig zu prognostizieren erweisen können.

2.5.2 Klassifikation der Ersatzteile in Recke

Zur erweiterten Darstellung der Ersatzteilbedarfsverläufe wurde eine Klassifikation der Ersatzteile in fünf Teileklassen nach ihren Bedarfsmengen durchgeführt.

Die Klassifikation wurde wie die ABC-Analyse zuvor, für die Kalenderjahre 2005 bis 2010 separat durchgeführt und anschließend wurden die Mittelwerte für die Gesamtperiode berechnet. Der Grund für diese Vorgehensweise war ebenso wie bei der ABC-Analyse, ein erhoffter höherer Informationsgewinn bei getrennter Betrachtung der einzelnen Perioden als bei einer Klassifikation über die gesamte Periode von Jänner 2005 bis Dezember 2010, da auf diese Weise die Perioden miteinander verglichen werden können. Die Ergebnisse der Klassifikation werden in der folgenden Tabelle 6 dargestellt.

Es finden sich in Klasse 1 negative Bedarfswerte. Es handelt sich hierbei um Retoursendungen von Ersatzteilen, welche von diversen Händlern eine Zeit auf Lager gehalten wurden und, wenn sie nicht verkauft werden konnten, wieder an Pöttinger retour gingen. Auf die Behandlung der negativen Werte im Zuge der Prognose wird in Kapitel 4.6 (Datenbereinigung) näher eingegangen werden.

Klasse 1 (< 0)	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
7,65%	75,63%	8,74%	4,35%	3,64%

Tabelle 6: Ergebnisse der Klassifikation nach der Verbrauchsmenge für Recke

Wie aus den Ergebnissen der Klassifikation deutlich ersichtlich wird, verfügt der Großteil der Ersatzteile (in Summe 92,02%) über einen jährlichen Bedarf von unter 30 Stück. Rund 83,28% der Ersatzteile liegen bei einem Verbrauch von unter zehn Stück pro Jahr. Diese Ergebnisse untermauern die Rückschlüsse aus der ABC-Analyse, bezüglich möglicher Schwierigkeiten hinsichtlich der Prognostizierbarkeit der Ersatzteile. Die sehr geringen Verbrauchswerte des Großteils der Ersatzteile erschweren naturgemäß die Prognose.

2.5.3 XYZ-Analyse für Recke

Die XYZ-Analyse ergab für die 157 Ersatzteile der Vergleichsgruppe einen Anteil an Ersatzteilen mit unregelmäßigem Verlauf (Z) von 93%. Es wurden keine Ersatzteile mit gleichförmigem oder saisonal/trendförmigem Verlauf gefunden. Für 7% der Teile konnte aufgrund eines Nullbedarfs in der betrachteten Periode keine XYZ-Analyse durchgeführt werden. Somit bestätigt die XYZ-Analyse mit ihren Ergebnissen den vermuteten, unregelmäßigen Bedarfsverlauf der Ersatzteile im Außenlager Recke. Da nicht einmal unter den Ersatzteilen mit relativ großem Bedarf ein anderer als der unregelmäßige Verbrauch feststellbar war, kann angenommen werden, dass alle Ersatzteile in Recke über unregelmäßigen Bedarfsverlauf verfügen. Da nicht alle Ersatzteile betrachtet werden konnten, mag es sein dass vereinzelt Ersatzteile mit saisonalem oder konstantem Bedarf vorkommen, dies kann jedoch als sehr unwahrscheinlich angenommen werden und wird darum nicht weiter berücksichtigt.

Mit den mehr oder weniger zufälligen Bedarfsverläufen der Z Teile geht eine sehr geringe Vorhersagegenauigkeit einher.¹⁵ Dieser Umstand führt dazu, dass sich Z Teile nur schwierig verbrauchsgesteuert beschaffen lassen.¹⁶

2.6 Vergleich der Ergebnisse aus Recke mit den untersuchten Stützpunkten

Das Ziel des Vergleiches war der Beweis der Behauptung, dass Recke ein repräsentatives Außenlager darstellt. Recke war jenes Außenlager, welches den Disponenten der Firma Pöttinger am geeignetsten erschien, aber es musste zusätzlich abgeklärt werden, ob die Ergebnisse für Recke auch auf die anderen Außenlager übertragbar wären. Zu diesem Zwecke wurden für die Perioden 2005 bis 2010 ein Vergleich der Bedarfsmengen, ABC-Analysen und Klassifikationen für acht Stützpunkte durchge-

¹⁵ vgl. Biedermann (2008), S. 85

¹⁶ vgl. Biedermann (2008), S. 85

führt. Es ist natürlich davon auszugehen, dass die Verbrauchsstruktur in den einzelnen Außenlagern gewisse Unterschiede aufweisen wird (siehe Kapitel 3 über Bedarfseinflussfaktoren), aber es war wichtig, zu ermitteln, ob grundsätzliche Gemeinsamkeiten in der Bedarfsstruktur bestehen.

2.6.1 Vergleich des Bedarfes

In diesem Kapitel werden sowohl die Verbrauchsmengen, als auch die Anzahl an verbrauchten Ersatzteilen in acht Außenlagern analysiert. Zur Veranschaulichung wurden die Werte für Recke in den Tabellen 7 und 8 hinzugefügt. Das Wissen um die Verbrauchsmengen und um die Anzahl der verbrauchten Ersatzteile ist für die später durchzuführende Interpretation der Ergebnisse aus den ABC-Analysen und den Klassifikationen von Bedeutung. Tabelle 7 stellt die Verbrauchsmengen der acht Stützpunkte und Reckes seit 2005 dar.

Des Weiteren werden die Mittelwerte über die Perioden 2005 bis 2010 gebildet, so dass ein Vergleich des durchschnittlichen Jahresverbrauchs der Stützpunkte und Reckes durchgeführt werden kann. Bei der Berechnung besagter Mittelwerte wurden nur jene Kalenderjahre berücksichtigt, in welchen bereits ein Bedarf auftrat, da alle betrachteten Stützpunkte bis auf Recke, Landsberg und Italien erst nach 2005 eröffnet wurden.

Stützpunkte	2010	2009	2008	2007	2006	2005	Mittelwert
Australien	10.760	10.643	-	-	-	-	10.702
Canada	25.813	-	-	-	-	-	25.813
Italien	68.100	62.899	62.077	48.189	31.986	17.338	48.432
Irland	12.792	3.269	-	-	-	-	8.031
Landsberg	421.003	390.770	394.118	394.197	316.950	283.677	366.786
Polen	118.633	96.317	54.784	2.813	-	-	68.137
Recke	123.286	152.227	183.864	111.935	113.332	97.530	130.362
Ukraine	22.034	2.283	-	-	-	-	12.159
USA	21.316	5.459	-	-	-	-	13.388
Mittelwert (inkl. Recke)	91.526	90.490	173.711	139.284	154.089	132.848	75.980
Mittelwert (exkl. Recke)	87.556	81.663	170.326	148.400	174.468	150.508	69.181

Tabelle 7: Vergleich der Verbrauchsmengen der Außenlager (in Stück)

Im Mittel weist ein Stützpunkt der Firma Pöttinger für den Zeitraum 2005 bis 2010 einen jährlichen Bedarf von 75.980 Stück auf (bei Berücksichtigung der Verbrauchsmengen aus Recke). Der Stützpunkt Recke verfügt über einen mittleren Verbrauch von 130.362 Stück, liegt also deutlich über dem Mittelwert. Am Beispiel des polnischen Stützpunktes lässt sich die Entwicklung der Verbrauchsmengen wachsender Stützpunkte eindrucksvoll erkennen. Diese Entwicklung ist von einer Reihe von Faktoren abhängig, nicht zuletzt vom Potential des betrachteten Marktes und der Marktsituation. Am Stützpunkt Landsberg fallen beispielsweise deutlich größere Verbrauchsmengen an als in Recke, da Landsberg (im relevanten Beobachtungszeitraum) ein Produktionsstandort war.

Im Stützpunkt Italien, welcher ebenso wie Landsberg in allen betrachteten Perioden seit 2005 über Verbräuche verfügt, zeigen sich deutlich geringere Verbrauchsmengen als in Recke. Wenn nur die Verbräuche jener Stützpunkte betrachtet werden, welche seit mindestens 2005 bestehen, ist die durchschnittliche Jahresverbrauchsmenge von Landsberg und Italien 207.609 Stück. Wenn in dieser Berechnung auch noch die Verbrauchsmengen von Recke berücksichtigt werden, besteht die durch-

schnittliche Jahresverbrauchsmenge besagter drei Stützpunkte aus 191.860 Stück pro Jahr.

Unter Berücksichtigung des Umstandes, dass einige Stützpunkte erst seit wenigen Perioden über einen Verbrauch verfügen (also erst seit wenigen Jahren bestehen) und erwartet werden kann, dass sich diese Stützpunkte erst entwickeln werden, kann die Verbrauchsmenge von Recke daher durchaus als guter Orientierungswert angenommen werden.

In der nächsten Tabelle wird die Anzahl der jährlich verbrauchten Ersatzteile (Materialnummern) dargestellt.

Stützpunkt	2010	2009	2008	2007	2006	2005	Mittelwert
Australien	538	891	-	-	-	-	715
Canada	1.123	-	-	-	-	-	1.123
Italien	1.664	1.593	1.613	1.612	1.148	738	1.395
Irland	840	248	-	-	-	-	544
Landsberg	9.875	10.183	9.812	9.625	9.096	8.601	9.532
Polen	2.622	2.001	1.404	812	-	-	1.710
Recke	5.378	5.180	5.046	4.752	4.481	4.215	4.842
Ukraine	492	109	-	-	-	-	301
USA	1.102	390	-	-	-	-	1.492
Mittelwert (inkl. Recke)	2.626	2.574	4.469	4.200	4.908	4.518	2.406
Mittelwert (exkl. Recke)	2.282	2.202	4.276	4.016	5.122	4.670	2.102

Tabelle 8: Anzahl der verbrauchten Ersatzteile (Materialnummern) in den Außenlagern

Auch im Vergleich der verbrauchten Materialien lässt sich erkennen, dass die durchschnittliche Anzahl in Recke (4.842 Ersatzteile) über dem Mittel von 2.406 verschiedenen Materialien pro Jahr liegt. Hier kommen natürlich die gleichen Umstände, wie bereits oben genannt, zum Tragen, weshalb auch hier Recke als repräsentativ angenommen wird.

Am Stützpunkt Landsberg fällt analog zu den größeren Verbrauchsmengen auch eine größere Anzahl an jährlich verbrauchten Ersatzteilen an. Allerdings zeigt sich, dass das Verhältnis der Verbrauchsmengen von Landsberg zu Recke mit 2,81 : 1 grö-

Bei ist als das Verhältnis der Anzahl der Ersatzteile mit $1,97 : 1$. Dieser Umstand ist durch den geringen Anteil der A Teile an der Anzahl der Ersatzteile erklärbar. Da nur ein geringer Anteil der Ersatzteile für den Großteil der Verbrauchsmenge verantwortlich ist (siehe dazu Kapitel 2.7.2), muss die Anzahl der verbrauchten Ersatzteile nicht im gleichen Maße zur Verbrauchsmenge steigen.

Bei der Betrachtung der Anzahl der Ersatzteile am Stützpunkt Italien fällt auf, dass analog zu den geringeren Verbrauchsmengen auch deutlich weniger Ersatzteile verbraucht wurden. Im Mittel beträgt das Verhältnis der Verbrauchsmengen von Recke zu Italien $2,7 : 1$, wogegen das Verhältnis der Anzahl an verbrauchten Ersatzteilen $3,5:1$ beträgt. So paradox es auf den ersten Blick erscheinen mag, lässt sich auch dieser Umstand durch den geringen Anteil der A Teile an der Gesamtanzahl der Ersatzteile erklären.

Es scheint, dass für die Steigerung der Verbrauchsmenge eine relativ große Anzahl an Ersatzteilen in Recke verantwortlich ist. Üblicherweise werden bei einem kleinen, beziehungsweise frisch eröffneten Lager zunächst also jene Ersatzteile eingelagert, welcher mit großer Häufigkeit benötigt werden. Später im Zuge des Ausbaus des Stützpunktes kommen auch Ersatzteile hinzu, welche mit geringerer Frequenz nachgefragt werden.

Natürlich hängen die Verhältnisse der Verbrauchsmengen und der Anzahl an Ersatzteilen auch stark von anderen äußeren Faktoren, wie z.B. der Marktposition oder der Charakteristik des jeweiligen Marktes, ab. Eine detaillierte Analyse dieser Faktoren und ihrer Auswirkungen auf die Bestandsstruktur konnte leider aufgrund des begrenzten Rahmens der vorliegenden Arbeit und des damit verbundenen Projektes, nicht durchgeführt werden.

Zusammenfassend kann an dieser Stelle festgehalten werden, dass Recke zwar über eine deutlich größere Anzahl an verbrauchten Ersatzteilen und Verbrauchsmenge verfügt, dies aber größtenteils durch den Umstand begründet ist, dass die anderen Stützpunkte erst relativ kurz in Verwendung sind. Wie bereits angesprochen, kann eine Reihe von verschiedenen Faktoren für Unterschiede bei den betrachteten Punkten verantwortlich gemacht werden, welche aber nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind. Es kann aufgrund der betrachteten Verbrauchsdaten davon ausgegangen werden, dass Recke hinsichtlich seiner Verbrauchsmenge und der Anzahl

der verbrauchten Ersatzteile durchaus als repräsentatives Außenlager angesehen werden kann.

2.6.2 Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analyse

Begonnen wird mit dem Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analysen, welche zunächst in der Tabelle 9 dargestellt werden, anschließend folgt die Interpretation des gebildeten Mittelwerts und dessen Vergleich mit den Ergebnissen der ABC-Analyse von Recke.

Stützpunkt	Segmente	2010	2009	2008	2007	2006	2005	MW
Australien	A	5,76	0,34	-	-	-	-	3,05
	B	15,24	0	-	-	-	-	7,62
	C	79	99,66	-	-	-	-	89,33
Canada	A	3,47	-	-	-	-	-	3,47
	B	11,13	-	-	-	-	-	11,13
	C	85,4	-	-	-	-	-	85,4
Italien	A	1,8	1,95	2,11	2,48	3,31	4,47	2,69
	B	6,61	8,54	9,3	10,48	10,02	14,5	9,91
	C	91,59	89,52	88,59	87,03	86,67	81,03	87,41
Irland	A	3,69	8,87	-	-	-	-	6,28
	B	6,55	22,18	-	-	-	-	14,37
	C	89,75	68,95	-	-	-	-	79,35
Landsberg	A	1,14	1,37	1,49	1,31	1,62	1,6	1,42
	B	6,69	7,29	8,13	7,8	9,31	9,17	8,07
	C	92,16	91,35	90,38	90,89	89,07	89,22	90,51
Polen	A	1,72	1,65	2,78	0,49	-	-	1,66
	B	6,71	7	10,61	0	-	-	6,08
	C	91,57	91,35	86,61	99,51	-	-	92,26
Ukraine	A	4,07	10,09	-	-	-	-	7,08
	B	10,57	22,94	-	-	-	-	16,76
	C	85,37	66,97	-	-	-	-	76,17
USA	A	2,27	2,82	-	-	-	-	2,55
	B	13,43	11,28	-	-	-	-	12,36
	C	84,3	85,9	-	-	-	-	85,10

Tabelle 9: Ergebnisse der ABC-Analyse der Außenlager (alle Werte in Prozent)

Besonders interessant an der obigen Tabelle ist die Möglichkeit, die Entwicklung der Anzahl verschiedenen Teileklassen bei der Öffnung eines neuen Stützpunktes zu beobachten. Auf diese Entwicklungen soll an dieser Stelle jedoch nicht näher eingegangen werden, da sie nicht Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind. Trotzdem ist auffällig, dass die Ergebnisse der ABC-Analyse für die einzelnen neueröffneten Stützpunkte in den ersten zwei Jahren deutliche Unterschiede aufweisen. Es kann nur vermutet werden, dass diese Unterschiede durch die unterschiedlichen Bedürfnisse und logistischen Anforderungen der verschiedenen Märkte bedingt sind. In der folgenden Tabelle 10 werden die Mittelwerte der Ergebnisse der ABC-Analyse der Stützpunkte den Mittelwerten der Ergebnisse des Stützpunkts Recke gegenübergestellt.

Segment	A	B	C
Stützpunkte	3,84%	10,61%	86,01%
Recke	2,26%	9,18%	88,56%

Tabelle 10: Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analysen zwischen Recke und den Außenlagern (Mittelwerte)

Es ist aus Tabelle 10 ersichtlich, dass der prozentuale Anteil der A und B Teile in Recke geringfügig geringer ist, als bei den betrachteten Stützpunkten. Dieser Unterschied ist jedoch äußerst geringfügiger Natur und es ist erkenntlich, dass sich die Ergebnisse der ABC-Analyse für Recke und die Stützpunkte stark ähneln.

Wie aus den zuvor angeführten Tabellen und den Ergebnissen der ABC-Analyse für Recke ersichtlich ist, kann Recke auch hinsichtlich der ABC-Analyse als repräsentativer Stützpunkt gelten. Es darf bei der Analyse der Ergebnisse aus den anderen Stützpunkten nicht übersehen werden, dass sich der leicht höhere Wert bei den A Teilen vor allem aus dem hohen Wert der A Teile in Irland und der Ukraine im Jahr 2009 ergibt. Da es sich jedoch um die erste Periode handelt, in der Bedarf in Irland und der Ukraine aufgetreten ist, kann dieser hohe Wert auch als Ausreißer, bzw. als Besonderheit bei der Eröffnung dieser neuen Stützpunkts, betrachtet werden.

Als Ergebnis des Vergleichs der ABC-Analysen wird Recke hinsichtlich der Aufteilung nach der ABC-Analyse als repräsentativer Stützpunkt gesehen.

2.6.3 Vergleich der Ergebnisse der Klassifikation

Im nächsten Schritt sollen die Ergebnisse aus den Klassifikationen der Stützpunkte mit den Ergebnissen aus der Klassifikation von Recke verglichen werden. Die Klassifikation erfolgte ebenfalls nach den in Tabelle 2 definierten Klassen.

Stützpunkt	Klasse	2010	2009	2008	2007	2006	2005	Mittelwert
Australien	1	1,67	68,24	-	-	-	-	34,96
	2	77,7	28,28	-	-	-	-	52,99
	3	10,59	2,58	-	-	-	-	6,585
	4	4,46	0,67	-	-	-	-	2,57
	5	5,58	0,22	-	-	-	-	2,90
Canada	1	6,14	-	-	-	-	-	6,14
	2	74,98	-	-	-	-	-	74,98
	3	10,6	-	-	-	-	-	10,6
	4	4,1	-	-	-	-	-	4,1
	5	4,19	-	-	-	-	-	4,19
Italien	1	2,94	1,69	2,42	3,6	1,22	4,61	2,75
	2	78,85	77,97	75,95	77,79	81,36	73,71	77,61
	3	8,17	10,23	11,66	8,56	8,89	12,06	9,93
	4	5,59	5,65	5,77	6,2	3,22	5,56	5,33
	5	4,45	4,46	4,22	3,85	5,31	4,07	4,39
Irland	1	20,35	0,4	-	-	-	-	10,38
	2	65	83,87	-	-	-	-	74,44
	3	7,38	6,85	-	-	-	-	7,12
	4	4,05	6,45	-	-	-	-	5,25
	5	3,21	2,42	-	-	-	-	2,82
Landsberg	1	6,28	9,84	4,14	4,06	3,52	5,26	5,52
	2	74,6	70,9	75,56	76,16	76,9	76	75,02
	3	10,03	9,93	10,68	10,09	10,15	9,74	10,10
	4	5,21	5,41	5,49	5,64	5,79	5,51	5,51
	5	3,89	3,92	4,13	4,05	3,64	3,49	3,85
Polen	1	3,01	4,3	1,0	75,12	-	-	20,86

	2	76,85	74,66	75,07	19,7	-	-	61,57
	3	9,46	9,85	11,61	3,08	-	-	8,5
	4	5,76	6,25	7,34	1,11	-	-	5,12
	5	4,92	4,95	4,99	0,99	-	-	3,96
Ukraine	1	1,22	0	-	-	-	-	0,61
	2	71,54	74,31	-	-	-	-	72,93
	3	12,4	15,6	-	-	-	-	14
	4	8,13	5,5	-	-	-	-	6,82
	5	6,71	4,59	-	-	-	-	5,65
USA	1	4,17	13,33	-	-	-	-	8,75
	2	79,76	74,62	-	-	-	-	77,19
	3	9,62	5,38	-	-	-	-	7,5
	4	3,9	4,36	-	-	-	-	4,13
	5	2,54	2,31	-	-	-	-	2,43

Tabelle 11: Ergebnisse der Klassifikation der Außenlager nach der Verbrauchsmenge (Werte in Prozent)

Der Vergleich der Ergebnisse aus den Stützpunkten mit den Ergebnissen aus Recke zeigt dass sich die prozentuale Aufteilung der Klassen stark ähnelt. Um diesen Umstand noch deutlicher zu machen, wurde der Mittelwert der Ergebnisse der Klassifikation für alle Stützpunkte (inklusive Recke) gebildet. In der folgenden Tabelle wird dieser Mittelwert über die Jahre 2005 bis 2010 und alle Stützpunkte dargestellt.

Klasse	1	2	3	4	5
Stützpunkte	10,8 %	71,4 %	9,2 %	4,8 %	3,8 %
Recke	7,65 %	75,63 %	8,74 %	4,35 %	3,64 %

Tabelle 12: Vergleich der Ergebnisse der Klassifikation nach der Verbrauchsmenge von Recke und den anderen Außenlagern

Aus Tabelle 12 wird ersichtlich, dass sich die Ergebnisse der Klassifikation der Stützpunkte größtenteils mit denen aus Recke decken. In Recke traten weniger negative Bedarfe (Klasse 1) auf, es gab mehr Verbräuche in der Klasse 2 und in den Klassen 3,4 und 5 lag Recke marginal unter dem Durchschnitt der betrachteten Stützpunkte.

Daher kann Recke auch hinsichtlich der Ergebnisse aus der Klassifikation als ein repräsentatives Außenlager gelten.

2.6.4 Ergebnisse des Vergleichs von Recke mit den anderen Außenlagern

Zusammenfassend wird festgehalten, dass die Bedarfsstruktur in Recke aufgrund der Ergebnisse sowohl der durchgeführten ABC-Analysen, als auch der Klassifikationen, als typisch für die Außenlager der Firma Pöttinger angesehen werden kann. Daher eignet sich das Außenlager Recke hervorragend, um die verschiedenen Prognosearten für ein Außenlager zu testen und zu vergleichen. Es sollte jedoch bedacht werden, dass eine größere Menge an Vergangenheitsdaten eine genauere Prognose ermöglichen kann und dass somit die zu erwartende Prognosegenauigkeit für Recke höher sein wird, als für ein Außenlager mit geringeren Verbräuchen. Der Zusammenhang zwischen Verbrauchsmenge und Prognosegenauigkeit wird in Kapitel 4 Gegenstand näherer Betrachtung sein.

Im Zuge dieser Arbeit werden sämtliche Vergleiche der Prognoseverfahren für die Außenlager anhand der Verbrauchswerte aus Recke durchgeführt.

2.7 Vergleich der Ergebnisse aus Recke mit den Ergebnissen aus Grieskirchen

Um die Betrachtung der Analyseergebnisse abzurunden, wurde die Bedarfsstruktur von Recke mit der Bedarfsstruktur des Ersatzteilelagers in Grieskirchen (Stammsitz und größte Produktionsstätte) verglichen. Das Ziel des Vergleichs ist es festzustellen, ob die Ergebnisse aus der Gestaltung des Prognoseverfahrens auch für das Hauptwerk in Grieskirchen gelten. Der Gründe für einen separaten Vergleich von Grieskirchen mit Recke sind, dass Grieskirchen kein Außenlager darstellt (Grieskirchen ist Produktionsstandort) und dass die großen Verbrauchsmengen von Grieskirchen daher die Analyseergebnisse der anderen Stützpunkte (hinsichtlich der Mittelwerte) zu stark verfälschen würden.

2.7.1 Vergleich des Bedarfes

Es wurde, analog zur Vorgehensweise bei dem Vergleich Reckes mit den anderen Stützpunkten, die Verbrauchsmengen und die Anzahl an verbrauchten Ersatzteilen in Grieskirchen mit jenen in Recke verglichen.

	2010	2009	2008	2007	2006	2005	Mittelwerte
Menge (in Stück)	2.714.580	3.045.226	3.105.246	2.903.225	2.731.171	2.388.726	2.814.696
Anzahl	18.081	16.401	16.622	16.093	15.719	14.564	16.247

Tabelle 13: Verbrauchsmengen und Anzahl der verbrauchten Ersatzteile (Materialnummern) in Grieskirchen

Bei der Betrachtung der obigen Tabelle fällt auf, dass die Verbrauchsmengen in Grieskirchen deutlich größer als jene in Recke (im Durchschnitt 4842 Ersatzteile mit 130.362 Stück mittlerem Jahresverbrauch) sind. Der Grund hierfür ist, dass Grieskirchen das Hauptwerk der Firma Pöttinger darstellt. Außerdem ist ersichtlich, dass in Grieskirchen eine deutlich größere Anzahl an verschiedenen Ersatzteilen verbraucht wird. In Grieskirchen werden im Durchschnitt jährlich die 3,36-fache Anzahl an Ersatzteilen und die 21,6-fache Verbrauchsmenge verbraucht.

Aufgrund der Erkenntnisse aus dem Vergleich der Verbrauchsmengen ist es wahrscheinlich, dass sich die Verbrauchscharakteristik von Recke wahrscheinlich deutlich von der Grieskirchens unterscheiden wird. Um diese Vermutung zu untermauern, werden in den nächsten Kapiteln die Ergebnisse der ABC-Analysen und der Klassifikationen miteinander verglichen.

2.7.2 Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analyse

Die Ergebnisse der ABC-Analyse für den Verbrauch aus Grieskirchen werden in Tabelle 14 dargestellt.

Segment	2010	2009	2008	2007	2006	2005	Mittelwerte
A	0,88%	0,73%	0,81%	0,91%	0,85%	0,93%	0,85%
B	3,32%	3,18%	3,08%	3,21%	2,88%	3,54%	3,20%
C	95,8%	96,09%	96,11%	95,87%	96,27%	95,54%	95,95%

Tabelle 14: Ergebnisse der ABC-Analyse für Grieskirchen

Im Vergleich zu den Ergebnissen der ABC-Analyse für Recke zeigt sich, dass der Anteil an A- und B Teilen in Grieskirchen deutlich geringer ausfällt (siehe dazu auch Tabelle 15). Der Anteil an C Teilen ist demzufolge deutlich größer. Es fällt auf, dass sich die

Verbrauchsstruktur von Grieskirchen hinsichtlich der Ergebnisse der ABC-Analyse grundsätzlich stark von der Verbrauchsstruktur Reckes unterscheidet.

Segment	A	B	C
Grieskirchen	0,85%	3,20%	95,95%
Recke	2,26%	9,18%	88,56%

Tabelle 15: Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analyse von Recke und Grieskirchen

Es fällt auf, dass sich die Verbrauchsstruktur von Grieskirchen hinsichtlich der Ergebnisse der ABC-Analyse grundsätzlich stark von der Verbrauchsstruktur Reckes unterscheidet. Die Ergebnisse unterscheiden sich in allen Klassen, besonders stark treten die Unterschiede jedoch in Klasse B hervor.

Zusammenfassend wird an dieser Stelle festgehalten, dass zwar gewisse Gemeinsamkeiten der Ergebnisse Reckes und Grieskirchens bestehen, wie der sehr geringe Anteil an A Teilen, welche aber von größeren Unterschieden, wie der Verteilung auf die einzelnen Klassen, überwogen werden.

2.7.3 Vergleich der Ergebnisse der Klassifikation

Für die Klassifikation der Ersatzteilbedarfe aus Grieskirchen konnten die in Tabelle 16 dargestellten Ergebnisse ermittelt werden.

Klasse	2010	2009	2008	2007	2006	2005	Mittelwerte
1	3,57%	5,02%	4,15%	4,8%	9,27%	5,06%	5,31%
2	69,13%	66,08%	65,67%	64,67%	62,47%	65,04%	65,51%
3	11,81%	12,01%	13,13%	13,22%	11,93%	12,88%	12,49%
4	7,55%	8,12%	8,4%	8,35%	7,97%	8,47%	8,14%
5	7,94%	8,78%	8,65%	8,96%	8,37%	8,56%	8,54%

Tabelle 16: Ergebnisse der Klassifikation nach der Verbrauchsmenge für Grieskirchen

In Tabelle 17 werden die gebildeten Mittelwerte der Klassifikationen nach der Verbrauchsmenge für Recke und Grieskirchen einander gegenübergestellt.

Klasse	1	2	3	4	5
Grieskirchen	5,31%	65,51%	12,49%	8,14%	8,54%
Recke	7,65 %	75,63 %	8,74 %	4,35 %	3,64 %

Tabelle 17: Vergleich der Ergebnisse der Klassifizierung nach der Verbrauchsmenge von Recke und Grieskirchen

Es fällt auf, dass auch wenn Grieskirchen einen geringeren Anteil an A Teilen aufweist, der Anteil an Ersatzteilen mit einem Verbrauch von mehr als 100 Stück pro Jahr mehr als doppelt so groß ist (siehe dazu Kapitel 2.8.2). Interessanterweise ist der prozentuale Anteil an Ersatzteilen mit einem Jahresverbrauch zwischen null und zehn Stück (Klasse 2), in Recke deutlich größer als in Grieskirchen. Im Segment der Ersatzteile mit einem Jahresverbrauch von über 30 Stück pro Jahr ist der prozentuale Anteil in Grieskirchen doppelt so groß, wie in Recke.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die Ergebnisse der Klassifizierung nach den Verbrauchsmengen für Recke und Grieskirchen bedeutende Unterschiede aufweisen.

2.7.4 Ergebnisse des Vergleichs von Recke mit Grieskirchen

Basierend auf den durchgeführten Analysen zeigt sich, dass sich die Verbrauchsstruktur Reckes stark von der Grieskirchens unterscheidet. Dies ist dadurch erklärbar, dass Grieskirchen das Hauptwerk der Firma Pöttinger ist und es sich bei Recke um ein Außenlager handelt. Außerdem gilt es zu berücksichtigen, dass ein großer Teil der Ersatzteile, welche in Recke verbraucht wurden, eventuell in Grieskirchen produziert wurden.

Es kann daher leider nicht davon ausgegangen werden, dass die Ergebnisse der Gestaltung des Prognoseverfahrens zwingend auch für Grieskirchen anwendbar sind.

2.8 Analyse des Gesamtverbrauchs an Ersatzteilen

In der folgenden Tabelle 18 wird die jährlich verbrauchte Anzahl an Ersatzteilen und deren Gesamtmenge dargestellt. Analog zum Vergleich mit Grieskirchen ist bei der Betrachtung des Gesamtverbrauchs an Ersatzteilen eine größere Anzahl an verbrauchten Ersatzteilen und eine um Vieles größere Gesamtverbrauchsmenge ersichtlich. Es wird daher an dieser Stelle auf einen detaillierten Vergleich der Verbrauchsmenge von Recke und dem Gesamtverbrauch verzichtet.

	2010	2009	2008	2007	2006	2005	Mittelwerte
Menge (in Stück)	3.538.983	3.899.719	4.029.323	3.884.317	3.438.535	3.023.520	3.635.733
Anzahl	21.661	19.968	20.032	19.671	18.909	17.800	19.674

Tabelle 18: Gesamtverbrauch und Anzahl der verbrauchten Ersatzteile (Materialnummern) für die Kalenderjahre 2005 bis 2010

Ergänzend zur Analyse des Verbrauchs der Stützpunkte und Grieskirchens wurde der Gesamtverbrauch näher betrachtet. Da zu erwarten war, dass die Prognosequalität für die einzelnen Stützpunkte möglicherweise schlechter sein würde, als für den Gesamtverbrauch, war es nötig, weitere Informationen über den Gesamtverbrauch zu gewinnen. Zu diesem Zwecke wurden ABC-Analysen, Klassifikationen und eine XYZ-Analyse für den Gesamtverbrauch durchgeführt. Die Ergebnisse werden im Folgenden dargestellt und hinsichtlich ihrer Relevanz für die Ersatzteilprognose interpretiert. Hinsichtlich der Genauigkeit der Ergebnisse der Analysen gelten die gleichen systembedingten Einschränkungen wie bei den zuvor beschriebenen Analysen.

2.8.1 Ergebnisse der ABC-Analyse

Wie aus Tabelle 19 ersichtlich wird, ähneln die Ergebnisse der ABC-Analyse stark den Ergebnissen aus Grieskirchen. Dieser Umstand erklärt sich aus dem großen Anteil, den der Verbrauch von Grieskirchen am Gesamtverbrauch hat.

Segment	2010	2009	2008	2007	2006	2005	Mittelwerte
A	0,78%	0,73%	0,78%	0,78%	0,88%	0,9%	0,81%
B	3,07%	3,24%	3,09%	3,14%	3,03%	3,56%	3,19%
C	96,15%	96,03%	96,13%	96,08%	96,09%	95,53%	96,00%

Tabelle 19: Ergebnisse der ABC-Analyse des Gesamtverbrauchs an Ersatzteilen der Firma Pöttlinger

Tabelle 20 zeigt, dass sich der Gesamtverbrauch hinsichtlich der ABC-Analyse sehr stark von dem Verbrauch in Recke unterscheidet. Dieses Ergebnis war nach der Analyse des Verbrauchs im Hauptwerk in Grieskirchen ohnehin zu erwarten. Besonders hervorgehoben wird an dieser Stelle der geringe Anteil von A und B Teilen.

Segment	A	B	C
Gesamtverbrauch	0,81%	3,19%	96,00%
Recke	2,26%	9,18%	88,56%

Tabelle 20: Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analyse von Recke und dem Gesamtverbrauch

Der Vergleich der Ergebnisse der ABC-Analysen Reckes und des Gesamtverbrauchs an Ersatzteilen der Firma Pöttinger kommt zum gleichen Schluss wie der Vergleich Grieskirchens mit Recke. Gemeinsam ist dem Gesamtverbrauch und Recke, dass der Anteil an A und B Teilen sehr gering ist. Es gibt jedoch bedeutende Unterschiede bei der prozentualen Aufteilung der Klassen. Somit kann Recke nicht unbedingt als repräsentativ für den Gesamtverbrauch angesehen werden.

2.8.2 Ergebnisse der Klassifikation

Auch bei den Ergebnissen der Klassifikation fällt sofort die Ähnlichkeit mit den Ergebnissen aus Grieskirchen auf. Beachtlich ist außerdem, dass selbst wenn der Gesamtverbrauch betrachtet wird, nur 17,16% der Teile über einen Gesamt-Jahresverbrauch von mehr als dreißig Einheiten verfügen. Diese geringen Verbrauchsmengen lassen eine eher geringe Prognosequalität erwarten.

Klasse	2010	2009	2008	2007	2006	2005	Mittelwerte
1	4,88%	6,49%	3,78%	4,87%	7,17%	4,88%	5,35%
2	67,18%	63,99%	65,06%	64,58%	63,6%	64,96%	64,89%
3	12,1%	12,01%	13,46%	12,87%	12,3%	12,93%	12,61%
4	7,81%	8,27%	8,69%	8,44%	7,98%	8,18%	8,23%
5	8,04%	9,24%	9,01%	9,25%	8,96%	9,06%	8,93%

Tabelle 21: Ergebnisse der Klassifizierung nach der Verbrauchsmenge des Gesamtverbrauchs an Ersatzteilen

Beim Vergleich der Ergebnisse der Klassifikation (siehe dazu Tabelle 21), sticht wiederum ins Auge, dass beim Gesamtverbrauch mehr als doppelt so viele Ersatzteile als in Recke einen Verbrauch von mehr als 100 Stück pro Jahr aufweisen. In Tabelle 22 werden die Ergebnisse der Klassifizierung Reckes und des Gesamtverbrauchs gegenübergestellt. Es handelt sich hierbei wiederum um die Mittelwerte, welche über die Kalenderjahre 2005 bis 2010 gebildet wurden. Hier zeigt sich, ähnlich wie bei Grieskir-

chen, dass die Klasse 2 in Recke einen deutlich größeren prozentualen Anteil annimmt, während die Klassen 3 bis 5 beim Gesamtverbrauch über größere Anteile verfügen.

Klasse	1	2	3	4	5
Gesamtverbrauch	5,35%	64,89%	12,61%	8,23%	8,93%
Recke	7,65 %	75,63 %	8,74 %	4,35 %	3,64 %

Tabelle 22: Vergleich der Ergebnisse der Klassifikation nach der Verbrauchsmenge von dem Gesamtverbrauch und Recke

Analog zu den Ergebnissen des Vergleichs der Klassifikation von Recke mit Grieskirchen lassen sich gewisse Gemeinsamkeiten zwischen Recke und dem Gesamtverbrauch feststellen, wobei aber die Unterschiede überwiegen. Daher kann auf Basis der Ergebnisse der Klassifikation nicht zuverlässig davon ausgegangen werden, dass sich alle möglichen Erkenntnisse aus dem Prognosevergleich ohne weiteres auf den Gesamtverbrauch übertragen lassen.

2.8.3 Ergebnisse der XYZ-Analyse

Die XYZ-Analyse der Vergleichsgruppe für den Gesamtverbrauch ergab die in Tabelle XY dargestellte Bedarfsstruktur. Die Grenzen der einzelnen Klassen wurden genau wie bei der XYZ-Analyse der Verbräuche von Recke definiert, um die Ergebnisse vergleichen zu können (siehe Tabelle 3).

X	Y	Z
0%	37%	63%

Tabelle 23: Ergebnisse der XYZ-Analyse für den Gesamtverbrauch an Ersatzteilen

Es fällt auf, dass im Vergleich zu der XYZ-Analyse für das Außenlager Recke, der Gesamtverbrauch einen saisonalen Anteil von 37 % aufweist. In Recke wurde ein ausschließlich unregelmäßiger Bedarfsverlauf für die Vergleichsgruppe ermittelt. A

Somit ist zu erwarten, dass eine Anwendung des Prognosevergleichs auf den Gesamtverbrauch eine Verbesserung des Prognoseergebnisses mit sich bringen wird. Der Grund hierfür liegt darin, dass ein regelmäßig schwankender Bedarfsverlauf (Klas-

se Y) eine mittlere Prognosegenauigkeit bedeuten kann, während ein unregelmäßiger Bedarfsverlauf eine äußerst geringe Prognosegenauigkeit erwarten lässt.¹⁷

Auf die Relevanz einer Anwendung des Prognosevergleichs auf den Gesamtverbrauch wird in Kapitel 3 noch näher eingegangen. Soviel sei jedoch vorweggenommen, dass es sich um den Versuch handelt, herauszufinden, ob mit den untersuchten Methoden überhaupt eine aus logistischer Sicht, ausreichende Prognosequalität zu erzielen wäre.

2.9 Rückschlüsse aus der Analyse der Bedarfsstruktur

Es lassen sich drei maßgebliche Rückschlüsse aus den im vorigen Kapitel thematisierten Analysen der Bedarfsstruktur ziehen.

Erstens ist es auffällig, dass sich ein sehr geringer Prozentsatz an Artikeln für den Großteil des Verbrauches verantwortlich zeigt. Dieser Prozentsatz fällt sogar noch geringer aus, wenn man den Verbrauch in Grieskirchen und den Gesamtverbrauch betrachtet.

Zweitens ist aus der Klassifikation ersichtlich geworden, dass der Verbrauch der Mehrheit der Ersatzteile in Recke geringer als 10 Stück pro Jahr ist. Sogar wenn der Gesamtverbrauch an Ersatzteilen der Firma Pöttinger betrachtet wird, zeigt sich dass der Großteil der Ersatzteile über sehr geringe Bedarfsvolumina verfügt. Dies erschwert naturgemäß eine exakte Prognose des Ersatzteilverbrauches, und reduziert die Anzahl der Ersatzteile, für die eine Prognose überhaupt sinnvoll ist, auf eine kleine Gruppe. Daher gilt es, im Zuge der Ausarbeitung der Ersatzteilprognose, die Gruppe der Teile, für die prognostiziert werden wird, einzugrenzen.

Aus diesem Grund wurde eine Vergleichsgruppe ausgewählt, anhand welcher der Vergleich der Prognoseverfahren durchgeführt wurde. Die Auswahl der Vergleichsgruppe und die Vorgehensweise beim Vergleich der verschiedenen Prognoseverfahren werden in Kapitel 4 noch ausführlich thematisiert.

Drittens haben die XYZ-Analysen für Recke und den Gesamtverbrauch gezeigt, dass der Großteil der Ersatzteile (in Recke alle Ersatzteile) im betrachteten Zeitraum über unregelmäßige Bedarfsverläufe verfügen. Wie bereits erwähnt lässt dieser Umstand von vornherein eine geringe Prognosegenauigkeit erwarten.

¹⁷ vgl. Biedermann (2008), S. 85

Bevor in Kapitel 4 mit dem eigentlichen Vergleich der Prognoseverfahren begonnen wird, geht es in dem folgenden Kapitel jedoch zunächst um die Identifikation von Faktoren, welche Einfluss auf den Bedarf haben. Es werden außerdem Methoden zur Berücksichtigung dieser Bedarfseinflussfaktoren beschrieben.

3 Bedarfseinflussfaktoren

Für das Entstehen eines Ersatzteilbedarfes ist der Verkauf und Einsatz von Primärprodukten Voraussetzung.¹⁸ Darum kann der Bedarf an Ersatzteilen auch als derivativer Bedarf bezeichnet werden.¹⁹ Diese Primärprodukte sind im Falle der Firma Pöttinger durch die verkauften Landmaschinen gegeben.

Nun lässt sich der Verbrauch von Ersatzteilen nur in sehr begrenztem Rahmen planen. Es bestehen natürlich gewisse Erfahrungswerte, für deren Entstehung ist es jedoch nötig, die Ersatzteilverbräuche über gewisse Zeiträume beobachten zu können. Es ist, nicht zuletzt aufgrund der Datenlage, sehr schwierig, mit ausreichender Genauigkeit zu bestimmen, wann ein Ersatzteil für eine bestimmte Art von Maschine benötigt werden wird. Wenn eine solche Planung versucht werden soll, ist es zunächst notwendig, jene Einflussfaktoren zu ermitteln, welche den Bedarf an Ersatzteilen maßgeblich beeinflussen.

Neben der Anzahl an verkauften und eingesetzten Primärprodukten gibt es noch eine Reihe von Faktoren, welche auf den Ersatzteilbedarf einwirken.

Diese Faktoren lassen sich gemäß ihrer Eigenschaften in folgende vier Klassen einteilen²⁰:

- Maschinentyp (Primärprodukt)
- Ersatzteil
- Markt und Umfeld
- Instandhaltung

Im nächsten Kapitel wird die konkrete Zuordnung von Bedarfseinflussfaktoren zu den oben genannten Klassen vorgenommen. Die Bedarfseinflussfaktoren (kurz: BEF) wurden in Zusammenarbeit mit Mitarbeitern des Ersatzteilverkaufs, der Ersatzteildisposition und des Qualitätsmanagements ermittelt. Im Wesentlichen wurden die in der Literatur bereits dargestellten Bedarfseinflussfaktoren²¹ angepasst und ergänzt. Die im nächsten Kapitel angeführten Faktoren erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit, sondern stellen eine speziell auf die Bedürfnisse der Firma Pöttinger zugeschnit-

¹⁸ vgl. Barkawi et al. (2006), S.255

¹⁹ vgl. Barkawi et al. (2006), S. 255

²⁰ vgl. Barkawi et al. (2006), S. 255

²¹ vgl. Barkawi et al. (2006), S. 255 f.

tene Lösung dar. Auf die Problematik der Quantifizierung der Bedarfseinflussfaktoren wird in den Kapiteln 3.2 bis 3.5 näher eingegangen.

3.1 Kategorisierung der Bedarfseinflussfaktoren

Den im vorhergehenden Kapitel angeführten Klassen wurden in einem nächsten Schritt konkrete Einflussfaktoren zugeordnet. Es erfolgte hierbei erneut eine Orientierung an der in der Literatur bereits dargestellten Kategorisierung.²² Diese Einflussfaktoren werden in den nächsten Kapiteln vorgestellt und, wo vom Verfasser für notwendig befunden, näher erläutert. Besonders eingegangen wird auf jene Bedarfseinflussfaktoren, welche quantifiziert werden können und später im Zuge der Prognose berücksichtigt werden sollen.

Die gefundenen Bedarfseinflussfaktoren stellen sowohl allgemeine, wie auch spezifisch an die Gegebenheiten der Firma Pöttinger angepasste Faktoren dar. Für eine genaue Diskussion und Beschreibung der allgemeinen Faktoren wird auf die entsprechende Literatur verwiesen (z.B.: Barkawi et al. (2006)).

Für jene Bedarfseinflussfaktoren, welche fett hervorgehoben werden, sind nach Einschätzung der verantwortlichen Mitarbeiter bei Pöttinger theoretisch ausreichend Daten vorhanden, um die entsprechenden Faktoren quantitativ und/oder qualitativ zu berücksichtigen. Diese Daten lagen jedoch zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Arbeit größtenteils noch nicht in verwertbarer Form vor. Aufgrund des begrenzten Zeitrahmens bei der Erstellung der vorliegenden Arbeit wurde von einer Überprüfung dieser Aussage durch den Verfasser abgesehen.

3.1.1 Kategorie „Maschine“

Folgende Kriterien aus der Kategorie „Maschine“ wurden gefunden:²³

- **Zukünftiger Planverkauf von Maschinen**
- **Maschinenbestand im Einsatz**
- **Altersstruktur des Maschinenbestands**
- **Nutzungsintensität**
- Einsatzbedingungen der Maschine
- Verwertungspraxis

Landmaschinen können entweder von Bauern oder Lohnunternehmern genutzt werden, was einen Unterschied in der Nutzungsintensität mit sich bringt.

²² vgl. Barkawi et al. (200), S. 255f.

²³ vgl. Barkawi et al. (2006), S. 256

- Unfälle/Missbrauch
- Verweildauer im Markt

Landmaschinen können über unterschiedlich lange Lebensdauern verfügen und somit unterschiedlich lange im Markt präsent sein. Diese unterschiedlich lange Verweildauer beeinflusst natürlich den Ersatzteilverbrauch.

- **Maschinengenerationswechsel**

Der Maschinengenerationswechsel beschreibt die Ablöse eines Maschinentyps durch einen anderen.

- Gebrauchtmaschinenvermarktung

3.1.2 Kategorie „Ersatzteil“

Folgende Faktoren der Kategorie „Ersatzteil“ nehmen Einfluss auf den Verbrauch an Ersatzteilen der Firma Pöttinger:²⁴

- Lebensdauer der Ersatzteile
- Verschleißverhalten der Ersatzteile
- **Nutzungsintensität der Ersatzteile**

Aufgrund einer Vielzahl von Ursachen können sich unterschiedliche Nutzungsintensitäten der Ersatzteile ergeben. Beispiele hierfür wären z.B. die Nutzung durch Bauern, beziehungsweise durch Lohnunternehmer.

- Einsatzbedingungen der Ersatzteile

Beispiele für Einsatzbedingungen, welche Einfluss auf den Ersatzteileverbrauch haben sind die Größe der zu bewirtschaftende Fläche, die Bodenbeschaffenheit und die vorherrschenden klimatischen Bedingungen in der jeweiligen Region.

- Sortimentsangebot (Einzel-/Modulteil)
- **Tuningteile (SK Nummern)**

Als SK Nummern werden Teile oder Bausätze bezeichnet, welche von Pöttinger zur Leistungssteigerung oder Optimierung von Serienmaschinen angeboten werden.

- **Gewährleistungsteile**

Ersatzteile, welche im Zuge der Gewährleistung vom Hersteller bereitzustellen sind.

- **Serviceinformationen (vorgeschriebene/freiwillige Umbauten)**

3.1.3 Kategorie „Markt und Umfeld“

Folgende Bedarfseinflussfaktoren der Kategorie „Markt und Umfeld“ wurden gefunden:²⁵

- Beeinflussung des Marktes durch Nicht-Originalteileanbieter
- Angebotsverzicht an Ersatzteilen durch Austausch von Maschinen
- **Gesetzliche Vorgaben**

²⁴ vgl. Barkawi et al. (2006), S. 256

²⁵ vgl. Barkawi et al. (2006), S. 256

- **Neue Technologien**
- **Verkaufsaktionen**
- **Preisgestaltung**

3.1.4 Kategorie „Instandhaltung“

Folgende Faktoren der Kategorie „Instandhaltung“ beeinflussen den Ersatzteilbedarf der Firma Pöttinger:²⁶

- Wartung
- Inspektion
- Instandhaltung
- **Verbesserung**

3.2 Auswahl der zu berücksichtigenden Bedarfseinflussfaktoren

Aufgrund der Anforderungen einer Quantifizierung der Bedarfseinflussfaktoren im Zuge der Anpassung des Prognoseergebnisses ist es nicht möglich alle der oben genannten Einflussfaktoren zu berücksichtigen. Es wurden jene Faktoren ausgewählt, deren Einfluss auf den Bedarf verhältnismäßig einfach und eindeutig festzustellen ist. Auch bei den ausgewählten Einflussfaktoren ist jedoch eine kritische Betrachtung der gewählten Methode geboten (siehe hierzu Kapitel 3.5). Bei vielen der oben genannten Faktoren ist es, trotz theoretisch vorhandener Daten, sehr schwierig einen eindeutigen Bezug zwischen dem Verbrauchsverhalten und dem Einflussfaktor festzustellen. Um einige der Daten überhaupt für eine Prognose nutzen zu können, müssten beispielsweise in SAP erst eigene Strukturen geschaffen werden.

Aus diesem Grund wurde die Entscheidung getroffen, sich bei der Berücksichtigung der Bedarfseinflussfaktoren auf folgende drei Faktoren zu beschränken:

- Zukünftiger Planverkauf von Maschinen
- Maschinenbestand im Einsatz
- Maschinengenerationswechsel

Auf die Methoden zur Anpassung des Prognoseergebnisses mittels der Bedarfseinflussfaktoren wird im nächsten Kapitel eingegangen. Um eine hohe Benutzerfreundlichkeit zu gewährleisten, wurde versucht, das Verfahren zur Berücksichtigung der Bedarfseinflussfaktoren so einfach wie möglich zu halten.

²⁶vgl. Barkawi et al. (2006), S. 256

3.3 Methoden zur Berücksichtigung der Bedarfseinflussfaktoren in der Prognose

Es wurden zwei Methoden zur Anpassung des Prognoseergebnisses erstellt, von denen die zweite jedoch als Adaptierung der ersten gesehen werden kann. Beide Methoden stellen theoretische Möglichkeiten zur Berücksichtigung der Bedarfseinflussfaktoren dar, da eine praktische Erprobung aufgrund der Datenlage nicht möglich war. Im Falle einer entsprechend hohen Prognosequalität auf Basis der Vergangenheitsdaten könnten die vorgestellten Methoden jedoch eine Verbesserung der Prognosequalität bewirken.

Die erste Methode berücksichtigt die beiden Einflussfaktoren Planverkauf und Maschinenbestand, während die zweite Möglichkeit den Einflussfaktor Maschinengenerationswechsel zusätzlich berücksichtigt. Die Anpassung des Prognoseergebnisses erfolgt über die Berechnung eines Korrekturfaktors, mit welchem das Prognoseergebnis multipliziert wird.

Beide Methoden können noch um einen maschinenkategoriespezifischen Gewichtungsfaktor erweitert werden. Dieser muss jedoch erst von den beteiligten Abteilungen definiert werden. Des Weiteren sollte es möglich sein, das Prognoseergebnis manuell zu korrigieren, beziehungsweise einen optionalen, manuell zu setzenden, Korrekturfaktor zu verwenden. Dies würde die Berücksichtigung von Erfahrungswerten der Disponenten ermöglichen.

3.3.1 Berücksichtigung von Planverkauf und Maschinenbestand

Das folgende Verfahren stellt eine Möglichkeit zur Anpassung des Prognoseergebnisses mittels der Bedarfseinflussfaktoren Planverkauf und Maschinenbestand dar.

Hierfür muss berücksichtigt werden, dass ein Ersatzteil ebenso nur für ein Primärprodukt, bzw. für mehrere Primärprodukte gebraucht werden kann. Das unten beschriebene Verfahren berücksichtigt beide Möglichkeiten. Die Werte für den Planverkauf an verschiedenen Maschinentypen (Primärprodukten) und der Marktbestand werden als gegeben vorausgesetzt.

Es ist aufgrund der SAP Struktur der Firma Pöttinger zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Arbeit praktisch noch nicht möglich, die Ersatzteile nach ihrer Verwendung den einzelnen Maschinentypen zuzuordnen. Stattdessen können die Ersatzteile nach ihrer Kostenstelle den allgemeiner gefassten Maschinenkategorien zugeordnet

werden. Es ist jedoch theoretisch möglich, die Ersatzteilverbräuche den einzelnen Maschinen zuzuordnen, wobei der hierdurch entstehende Aufwand erst dann sinnvoll ist, wenn eine ausreichende Vorhersagegenauigkeit auf Basis der Vergangenheitswerte erzielt werden kann.

Es wäre sinnvoll, diese Berechnung z.B. für ein ganzes (oder halbes) Wirtschaftsjahr (August-Juli), je nach Planungshorizont der Absatzplanung, durchzuführen. Die Berechnung des Korrekturfaktors f erfolgt denkbar einfach. Es wird der neue Maschinenbestand aller Maschinen, welche über den zu prognostizierenden Ersatzteil verfügen berechnet, indem der die Planverkaufswerte der einzelnen Maschinen zu dem bestehenden Maschinenbestand addiert werden. Im nächsten Schritt wird der neue durch den alten Maschinenbestand dividiert, um die zu erwartende Steigerung des Ersatzteilverbrauchs zu ermitteln (f).

$x_{(i)}$ Planverkauf der Maschine i ;

$y_{(i)}$ Maschinenbestand der Maschine i ;

f Korrekturfaktor;

$$f = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} x_i + \sum_{i=1}^{i=n} y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} y_i}$$

Formel 1: Berücksichtigung von Planverkauf und Maschinenbestand

Abschließend wird der Korrekturfaktor für den betrachteten Ersatzteil mit dem Prognoseergebnis multipliziert.

$$\text{Prognosewert}_{neu} = f * \text{Prognosewert}$$

Formel 2: Berechnung des korrigierten Prognosewerts

Der große Vorteil dieses Verfahrens ist, dass geplante Veränderungen der Verkaufszahlen unmittelbar das Prognoseergebnis beeinflussen. Man könnte obige Berechnung auch nach Maschinentypen aufgeschlüsselt durchführen, wodurch die Einführung eines maschinentypischen Gewichtungsfaktors möglich wäre. So könnten besondere Eigenschaften gewisser Maschinen mitberücksichtigt werden.

Um die Vorgehensweise bei dem gewählten Verfahren zu verdeutlichen, wird an dieser Stelle ein kurzes, nicht auf realen Daten basierendes Beispiel angeführt. In die-

sem Beispiel soll das gegebene Prognoseergebnis für einen Ersatzteil, welcher in drei Maschinentypen eingeht, angepasst werden.

Maschine	Planverkauf	Maschinenbestand
1	1200	5600
2	756	23000
3	304	993
Prognostizierter Bedarf für Periode i+1 von Ersatzteil X	1200	

Tabelle 24: Angabe Berechnungsbeispiel

$$f = (1200 + 756 + 304 + 5600 + 23000 + 993) / (5600 + 23000 + 993) = 1,08$$

Neues Prognoseergebnis = (1,08 * 1200) = 1296 Stk.

Dieses Verfahren lässt sich theoretisch für beliebig viele (zumindest im Rahmen der praktischen Anwendung bei der Firma Pöttinger) Maschinentypen, in welche der prognostizierte Ersatzteil eingeht, durchführen.

Ein Problem stellt hierbei der Umstand dar, dass es unbekannt bleibt, welche Anzahl an Maschinen aus dem Markt ausscheidet. Denn wenn sich die Maschinenpopulation um einen größeren Faktor verringert, als neue Maschinen verkauft werden, könnte damit über kurz oder lang eine Verringerung des Ersatzteilbedarfs einhergehen. Diese Verringerung der Maschinenpopulation zu erfassen erweist sich als sehr schwierig, da es in der Praxis nahezu unmöglich ist zu bestimmen, wie groß die tatsächliche Maschinenpopulation ist. Bei der Ermittlung der Maschinenpopulation muss daher von den Verkaufszahlen der entsprechenden Perioden ausgegangen werden und ein gewisser Verwendungszeitraum bestimmt werden, im Verlauf dessen davon ausgegangen wird, dass Maschinen aus der Maschinenpopulation ausscheiden werden. Hier wäre es möglich bzw. sinnvoll auf Erfahrungswerte der mit diesen Vorgängen befassten Mitarbeiter zurückzugreifen.

Ein weiteres Problem bei der dargestellten Methode der Berücksichtigung von Maschinenbestand und Planverkauf stellt der Umstand dar, dass Ersatzteilverbräuche nicht sofort mit dem Verkauf der Maschine auftreten, sondern zu einem bestimmten Zeitpunkt im Lebenszyklus auftreten können. Diesen Zeitpunkt zu bestimmen erweist sich als sehr schwierig. Eine zeitversetzte Durchführung der obig dargestellten Berechnung wäre eine durchaus denkbare Möglichkeit.

Auf die oben geschilderten Probleme wird in Kapitel 3.5 noch näher eingegangen. Wie bereits zu Beginn des Kapitels bemerkt wurde, stellen die Informationen zu Planverkauf und Marktbestand die Voraussetzung für dieses Verfahren dar.

3.3.2 Maschinengenerationswechsel

Im Falle eines Maschinengenerationswechsels, d.h. wenn ein Maschinentyp durch einen anderen ersetzt wird, stellen sich eine Reihe von Fragen. Zum einen ist unsicher, ob sich der Bedarf der neuen Maschinengeneration ähnlich dem des alten Maschinentyps verhalten wird. Zum anderen ist es wahrscheinlich, dass ein neuer Maschinentyp natürlich auch über neue Ersatzteile verfügen wird, für welche der zu erwartende Bedarf, aufgrund fehlender Erfahrungswerte, gänzlich unbekannt ist. Da neue Ersatzteile jedoch ohnehin für den Zeitraum von zwei Jahren manuell disponiert werden sollen, werden diese hier nicht näher betrachtet.

Für Ersatzteile, welche auch schon in der alten Maschinengeneration verwendet wurden, kann relativ einfach das zuvor beschriebene Verfahren adaptiert werden.

Dazu wird in einem ersten Schritt das Vorläufermodell des neuen Maschinentyps ermittelt. In einem zweiten Schritt werden die Maschinenbestände im Markt des Vorläufermodells dem neuen Maschinentyp zugeordnet. Das Vorläufermodell wird in die Kalkulation nicht mehr einbezogen. Weiter folgt die Vorgehensweise dem bereits in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Verfahren.

Zum besseren Verständnis soll hier noch einmal ein kurzes Beispiel gezeigt werden. Es handelt sich um das gleiche Beispiel wie in Kapitel 3.3.1, jedoch erweitert um einen Maschinentyp 4, welcher den Maschinentyp 1 ersetzt (Maschinentyp 1 verfügt darum in diesem Bsp. über keinen Planverkaufswert mehr).

4 Maschinentypen; Prognostizierter Bedarf für die Periode: 1200;

Maschine	Planverkauf	Maschinenbestand
1	0	5600
2	756	23000
3	304	993
4	800	0

Tabelle 25: Angabe Berechnungsbeispiel 2

Maschine 1 wurde als Vorgängermodell der Maschine 4 bestimmt, daher wird der Maschinenbestand von M1 zu M4 hinzugerechnet. M1 wird deswegen in der Kalkulation nicht mehr betrachtet.

Maschine	Planverkauf	Maschinenbestand
2	756	23000
3	304	993
4	800	5600

Tabelle 26: Aktualisierte Angabe Berechnungsbeispiel 2

Nun folgt die weitere Berechnung dem in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Schema und es wird mit der in Kapitel 3.3.1 beschriebenen Methode ein Korrekturfaktor (f) von 1,06 ermittelt. Dieser wird wiederum mit dem Prognoseergebnis multipliziert, um das korrigierte Prognoseergebnis zu erhalten.

3.4 Zusammenfassung der gewählten Form der Berücksichtigung

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass eine Reihe von Bedarfseinflussfaktoren identifiziert werden konnten, von denen drei ausgewählt wurden, welche in die Prognose einfließen könnten. Für diese drei BEF wurden Methoden beschrieben, welche die Anpassung des Prognoseergebnisses mittels eines Korrekturfaktors ermöglichen. Diese Methoden sind um einen maschinentypspezifischen Korrekturfaktor erweiterbar. Das Prognoseverfahren sollte außerdem über eine Möglichkeit zur Eingabe eines manuellen Korrekturfaktors verfügen. Auf diese Art und Weise kann die Erfahrung der Disponenten in die Prognose einfließen.

3.5 Problematik bei der gewählten Form der Berücksichtigung

Die Problematik der in Kapitel 3 beschriebenen Form der Berücksichtigung von ermittelten Bedarfseinflussfaktoren besteht hauptsächlich in der mangelnden Datenverfügbarkeit und in der Zuordnung von Ersatzteilverbräuchen innerhalb des Lebenszyklus der einzelnen Maschinen.

So geht das in Kapitel 3.3 beschriebene Modell davon aus, dass eine größere Maschinenpopulation unmittelbar Auswirkungen auf den Ersatzteilverbrauch hat. Der Ersatzteilverbrauch kann und wird mit größter Wahrscheinlichkeit jedoch erst zu einem späteren Zeitpunkt im Lebenszyklus der jeweiligen Maschine auftreten. Hier kommt wiederum das maßgebliche Problem bei der Berücksichtigung der BEF ins

Spiel, der Mangel an verwendbaren Daten. So ist es zur Zeit nicht möglich, die Ersatzteilverbräuche bestimmten Maschinen zu einem bestimmten Zeitpunkt ihres Lebenszyklus zuzuordnen.

3.6 Berücksichtigung der Bedarfseinflussfaktoren im Zuge des Vergleichs der Prognoseverfahren

Aufgrund der Datenlage wurden die ermittelten Bedarfseinflussfaktoren beim Vergleich der Prognoseverfahren, welcher im folgenden Kapitel beschrieben wird, nicht berücksichtigt. Die Berücksichtigung der Bedarfseinflussfaktoren kann natürlich (und wird hoffentlich) einen positiven Einfluss auf die Prognosequalität haben. Jedoch ist dieser Einfluss zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Arbeit noch nicht quantifiziert. Von Seiten des Verfassers wird vermutet, dass aufgrund der Einbindung der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebenen Methoden die Prognosequalität aufgrund der in Kapitel 3.5 beschriebenen Umstände wenn dann eher marginal verbessert wird.

Daher ist davon auszugehen, dass die rein auf den Vergangenheitswerten basierende Prognose schon eine ausreichend hohe Vorhersagegenauigkeit aufweisen muss, um in der Praxis einsetzbar zu sein. Es kann und darf auf keinen Fall davon ausgegangen werden, dass die Berücksichtigung der Bedarfseinflussfaktoren die Prognosequalität entscheidend verbessert und dass daher eine geringe Vorhersagegenauigkeit kompensiert werden kann.

4 Prognoseverfahren

In diesem Kapitel wird das Herzstück der vorliegenden Arbeit, das zu gestaltende Prognoseverfahren, behandelt. Aus den vorangestellten Kapiteln konnten bereits wertvolle Rückschlüsse gezogen werden. Zusammenfassend soll an dieser Stelle gesagt werden, dass die Ersatzteile in den Außenlagern der Firma Pöttinger über einen sehr geringen Anteil an A Teilen (bezogen auf die Verbrauchsmengen) verfügen und durch einen unregelmäßigen Bedarfsverlauf gekennzeichnet sind.

Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass es hauptsächlich bei regelmäßigen Bedarfen sinnvoll ist, den Bedarf verbrauchsgebunden zu ermitteln und bei unregelmäßigen oder schwankenden Bedarfen besser eine programmgebundene Bedarfsermittlung eingesetzt werden sollte.²⁷

Eine programmgebundene Vorgehensweise bei der Bedarfsermittlung ist bei der Prognose der Ersatzteilbedarfe der Firma Pöttinger naturgemäß nicht möglich, da die entstehenden Bedarfe an Ersatzteilen nicht direkt und unmittelbar mit dem Produktionsprogramm korrelieren. So können Ersatzteilbedarfe einer speziellen Maschine erst deutlich später als im Verkaufsjahr im Lebenszyklus dieser Maschine auftreten. Nun ist es in der Praxis sehr schwierig bis unmöglich dieses Ausfallverhalten aller produzierten Maschinen der Firma Pöttinger zu ermitteln, da die Maschinen nicht direkt an den Kunden verkauft werden, sondern über Händler vertrieben werden. Ein weiterer Umstand, welcher erschwerend hinzukommt, ist der Vertrieb von Ersatzteilen von Fremdherstellern durch die Händler.

Diese Umstände bedingen den Einsatz einer verbrauchsgebundenen Bedarfsermittlung auf der Basis von Vergangenheitswerten. Eine verbrauchsgebundene Bedarfsermittlung, also eine Prognose, welche auf Vergangenheitswerten basiert ist der schon in Kapitel 2 beschriebenen Verbrauchsstruktur besonders schwierig.

Hinsichtlich der Auswahl des geeigneten Verfahrens war die anwenderfreundliche und möglichst verständliche Gestaltung besonders wichtig, um die Praxistauglichkeit des Prognoseverfahrens zu gewährleisten. Wie bereits in Kapitel XY erwähnt, ist es nicht möglich, für die Ersatzteile mit der beschriebenen Bedarfscharakteristik eine exakte Lösung zu finden, sondern es wurde versucht, ein Prognoseverfahren zu finden, welches eine zufriedenstellende Prognosequalität aufweist um somit zum einen

²⁷ vgl. Fandel et al. (2011), S. 346

die Verfügbarkeit von Ersatzteilen in den Außenlagern zu erhöhen, die Bestände zu senken und die Disponenten zu entlasten.

In Kapitel 4.1 wird ein kurzer Überblick über die drei verschiedenen Arten der Bedarfsrechnung gegeben. Es folgt darauf in Kapitel 4.2 eine Darstellung der verwendeten Prognosemethoden sowie der Vorgehensweise beim Vergleich der verschiedenen Prognoseverfahren.

Es war naturgemäß aufgrund des begrenzten Rahmens des Projektes, im Zuge dessen die vorliegende Arbeit erstellt wurde, nicht möglich jedes existierende Prognoseverfahren zu berücksichtigen. Es wurden jene Prognoseverfahren ausgewählt, welche in der einschlägigen Literatur als geeignet für Bedarfe, wie sie bei den Ersatzteilen der Firma Pöttinger auftreten, angegeben werden. Außerdem wurden Standardverfahren, wie beispielsweise die Exponentielle Glättung und spezielle Varianten des gleitenden Mittelwerts zum Prognosevergleich hinzugezogen.

4.1 Arten der Bedarfsrechnung

Man kann bei der Bedarfsvorhersage zwischen deterministischer, stochastischer und subjektiver Bedarfsrechnung unterscheiden.²⁸ Aufgrund der speziellen Situation der Ersatzteile ist nur die stochastische Bedarfsrechnung als sinnvoll anzusehen, da die deterministische Bestimmung eines Bedarfes an Ersatzteilen bei der Firma Pöttinger unmöglich ist und die subjektive Bedarfsrechnung den Status Quo darstellt. Der Vollständigkeit wegen werden an dieser Stelle die drei genannten Formen der Bedarfsvorhersage kurz umrissen.

4.1.1 Deterministische Bedarfsrechnung

Bei der deterministischen Bedarfsrechnung handelt es sich um eine programmorientierte Bedarfsermittlung, deren Basis Kundenaufträge, Instandsetzungspläne und Fertigungsvorschriften bilden.²⁹ Da jedoch diese Basis für die Landmaschinen der Firma Pöttinger nicht gegeben ist, kann die deterministische Bedarfsrechnung ausgeschlossen werden.

²⁸ vgl. Biedermann(1995), S. 39

²⁹ vgl. Biedermann(1995), S. 39

4.1.2 Stochastische Bedarfsrechnung

Die Basis der stochastischen Bedarfsrechnung bilden, auf Vergangenheitswerte bezogene, mathematisch-statistische Ermittlungen³⁰. Die wichtigsten Prognoseverfahren der stochastischen Bedarfsrechnung sind:³¹

- Gleitender Durchschnitt (auch gleitender Mittelwert)
- Gewichteter gleitender Durchschnitt
- Exponentielle Glättung (1. und 2. Ordnung)
- Lineare Regression

Wie bereits in der Einleitung zu diesem Kapitel erwähnt wurde, werden im Zuge der vorliegenden Arbeit stochastische Methoden zur Bedarfsprognose untersucht, da der Einsatz von deterministischen Verfahren nicht möglich ist, und die subjektive Bedarfsrechnung den Status Quo darstellt, welcher möglichst optimiert werden sollte.

Alle oben angeführten Verfahren, mit Ausnahme der linearen Regression, wurden im Zuge des Prognosevergleichs angewandt und verglichen. Eine vollständige Darstellung der verwendeten Verfahren erfolgt in Kapitel 4.2. Die lineare Regression fand keine Anwendung, da hierfür eine lineare Beziehung zwischen einer Variable (z.B. Bedarf an Ersatzteilen) und einer anderen Variable gegeben sein muss.³² Wie bereits in den Kapiteln zu den Bedarfseinflussfaktoren dargelegt wurde, lässt sich so eine Beziehung aufgrund der Datenlage nicht herstellen, beziehungsweise ist der Ersatzteilbedarf nicht von einem einzelnen, sondern von einer Vielzahl an Faktoren abhängig. Eine multiple Regression könnte jedoch zur Untersuchung der Beziehungen zwischen einer abhängigen Variablen (z.B. Bedarf an Ersatzteilen) und mehreren unabhängigen Variablen angewandt werden.³³ Aufgrund der, bereits mehrfach erwähnten, unzureichenden Datenlage ist die Anwendung der multiplen Regression jedoch zum Zeitpunkt der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht möglich.

³⁰ vgl. Biedermann(1995), S.39

³¹ vgl. Fandel et al. (2011), S.367

³² vgl. Groß (2003), S. 3

³³ vgl. Allison(1999), S. 1f.

4.1.3 Subjektive Bedarfsrechnung

Der Bedarf wird von den verantwortlichen Mitarbeitern auf Basis ihrer Meinungen und Erfahrungen ermittelt³⁴. Die subjektive Bedarfsrechnung der Ersatzteilverbräuche stellt den Status Quo bei der Firma Pöttinger dar.

4.2 Darstellung der verwendeten Prognoseverfahren

Wie bereits in der Einführung zu Kapitel 4 erwähnt, wurden sowohl Standardverfahren als auch in der Literatur als besonders geeignet für Ersatzteilprognosen angesehene Prognoseverfahren zum Prognosevergleich auf eine Vergleichsgruppe angewandt. Ergänzend wurden eigens geschaffene, einfache Verfahren angewandt, welche hauptsächlich Anpassungen des gleitenden Mittelwerts darstellen. Es wurde außerdem eine quartalsweise Prognose untersucht, um eine Einschätzung des entstehenden Bestands zu ermöglichen. Die einzelnen Prognoseverfahren werden in den nächsten Kapiteln noch näher beschrieben. Zusammenfassend wurden folgende Prognoseverfahren zum Prognosevergleich auf die Vergleichsgruppe angewandt:

- Exponentielle Glättung 1. Ordnung
- Exponentielle Glättung 2. Ordnung
- Gleitender Mittelwert
- Gewichteter gleitender Mittelwert
- Varianten des gleitenden Mittelwerts– „X*Y Verfahren“, „Dispbereiche“;
- Verfahren von Croston

Bei der in den nächsten Kapiteln folgenden Darstellung der verwendeten Prognoseverfahren wird auf eine umfangreiche Beschreibung der aus der Literatur hinlänglichen bekannten Verfahren verzichtet und es wird dafür auf die Varianten des gleitenden Mittelwerts und das Verfahren von Croston näher eingegangen. In diesem Sinne wird auf die Diskussion der Formeln zur Berechnung der Standardverfahren (Exponentielle Glättung, Gleitender und gewichteter gleitender Mittelwert) verzichtet und auf die entsprechende Fachliteratur verwiesen.

³⁴ vgl. Biedermann (1995), S. 39

4.2.1 Exponentielle Glättung 1. Ordnung

Die exponentielle Glättung 1. Ordnung ist eine der am weitesten verbreiteten Methoden zur verbrauchsgesteuerten Bedarfsermittlung³⁵. Es handelt sich bei der exponentiellen Glättung 1. Ordnung um eine Methode, welche die Koeffizienten in einem konstanten Modell abschätzen kann.³⁶

$$x_{T+1} = x_T^{(1)} = \alpha * x_T + (1 - \alpha) * x_{T-1}^{(1)}$$

Formel 3: Exponentielle Glättung erster Ordnung³⁷

Daraus ergeben sich gewisse Vorteile in der Prognose gegenüber Verfahren der Bildung von gleitenden Mittelwerten.³⁸ Beispielsweise werden für die Prognose mittels der exponentiellen Glättung weniger Daten benötigt und es ist durch die Änderung eines einzigen Parameters möglich, die Gewichtung der Vergangenheitswerte zu verändern.³⁹ Jüngere Vergangenheitswerte werden bei der exponentiellen Glättung stärker als ältere berücksichtigt.⁴⁰

Eingesetzt wird die exponentielle Glättung normalerweise bei stationären Bedarfsverläufen ohne Trendbewegungen.⁴¹ Obwohl dieser Fall bei den Verbräuchen der Firma Pöttinger nicht gegeben ist (siehe Kapitel 2), wird die exponentielle Glättung 1. Ordnung zum Prognosevergleich hinzugezogen, da ein Vergleich mit theoretisch besser geeigneten Verfahren viel über die Qualität der verglichenen Verfahren aussagen kann. Der Glättungsparameter(α), sowohl für die exponentielle Glättung erster und zweiter Ordnung, wurde nach dem quadratischen Fehler für jedes Ersatzteil optimiert.

4.2.2 Exponentielle Glättung 2. Ordnung

Die Exponentielle Glättung zweiter Ordnung stellt eine Erweiterung der exponentiellen Glättung erster Ordnung, um die Berücksichtigung eines linearen Trends, dar.⁴²

³⁵ vgl. Wannenwetsch(2009), S. 55

³⁶ vgl. Mertens, Rässler (2004), S. 26

³⁷ Vgl. Hansmann(2006), S. 264

³⁸ vgl. Mertens, Rässler (2004), S. 26

³⁹ vgl. Mertens, Rässler (2004), S. 27

⁴⁰ vgl. Fandel et al. (2011), S. 377

⁴¹ vgl. Fandel et al. (2011), S.377

⁴² vgl. Günther, Tempelmeier (2003), S.142

Das bedeutet, dass die exponentielle Glättung zweiter Ordnung das Bedarfswachstum von einer Periode zur nächsten berücksichtigt.⁴³

4.2.3 Gleitender Mittelwert

Bei der Prognose mit dem gleitenden Mittelwert wird der Durchschnitt über eine zuvor festgelegte Anzahl von vergangenen Perioden (n) gebildet, die einzelnen Perioden werden daher gleich gewichtet⁴⁴. Da das Verfahren davon ausgeht, dass der zukünftige Bedarf dem arithmetischen Mittel der letzten n Perioden entspricht, eignet sich dieses Verfahren hauptsächlich zur Prognose bei konstanten Bedarfsverläufen.⁴⁵ Da bei den betrachteten Ersatzteilen der Vergleichsgruppe keine konstanten Bedarfsverläufe festgestellt wurden, kann aufgrund dieses Umstandes angenommen werden, dass die Prognosegenauigkeit dieses Verfahrens eher niedrig sein wird. Trotzdem wurde das Verfahren des gleitenden Mittelwerts zum Prognosevergleich hinzugezogen, da es die Basis für die Weiterentwicklung zu den Verfahren der $X*Y$ Methoden und der Dispbereiche bildet, welche in Kapitel 4.2.5 beschrieben werden. Außerdem war es wichtig, die Behauptung zu überprüfen, dass der Ersatzteilverbrauch besser aus den entsprechenden Perioden des Vorjahres prognostiziert werden kann als aus den unmittelbar der betrachteten Periode vorangegangenen Perioden.

4.2.4 Gleitender Mittelwert mit unterschiedlicher Gewichtung

Diese Methode eignet sich, wie das Verfahren der gleitenden Mittelwerte, besonders für die Prognose von konstanten Bedarfsverläufen, es unterscheidet sich jedoch hinsichtlich der Gewichtung der Bedarfswerte.⁴⁶

Während bei dem Verfahren der gleitenden Mittelwerte alle Vergangenheitswerte gleich gewichtet werden, können diese bei dem Verfahren des gleitenden Mittelwerts mit unterschiedlicher Gewichtung mittels eines Gewichts unterschiedlich gewichtet werden.⁴⁷ In der Regel wird auf ältere Bedarfswerte eine abnehmende Gewichtung angewandt.⁴⁸

⁴³ vgl. Fandel et al. (2011), S.384

⁴⁴ vgl. Fandel et al.(2011), S. 372

⁴⁵ vgl. Fandel et al.(2011), S.372 f.

⁴⁶ vgl. Fandel et al. (2011), S. 375

⁴⁷ vgl. Fandel et al. (2011), S. 375

⁴⁸ vgl. Fandel et al. (2011), S. 375

4.2.5 Varianten des gleitenden Mittelwerts – X*Y

Da die Vermutung bestand, dass sich die zukünftigen Verbrauchswerte eher aus den entsprechenden Perioden der Vorjahre berechnen lassen, als durch die vorangehenden Perioden (siehe dazu auch Abbildung 2), wurden eine Reihe von Verfahren ausprobiert, welche Abwandlungen des gleitenden Mittelwerts darstellen. Somit stellen diese Verfahren keine wirklich eigens entwickelten Verfahren dar, sondern lediglich Variationen des Gleitenden Mittelwerts.

Die Nomenklatur der in dieser Arbeit thematisierten, auf dem gleitenden Mittelwert basierenden Prognoseverfahren folgt folgendem System: $x * y$ Methode, wobei x die Anzahl der aufeinanderfolgenden Perioden (Monate) definiert, welche in die Berechnung des Mittelwerts einfließen und y die Anzahl der Vergangenheitsperioden (Jahre) definiert, welche zur Berechnung der Periodenwerte herangezogen werden. Über diese Perioden wird der Mittelwert gebildet und der Prognosewert für den betreffenden Monat bestimmt. Es werden immer die $(x-1)/2$ Monate in die Vergangenheit und die $(x-1)/2$ Monate in die Zukunft sowie die entsprechenden Monate der y Vergangenheitsperioden zur Berechnung verwendet.

X*Y Methode	3*2 (für Februar 2011)	3*1 (für Februar 2011)
X	Jänner, Februar, März	Jänner, Februar, März
Y	2010, 2009	2010

Tabelle 27: Berechnungsschema X*Y Methoden

Zur Veranschaulichung wird in Abbildung 4 und Tabelle 28 ein kleines Beispiel für die Berechnung nach der 3 x 1 und der 3 x 2 Methode dargestellt.



ANZEIGE DER MONATSVERBRÄUCHE															
Jahr	Werks	Bwart	Gesamt	Jänner	Feber	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septem	Oktob	Novemb	Dezem
2011	0141		8	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0
2010	0141		64	0	0	0	0	12	3	28	12	0	4	0	
2009	0141		64	0	0	0	22	16	0	26	0	0	0	0	
2008	0141		97	2	0	2	40	21	22	0	0	10	0	0	

Abbildung 3: Monatsverbräuche des Ersatzteils 103.086 aus SAP Standard

Die untenstehende Tabelle 30 zeigt die Berechnung der Prognosewerte nach den Methoden 3x1 und 3x2. Die verwendeten Vergangenheitswerte entsprechen den jeweiligen realen Vergangenheitswerten aus Abbildung 2. Die beiden Prognoseverfahren werden für den Monat Mai im Jahre 2011 durchgeführt.

3*1 Methode für Mai 2011:	$(0+12+3)/3 = 5$
3*2 Methode für Mai 2011:	$(0+22+12+16+3+0)/6 = 8,8$

Tabelle 28: Beispiel der Berechnung nach der X*Y Methode

Die Berücksichtigung der Vormonate und der Folgemonate ist sehr wichtig, da sich die Ersatzteilverbräuche aufgrund der Witterungseinflüsse auf die Landwirtschaft leicht um ein paar Wochen, verglichen mit dem Vorjahr, verschieben können. Aus Abbildung 4 wird dies bei einem Vergleich der ersten Verbräuche für die Jahre 2009 und 2010 erkenntlich, da 2009 die ersten Verbräuche im Monat April auftraten, wobei 2010 dies erst im Monat Mai der Fall war.

	1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre	4 Jahre
3 Monate	Ja	Ja	Ja	Ja
5 Monate	Ja	Ja	Ja	Ja
7 Monate	Ja	X	Ja	X

Tabelle 29: Verwendete Varianten des gleitenden Mittelwerts (X*Y Methode)

In der obigen Tabelle wird dargestellt, welche Methoden der X*Y Verfahren im Zuge des Prognosevergleichs eingesetzt wurden.

4.2.6 Varianten des gleitenden Mittelwerts – Dispbereiche

Für die Berechnung der Prognoseergebnisse nach der Methode „Dispbereiche“ wurde das Kalenderjahr in vier Bereiche unterteilt. Es wurde dann für jeden Bereich der Mittelwert über die Vergangenheitswerte des jeweiligen Bereichs für die letzten zwei (D2) bzw. drei Jahre(D3) gebildet. Der Prognosewert für alle drei Monate in einem Dispbereich entspricht dann diesem Mittelwert.

Zur Veranschaulichung folgt an dieser Stelle ein kurzes Beispiel, in dem die Prognosewerte anhand der Vergangenheitswerte aus Abbildung 4 mittels des Verfahrens „D2“ unter Berücksichtigung der Vergangenheitswerte der jeweils zwei vorangegangenen Jahre für 2011 berechnet werden.

Bereich 1 (Jänner-März)	$(0+0+0+0+0+0)/6 = 0$
Bereich 2 (April-Juni)	$(0+22+12+16+3+0)/6 = 8,8$
Bereich 3 (Juli-September)	$(28+26+12+0+0+0)/6 = 11$
Bereich 4 (Oktober-Dezember)	$(4+0+0+0+0+0)/6 = 1$

Tabelle 30: Beispiel zur Berechnung mittels des Verfahrens Dispbereiche

Die ermittelten Werte werden jeweils für alle Monate des entsprechenden Dispo-
bereichs übernommen. Beispielsweise wird für die Monate Jänner, Februar und März
jeweils der Wert 0 prognostiziert.

4.2.7 Croston-Verfahren

Aufgrund der zahlreichen Nullbedarfsperioden in den Ersatzteilverbräuchen führen
Standardverfahren wie die exponentielle Glättung erster und zweiter Ordnung oft-
mals zu wenig zufriedenstellenden Ergebnissen.⁴⁹

Das Prognoseverfahren von Croston ist ein speziell an die Besonderheiten der Ersatz-
teilverbräuche angepasstes Verfahren, welches zwei exponentielle Glättungen ver-
wendet.⁵⁰ Mit einer exponentiellen Glättung wird die Nachfragemenge geschätzt
und mit der anderen wird die Zwischenankunftszeit (also die Zeit zwischen dem Auf-
treten von Nachfrageereignissen) geschätzt.⁵¹ Abbildung 5 zeigt den Pseudo-
Algorithmus zur Prognose mittels des Verfahrens von Croston.

Algorithmus 1 Pseudo-Algorithmus von Croston's Methode.

```

1:  $q = 1$ 
2: if  $d_t = 0$  then
3:    $f_t = f_t$ 
4:    $p_t = p_{t-1}$ 
5:    $q = q + 1$ 
6: else
7:    $f_t = \alpha d_t + (1 - \alpha) f_t$ 
8:    $p_t = \alpha q + (1 - \alpha) p_t$ 
9:    $q = 1$ 
10: end if
11:  $f_{t+1}^{Croston} = \frac{f_t}{p_t}$ 

```

Abbildung 4: Algorithmus zur Prognose mittels des Verfahrens von Croston⁵²

⁴⁹ vgl. Alicke (2005), S. 41

⁵⁰ vgl. Alicke (2005), S. 41

⁵¹ vgl. Alicke (2005), S. 41

⁵² Alicke (2005), S.42

Die in Abbildung 5 verwendeten Variablen beschreiben die Nachfrage der Periode t (d_t), die Prognose der Nachfrage (f_t) und die Prognose der Zwischenankunftszeiten (p_t).⁵³ Theoretisch weist dieses Verfahren gerade für Ersatzteile kleinere Prognosefehler als andere Verfahren, wie die Exponentielle Glättung und die gleitenden Mittelwerte auf.⁵⁴

4.2.8 Berechnung des Sicherheitsbestands

Der erste Schritt zur Berechnung des Sicherheitsbestands war die Ermittlung der Planlieferzeiten der Ersatzteile. Bei der Firma Pöttinger sind diese Werte in SAP Standard hinterlegt. Grundsätzlich wird dabei von dem Vorhandensein der benötigten Rohstoffe in der Fertigung ausgegangen (bei Eigenfertigungsteilen), da sich in der Praxis sonst sehr große Planlieferzeiten ergeben würden, welche für die Disponenten nicht hilfreich wären. Bei Fremdfertigungsteilen umfasst die Planlieferzeit die Zeit zwischen Bestellung und Wareneingang des betroffenen Ersatzteils.

Der Sicherheitsbestand wird mit der folgenden Formel berechnet:

$$SB = \text{Sicherheitsfaktor} * STAW(\text{Vergangenheitsperioden}) * \sqrt{\text{Planlieferzeit}}$$

Formel 4: Berechnung des Sicherheitsbestands (STAW=Standardabweichung)⁵⁵

Als Sicherheitsfaktor wurde 1,65 gewählt und es werden jene Vergangenheitswerte ausgewählt, welche vier bis 16 Perioden zurückliegen um zum einen die Fertigung frühzeitig auf den zu erwartenden Bedarf aufmerksam zu machen und um andererseits innerhalb der Planlieferzeit des Großteils der Ersatzteile zu bleiben.

Im Mittel haben die Teile der betrachteten Vergleichsgruppe (157 Ersatzteile) eine Planlieferzeit von 38 Werktagen, welche 1,9 Monaten entspricht. Die zusätzlichen 1,1 Monate in der vom Verfasser gewählten Berechnungsmethode sind als Sicherheitsreserve zu verstehen.

4.3 Auswahl der Teile für die Prognose

Die Prognose wird nur für jene Ersatzteile durchgeführt, welche über einen jährlichen Bedarf in Recke von mehr als 50 Stück verfügen. Im Durchschnitt für die Periode 2005 bis 2010 hatten 272 Ersatzteile (5,61%) einen Bedarf über mehr als 50 Stück pro Jahr.

⁵³ vgl. Alicke (2005), S. 41

⁵⁴ vgl. Alicke (2005), S. 42

⁵⁵ vgl. Biedermann(2008), S.72

Es wurden wiederum die einzelnen Kalenderjahre separat betrachtet, um anschließend den Mittelwert über die Ergebnisse zu bilden. Zur Veranschaulichung werden die Ergebnisse in Tabelle 31 dargestellt.

	2010	2009	2008	2007	2006	2005
Anzahl	277	291	289	289	243	238
Prozent (%)	5,15	5,62	5,73	6,08	5,42	5,65

Tabelle 31: Anzahl der Ersatzteile in Recke mit einem Bedarf von mehr als 50 Stück pro Jahr

Im Zuge des Prognosevergleichs wurden jene Ersatzteile betrachtet, welche im Kalenderjahr 2010 einen Bedarf von mindestens 50 Einheiten aufweisen und für die Vergangenheitsdaten bis mindestens 2005 vorliegen, um eine umfassende Informationsbasis zu gewährleisten.

Dies ergab eine Vergleichsgruppe von 157 Ersatzteilen, auf die sämtliche untersuchte Prognoseverfahren angewandt wurden. Die Entscheidung für diese Ersatzteile als Vergleichsgruppe fiel vor allem aufgrund der Annahme, dass Ersatzteile mit höherem Bedarf prognostizierbar sind, als jene mit geringem Bedarf.

4.4 Betrachtungszeitraum für den Prognosevergleich

Der Prognosevergleich wurde, sowohl für das Außenlager Recke, als auch für den Gesamtverbrauch, für die realen Vergangenheitswerte von Jänner 2005 bis April 2011 durchgeführt. Somit wurden auf Monatsbasis 76 Perioden betrachtet um eine fundierte Entscheidungsbasis zu gewährleisten.

4.5 Vorgehensweise beim Vergleich der Prognoseverfahren

Die Prognoseverfahren wurden mittels Microsoft Excel getestet und die benötigten Daten wurden aus dem von der Firma Pöttinger genutzten SAP Standard entnommen.

Die Prognoseverfahren wurden in einem ersten Schritt anhand der Vergangenheitswerte im Außenlager Recke durchgeführt und miteinander verglichen. Die Beschreibung der verwendeten Fehlermaße zur Beurteilung der Prognosequalität erfolgt in Kapitel 4.6.

In einem zweiten Schritt wurden die Prognoseverfahren auf den Gesamtverbrauch angewandt, da erwartet wurde, dass die Anwendung der Prognoseverfahren auf den Gesamtverbrauch der Ersatzteile der Vergleichsgruppe zu einer Verbesserung der Prognosequalität führen würde. Nur wenn die Prognosequalität für den Gesamtverbrauch deutlich im akzeptablen Bereich liegen würde, wäre eine Prognose der Ersatzteilverbräuche realistisch, da bei einer Aufschlüsselung des prognostizierten Gesamtverbrauchs auf die einzelnen Außenlager mit einer Verschlechterung der Prognosequalität zu rechnen wäre. Die Prognosequalität des Gesamtverbrauchs müsste daher über Reserven verfügen, um diese Ungenauigkeiten ausgleichen zu können.

Diese Aufschlüsselung würde anhand der Aufteilung des Gesamtverbrauchs der letzten Jahre auf die einzelnen Außenlager erfolgen. Es wäre sinnvoll, die Verteilung der letzten Jahre unterschiedlich zu gewichten, also einen gleitenden gewichteten Mittelwert über die Aufteilungen des Gesamtverbrauchs der letzten Perioden auf die jeweiligen Außenlager zu bilden.

4.6 Feststellung der Prognosequalität

Zum Vergleich der Prognoseverfahren wurden in einem ersten Schritt bestimmte Fehlermaße ermittelt und die Prognoseverfahren für das Außenlager Recke anhand dieser Fehlermaße miteinander verglichen.

In einem zweiten Schritt wurden für den Gesamtverbrauch an Ersatzteilen die Prognoseverfahren hinsichtlich der Verfügbarkeit und des aus ihrer Verwendung resultierenden Bestands hin miteinander verglichen. In den nächsten beiden Kapiteln werden die verwendeten Fehlermaße und der Vergleich der Verfügbarkeit und Bestände erklärt.

4.6.1 Prognosefehler

Prognosefehler sind die Differenz zwischen dem beobachteten Wert und dem prognostizierten Wert.⁵⁶ Eine Bedarfsprognose, als eine Vorhersage zukünftiger Verbräuche, weist in der Regel Prognosefehler auf.⁵⁷ Gründe hierfür können beispielsweise ein Strukturbruch in der Zeitreihe oder ein ungünstig gewähltes Prognoseverfahren sein.⁵⁸ Um die Leistungsfähigkeit der in dieser Arbeit untersuchten Prognoseverfahren zu beurteilen, werden die Prognosefehler, welche für die untersuchten Verfahren

⁵⁶ vgl. Tempelmeier(2008), S. 34

⁵⁷ vgl. Tempelmeier(2008), S. 33

⁵⁸ vgl. Tempelmeier(2008), S. 33f.

aufgetreten sind, verglichen. Hierfür werden verschiedene Fehlermaße angewandt, welche im folgenden Kapitel näher beschrieben werden. Grundsätzlich können bei der Beurteilung der Prognosequalität das Niveau und die Streuung der Prognosefehler analysiert werden, wobei die Interpretation der Streuung mittels der Standardabweichungen sich in der Praxis oft schwierig gestaltet.⁵⁹ Aus diesem Grund wurde in der vorliegenden Arbeit das Niveau der Prognosefehler als maßgebliches Kriterium für die Prognosequalität verwendet.

4.6.2 Vergleich mittels Fehlermaßen

Um die Prognosequalität und die Einsetzbarkeit der untersuchten Prognoseverfahren zu ermitteln, ist der Einsatz von Fehlermaßen unerlässlich⁶⁰. In der Literatur finden sich hierfür eine große Anzahl an verschiedenen Fehlermaßen, mittels derer Aussagen über die Prognosequalität der untersuchten Verfahren getroffen werden können. Es kann aufgrund des begrenzten Umfangs der vorliegenden Arbeit keine umfassende Darstellung aller Fehlermaße gegeben werden, daher wird an dieser Stelle auf die weiterführende Literatur zu diesem Thema (z.B. Hüttner(1986) S. 257 ff.) verwiesen. Grundsätzlich liefern relative Fehlermaße gut interpretierbare Ergebnisse hinsichtlich der Prognosequalität. Die Verwendung der gebräuchlichen relativen Fehlermaße, wie z.B. des mittleren prozentualen Fehlers war jedoch für die Ersatzteile der Firma Pöttinger nicht möglich. Der Grund hierfür ist das Vorhandensein zahlreicher Perioden mit Nullbedarfen.

Da jedoch ohnehin die gleichen Zeitreihen miteinander verglichen wurden, war es auch möglich absolute Fehlermaße zu vergleichen. Hauptsächlich Verwendung fanden der, bereits erwähnte, mittlere absolute Fehler (MAE), die Quadratwurzel aus dem mittleren quadratischen Prognosefehler (RMSE), und das Abweichungssignal. Der einfache Prognosefehler berechnet sich, wie in Formel 3 beschrieben wird, aus der Differenz von Istwert (x_t) und Prognosewert (\hat{x}_t).

$$e_t = x_t - \hat{x}_t$$

Formel 5: Berechnung des einfachen Prognosefehlers⁶¹

⁵⁹ vgl. Tempelmeier(2008), S. 34f.

⁶⁰ vgl. Hüttner(1986), S. 257

⁶¹ vgl. Hüttner (1986), S. 259

$$MAE = \frac{1}{T} * \sum_{t=1}^T |e_t|$$

Formel 6: Mittlerer absoluter Prognosefehler (MAE)⁶²

Wie bereits in Kapitel 4.4 dargelegt wurde, beträgt der beträgt der Betrachtungszeitraum für die Prognosevergleiche 76 Perioden (T=76 für Jänner 2005 bis April 2011).

$$RMSE = \sqrt{\left(\frac{1}{T} * \sum_{t=1}^T e_t^2\right)}$$

Formel 7: Quadratwurzel aus dem mittleren quadratischen Prognosefehler (RMSE)⁶³

Es wurden für jedes Ersatzteil der Vergleichsgruppe die Prognosefehler für den gesamten Betrachtungszeitraum gemäß den oben angeführten Formeln berechnet, und anschließend der Mittelwert der jeweiligen Prognosefehlermaße gebildet.

$$\emptyset MAE = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n MAE_i$$

Formel 8: Berechnung des Mittelwerts des mittleren absoluten Prognosefehlers für die Vergleichsgruppe (n=157 für die Ersatzteile der Vergleichsgruppe)

$$\emptyset RMSE = \frac{1}{n} * \sum_{i=1}^n RMSE_i$$

Formel 9: Berechnung des Mittelwerts der Quadratwurzel aus dem mittleren quadratischen Prognosefehler (n=157)

Um trotzdem einen ungefähren relativen Bezug zwischen Bedarfshöhe und dem Prognosefehler herzustellen, wurde der mittlere absolute Fehler durch den durchschnittlichen Periodenbedarf dividiert. Es wird also das Verhältnis zwischen dem Mittelwert des mittleren absoluten Fehlers aller betrachteter Ersatzteile und dem Mittelwert des durchschnittlichen Periodenbedarfs aller betrachteten Ersatzteile berechnet.

⁶² vgl. Hüttner (1986), S. 260

⁶³ vgl. Hüttner (1986), S. 261

$$\varnothing rMAE = \frac{\varnothing MAE}{\varnothing Bedarf}$$

Formel 10: Berechnung des Mittelwerts des relativen mittleren absoluten Prognosefehlers für die Vergleichsgruppe

Der mittlere einfache Prognosefehler wurde zur Berechnung des Abweichungssignals (AS) benötigt, er wird aber im Rahmen der Auswertung des Prognosevergleichs nicht explizit dargestellt, da sich bei der Verwendung des mittleren einfachen Prognosefehlers negative und positive Abweichungen gegenseitig aufheben.⁶⁴

$$AS_t = \frac{\sum_{t=1}^n e_t}{MAD_t}$$

Formel 11: Berechnung des Abweichungssignals (AS) für die Vergleichsgruppe⁶⁵

Das Abweichungssignal kann Werte im Intervall von -1 bis 1 annehmen.⁶⁶ Idealerweise schwankt das Abweichungssignal bei lediglich geringen systematischen Abweichungen um den Wert 0.⁶⁷ In der Praxis können Werte bis 0,5 toleriert werden.⁶⁸ Neben der Feststellung der Prognosequalität kann das Abweichungssignal auch zur automatischen Anpassung der Glättungsparameter der exponentiellen Glättung genutzt werden.⁶⁹

$$MAD_t = \frac{1}{T} * \sum_{t=1}^T |e_t|$$

Formel 12: Berechnung der mittleren absoluten Abweichung⁷⁰ (entspricht MAE)

4.6.3 Vergleich von Verfügbarkeit und Bestand

Da es schwierig ist, aus den absoluten Fehlermaßen eine deutliche Vorstellung davon zu erhalten, wie sich die Prognosemethoden auf die Verfügbarkeit und den Bestand auswirken, wurde der Alpha Servicegrad für die einzelnen Prognosemethoden berechnet. Der Alpha-Servicegrad gibt als ereignisorientierte Kennziffer Auskunft über

⁶⁴ vgl. Fandel et al. (2011), S. 368f.

⁶⁵ vgl. Schulte (2001), S. 176

⁶⁶ vgl. Tempelmeier (2008), S. 36

⁶⁷ vgl. Tempelmeier (2008), S. 36

⁶⁸ vgl. Tempelmeier (2008), S. 36

⁶⁹ vgl. Tempelmeier (2008), S. 36

⁷⁰ vgl. Schulte (2001), S. 175

die Wahrscheinlichkeit, mit der ein auftretender Bedarf in einer gewissen Betrachtungsperiode erfüllt werden kann.⁷¹

Hierbei wurde wiederum der Zeitraum von Jänner 2005 bis April 2011 betrachtet und untersucht, in welchem Prozentsatz der Monate genug Bestand verfügbar wäre, um den tatsächlichen Bedarf der Vergangenheitsperioden abzudecken. Zusätzlich wurde der mittlere Bestand zu Monatsende ermittelt.

Die gewählte Form der Betrachtung der Verfügbarkeit ist jedoch nicht unproblematisch, da sie die ungleiche Verteilung von Verbräuchen auf die einzelnen Monate nicht berücksichtigt. Es ist davon auszugehen, dass in jenen Monate, in denen besonders hohe Verbräuche auftreten, auch tendenziell mehr einzelne Bestellungen eingehen. Aus diesem Umstand kann der Schluss gezogen werden, dass der Alpha Servicegrad in der Realität eher schlechter als jener vom Verfasser ermittelte sein wird. Die gewählte Form der Betrachtung der Verfügbarkeit auf Monatsebene wurde aber trotzdem aufgrund der Datenlage und der Durchführbarkeit der Vorzug gegeben. Eine Berechnung auf Auftragsbasis wäre optimaler, war aber aufgrund der Datenlage leider nicht realisierbar.

4.7 Datenbereinigung

Eine Datenbereinigung, bzw. Datenaufbereitung war nötig, da eine Reihe von negativen Bedarfswerten im System vorhanden ist. Diese negativen Bedarfswerte sollen nun als Vorbereitung der Bedarfsprognose durch besser geeignete Werte ersetzt werden, um die Prognosequalität zu verbessern. Wie bereits in Kapitel 2 dargelegt wurde, handelt es sich bei negativen Bedarfswerten um Rückgaben von Händlern, welche sich Ersatzteile für eine gewisse Zeit auf Lager gehalten haben und diese dann an die Firma Pöttinger retourniert haben.

Aufgrund der einfachen Anwendung wurde beschlossen, die negativen Werte durch 0 zu ersetzen. Eine Erweiterung der Datenaufbereitung um eine Ausreißerkontrolle ist aufgrund der Verbrauchscharakteristik der Ersatzteile (speziell aufgrund der zahlreichen Nullbedarfsperioden und des sporadischen Verbrauchs) nicht sinnvoll.

4.8 Aufrunden der Werte

Da Ersatzteile fast ausschließlich als Stück, Modul, Baugruppe oder ähnliches, auf jeden Fall als ganzzahlige Quantität disponiert werden, ist es nötig, die Ergebnisse der

⁷¹ vgl. Tempelmeier (2005), S. 27

Prognose zu runden. Dieser Schritt sollte möglichst spät im Prognoseschritt stattfinden, um die Prognosequalität nicht unnötig zu beeinträchtigen.

Im Zuge der Erarbeitung des Prognoseverfahrens musste die geeignete Art des Aufrundens gefunden werden. Grundsätzlich bestehen zwei Möglichkeiten, ab 0,5 über einem ganzzahligen Wert aufzurunden, oder immer aufzurunden. Für den vorliegenden Fall ist es sinnvoller, das Prognoseergebnis immer aufzurunden, um ausreichend Ersatzteile zu bevorraten.

Eine weitere Form des Aufrundens muss bei der Disposition von Ersatzteilen, welche nur in bestimmten Quantitäten versandt werden, durchgeführt werden. Ein Beispiel hierfür wären bestimmte Messer für Mähwerke, welche in Verpackungen zu je 25 Stück versandt werden. Dieser Umstand wird durch das Pflegen der Rundungswerte im Materialstamm der Ersatzteile in SAP unter der Sicht Dispo1 berücksichtigt.

Auch das Aufrunden der restlichen Prognosewerte auf ganze Zahlen könnte beispielsweise mittels dieses Rundungswertes geschehen, welcher bei einer reinen Aufrundung auf einen ganzzahligen Wert auf den Wert eins gesetzt werden müsste. Allerdings ist es wahrscheinlich sinnvoller, das gesamte Aufrunden direkt im Zusatzprogramm durchzuführen und lediglich die Rundungswerte aus SAP auszulesen. Da jedoch die eigentliche Programmierung des Zusatzprogramms nicht vom Autor durchgeführt wird und somit auch nicht explizit Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist, wird hierauf nicht näher eingegangen.

4.9 Prognosevergleich

Betrachtet wurden, wie bereits erwähnt, jene Ersatzteile mit einem Bedarf von mindestens 50 Einheiten im Kalenderjahr 2010 im Außenlager Recke und mindestens sechs Vergangenheitsperioden. Die Prognosefehler wurden für den Zeitraum Jänner 2005 bis April 2011 berechnet, um eine möglichst fundierte Entscheidungsbasis zu erhalten. Begonnen wird in Kapitel 4.9.1 mit dem Prognosevergleich für das Außenlager Recke. Anschließend wurden die Prognoseverfahren auf den Gesamtverbrauch der Ersatzteile der Vergleichsgruppe angewandt und die Ergebnisse miteinander verglichen.

4.9.1 Prognosevergleich mit den Verbrauchswerten des Außenlagers Recke

In m Zuge dieses Kapitel wird auf die errechneten $\emptyset MAE$, $\emptyset RMSE$ und der $\emptyset RMAE$ für alle betrachteten Materialien der jeweiligen Vergleichsgruppe eingegangen. Es sei an dieser Stelle noch einmal darauf hingewiesen, dass sowohl MAE als der RMSE kein relatives Fehlermaß darstellen. Das Fehlermaß ist somit immer im Kontext mit dem Bedarf zu sehen. Da jedoch die gleichen Materialien im gleichen Zeitraum miteinander verglichen wurden, lässt auch ein absolutes Fehlermaß wie der RMSE einen aussagekräftigen Vergleich zu.

Abkürzungen	E1: Exponentielle Glättung erster Ordnung
	E2: Exponentielle Glättung zweiter Ordnung
	D3: Dispbereiche mit drei Vergangenheitsperioden
	D2: Dispbereiche mit zwei Vergangenheitsperioden
	Croston: Verfahren von Croston
	GGW: Gleitender gewichteter Mittelwert
	GMW3: Gleitender Mittelwert mit 3 Perioden
	GMW4: Gleitender Mittelwert mit 4 Perioden
	GMW5: Gleitender Mittelwert mit 5 Perioden

Abbildung 5: Legende der im Zuge des Prognosevergleichs verwendeten Abkürzungen

In der obigen Abbildung 7 werden die Abkürzungen der Prognoseverfahren, welche der Übersichtlichkeit halber in den folgenden Tabellen verwendet werden, dargestellt. Die Ergebnisse des Prognosevergleichs für Recke hinsichtlich des Niveaus der Prognosefehler, werden in der folgenden Tabelle 32 gezeigt.

	E1	E2	3x3	3x4	3x2	3x1	5x4	5x3	5x2	5x1
$\bar{\sigma}$ RMSE	45,6	47,1	42,3	42,4	42,3	45,9	45,0	44,8	44,7	45,9
$\bar{\sigma}$ MAE	31,1	31,9	22,6	25,4	26,7	27,5	27,7	27,1	28,2	28,4
$\bar{\sigma}$ rMAE	1,4	1,3	0,9	1,0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
	7x3	7x1	D3	D2	Croston	GGW	GMW3	GMW4	GMW5	
$\bar{\sigma}$ RMSE	45,5	45,8	44,4	44,4	46,6	43,7	50,6	49,9	49,8	
$\bar{\sigma}$ MAE	36,7	28,8	26,3	26,5	29,2	26,4	32,1	32,3	32,5	
$\bar{\sigma}$ rMAE	1,9	1,2	1,1	1,1	1,1	1,1	1,3	1,3	1,3	

Tabelle 32: Niveau der Prognosefehler für das Außenlager Recke

Wie aus der obigen Tabelle 32 ersichtlich ist, beträgt der durchschnittliche MAE im besten Falle 90% des durchschnittlichen Bedarfs. Die beste Methode hinsichtlich des $\bar{\sigma}$ rMAE ist die 3x3 Methode, also der gleitende Mittelwert über Vormonat, Monat und Folgemonat der letzten drei Jahre. Sogar das Verfahren von Croston weist schlechtere Werte auf. Hinsichtlich des durchschnittlichen RMSE weist ebenfalls das 3x3 Verfahren, gemeinsam mit dem 3x2 Verfahren den geringsten Prognosefehler auf.

4.9.2 Zwischenergebnisse des Prognosevergleichs

Zusammenfassend soll hier auf die wichtigsten Erkenntnisse aus dem Prognosevergleich für das Außenlager Recke eingegangen werden. Der durchschnittliche mittlere absolute Prognosefehler für alle Ersatzteile der Vergleichsgruppe beträgt im günstigsten Falle rund 90 % des durchschnittlichen Monatsverbrauchs. Dieses Ergebnis konnte für das Prognoseverfahren 3x3 erzielt werden. Der durchschnittliche RMSE nimmt ebenfalls für das 3x3 Verfahren den geringsten Wert an. Das 3x2 Verfahren ergibt den gleichen durchschnittlichen RMSE, weist aber einen um 20% höheren durchschnittlichen relativen mittleren absoluten Fehler auf.

Alles in allem wurde aufgrund des Prognosevergleichs für das Außenlager Recke entschieden, dass eine Ersatzteilprognose für ein Außenlager als nicht sinnvoll angesehen wird, da die erzielten Prognosefehler als zu hoch angesehen werden. Sogar für die 157 verbrauchstärksten Ersatzteile konnten keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielt werden. Die hohe geforderte Verfügbarkeit von 95 Prozent wäre unter diesen Bedingungen nur unter immensen Beständen zu realisieren, was wirtschaftlich nicht sinnvoll wäre.

Im nächsten Kapitel wird ein Prognosevergleich für den Gesamtverbrauch an Ersatzteilen der Firma Pöttinger durchgeführt, da eine Prognose für den Gesamtverbrauch,

deren Ergebnisse anschließend auf die einzelnen Außenlager aufgeschlüsselt würden, als Alternative zur Prognose für die Außenlager gesehen angesehen werden kann. Außerdem lässt sich auf diese Weise der Zusammenhang zwischen größeren Verbrauchsmengen und einer höheren Prognosequalität überprüfen.

4.9.3 Prognosevergleich auf Basis des Gesamtverbrauchs

Da aufgrund der Ergebnisse des Prognosevergleichs für das Außenlager Recke die Prognose auf Basis der Verbräuche der Außenlager als nicht zielführend angesehen werden muss, wurde ein Vergleich der Prognoseverfahren auf Basis des Gesamtverbrauchs durchgeführt. Da durch eine anschließende Aufschlüsselung des prognostizierten Gesamtbedarfs auf die einzelnen Außenlager eine zusätzliche Ungenauigkeit angenommen werden kann, müssen die Ergebnisse des Prognosevergleichs auf Basis des Gesamtverbrauchs eine dementsprechend hohe Prognosequalität aufweisen, um eine praktische Umsetzung zu ermöglichen.

Zusätzlich zur Berechnung des Abweichungssignals wurde für den Prognosevergleich auf Basis des Gesamtverbrauchs die Berechnung des Alpha-Servicegrads unter Berücksichtigung der Lagerbestände durchgeführt.

	E1	E2	3x3	3x4	3x2	3x1	5x4	5x3	5x2	5x1
\emptyset RMSE	898,6	919,3	866,8	937,3	804,5	794,5	974,8	912,7	860,1	818,4
\emptyset MAE	646,6	670,5	469,0	614,1	549,3	516,6	662,8	601,3	588,1	548,9
\emptyset rMAE	0,69	0,72	0,50	0,66	0,59	0,55	0,71	0,64	0,63	0,59
	7x3	7x1	D 3	D 2	Croston	GGW	GMW3	GMW4	GMW5	
\emptyset RMSE	951,7	860,6	894,0	834,4	949,7	907,8	965,5	976,0	975,3	
\emptyset MAE	641,5	590,5	590,1	557,5	669,2	601,8	681,6	703,2	704,8	
\emptyset rMAE	0,69	0,63	0,63	0,60	0,71	0,64	0,73	0,75	0,75	

Tabelle 33: Niveau der Prognosefehler für die Prognose des Gesamtverbrauchs

Aus dem Vergleich der Prognosefehler aus den Tabellen 32 und 35 geht hervor, dass sich der \emptyset MAE relativ zum durchschnittlichen Bedarf deutlich verringert, wenn der Gesamtverbrauch prognostiziert wird. Nichtsdestotrotz beträgt der durchschnittliche mittlere absolute Prognosefehler (\emptyset MAE) relativ zum Durchschnittsverbrauch im besten Fall noch immer 50% des durchschnittlichen Monatsverbrauchs. Auch für den Gesamtverbrauch weist somit das 3x3 Verfahren den geringsten \emptyset MAE im Verhältnis zum durchschnittlichen Monatsbedarf auf. Interessanterweise ergibt nicht das 3x3 Verfahren, sondern das 3x1 Verfahren den geringsten durchschnittlichen RMSE. Die-

ser Umstand kann durch die stärkere Gewichtung von großen Abweichungen des Prognosewerts vom Istwert bei der Berechnung des quadratischen Prognosefehlers und somit auch des RMSE, erklärt werden.

Es wurde außerdem für alle Ersatzteile der Vergleichsgruppe und für jedes der verwendeten Prognoseverfahren das Abweichungssignal berechnet. Das Abweichungssignal gibt zum einen Aufschluss über die Prognosequalität, zum anderen zeigt es, ob die Prognosewerte tendenziell über oder unter den realen Bedarfswerten liegen.⁷² Berechnet wurde der Mittelwert der Abweichungssignale über alle Ersatzteile für jedes Prognoseverfahren. Die Ergebnisse werden in Tabelle 33 dargestellt.

	E1	E2	3x3	3x4	3x2	3x1	5x4	5x3	5x2	5x1
\emptyset AS	-0,16	-0,03	0,12	0,15	0,08	0,05	0,13	0,10	0,06	0,04
	7x3	7x1	D3	D2	Croston	GGW	GMW3	GMW4	GMW5	
\emptyset AS	0,09	0,03	0,11	0,07	0,21	0,12	0,00	0,00	-0,01	

Tabelle 34: Mittelwert des Abweichungssignals (\emptyset AS) für die Vergleichsgruppe bei der Prognose der Vergangenheitswerte von Recke

Zum zusätzlichen Informationsgewinn wurde außerdem der prozentuelle Anteil der Ersatzteile mit jeweils positivem und negativem Abweichungssignal für jedes Prognoseverfahren berechnet. Auf diese Art und Weise lässt sich eine genauere Einschätzung der Prognosequalität bewerkstelligen.

	E1	E2	3x3	3x4	3x2	3x1	5x4	5x3	5x2	5x1
% pos. AS	13	25	74	76	69	64	75	71	68	60
% neg. AS	87	75	26	24	31	36	25	29	32	40
	7x3	7x1	D3	D2	Croston	GGW	GMW3	GMW4	GMW5	
% pos. AS	71	58	74	69	98	73	45	46	43	
% neg. AS	29	42	26	31	2	27	55	54	57	

Tabelle 35: Prozentuelle Verteilung von positiven und negativen Abweichungssignalen für Recke

Aus Tabelle 34 lässt sich erkennen, dass die exponentielle Glättung erster und zweiter Ordnung und die Verfahren der gleitenden Mittelwerte für die Mehrheit der Ersatzteile der Vergleichsgruppe zu niedrige Prognosewerte liefern. Die anderen Verfahren prognostizieren im Schnitt bei mehr Ersatzteilen der Vergleichsgruppe mehr als den tatsächlich auftretenden Bedarf.

Um die Prognosequalität und deren Auswirkungen auf die zu erwartende Verfügbarkeit noch besser abschätzen zu können, wurde der alpha-Servicegrad auf Monats-

⁷² vgl. Fandel et al. (2011), S. 370f.

basis berechnet. Bei dieser Berechnung wurde außerdem ein Sicherheitsbestand mit der in Kapitel 4.2.8 beschriebenen Methode berechnet. Es wurde des Weiteren der zu erwartende Lagerbestand berücksichtigt. Somit wurde, wenn beispielsweise im Vormonat zu viel prognostiziert wurde, dieser Bestand im Folgemonat berücksichtigt. Aufgrund der Durchführbarkeit in MS Excel wurde von der Annahme ausgegangen, dass ein Fehlbestand binnen eines Monats ausgeglichen werden kann. Dies ist jedoch in der Praxis, aufgrund der höheren Planlieferzeiten eher unrealistisch und muss somit als Vereinfachung der Prognoseberechnung angesehen werden, welche im Zuge einer praktischen Umsetzung eine niedrigere als die im Zuge des Prognosevergleichs errechnete Verfügbarkeit erwarten lässt.

	E1	E2	3x3	3x4	3x2	3x1	5x4	5x3	5x2	5x1
α-SG	0,91	0,92	0,92	0,91	0,92	0,92	0,91	0,91	0,91	0,92
Bestand	1394	1496	1438	1440	1503	1451	1512	1482	1493	1427
	7x3	7x1	D3	D2	Croston	GGW	GMW3	GMW4	GMW5	
α-SG	0,92	0,92	0,91	0,92	0,89	0,92	0,92	0,91	0,91	
Bestand	1458	1413	1506	1477	1251	1532	1559	1507	1481	

Tabelle 36: Verfügbarkeit nach dem Alpha Servicegrad (α -SG) und theoretisch zu erreichender Bestand an Ersatzteilen (in Stück)

Wie aus der obigen Tabelle ersichtlich wird, kann auf Monatsbasis eine Verfügbarkeit von maximal 92 Prozent erzielt werden. Diese Verfügbarkeit wurde jedoch auf Monats- und nicht auf Auftragsbasis errechnet, da es aufgrund der Datenlage nicht möglich ist, die Verfügbarkeit auf Auftragsbasis zu berechnen.

Die dieser Arbeit zugrundeliegende Form der Berechnung der Verfügbarkeit berücksichtigt somit nicht die Möglichkeit, dass die Aufträge (Ersatzteilbestellungen) in der Realität ungleich auf die einzelnen Monate verteilt sind. Logischerweise muss davon ausgegangen werden, dass jene Monate, in denen keine Verfügbarkeit gegeben ist, jene Monate mit der größten Anzahl an Bestellungen und daher auch dem größten Verbrauchsvolumen sind. Daher muss in der Realität konsequenterweise mit einer deutlich niedrigeren Verfügbarkeit als den obig angegebenen 92 Prozent gerechnet werden. Auch die bereits weiter oben dargelegte Annahme des Ausgleichs von Fehlbeständen innerhalb eines Monats lässt vermuten, dass die Verfügbarkeit in der Praxis eher unter den erreichten 92 Prozent liegen wird.

Der durchschnittliche Bestand, welcher bei der Prognose mittels des 3x3 Verfahrens anfallen würde, beträgt 1438 Stück, bei einem durchschnittlichen Monatsbedarf von

936,3 Stück. Dieser Bestand (rund 154 Prozent des durchschnittlichen Monatsbedarfs) ist zwar kleiner als der durchschnittliche Bestand bei manueller Disposition im Vergleichszeitraum (rund 324 Prozent des durchschnittlichen Monatsbedarfs), es zeigt sich aber leider, dass die gewünschte Verfügbarkeit von mindestens 95% mit den untersuchten Methoden nicht zu erreichen ist.

Es ist im Sinne der Transparenz und des Informationsgewinns interessant, welchen Anteil an der Verfügbarkeit der Sicherheitsbestand hat. Es zeigt sich dass ohne Prognoseverfahren, also lediglich mittels der Methode zur Berechnung des Sicherheitsbestands schon eine Verfügbarkeit von 76 Prozent erreicht wird. Dieser Wert wurde von keinem der untersuchten Prognoseverfahren auf sich allein gestellt (also bei Berechnung der Verfügbarkeit ohne Sicherheitsbestand) erreicht⁷³. Auch ist der durchschnittliche Bestand von nur 568 Stück pro Monat relativ niedrig. Bei dem Versuch, die Verfügbarkeit mittels einer Anpassung des Sicherheitsbestands zu erhöhen, konnten leider keine vernünftigen Ergebnisse erzielt werden, da hierbei der Bestand unverhältnismäßig in die Höhe schoss.

4.9.4 Quartalsweise Prognose auf Basis des Gesamtverbrauchs

Alternativ zur Berechnung der Prognosewerte auf Monatsbasis wurde untersucht, ob sich aus einer quartalsweisen Berechnung Vorteile hinsichtlich der Verfügbarkeit ergeben. Hierzu wurde der Verbrauch eines Quartals berechnet, welcher gesamt für den ersten Monat des Quartals als Bestand angenommen wird, von dem dann der Verbrauch der entsprechenden Monate subtrahiert wird.

Bei dieser Art der Berechnung ist natürlich von höheren Beständen, als bei der monatlichen Berechnung auszugehen, da der prognostizierte Bedarf von drei Monaten auf Lager gelegt wird. Es konnte eine maximale Verfügbarkeit von 71% bei Einsatz der 3x3 Methode ohne Verwendung eines Sicherheitsbestands, und eine maximale Verfügbarkeit von 99% bei der Verwendung der gleichen Methode mit Sicherheitsbestand erreicht werden. Aufgrund dieser Ergebnisse erscheint lediglich die Verwendung der 3x3 Methode mit Sicherheitsbestand als sinnvoll, sie würde jedoch zu viel zu hohen Beständen führen (durchschnittlicher monatlicher Bestand: 15722,64 Stück). Somit würde der Bestand rund das 14,8 fache des monatlichen Bedarfs ausmachen.

⁷³ Hierbei konnte höchstens ein Alpha-Servicegrad von 62% erzielt werden (für die exponentielle Glättung zweiter Ordnung)

Wenn man die Ergebnisse für die Berechnung des Alpha Servicegrads für die quartalsweise Berechnung mit dem Ergebnis für das Verfahren zur Berechnung des Sicherheitsbestands (siehe Kapitel 4.8.3) miteinander vergleicht, so wird deutlich, dass das Verfahren zur Berechnung des Sicherheitsbestands zu einer höheren Verfügbarkeit bei gleichzeitig niedrigeren Beständen führt.

4.10 Ergebnisse des Prognosevergleichs

Zusammenfassend wird festgehalten, dass die Ersatzteilprognose auf Basis der Verbräuche des Außenlagers Recke zu einer sehr geringen Prognosequalität führt. Daher wurde die Ersatzteilprognose auf Basis des Gesamtverbrauchs untersucht, wobei die mittels dieses Verfahrens zu erreichende Verfügbarkeit zu niedrig ausfällt. Auch der Versuch einer quartalsweisen Ersatzteilprognose kann aufgrund der daraus resultierenden hohen Bestände als für die Praxis ungeeignet angesehen werden.

Somit kann aus den Ergebnissen des Prognosevergleichs der Schluss gezogen werden, dass eine Prognose der Ersatzteile der Firma Pöttinger mit den untersuchten Verfahren in der Praxis nicht zu den gewünschten Ergebnissen führt. Des Weiteren soll an dieser Stelle erneut darauf hingewiesen werden, dass die 157 Ersatzteile der Vergleichsgruppe jene Ersatzteile mit den größten Verbrauchsmengen darstellen. Bei geringeren Verbrauchsmengen ist mit geringerer Prognosequalität zu rechnen (siehe Vergleich der Ergebnisse des Prognosevergleichs auf Basis von Recke und des Gesamtverbrauchs). Daher ist die (möglichst automatisierte) Ersatzteilprognose mittels der in der vorliegenden Arbeit untersuchten Verfahren für den Fall der Firma Pöttinger leider nicht sinnvoll umsetzbar.

4.11 Umsetzung in SAP oder als Zusatzprogramm

Eine reine Umsetzung des Prognosemodells in SAP Standard ist nicht möglich.⁷⁴ Die Umsetzung könnte daher als Zusatzprogramm zu SAP erfolgen. Die Programmierung könnte von den hauseigenen Programmierern übernommen werden.

⁷⁴ Mündliche Information des zuständigen SAP Beraters der Firma Pöttinger

5 Resümee

In der vorliegenden Arbeit wurden die Bedarfscharakteristik der Ersatzteile der Firma Pöttinger, die Bedarfseinflussfaktoren, welche auf den Bedarf an Ersatzteilen einwirken und der Vergleich verschiedenster Prognoseverfahren behandelt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war, es zu ermitteln, ob es mit den gängigen Prognoseverfahren möglich ist, den Ersatzteilbedarf der Firma Pöttinger logistisch sinnvoll und zuverlässig vorherzusagen. Aus den Ergebnissen der Bedarfsanalysen (ABC-Analysen, Klassifikationen nach dem Bedarf und XYZ-Analysen) konnten wichtige Erkenntnisse für die Auswahl der Prognoseverfahren gezogen werden. Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die betrachteten Ersatzteile mehrheitlich über sehr geringe Bedarfsvolumina und eine sporadische (unregelmäßige) Bedarfscharakteristik verfügen. Ein weiteres Ergebnis der Bedarfsanalysen war die Erkenntnis, dass das Außenlager Recke eine relativ typische Bedarfscharakteristik für ein Außenlager der Firma Pöttinger aufweist. Da der Versuch einer Prognose des Ersatzteilbedarfs zuerst für Recke gemacht werden sollte, war es besonders wichtig, dass Recke hinsichtlich seiner Charakteristik ungefähr den anderen Außenlagern der Firma Pöttinger entspricht.

Es konnten eine Reihe von Bedarfseinflussfaktoren identifiziert werden, die jedoch aufgrund der Datenlage im Zuge des Prognosevergleichs nicht berücksichtigt werden konnten. Trotzdem wurden Methoden zur Berücksichtigung einiger ausgewählter Bedarfseinflussfaktoren entwickelt und dargestellt.

Für die Durchführung des eigentlichen Vergleichs der Ergebnisse der angewandten Prognoseverfahren wurde eine Vergleichsgruppe von 157 Ersatzteilen gebildet. Es wurden jene Ersatzteile ausgewählt, welche im Stützpunkt Recke im Kalenderjahr 2010 einen Bedarf von mindestens 50 Stück aufwiesen. Der Prognosevergleich erfolgte auf Basis von realen Vergangenheitsdaten (Jänner 2005 bis April 2011) hauptsächlich mittels der Quadratwurzel aus dem mittleren quadratischen Prognosefehler (RMSE) und des mittleren absoluten Fehlers (welcher in Relation zum durchschnittlichen Monatsbedarf gesetzt wurde). Die Prognosefehler wurden auf Monatsbasis ermittelt und im Anschluss wurde der Mittelwert für alle Ersatzteile der Vergleichsgruppe gebildet.

Auf Basis der Ergebnisse des Vergleichs der Prognoseverfahren für das Außenlager Recke wurde die Ersatzteilprognose mittels der untersuchten Verfahren als für Recke nicht logistisch sinnvoll angesehen. Der mittlere absolute Fehler betrug im günstigsten

Falle rund 90% des durchschnittlichen Monatsbedarfs. Das Verfahren, welches den geringsten Prognosefehler aufwies, war die 3x3 Methode (siehe hierzu Kapitel 4).

Da die Prognose des Ersatzteilbedarfs für Recke als Ergebnis des Prognosevergleichs als nicht logistisch sinnvoll erachtet wurde, wurde der Prognosevergleich erneut für die Ersatzteile der Vergleichsgruppe, diesmal aber auf Basis des Gesamtverbrauchs, durchgeführt. Auf diese Weise könnte, bei entsprechend hoher Prognosequalität, der prognostizierte Gesamtverbrauch anteilmäßig (an der prozentuellen Aufteilung der vorhergegangenen Jahre) auf die einzelnen Außenlager aufgeteilt werden. Außerdem wurden beim Prognosevergleich auf Basis des Gesamtverbrauchs die zu erwartende Verfügbarkeit und die zu erwartenden Bestände auf Monatsbasis berechnet. Hierzu wurde zusätzlich ein Sicherheitsbestand berechnet. Sollte ein Bestand vom jeweils vorhergehenden Monat übriggeblieben sein, so wurde auch dieser bei der Berechnung der Verfügbarkeit berücksichtigt.

Die theoretisch erreichbare und errechnete maximale Verfügbarkeit beträgt bei einer Reihe von Prognoseverfahren 92%. Zu diesem Ergebnis muss kritisch angemerkt werden, dass aufgrund der Datenlage die Berechnung der Verfügbarkeit auf Monatsbasis erfolgte (und nicht etwa auf Auftragsbasis), wobei zu erwarten ist, dass in jenen Monate, in denen der Bedarf nicht gedeckt werden konnte, die meisten Aufträge (Bestellungen) eingehen werden. Daher ist in der Praxis wahrscheinlich mit einer niedrigeren Verfügbarkeit zu rechnen. Der mit den verwendeten Verfahren zu erwartende, errechnete Bestand liegt im Durchschnitt mit 154% des durchschnittlichen monatlichen Bedarfs unter dem tatsächlichen, mit der manuellen Disposition im Vergleichszeitraum erzielten Bestand. Trotzdem fiel die Entscheidung gegen den Einsatz eines der betrachteten Verfahren zur automatisierten Bedarfsprognose, da die zu erwartende Verfügbarkeit zu gering ist, bzw. in der Praxis noch geringer ausfallen könnte. Es wurde, vor allem unter dem Gesichtspunkt des zusätzlichen Informationsgewinns, noch eine quartalsweise Berechnung untersucht, bei welcher der prognostizierte Bedarf für ein Quartal (drei Monate) im ersten Monat des Quartals auf Lager gelegt wird, um auf diese Weise besser zu geringe Prognosewerte ausgleichen zu können. Dieses Vorgehen führte, wie erwartet, zu sehr hohen Beständen, weswegen diese Methode für die Ersatzteilprognose der Firma Pöttinger ebenfalls nicht sinnvoll ist.

Zusammenfassend soll festgehalten werden, dass im Zuge der vorliegenden Arbeit eine große Menge an Informationen über den Bedarf an Ersatzteilen der Firma Pöt-

tinger gesammelt und ausgewertet wurde. Die Ergebnisse des Prognosevergleichs zeigten zwar, dass keines der untersuchten Prognoseverfahren für die Ersatzteilprognose der Firma Pöttinger geeignet scheint, es konnten jedoch viele, gerade für die Firma Pöttinger wichtige Erkenntnisse aus den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit gezogen werden.

6 Literaturverzeichnis

- Alicke, K. (2005). *Planung und Betrieb von Logistiknetzwerken - Unternehmensübergreifendes Supply Chain Management, 2.Aufl.* Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Allison, P. (1999). *Multiple Regression - A primer.* Thousand Oaks, California: Pine Forge Press.
- Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier, H., & Furmanns, K. (2008). *Handbuch Logistik. 3.Aufl.* Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Barkawi, K., Baader, A., & Montanus, S. (2006). *Erfolgreich mit After Sales Service - Geschäftsstrategien für Servicemanagement und Ersatzteillogistik.* Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Biedermann, H. (1995). *Ersatzteillogistik - Beschaffung - Disposition - Organisation.* Düsseldorf: VDI - Verlag GmbH.
- Biedermann, H. (2008). *Ersatzteilmanagement - Effiziente Ersatzteillogistik für Industrieunternehmen. 2.Aufl.* Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Ester, B. (1997). *Benchmarks für die Ersatzteillogistik - Benchmarkingformen, Vorgehensweise, Prozesse und Kennzahlen.* Erich Schmidt Verlag.
- Fandel, G., Fistek, A., & Stütz, S. (2011). *Produktionsmanagement.* Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Groß, J. (2003). *Linear Regression.* Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Hansmann, K. (2006). *Industrielles Management, 8.Aufl.* München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Hüttner, M. (1986). *Prognoseverfahren und ihre Anwendung.* Berlin New York: de Gruyter.
- Mathar, H.-J., & Scheuring, J. (2009). *Unternehmenslogistik - Grundlagen für die betriebliche Praxis mit zahlreichen Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten.* Zürich: Compendio Bildungsmedien AG.
- Mayer, H. (2006). *Beschreibende Statistik, 4.Aufl.* München, Wien: Carl Hanser Verlag.
- Mertens, P., & Rässler, S. (2005). *Prognoserechnung, 6. Aufl.* Heidelberg: Physica-Verlag.
- Schulte, G. (2001). *Material- und Logistikmanagement, 2.Aufl.* München: Oldenbourg Wissenschaftsverlag.
- Tempelmeier, H. (2005). *Bestandsmanagement in Supply Chains, 1.Aufl.* Norderstedt: Books on Demand.
- Tempelmeier, H. (2008). *Materiallogistik - Modelle und Algorithmen für die Produktionsplanung und -steuerung in Advanced Planning-Systemen, 7.Aufl.* Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Tempelmeier, H., & Günther, H.-O. (2003). *Produktion und Logistik - 5.Aufl.* Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag.
- Vollmuth, H. J. (2008). *Controllinginstrumente von A-Z. 7.Aufl.* Planegg/München: Rudolf Haufe Verlag.
- Wannenwetsch, H. (2010). *Integrierte Materialwirtschaft und Logistik - Beschaffung, Logistik, Materialwirtschaft und Produktion, 4. Aufl.* Berlin Heidelberg: Springer Verlag.