



**TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN**
Vienna University of Technology

Diplomarbeit

Entwicklung von Ersatzteil-Packages für Gasmotoren

Umsetzung in der Auftragsabwicklung

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines

Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Kurt Matyas

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung)

Proj.-Ass. Martin Riester, MBE

(E330 Institut für Managementwissenschaften, Bereich: Betriebstechnik und Systemplanung,
Fraunhofer Austria Research GmbH)

eingereicht an der Technischen Universität Wien

Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften

von

Christian Schröder

0926656 (066482)

Kranzgasse 7/14

1150 Wien

Wien, im Juli 2015

Christian Schröder



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
WIEN
Vienna University of Technology

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre weiters Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbstständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die zugrunde gelegte Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im In- noch Ausland (einer Beurteilerin/einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, im Juli 2015

Christian Schröder

Sperrvermerk:

Ich weise darauf hin, dass die Diplomarbeit vertrauliche Informationen und unternehmensinterne Daten beinhaltet. Daher ist eine Veröffentlichung oder Weitergabe von Inhalten an Dritte ohne die vorherige Einverständniserklärung des Unternehmens GE Jenbacher GmbH & Co OG und des Instituts für Managementwissenschaften für die nächsten 5 Jahre nicht gestattet.

Danksagung

Ich möchte mich bei der GE Jenbacher GmbH & Co OG und den zahlreichen Kolleginnen und Kollegen für die Zusammenarbeit bedanken. Dabei möchte ich die Abteilung Technology Service Requisition hervorheben, die mich für die Zeit in Jenbach hervorragend in ihr Team aufgenommen hat.

Ein weiterer Dank gilt Herrn Dr. Michael Förster für die interne Projektleitung, sowie Herrn Markus Brindlinger für eine ausgezeichnete Betreuung seitens der GE Jenbacher GmbH & Co OG.

Auf Seiten der TU Wien, möchte ich Herrn Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Kurt Matyas in seiner Position als Studiendekan der Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften und Herrn Martin Riestler, MBE für die herausragende Betreuung und Unterstützung danken. Die gemeinsamen produktiven Arbeitstage vor Ort in Jenbach haben diese Arbeit in hohem Maße bereichert.

Besonderer Dank gilt meiner Familie und meinen Freunden.

Dabei richte ich ein Dankeschön an meine Großeltern, Dr. Erdmann Puls, der mir im Studium mit seiner Fachkompetenz immer wieder helfen konnte und seine Frau Gisela.

Der größte Dank geht an meine Eltern, Dr. Anke Schröder und Wilfried Schröder, die mir das wertvolle Studium an der TU Wien ermöglicht haben.

Kurzfassung

Insbesondere bei Kraftwerksanwendungen führen wirtschaftliche und umwelttechnische Vorteile von Gasmotoren gegenüber anderen Motorentechnologien zu einer wachsenden Bedeutung dieser Technologie. Der zentrale Bestandteil dieser Arbeit ist die Entwicklung von Ersatzteil-Packages für Gasmotoren der *GE Jenbacher GmbH & Co OG*. Den Kontext bildet die Ersatzteillogistik, welche sich mit allen Unternehmensprozessen zur Bereitstellung von Ersatzteilen für den Kunden beschäftigt.

Inhaltlich wurden dazu drei Schwerpunkte gesetzt.

Erstens: Die Identifikation von Ersatzteilen für die Zylinderkopf-Baugruppe für Vor-Ort-Instandhaltungsmaßnahmen bei Schadens- und Wartungsfällen. Anschließend wurden korrespondierende Ersatzteil-Packages für zwei ausgewählte Gasmotoren-Baureihen entwickelt. Die Herausforderung der Identifikation der richtigen Ersatzteile in der richtigen Menge für Vor-Ort-Instandhaltungsmaßnahmen wird in der Literatur als *Repair-Kit-Problem* bezeichnet. Aufgrund der vorgefundenen Rahmenbedingungen entsteht jedoch in der Praxis eine andersartige Lösung des Problems.

Zweitens: Die Entwicklung einer Logik für ein Online-Tool (*PackageCreator*) zur Identifizierung von Ersatzteilen für Schadens- und Wartungsfälle. Der *PackageCreator* ist in der Lage mit der hohen Anzahl an Varianten von Ersatzteilen von Gasmotoren umzugehen.

Drittens: Die Konzeption und Umsetzung eines vorverpackten Dichtungssatzes (Set) nach dem *Kitting-Konzept* aus der Beschaffungs- und Produktionslogistik. Im Zuge technischer und wirtschaftlicher Betrachtungen wurden Potentiale bezüglich Umsatz und Prozessqualität ausgemacht, sowie die Umsetzung in der Praxis geplant und initiiert.

Durch die schwerpunktorientierte Entwicklung von Ersatzteil-Packages konnten Potentiale entlang des Auftragsabwicklungsprozesses geschafft und analysiert werden. Dazu wurde zunächst der Ist-Zustand des Auftragsabwicklungsprozesses analysiert und die resultierenden Potentiale bezüglich Zeit, Kosten, Qualität und Umsatz identifiziert. Der Entwurf eines Soll-Prozess mit der Nutzung des *PackageCreators* zeigt, dass Kosteneinsparungen insbesondere durch die Beschleunigung der Ersatzteil-Identifikation erzielt werden können. Darüber hinaus kann durch die gesteigerte Automatisierung die Prozessqualität entscheidend beeinflusst werden. Es ist eine reduzierte Anzahl an Falsch- und Notfalllieferungen zu erwarten. Dadurch können Kosten eingespart und eine Steigerung der Kundenzufriedenheit erreicht werden.

Abstract

Especially in power plant applications, economic and environmental advantages of gas engines are leading to a growing importance of this technology compared with other engine technologies. The key element of this thesis is the design and development of designated spare parts packages for gas engines of *GE Jenbacher GmbH & Co OG*. A context is formed by spare parts logistics that contains all business processes engaged in the provision of spare parts.

Therefore, three topics are emphasized.

First, the identification of spare parts regarding the cylinder head part assembly for on-site maintenance and repair jobs. Subsequently spare parts packages for two gas engine series were designed. The difficulty of identifying the right spare parts in the right amount for on-site maintenance and repair is known in literature as the repair-kit-problem. Though, the underlying basic conditions in the field led to a different approach of solving this problem.

Second, the development of a logic for an online tool (*PackageCreator*) for the identification of spare parts damage and maintenance events of gas engines. The *PackageCreator* manages the great variety of gas engine parts. The further development and implementation is proposed by an implementation roadmap.

Third, the design and implementation of a pre-packaged sealing set, based on the value adding kitting concept originated in procurement and production logistics. In this regard, two sealing sets have been subject to a technical and economical evaluation. Potentials regarding revenue and process quality were determined. The practical implementation could be initiated following an implementation roadmap.

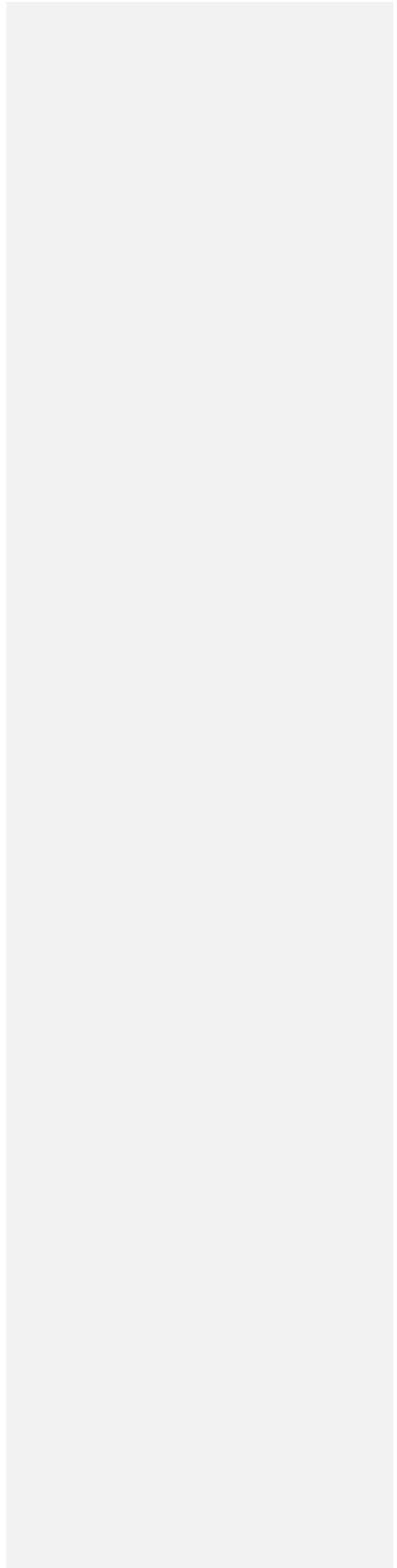
The priority oriented design and development of spare parts packages creates potentials along the order fulfillment process. Partitions of the as-is order fulfillment process were analyzed regarding time, costs, quality and revenue. The *PackageCreator* causes impact points that determine areas of potential improvement. In order to exploit the potential, new actions in the order fulfillment process were proposed. Especially the spare parts identification process can positively be impacted, by reducing costs and increasing process quality due to increased automation. Less wrong deliveries and emergency shipments lead to further cost savings and a higher customer satisfaction.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	4
1.1	Einführung in die Thematik	5
1.2	Problemstellung und Zielsetzung	7
1.3	Abgrenzung der Arbeit	8
1.4	Aufbau und Struktur der Arbeit	9
2	Das Ersatzteilsystem.....	10
2.1	Definition Ersatzteil	11
2.2	Abnutzung.....	13
2.3	Instandhaltung	14
2.3.1	Inspektion.....	15
2.3.2	Wartung - geplante Instandhaltung	15
2.3.3	Instandsetzung - ungeplante Instandhaltung	15
2.4	Bedarf von Ersatzteilen	15
3	Ersatzteillogistik.....	18
3.1	Auftragsabwicklungsprozess	20
3.2	Repair-Kit-Problem	25
3.3	Kitting	27
4	Einleitung Praxisteil.....	28
4.1	Unternehmensvorstellung – GE Jenbacher GmbH & Co OG	28
5	Analyse der Fokusbaugruppe „Zylinderkopf“	30
5.1	Fokusbaugruppe „Zylinderkopf“	30
5.2	Wartungsintervalle	33
5.3	Schadensfälle	34
5.4	Dokumentation der Vorgehensweise zur Analyse der Fokusbaugruppe	37
6	Entwicklung von Ersatzteil-Packages.....	38
6.1	Relevanz des Repair-Kit-Problems	38
6.2	Einflussfaktoren auf die Gestaltung des Ersatzteil-Packages.....	40
6.3	Bestandteile Ersatzteil-Packages	41
6.4	Dokumentation der Vorgehensweise zur Entwicklung von Ersatzteil-Packages	
	45	

7	Praktische Umsetzung der Ersatzteil-Packages durch ein Online-Tool (PackageCreator).....	48
8	Anwendung Kitting-Konzept	54
8.1	Set-Bildung	54
8.2	Dokumentation der Vorgehensweise des Kitting-Konzepts	58
9	Analyse Ist-Auftragsabwicklungsprozess	59
9.1	Aufnahme Ist-Auftragsabwicklungsprozess	59
9.2	Identifikation der Impact Points	59
9.3	Dokumentation der Vorgehensweise zur Analyse des Ist-Prozesses.....	62
10	Entwurf Soll-Prozess	63
10.1	Neugestaltung relevanter Prozessschritte	63
10.2	Dokumentation der Vorgehensweise zum Soll-Prozess	64
11	Kosten-Nutzen-Abschätzung.....	65
11.1	Zeit	65
11.2	Qualität.....	66
11.3	Umsatz.....	67
11.3.1	Abschätzung Segmentpotenzial.....	68
11.3.2	Vorschlag eines Mengen-Multiplikators für Sets	72
11.4	Kosten	73
11.5	Investitionskosten	75
11.5.1	Investitionskosten - PackageCreator	75
11.5.2	Investitionskosten - Sets	76
12	Umsetzungsplan.....	77
12.1	Umsetzungsplan Ersatzteil-Packages	78
12.2	Umsetzungsmaßnahmen - PackageCreator.....	79
12.3	Umsetzungsplan Sets - „Quick&Easy-Szenario“	81
12.4	Umsetzungsmaßnahmen - Set	82
13	Fazit.....	84
14	Anhang.....	87
15	Literaturverzeichnis	92
15.1	Verwendete Literatur-Quellen	92
15.2	Weiterführende Literatur-Quellen.....	93

15.3	Unternehmensinterne Quellen	94
15.4	Elektronische Quellen	94
16	Abbildungsverzeichnis.....	96
17	Tabellenverzeichnis.....	98
18	Abkürzungsverzeichnis	99



1.1 Einführung in die Thematik

Die Ersatzteilwirtschaft kann grundsätzlich aus zwei Perspektiven betrachtet werden. Zum einen aus der Sicht des Abnehmers von Ersatzteilen. „Der Ersatzteilwirtschaft des Anlagennutzers bzw. Ersatzteilabnehmers kommt die Aufgabe zu, die Planung, Durchführung und Kontrolle aller ersatzteilwirtschaftlichen Teilfunktionen – Auswahl, Beschaffung, Bevorratung und Ausmusterung von Ersatzteilen – erfolgsorientiert zu koordinieren und zu realisieren.“⁷

Zum anderen kann die Ersatzteilwirtschaft aus der Sicht des Anbieters gesehen werden, welcher die Sekundärprodukte (Ersatzteile) – je nach Status der Produktion der Primärprodukte (Turbinen, Motoren, etc.) – parallel oder sequentiell zu den Primärprodukten anbietet. Die Aufgaben der Ersatzteilwirtschaft des Herstellers erstrecken sich von „... der Beschaffung der Eingangsgüter zur Produktion der Ersatzteile bzw. Handelswaren, über die Verwaltung der Bestände an Roh-, Hilfs- und Betriebsstoffen, Fertigerzeugnissen und Handelswaren, bis hin zur Produktion zur Lagerhaltung und Distribution. Dabei wird in der Regel ein Teil dieser Aufgaben gemeinsam mit der Verwaltung und Bearbeitung der Primärprodukte erledigt.“⁸ Kern der anbieterseitigen Ersatzteilwirtschaft ist der After Sales Service.

Abbildung 1 zeigt eine einstufige Anbieter-Abnehmer-Beziehung im Kontext der Ersatzteilwirtschaft.

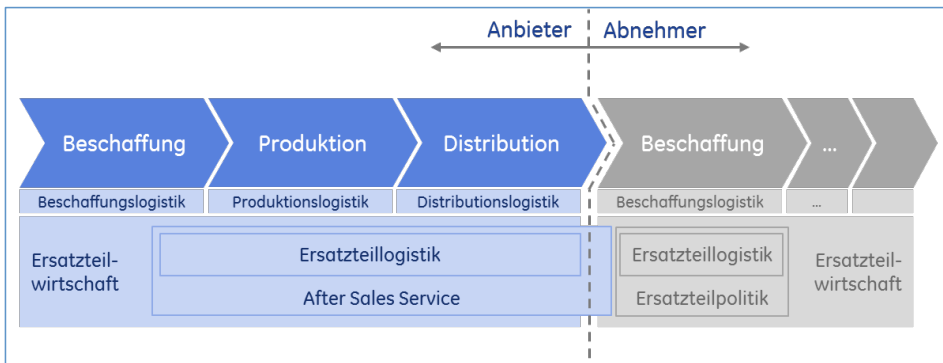


Abbildung 1: Anbieter-Abnehmer-Beziehung (eigene Darstellung)⁹

After Sales Services sind Kundendienstleistungen, die nach dem Kauf vom Hersteller erbracht werden. Der Kundendienst wird als Sekundärleistung erbracht und im Verbund mit einem Primärprodukt angeboten. Die Kundendienstleistung sichert den Gebrauchsnutzen des Primärproduktes oder verbessert diesen durch Maßnahmen wie Instandhaltung, Wartung und Reparatur. Der After Sales Service kann

⁷ Biedermann, 2008, S. 1.

⁸ Ester, 1997, S. 121.

⁹ Vgl. Ester, 1997, S. 122 ff.

Unknown
Feldfunktion geändert

Unknown
Feldfunktion geändert

Unknown
Feldfunktion geändert

demzufolge als ein Paket an Sekundärleistungen angesehen werden, welches z.B. den Lieferservice, Montage, Dokumentation, Schulungen, Ersatzteilversorgung (mit der Bedingung, dass diese produktbezogen ist) und Instandhaltung beinhaltet.¹⁰

Ester (1997) diskutiert ausführlich die Einordnung der Ersatzteilversorgung als Kundendienstleistung. Da es sich bei Ersatzteilen um Sach- und nicht um Dienstleistungen handelt (welche normalerweise durch ihre Immaterialität gekennzeichnet sind), ist diese Diskussion durchaus berechtigt. Die Autorin kommt zum dem Schluss, dass eine derartige Einordnung möglich ist, wenn die Ersatzteilversorgung in Verbindung mit dem Service des Primärprodukts entsteht.

Die Ersatzteilversorgung wiederum beinhaltet alle Aktivitäten der Ersatzteillogistik und hängt immer mit einer Instandhaltungsmaßnahme zusammen.¹¹ Sie erweitert das Leistungsspektrum der Ersatzteillogistik kundenseitig. Dazu gehören die technische Beratung, Produktinformationen und Kundendienstleistungen. Die Qualität der Ersatzteilversorgung hängt von den maßgeblichen Kennzahlen der Logistik wie etwa der Lieferzeit, Lieferzuverlässigkeit, Lieferungsbeschaffenheit und Lieferflexibilität ab. Zur Sicherung dieses Prozesses gehört dabei auch die optimale Vernetzung mit der Ersatzteilwirtschaft des Abnehmers – wie z.B. durch eine systemtechnische Anbindung.¹²

Wie sich das Leistungsspektrum der Ersatzteilversorgung in der Praxis darstellt, ist im Maschinen- und Anlagenbau letztendlich von der Vertragslage abhängig. Hersteller bieten zumeist eine Mehrzahl von Wartungs- und Instandhaltungsverträgen – sog. Service Level Agreements (SLAs) – an.

Die Ersatzteillogistik beschäftigt sich mit allen Unternehmensprozessen zur Bereitstellung von Ersatzteilen. Auf Seiten des Anbieters reicht sie von der Beschaffungslogistik über die Produktions- und Distributionslogistik. Die verrichtungsspezifischen Subsysteme der Ersatzteillogistik gliedern sich in Auftragsabwicklung, Lagerhaltung, Lagerhaus, Verpackung und Transport (siehe Kapitel 3).

¹⁰ Vgl. Ester, 1997, S. 126 ff.

¹¹ Vgl. Ibid., S. 122 ff.

¹² Vgl. Ibid., S. 139.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

1.2 Problemstellung und Zielsetzung

Die Zielsetzung der vorliegenden Diplomarbeit leitet sich aus den Projektzielen eines Pilotprojektes bei der *GE Jenbacher GmbH & Co OG* ab.

Der Investitionsgüterhersteller sieht sich mit einer Anzahl an Herausforderungen im Service konfrontiert. Der Prozess der Ersatzteilidentifikation für Schadens- und Wartungsfälle ist zeitaufwändig und verursacht hohe Kosten. Zudem entstehen durch Fehlkommissionierungen, Retoursendungen und Notfalllieferungen hohe Mehrkosten und Ressourcenbindung. Im Fokus des Projekts steht daher die Steigerung von Wirtschaftlichkeit und Kundenzufriedenheit in der Ersatzteillogistik durch neue bzw. verbesserte Konzepte.

Zunächst soll daher die Ersatzteillogistik vor einem theoretischen und literarischen Hintergrund aufbereitet werden, um den Praxisteil und dessen Vorhaben in einen passenden Kontext einordnen zu können.

Der Praxisteil hat zum einen das Ziel der Entwicklung von Ersatzteil-Packages für Schadens- und Wartungsfälle des Zylinderkopfs von Gasmotoren ausgewählter Baureihen. Zur Einbindung der Ersatzteil-Packages in den Auftragsabwicklungsprozess, soll eine Logik für ein Online-Tool zur Unterstützung der Ersatzteilidentifikation in der Praxis entwickelt werden.

Zum anderen sollen Dichtungssätze (Sets) konzipiert und die pilothafte Umsetzung eines Dichtungssatzes initiiert werden.

Die Umsetzung derartiger Konzepte hat Auswirkungen auf die Ersatzteillogistik des Unternehmens und insbesondere auf den Auftragsabwicklungsprozess. Daher ist ein weiteres Ziel dieser Arbeit, den Ist-Auftragsabwicklungsprozess zu betrachten und betroffene Prozessschritte zu identifizieren, nezugestalten und Kosten-Nutzen-Potentiale zu analysieren. Für das Online-Tool, als auch die Set-Bildung sollen dazu die Potentiale hinsichtlich Zeit, Kosten, Qualität und Umsatz analysiert werden.

Abschließend soll für die Konzepte ein Umsetzungsplan vorgeschlagen werden.

1.3 Abgrenzung der Arbeit

Die Ersatzteilwirtschaft erstreckt sich über eine Vielzahl von Geschäftsprozessen, wobei einige Prozesse für den Praxisteil und das Verständnis der Zusammenhänge von besonderer Wichtigkeit sind. Die Zielsetzungen des Praxisteils erfordern eine dezidierte Betrachtung der Ersatzteillogistik. Daher wird sich im Theorieteil auf deren Subsysteme und Prozesse konzentriert, sowie unmittelbar relevante Konzepte erläutert. Alle theoretischen und praktischen Betrachtungen in dieser Arbeit erfolgen aus der Perspektive des Herstellers.

Die Betrachtungen und Ergebnisse dieser Arbeit beziehen sich ausschließlich auf Ersatzteile und sind von der Neuanlagen-Produktion abgegrenzt.

Der Praxisteil korrespondiert mit einem Projekt bei der *GE Jenbacher & Co OG*, welches durch seine zeitliche Beschränkung inhaltlich eingegrenzt wird.

Zum einen wird der Fokus auf eine technische Baugruppe und nicht den gesamten Motor gelegt. Zum anderen erfolgt die Konzentration auf zwei bestimmte Baureihen. Die Dokumentation der Vorgehensweise kann in jedem Falle ein Leitfaden für die Analyse weiterer Baureihen und Baugruppen sein.

Auch die Analyse der Kosten-Nutzen-Potentiale von Dichtungssätzen ist von dieser Eingrenzung betroffen. Eine Übertragbarkeit der quantitativen Ergebnisse auf andere Sets ist nicht gegeben, sodass weitere Sets hinsichtlich ihrer Bestandteile und Wirtschaftlichkeit individuell betrachtet werden müssen.

1.4 Aufbau und Struktur der Arbeit

Der dreiteilige Aufbau besteht aus Theorieteil, Praxisteil und einem abschließenden Fazit. Abbildung 2 verbildlicht den Aufbau.

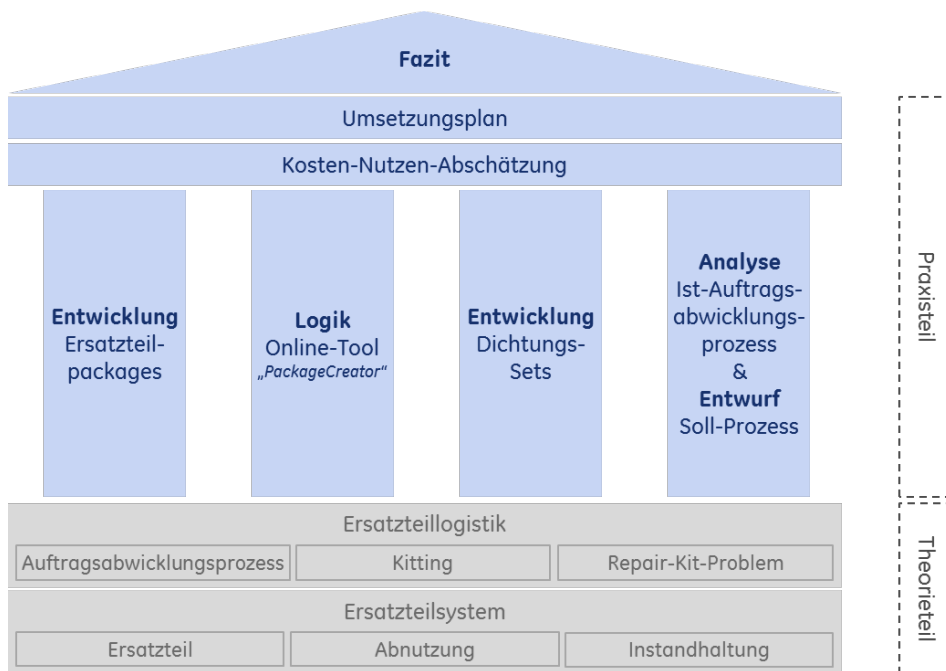


Abbildung 2: Aufbau der Arbeit (eigene Darstellung)

Der Theorieteil erstreckt sich über die Kapitel 1-3 und bildet das Fundament für den Praxisteil. Ziel ist es, das Verständnis des Praxisteils zu unterstützen und Begrifflichkeiten zu erläutern. Die Problemstellung des Repair-Kit-Problems als auch das Kitting-Prinzip werden an dieser Stelle näher erläutert, da beide Thematiken für den Praxisteil relevant sind.

Kapitel 4-12 stellen den Praxisteil dar. Dieser wurde im Rahmen eines Projektes mit dem Unternehmen *GE Jenbacher GmbH & Co OG* durchgeführt. Wie Abbildung 2 veranschaulichen soll, baut dieser auf den Inhalten des Theorieteils auf. Die Kosten-Nutzen-Abschätzung ist dabei stark hypothesengetrieben und beschäftigt sich mit der Analyse der Potentiale, die durch *PackageCreator* und Dichtungssätze entstehen.

Das Fazit wird in Kapitel 13 gezogen und bezieht sich vorrangig auf den Praxisteil und fasst die Ergebnisse dieser Arbeit und des korrespondierenden Pilotprojekts zusammen.

2 Das Ersatzteilsystem

Ein anschauliches Bild des Ersatzteilsystems mit seinen Hauptkomponenten liefert *Biedermann* (2008) (siehe Abbildung 3). Es lässt sich aus Sicht des Herstellers, als auch aus Sicht des Abnehmers betrachten. Für diese Arbeit soll der Kreislauf aus Herstellersicht betrachtet werden

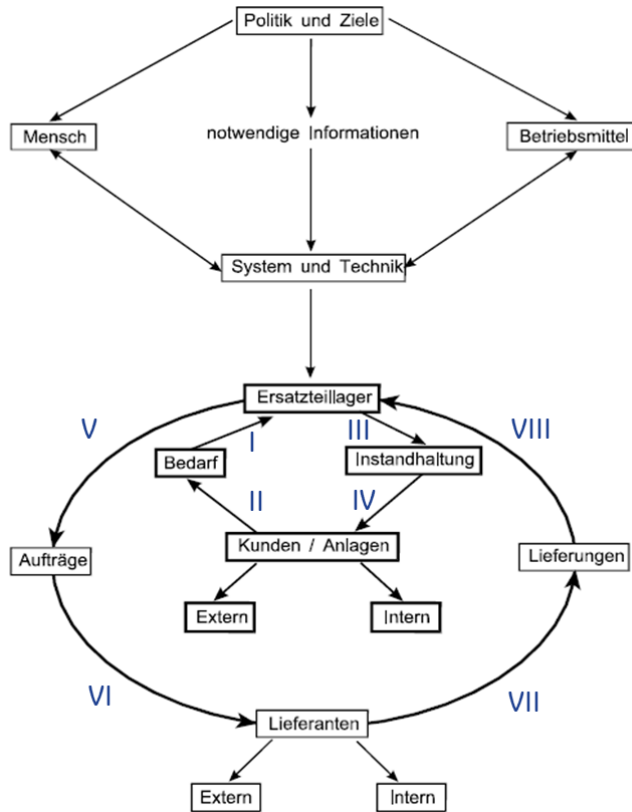


Abbildung 3: Hauptkomponenten eines Ersatzteilsystems¹³

Zur Umsetzung von Politik und Zielen sind Betriebsmittel, Menschen und Informationen notwendig. Gepaart bilden sie das System bzw. die Technik, mit derer die Ersatzteilstrategie umgesetzt wird.

Je nach Strategie wird ein Ersatzteillager gehalten. Dieses wiederum befindet sich in einem Kreislauf mit dem Kunden bzw. der Anlage als Ausgangspunkt. Die Anlage kann dabei extern von Dritten oder intern durch das Unternehmen selbst bzw. dessen Töchter betrieben werden. In jedem Falle formuliert der Kunde einen Bedarf

¹³ Biedermann, 2008, S.2.

von Ersatzteilen, welcher an das Ersatzteillager weitergeleitet wird (I,II). Liegen die Ersatzteile auf Lager, so können sie direkt zur Instandhaltung eingesetzt werden (III, IV). Sind ein oder mehrere Teile nicht verfügbar, so werden Aufträge ausgelöst (V), die an den Lieferanten übermittelt werden (VI). Lieferanten sind entweder extern (z.B. Zulieferer) oder intern (z.B. eigene Produktion). Der Lieferant erstellt die nachgefragte Lieferung von Ersatzteilen (VII), welche anschließend an das Ersatzteillager geliefert wird (VIII).

Die Geschwindigkeit des Kreislaufs wird dabei durch den Informationsfluss und den Materialfluss bestimmt, welche je nach Auftragsstatus parallel oder sequentiell ablaufen.

2.1 Definition Ersatzteil

Die Definition eines Ersatzteils wird durch die *DIN 24420 Teil 1* geliefert. Ersatzteile sind demnach „Teile (auch Einzelteile), Gruppen (Baugruppen oder Teilegruppen) oder vollständige Erzeugnisse, die dazu bestimmt sind, beschädigte, verschlissene oder fehlende Teile, Gruppen oder Erzeugnisse zu ersetzen.“¹⁴ Die Herstellung von Ersatzteilen sichert die Wiederherstellung als auch die Aufrechterhaltung der Funktionalität des Primärproduktes über den Produkt-Lebenszyklus. Sie werden auch als Sekundärprodukte bezeichnet.¹⁵ Folglich ist der Einsatz von Ersatzteilen reaktiver oder präventiver Natur. Die *DIN 31051* (2012) unterteilt Ersatzteile in drei Klassen:

- Reserveteile
- Verbrauchsteile
- Kleinteile.

Reserveteile sind vorwiegend Zeichnungsteile bzw. Baugruppen mit vergleichsweise hohem monetären Wert und nur einer oder sehr wenig Einsatzmöglichkeiten. Es handelt sich um Ersatzteile, die nicht selbstständig genutzt werden und bei denen sich schon geringe Bestände sehr kostspielig auswirken. In der Regel sind Reserveteile fertig bearbeitet. Es besteht die Möglichkeit der wirtschaftlichen Instandsetzung.¹⁶ *Biedermann* (2008) weist auf eine praxisrelevante Unterscheidung zwischen Reserveteilen und Ersatzteilen hin. Reserveteile sind „... instandhaltungsbezogene Produktionsfaktoren, die ausschließlich der unmittelbaren Erhaltung bzw. Instandsetzung des betrieblichen Anlagegutes dienen. Es „...werden unter Ersatzteilen oftmals selbstständige Handelsgüter verstanden.“¹⁷ Verbrauchsteile können Zeichnungsteile von geringem Wert oder Normteile von höherem Wert sein, welche in mehreren Anlagen eingesetzt werden. Die

¹⁴ DIN 24420 Teil 1, 1976, 1.

¹⁵ Vgl. Klug, 2010, S. 450.

¹⁶ Vgl. Schuh et al., 2013, S. 167.

¹⁷ Biedermann, 2008, S. 4.



Instandsetzung ist meist zu aufwändig, als dass sie wirtschaftlich Sinn machen würde. Beispiele sind Wälzlager, Filter und Kleinmotoren. Kleinteile werden vielerorts eingesetzt und nicht instandgesetzt. Beispiele für diese vorwiegend genormten und vergleichsweise geringwertigen Teile sind Schrauben, Muttern, Dichtungen und O-Ringe. Meistens sind sie als Schüttgut gelagert und große Bestellmengen werden mittels Waagen festgestellt.¹⁸

Ersatzteile aller Klassen erfüllen die Norm und Funktion der Originalteile in vollem Umfang, weshalb sie teilweise mit einem identischen Garantierahmen versehen werden.

Grundsätzlich werden Ersatzteile auch nach der Art und Weise ihrer Beschaffung unterschieden. Dabei wird kategorisiert in:¹⁹

- Originalersatzteile
- Fremdersatzteile und
- Austauschteile o.a. Gebrauchtteile.

Originalersatzteile sind vom Hersteller zugekauft und unter dessen Namen vertriebene Ersatzteile. Hersteller, autorisierte Unterhändler als auch Zulieferer (nur Erstausrüster), dürfen diese Teile als Originalersatzteile gekennzeichnet vertreiben. Als Fremdersatzteile werden Identteile oder Nachbauteile bezeichnet. Sie werden vom Zulieferer unter eigenem Markenlabel vertrieben, wohingegen Nachbauteile auch von anderen Herstellern produziert werden. Identteile stimmen mit Bau- und Funktionsweise des Originalteils überein und stammen aus der gleichen Produktion. Austauschteile oder Gebrauchtteile sind die preisgünstigste Art von Ersatzteilen. Sofern das Alt-Teil durch die Abnutzung nicht irreparabel beschädigt ist, kann es aus Altanlagen entnommen werden oder durch Instandsetzungsmaßnahmen (z.B. Abschleifen) wiederaufbereitet werden.²⁰

Wird im Rahmen der vorliegenden Arbeit von Ersatzteilen gesprochen, so sind vorrangig Originalersatzteile gemeint.

¹⁸ Vgl. Schuh et al., 2013, S. 167.

¹⁹ Vgl. Klug, 2010, S. 450.

²⁰ Ibid.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

2.2 Abnutzung

Der Begriff Abnutzung wird lt. *DIN 31051* (2012) auf chemische bzw. physikalische Vorgänge zurückgeführt, welche durch Beanspruchungen wie z.B. Reibung, Korrosion, Ermüdung, Alterung, Kavitation, Bruch, etc. hervorgerufen werden. Dabei wird der Abnutzungsvorrat abgebaut. Abnutzung resultiert schlussendlich in einen Ausfall zu einem Zeitpunkt, an dem die Abnutzungsgrenze erreicht wird (siehe Abbildung 4).

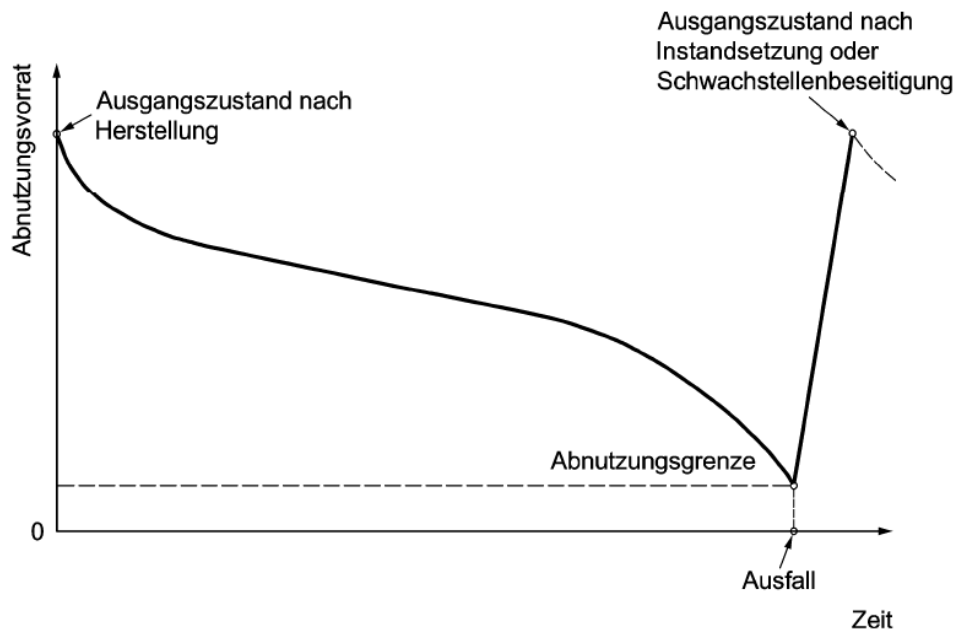


Abbildung 4: Verlauf Abbaukurve des Abnutzungsvorrates (beispielhafter Verlauf)²¹

In der *DIN 31051* (1985) wurde die „Abnutzungsgrenze“ noch als „Schaden“ bezeichnet. Die Änderung dieser Begrifflichkeit in neueren DIN-Normen basiert auf einer Definitionsänderung, der zufolge „...die festgelegte Grenze des Abnutzungsvorrates nicht mehr unbedingt mit einer unzulässigen Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit verbunden sein muss.“ Ein Ausfall ist synonym für einen Schaden und stellt ausdrücklich ein Ereignis dar, das die Fähigkeit einer Einheit, eine geforderte Funktion zu erfüllen, beendet.²² Ein Fehler ist normalerweise das Ergebnis eines Ausfalls und markiert einen Zustand. Unter bestimmten Umständen kann der Fehler auch vorangegangen sein.²³

²¹ DIN 31051, 2012, S. 8.

²² Vgl. DIN 31051, 2012, S. 10.

²³ Vgl. DIN 31051, 2012, S. 9.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Der Schadensbegriff, wie er in Folge im Zusammenhang mit Schadensfällen verwendet wird, ist Synonym für einen Ausfall.

Wartungsfälle sind Zustände nahe der Abnutzungsgrenze.

2.3 Instandhaltung

Die Instandhaltung kann lt. *DIN 31051* (2012) „...vollständig in die Grundmaßnahmen Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung unterteilt werden“ (siehe Abbildung 5).

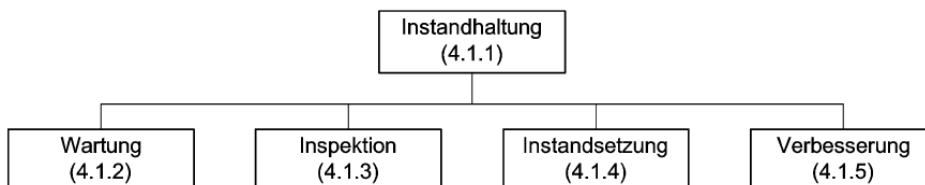


Abbildung 5: Kategorien der Instandhaltung²⁴

Sie ist die „Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Einheit (Anlage), die dem Erhalt oder der Wiederherstellung ihres funktionsfähigen Zustands dient, sodass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.“²⁵ Insbesondere in der Ersatzteilwirtschaft – in der die Margen maßgeblich zum Unternehmensgewinn beitragen – ist die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Wartung, Inspektion und Instandsetzung essentiell. Die Instandhaltung hat zudem großen Einfluss auf konstruktionstechnische Entscheidungen und Werkstoffwahl. Unter Wahrung der Kundenzufriedenheit und Funktionalität über den garantierten Zeitraum und darüber hinaus, sind diese Entscheidungen oftmals strategischer Natur.

Hochwertige Werkstoffe sind mitunter sehr preisintensiv. Aufgrund der Eigenschaft einer hohen Lebensdauer, können diese Baugruppen nur bedingt im wirtschaftlichen Sinne der Ersatzteilwirtschaft verwendet werden. Eine Anlage, die nicht inspiziert, gewartet und instandgesetzt werden muss, kann sich für Industriegüterhersteller in der heutigen Zeit als nicht rentabel herausstellen. Daher wird die Profitabilität mittels des Service-Geschäfts hergestellt.

²⁴ Ibid., S. 4.

²⁵ Ibid.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

2.3.1 Inspektion

Die Inspektion umfasst alle „Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes einer Einheit (Anlage), einschließlich der Bestimmung der Ursachen der Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung.“²⁶ Die Inspektion erfolgt in der Regel zyklisch und kann sich auf die Gesamtanlage oder Teilelemente der Anlage beziehen. Dabei sind Laufzeit, Werkstoff sowie Art und Weise der Belastung ausschlaggebend für die Definition der Inspektionsintervalle. Grundsätzlich werden Inspektionen von Komponenten/Baugruppen einer oder mehrerer Anlagen aus Kostengründen und erschwerter Zugänglichkeit zeitlich zusammengelegt.

2.3.2 Wartung - geplante Instandhaltung

Wartungsmaßnahmen sind Handlungen „...zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats.“²⁷ „Als Abnutzungsvorrat bezeichnet man den Vorrat der möglichen Funktionserfüllungen unter festgelegten Bedingungen, der einer Einheit (Anlage) aufgrund der Herstellung innewohnt.“²⁸ Die Wartung von Anlagen oder Baugruppen verlängert deren Lebensdauer.

2.3.3 Instandsetzung - ungeplante Instandhaltung

Die Instandsetzung beinhaltet alle „... physischen Maßnahmen, die ausgeführt werden, um Funktionen einer fehlerhaften Einheit wiederherzustellen.“²⁹

2.4 Bedarf von Ersatzteilen

Der Bedarf von Ersatzteilen wird auf Herstellerseite von der verantwortlichen Abteilung geplant und an die Beschaffung bzw. Produktion übermittelt. Es wird daraufhin entweder auf Lager (Make-to-stock) oder auf spontane Nachfrage (Make-to-order) hin produziert. Die Anzahl der zu bevorratenden und nicht-zu-bevorratenden Ersatzteile basiert auf einer Mehrzahl von Faktoren und mündet in eine strategische Entscheidung mit Auswirkung auf die Ersatzteillogistik des Herstellers.

Im Folgenden sollen maßgeblichen Faktoren erläutert werden, die die produzierte Menge von Ersatzteilen beeinflussen. Faktoren sind:

- Anzahl an verkauften Primärprodukten
- Produktionsstatus des Primärproduktes

²⁶ Ibid., S. 5.

²⁷ DIN 31051, 2012, S. 5.

²⁸ Ibid.

²⁹ Ibid., S. 6.



- Lebensdauer der Primär- und Sekundärprodukte
- Laufleistung der Primärprodukte
- Betriebsbedingungen und Pflegemaßnahmen
- Lagerhaltung und Kapitalbindung

Die Produktionsmenge von Ersatzteilen ist mitunter abhängig von der Anzahl an verkauften Primärprodukten (z.B. Motor, Turbine, etc.). Je mehr Primärerzeugnisse im Einsatz sind, desto größer fällt der zukünftige Bedarf nach Ersatzteilen aus.³⁰

Je nach Produktionsstatus werden Ersatzteile parallel zur Produktion des Primärproduktes als auch im Anschluss an diese produziert. Die Beschaffung sorgt i.d.R. dafür, dass der Produktion die benötigten Ressourcen bereitgestellt werden können. Sofern die Konstruktion der Ersatzteile mit der der Originalteile übereinstimmt, sind diese ohne Änderung des Produktionsprogramms produzierbar. Ist die Produktion des Primärerzeugnisses nicht mehr aktiv, so kann der Bedarf an Ersatzteilen durch den Lagerbestand (Endbevorratung), die Beschaffung von Dritten oder die andauernde Bereitstellung der Produktionsfähigkeit und -kapazität gedeckt werden.³¹ Durch flexible Serienfertigungseinrichtungen lassen sich Ersatzteile auch noch nach der Endbevorratung wirtschaftlich fertigen, solange die Modularität der Betriebsmittel gegeben ist. Allerdings verursacht die Neukonfiguration des Produktionssystems Kosten für den Umbau und die Zertifizierung der Betriebsmittel. Zudem konkurrieren die Ersatzteile in Folge mit aktuellen Serienprodukten um verfügbare Produktionskapazität. Es entstehen somit Rüst- als auch Opportunitätskosten.³² Vor allem Serviceverträge, aber auch die moralische Verpflichtung des Herstellers gegenüber seinen Kunden, eine Ersatzteilversorgung sicherzustellen, begründen unterschiedliche Strategien.

Entscheidend ist zudem die Lebensdauer der Primär- und Sekundärprodukte sowie von konstruktionstechnisch abhängigen bzw. funktionstechnisch beeinflussenden Bauteilen. Die Lebensdauer beginnt mit der Inbetriebnahme des Primär- oder Sekundärproduktes und endet mit dessen Entsorgung und ist von der konstruktiv bedingten Zuverlässigkeit abhängig. Ziel einer instandhaltungsgerechten Konstruktion ist es, Bauteile (insbesondere schwer Zugängliche) so auszulegen, dass die Lebensdauern aufeinander abgestimmt sind. Dadurch kann der Wartungs- bzw. Montageaufwand reduziert werden und es wird verhindert, dass ein neu montiertes Ersatzteil nach kurzer Zeit durch ein beeinflussendes Bauteil abgenutzt wird. Ist die Lebensdauer eines Bauteils vergleichsweise lang, oder kann er durch

³⁰ Vgl. Hans-Christian Pfohl, *Logistiksysteme: Betriebswirtschaftliche Grundlagen* (Springer-Verlag, 2013).

³¹ Vgl. Schuh et al., 2013, S. 169.

³² Vgl. Finke, 2010, S. 43.

Unknown

Feldfunktion geändert

Wartungsmaßnahmen verlängert werden, so kann der Ersatzteilbedarf gesenkt werden.³³

Die Laufleistung der Primärprodukte ist ebenfalls ein wichtiger Faktor. Der Bedarf an Ersatzteilen einer Anlage unter Dauerlast kann von dem Bedarf einer Anlage mit geringer Auslastung abweichen. Weitere Einflussgrößen sind lange Stillstandszeiten oder viele Starts. Die Betriebsbedingungen, unter denen die Anlage (bzw. das Bauteil) läuft, stellen einen signifikanten Einfluss dar. Widrige Bedingungen können zu erhöhtem Verschleiß oder Korrosion führen. Sofern nicht geplant oder die erhöhten Qualitätsanforderungen nicht erfüllt werden, erhöht sich der Ersatzteilbedarf über die Lebensdauer der Anlage. Den speziellen Betriebsbedingungen wird in der Regel mit bestimmten Pflegemaßnahmen begegnet, um die Laufleistung zu gewährleisten und einen Verschleiß zu minimieren.³⁴

Die produzierte Menge von Ersatzteilen hängt zudem von der Lagerhaltung und Kapitalbindung ab. Aufgrund begrenzter Lagerfläche und unsicherem Verbrauch von Ersatzteilen können große Mengen enorm kostspielig sein. Jeder Euro der als Bestand auf Lager liegt, steht dem Unternehmen nicht zum Wirtschaften zur Verfügung.³⁵

³³ Vgl. Pfohl, 2013, S. 227.

³⁴ Vgl. Müller, 2013, S. 19.

³⁵ Vgl. Biedermann, 2008, S. 10.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

3 Ersatzteillogistik

Die Ersatzteillogistik ist ein wichtiger Bestandteil der Ersatzteilwirtschaft. Um den Praxisteil dieser Arbeit klar einordnen zu können, verlangt es nach einer genaueren Betrachtung der Ersatzteillogistik und ihrer Subsysteme. Aufgrund der hohen Anforderungen an Anbieter und Abnehmer wird die Ersatzteillogistik auch als „Königsdziplin“ der Logistik bezeichnet. Geringe Losgrößen, kurze Reaktionszeiten, sporadischer Bedarf und hohe Flexibilität prägen die Ersatzteilaufträge der Maschinen- und Anlagenbauer.³⁶

Der anhaltende Trend einer differenzierten Segmentbearbeitung erweitert dabei das Produktprogramm der Hersteller stetig. Besonders Auftragsabwicklung, Verpackung, Transport und Lagerbestände werden durch die Strategie beeinflusst.³⁷ Die Folge sind steigende Anforderungen an die Ersatzteillogistik und ihrer Subsysteme. Das Spannungsdreieck der drei konkurrierenden Einflussgrößen Zeit – Qualität – Kosten muss von den Herstellern „entspannt“ werden, um Rentabilität und zugleich die Kundenzufriedenheit langfristig zu sichern. In der Logistik bedeutet das: hoher Lieferservice, flexible Lieferzeiten und eine hohe Liefertreue bei möglichst geringen Kosten.³⁸

In der einschlägigen Literatur wird die Ersatzteillogistik weitestgehend einheitlich definiert. Sie wird als die anforderungsgerechte Versorgung und Bereitstellung von zeitunkritischen und zeitkritischen Ersatzteilen definiert.³⁹ Die Aufgabe besteht darin, die richtige Menge, am richtigen Ort, zur richtigen Zeit und im richtigen Zustand zu minimalen Kosten bereitzustellen.⁴⁰ Der Lieferservice oder auch Servicegrad, stellt die primäre Kennzahl zur Messung des Outputs der Ersatzteillogistik dar.

Zahlreiche Autoren äußern sich zur Ersatzteillogistik grundsätzlich übereinstimmend. Punktuelle Unterschiede gibt es bzgl. Begrifflichkeiten und inhaltlicher Fokussierung, sodass an dieser Stelle die Kerne einiger Ausführungen gesammelt werden.

Pfohl (2010) legt den Schwerpunkt seiner Ausführungen auf die Aufgaben der verrichtungsspezifischen Subsysteme der Ersatzteillogistik (siehe Abbildung 6).

³⁶ Vgl. Schuh et al., 2013, S. 170.

³⁷ Vgl. Pfohl, 2010, S. 202.

³⁸ Vgl. Schuh et al., 2013, S. 170.

³⁹ Vgl. Arnold, 2008, S. 539.

⁴⁰ Vgl. Klug, 2010, 449.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert



Abbildung 6: Verrichtungsspezifische Subsysteme der Ersatzteillogistik⁴¹

Bzgl. der Auftragsabwicklung unterscheidet er zunächst zwischen Eilaufträgen, den reaktiven Prozessen und Lagerergänzungsaufträgen, den antizipativen Prozessen. Da lt. *Pfohl* (2010) Ersatzteilaufträge oftmals nicht vom Endkunden, sondern vom Kundendienstmitarbeiter initiiert werden, empfiehlt er „... den Vorgang der Auftragsübermittlung zu standardisieren bzw. eine direkte EDV-Verbindung zu installieren.“⁴²

Das Lagerhaus legt die Anzahl der Lagerstufen, sowie die Lageranzahl und Lagerstandorte fest. Dezentrale Werkstätten stellen beispielsweise eine Lagerstufe dar. Aufgabe ist, die Ersatzteilversorgung zu sichern, sodass die Nähe zum Kunden eine wichtige Rolle spielt. Die Entscheidung für oder gegen ein Zentrallager ist u. a. auch vom Produktionsstandort abhängig.⁴³

Das Subsystem Lagerhaltung entscheidet über die Lagerbestände auf den einzelnen Lagerstufen. Es wird die Frage beantwortet, welche Ersatzteile, wann und in welcher Menge verfügbar sein müssen. Hier besteht insbesondere die Aufgabe, Einflussgrößen auf den Ersatzteilbedarf festzulegen und die Bedarfsplanung durchzuführen.

Die Verpackung hat eine Schutz-, Lager- und Informationsfunktion.⁴⁴

Ziel des Transports ist die Auslastung des Transportmittels trotz eines relativ kleinen Bestellumfangs pro Kunde. Der Autor schlägt die Fremdvergabe des Transports als Alternative vor.⁴⁵

Klug (2010) lässt der Ersatzteillogistik „... die Klärung, Durchführung und Kontrolle aller ersatzteilwirtschaftlichen Teilfunktionen, wie Auftragsabwicklung, Disposition,

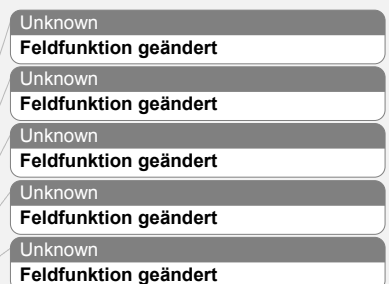
⁴¹ Pfohl, 2010, S. 215 ff.

⁴² Vgl. Ibid.

⁴³ Vgl. Ibid.

⁴⁴ Vgl. Ibid.

⁴⁵ Vgl. Ibid.



Beschaffung, Vorverpackung, Lagerung, Kommissionierung, Verpackung, Auslieferung und Transport ...“.⁴⁶ zukommen. Dabei wird unterschieden zwischen kundenbezogenen Prozessen, wie etwa Auftragsabwicklung, Warenverteilung oder Beratung und unterstützenden Prozessen, wie z.B. Beschaffung von Fremdlieferanten, Ersatzteillagerhaltung und Ersatzteildokumentation.⁴⁷

Schuh et al. (2013) beschreiben darüber hinaus den Vertrieb, die Auftragsbearbeitung und den Versand als beteiligte Instanzen. Ausschlaggebend hierfür ist die Möglichkeit, Ersatzteile als Sekundärprodukte eigenständig zu vertreiben. Außerdem beziehen sich die Autoren explizit auf das Einbeziehen von Produktion und Beschaffung auf das Ersatzteilgeschäft eines Herstellers.⁴⁸

Ester (1997) macht umfassende Ausführungen zum ersatzteillogistischen Prozess. Als kundenbezogene Prozesse nennt die Autorin die Auftragsabwicklung (siehe Abbildung 7) und die Warenverteilung. Unterstützende Prozesse sind die Ersatzteilbeschaffung, Ersatzteillagerhaltung und -disposition, sowie die Ersatzteildokumentation.⁴⁹

Die angeführten Autoren als auch die einschlägige Literatur zeigen, dass die Auftragsabwicklung ein wichtiger Bestandteil der Ersatzteillogistik ist und diese maßgeblich beeinflusst.

3.1 Auftragsabwicklungsprozess

Die Zielsetzung des Auftragsabwicklungsprozess ist in der Literatur beschrieben und orientiert sich an den Zielen der Ersatzteillogistik. Das Ziel des Auftragsabwicklungsprozesses ist die vollständige und zeitgerechte Erfüllung eines Auftrages. Dabei sollen sich Prozesskosten aus betriebswirtschaftlicher Sicht um ein Minimum bewegen.

Eine der großen Herausforderungen des Auftragsabwicklungsprozesses wird in der einschlägigen Literatur als das Repair-Kit-Problem bezeichnet. Dabei gehören *Mamer & Smith* (1982) zu den ersten, die diese Problematik thematisiert haben. Kapitel 3.2 erläutert das Repair-Kit-Problem.

Eine genaue und umfangreiche Erläuterung des Auftragsabwicklungsprozess liefert *Ester* (1997). Die in Abbildung 7 dargestellten Prozessschritte zeigen den Informations- und Materialfluss in Bezug auf Ersatzteile.

⁴⁶ Klug, 2010, S. 449.

⁴⁷ Vgl. Ibid.

⁴⁸ Vgl. Schuh et al., 2013, S. 169.

⁴⁹ Vgl. Ester, 1997, S. 151.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

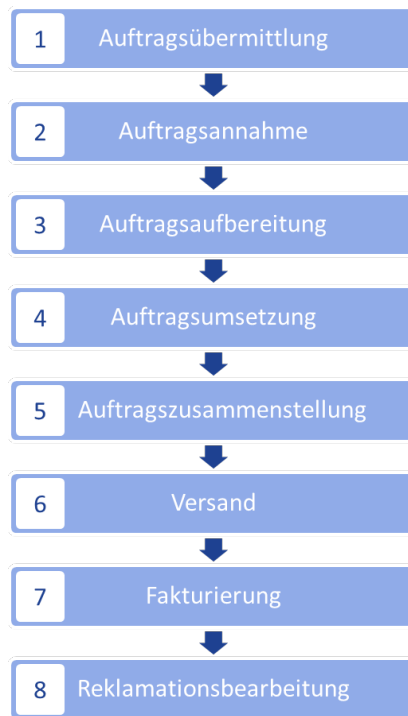


Abbildung 7: Kundenbezogene Prozesse⁵⁰

Im Folgenden sind die Aufgaben des Auftragsabwicklungsprozesses nach Ester (1997) zusammengefasst:⁵¹

1. Auftragsübermittlung

- Senden der Daten vom Kunden an Ersatzteilanbieter

Das Medium der Datenübermittlung, als auch der Bezug zum Kunden beeinflussen die Lieferzeit und Lieferzuverlässigkeit. Verschiedene Übermittlungsmedien (z.B. Online, telefonisch, Email) sind unterschiedlich schnell und genau in der Übertragung als auch in der Auftragsannahme, sodass in jedem Falle die Kosten beeinflusst werden. Durch die Online-Datenübermittlung dauert dieser Prozessschritt nur wenige Sekunden oder Minuten.

2. Auftragsannahme

- Zentrale oder dezentrale Übernahme der Bestelldaten des Kunden
- Organisatorische Trennung in Ersatzteile und Primärprodukte möglich

Im Falle einer Online-Datenübermittlung entfällt dieser Prozessschritt.

⁵⁰ Ibid.

⁵¹ Ibid.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

3. Auftragsaufbereitung

- Datenstrukturanpassung an unternehmensinterne Anforderungen:
 - o Umwandlung von Datensatzformaten
 - o Prüfung auf Richtigkeit und Vollständigkeit
 - o Evtl. Ergänzung fehlender Daten
- Auftragsprüfung
 - o Prüfung Kundenbonität
 - o Prüfung Preiskonditionen
 - o Prüfung Liefermodalitäten
 - o Prüfung Verfügbarkeit der Ware (Informationsaustausch mit Lagerhaltung)

Der Grad der Automatisierung sowie die Integration in die Organisation entscheiden über Fehleranfälligkeit und Kosten. Ein hoher manueller Aufwand resultiert in einem qualitativ nicht optimalen Prozess und erhöht die Personalkosten.⁵²

4. Auftragsumsetzung

- Umwandlung der Daten aus der Auftragsaufbereitung in Dokumente:
 - o Erstellung Kommissionieraufträge (artikel- oder auftragsorientiert)
 - o Erstellen von Start- und Fertigstellungsterminen
- Planung der Kommissionierung
- Steuerung und Kontrolle der Kommissionierung

Das EDV-System bestimmt die Methodik der Auftragsumsetzung. Die Fehleranfälligkeit und die Kosten hängen direkt vom richtigen Einsatz und Gebrauch des EDV-Systems ab.⁵³

5. Auftragszusammenstellung

- Zusammenstellen der bestellten Artikel auf Basis des Kundenauftrags
 - o Auftragsübernahme vor Beginn der Kommissionierung
 - o Bewegung der Güter zur Bereitstellung
 - o Bereitstellung des Sortimentes in Bereitstellungseinheiten
 - o Fortbewegung des Kommissionierers bzw. des Kommissioniergutes
 - o Entnahme der auftragsbezogenen Menge des Artikels
 - o Transport der Ware zur Abnahme
 - o Abgabe der entnommenen Waren für die Aufträge
 - o Übergabe der Kommissioniereinheit an den Versand
 - o (Rücktransport der angebrochenen Ladeinheit)

Die statische Form des Kommissionierens („Ware zu Mann“) erreicht dabei höhere Kommissionierleistungen als die dynamische Form („Mann zu Ware“). Dabei gibt es

⁵² Vgl. Ibid., S. 156.

⁵³ Vgl. Ibid., S. 157.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

die Möglichkeit, artikelorientiert zu kommissionieren, in dem der Lagerarbeiter dem Artikel nicht mehr den originalen Auftrag zuweisen kann. In diesem Falle ist eine spätere Vereinzelung und Zusammenfassung zu Aufträgen notwendig. Der Bearbeitungsaufwand hängt auch davon ab, ob der Artikel im Versandbehälter kommissioniert werden kann. Beim auftragsorientierten Kommissionieren werden Kundenaufträge zu Serienaufträgen zusammengefasst und sequentiell abgearbeitet. Lager- und Kommissionieraufträge sind dann identisch.

Nach Beendigung des Kommissioniervorgangs wird der Auftrag auf geeigneten Ladehilfsmitteln (z.B. Paletten, Container, Boxen) verpackt.

6. Versand

- Erstellen des Frachtbriefs und weiterer Begleitpapiere
 - o liefert Nachweis der gelieferten Artikel
 - o enthält Kundendaten
 - o dient Warenidentifikation
 - o bereitgestellt durch Auftragszusammenstellung
- Transportmittelwahl

Im Versand ist auf die unterschiedliche Behandlung von Eilaufträgen und Lagerergänzungsaufträgen zu achten. Das Transportmittel muss dementsprechend ausgewählt werden.⁵⁴

7. Fakturierung

- Nachfakturierung (nach Versanddisposition)
 - o setzt den Abschluss der Kommissionierung voraus
 - o höhere Genauigkeit der Rechnungsdaten
 - o Informationsübermittlung an Logistikdienstleister
- Vorfakturierung (parallel oder vor Versanddisposition)

Die Nachfakturierung ist insbesondere in der zeitkritischen Ersatzteillogistik von Vorteil. Eine automatische Fakturierung erhöht gegenüber einer manuellen Fakturierung die Lieferzuverlässigkeit.⁵⁵

8. Reklamationsbearbeitung

- Bearbeitung von Kundenbeschwerden
 - o Zentral: Reklamationsbearbeitung hat einen oder mehrere Verantwortliche
 - o Dezentral: Mitarbeiter, die Kundenaufträge bearbeiten, sind auch für Reklamationen zuständig
- Belieferung des Kunden mit gewünschten Teilen

⁵⁴ Vgl. Ibid., S. 164.

⁵⁵ Vgl. Ibid., S. 164 ff.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Es werden alle Prozessschritte nach der Auftragsannahme erneut durchgeführt. Reklamationen werden dabei getrennt von den Kundenaufträgen bearbeitet. Eine dezentrale Organisation erhöht den Zeitaufwand für den Kunden durch das Mitwirken von mehreren Ansprechpartnern.⁵⁶

⁵⁶ Vgl. Ibid., S. 167.

Unknown

Feldfunktion geändert

3.2 Repair-Kit-Problem

Zu den zentralen Fragestellungen der Ersatzteillogistik zählt das sog. Repair-Kit-Problem. *Mamer & Smith* (1982) thematisieren die Problematik als „Optimizing field repair kits based on job completion rate“ bevor *March & Scudder* (1984) erstmals die Begrifflichkeit verwenden.⁵⁷ „Das Repair-Kit-Problem beschäftigt sich mit dem Finden eines optimalen Kits von Teilen und Werkzeugen für Vor-Ort-Reparaturarbeiten.“, definieren *Brumelle & Garnot* (1993) explizit das Repair-Kit-Problem.⁵⁸

Die Veröffentlichungen von *Mamer & Smith* (1982) erläutern ein Berechnungsmodell zur kostenoptimalen Bestimmung des vom Service-Techniker mitgeführten Inventars mit dem Ziel der Maximierung der Job-Fill-Rate.⁵⁹ Der Sachverhalt unterliegt der Annahme, dass zwischen verschiedenen Aufträgen das Inventar aufgefüllt werden kann. Der Ansatz der Autoren stellt eine Weiterentwicklung des sog. „Fly away kit problem“ dar, welches im Rahmen eines Projektes⁶⁰ der U.S. Air Force die Optimierung von Luftfracht thematisiert.⁶¹

Anhand eines Netzwerkdiagramms wird das Prinzip des Repair-Kit-Problems vor einem mathematisch-statistischen Hintergrund beschrieben (siehe Abbildung 8). Dazu definieren sie eine Auftragsquelle (Source s) und eine Anzahl von verschiedenen Auftragsstypen (Job Types J_m). Für jeden Auftragsstyp wird – unter Verwendung einer Zufallsvariable – ein Erwartungswert bestimmt, mit dem dieser über den Zeitraum eines Jahres eintritt. Jedem Auftrag kommt eine Anzahl an verschiedenen Ersatzteilen zu (Part Types n). Die Pfade repräsentieren die mit den Mengen korrespondierenden Kapazitäten (bzw. Kosten). Für einen oder mehrere spezifische Aufträge werden zusammenhängende Pfade entlang ihrem Richtungszeiger aufsummiert, um die Kapazität zu bestimmen. Jährliche Straf- und Kapitalbindungskosten (L_m und H_n) korrespondieren mit der jeweiligen Menge. Die Kapazität (K) wird nur in die Summation der Kapazitäten aufgenommen, wenn die für einen Job benötigten Ersatzteile nicht mitgeführt werden. Das Inventar (Sink t) beinhaltet alle potentiellen Ersatzteile, die ein Service-Techniker mitführen kann. Ziel des Ansatzes ist die Minimierung von unvollendeten Jobs (Broken Jobs) und den damit verbundenen Kosten unter einer Optimierung der jährlichen Kapitalbindungskosten durch mitgeführtes Inventar.⁶²

⁵⁷ Vgl. March und Scudder, 1984, S. 1025.

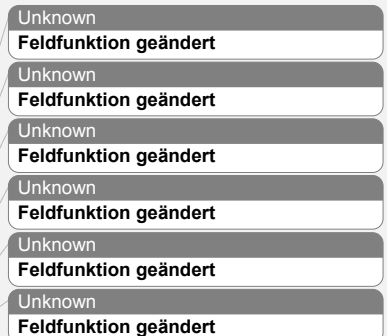
⁵⁸ Brumelle und Garnot, 1993, S. 994.

⁵⁹ Als „Job-Fill-Rate“ wird das Verhältnis von vollständig erledigten Aufträgen zur Gesamtheit aller Aufträge bezeichnet.

⁶⁰ Projekt der RAND Corporation; Bellman & Dreyfus (1955)

⁶¹ Vgl. Mamer und Smith, 1982, S. 1328.

⁶² Vgl. Mamer und Smith, 1982, S. 1329 ff..



Repair-Kit-Problem adressieren“ und „...diese teilweise unrealistische Annahmen treffen.“⁷⁰

Es lässt sich allgemein zusammenfassen, dass die zitierten Autoren durch mathematisch-stochastische Berechnungsmodelle die mitgeführten Ersatzteile von Service-Technikern unter den Gesichtspunkten Kosten und Servicegrad optimieren. Die Betrachtungen werden unter den Autoren bzgl. eines einzelnen Auftrags oder einer Mehrzahl von Aufträgen gemacht. In jedem Fall werden durch die Modelle die Kapitalbindungskosten und sog. Return-to-Fit-Kosten nach Möglichkeit reduziert. Return-to-Fit-Kosten entstehen aufgrund des Mehraufwands durch unvollendete Aufträge. Der Reparateur muss zum Lager zurückkehren, um die benötigten Ersatzteile zu besorgen und den Auftrag vor Ort erneut beginnen. Dieser Prozess kostet Zeit, Ressourcen, Strafen und Kundenzufriedenheit.⁷¹

3.3 Kitting

Moderner Service zeichnet sich durch eine hohe Kundenorientierung mittels schlanken und wertschöpfenden Prozessen aus. Einerseits sind schlanke Prozessschritte eine Stellschraube für eine kostenoptimale Auftragsabwicklung. Andererseits sind wertschöpfende Prozessschritte im Service-Bereich für eine Steigerung des Leistungsangebots vor einem wirtschaftlichen Hintergrund sinnvoll. Wertschöpfende Prozesse werden von Unternehmen zu Unternehmen unterschiedlich gestaltet und hängen von einer Vielzahl von Faktoren ab, wie etwa der Branche, Größe und dem jeweiligen Geschäftsmodell.

Unter Kitting⁷² versteht man einen wertschöpfenden Prozess (value adding process). Bei diesem werden mehrere Artikel zu einem Neuen zusammengestellt.⁷³

Kitting kann, muss aber nicht Bestandteil des Repair-Kit-Problems sein. Die von *Mamer & Smith* (1982) thematisierten Repair Kits sind keine vorverpackten Kits bzw. Sets. Vielmehr entspricht das Repair Kit dem Ersatzteil-Package. Es stellt neben dem kundenspezifischem Konfektionieren oder Umpacken von Artikeln und anderen Konzepten eine Form von Wertschöpfung im Rahmen der Ersatzteillogistik dar. Praktische Anwendung findet dieses Konzept explizit bei Spediteuren, wird aber auch oftmals von Herstellern angewandt. Den Ursprung hat dieses Konzept im Warehouse Management System (WMS), welches sich mit der Kontrolle, der Bewegung und Lagerung von Materialien befasst.⁷⁴ Bezogen auf die Subsysteme der Ersatzteillogistik umfasst das WMS das Lager und die Lagerhaltung.

⁷⁰ Ibid.

⁷¹ Vgl. Ibid.

⁷² Selten findet man auch die äquivalente Bezeichnung "SET-KIT-Display".

⁷³ Vgl. Leitner Spedition, Zugriff: 26.02.2015.

⁷⁴ Vgl. Piasecki, Zugriff: 26.02.2015.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

4 Einleitung Praxisteil

Den Kern dieser Arbeit bildet die Entwicklung von Ersatzteil-Packages für selektierte Schadens- und Wartungsfälle von Gasmotoren der *GE Jenbacher GmbH & Co OG*. Das Konzept soll in der Praxis Anwendung finden und wird daher längs des Auftragsabwicklungsprozesses umgesetzt. Die vorangestellten Kapitel sind das theoretische Fundament und dienen dem Verständnis der Zusammenhänge.

4.1 Unternehmensvorstellung – GE Jenbacher GmbH & Co OG

Die *GE Jenbacher GmbH & Co OG* (i. F. *GE Jenbacher*) ist ein produzierendes Unternehmen der Sektion *Distributed Power (DP)* von *GE Power & Water*. Mit einem Gesamtumsatz von 27,6 Mrd. \$ war *Power & Water* der zweitstärkste Bereich im *General Electric*-Konzern 2014.⁷⁵ Die Zentrale und gleichzeitig Haupt-Produktionsstätte im Tiroler Ort Jenbach beschäftigt derzeit mehr als 1.500 Mitarbeiter. Die Produktpalette reicht von gasbetriebenen Motoren und Aggregaten bis hin zu Kraft-Wärmekopplungsanlagen und Wärmerückgewinnungsanlagen. Die Jenbacher Gasmotoren von *GE* haben ein breites Spektrum an Einsatzgebieten, wie Abbildung 9 zeigt. Die innovativen Produkte zur dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung setzen dabei Maßstäbe in Sachen Brennstoffflexibilität und Effizienz. Mit dem Einsatz von Erdgas, Biogas, Deponiegas, Grubengas oder Fackel- und Klärgas werden Ausgangsleistungen von bis zu 10 MW erreicht. Weitere Leistungen wie z.B. Fernüberwachung und -diagnose werden von *GE in Jenbach* Lösungskonzepte im Servicebereich angeboten. Hinzu kommen sog. CM&Us – Conversions, Modifications & Upgrades – zur Steigerung von Leistung und Wirkungsgrad. Durch die Kopplung von Kraft- und Wärmenutzung, lässt sich ein Wirkungsgrad von bis zu 95% (davon ca. 47% mechanisch) erreichen.

⁷⁵ GE Gesamtkonzernumsatz 2014: 148,6 Mrd. \$

Unknown

Feldfunktion geändert

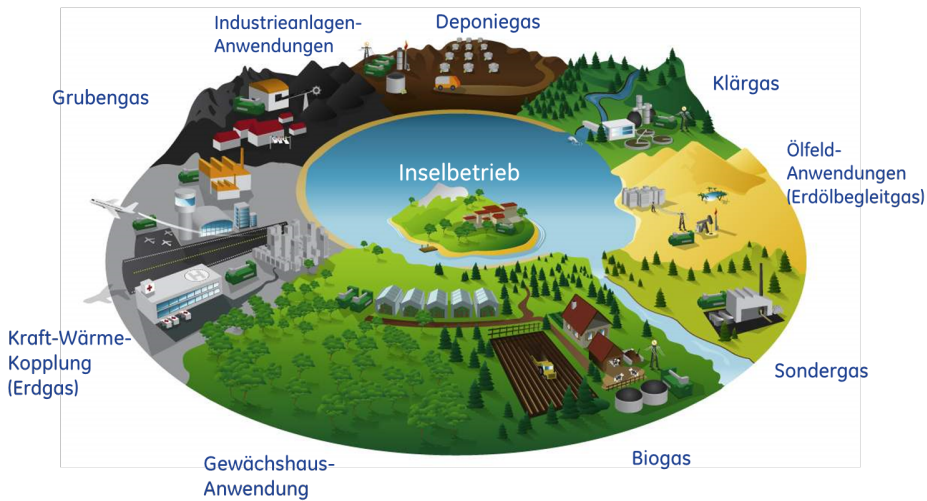


Abbildung 9: Einsatzgebiete von Jenbacher Gasmotoren von GE⁷⁶

Derzeit produziert *Jenbacher Gasmotoren von GE* fünf Baureihen von Gasmotoren. Je nach Baureihe haben die Motoren 8, 12, 16, 20 oder 24 Zylinder und ein Hubvolumen zwischen ca. 2.000 ccm und 26.000 ccm pro Zylinder. Die Motorenvarianten und die unterschiedlichen Betriebsarten ermöglichen eine Vielzahl von Einsatzgebieten in Handel, Industrie und im kommunalen Bereich.⁷⁷ Abbildung 10 zeigt exemplarisch einen J624 (6.240 ccm Hubvolumen pro Zylinder und 24 Zylinder).

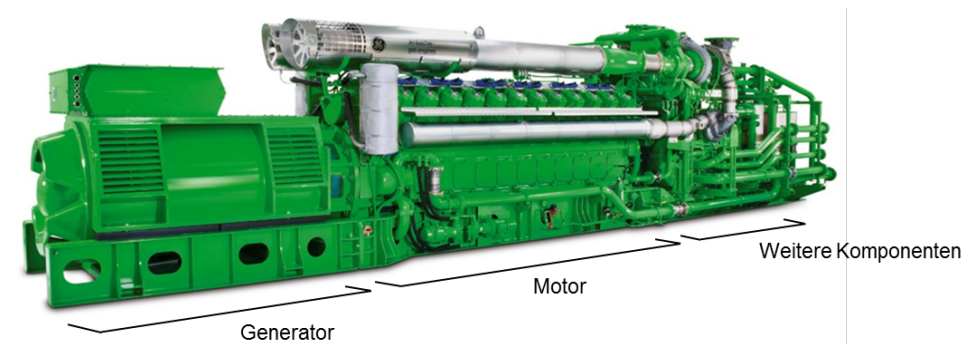


Abbildung 10: Gesamtanlage J624⁷⁸

⁷⁶ GE-interne Bildquelle

⁷⁷ Vgl. <http://www.ge.com/at/ourBusiness/energy-gas-engines/index.html>, Zugriff: 03.05.2015.

⁷⁸ GE-interne Bildquelle

Unknown
Feldfunktion geändert

Unknown
Feldfunktion geändert

Unknown
Feldfunktion geändert

5 Analyse der Fokusbaugruppe „Zylinderkopf“

Der Praxisteil konzentriert sich nicht auf den gesamten Motor, sondern auf eine spezifische Baugruppe (in weiterer Folge Fokusbaugruppe). Diese Fokusbaugruppe ist der Zylinderkopf, welcher je nach Baureihe und Variante abhängig von der Zylinderzahl verbaut ist. Auf einen Zylinder kommt ein Zylinderkopf. Die Varianten der Baureihe 3 haben 12, 16 und 20 Zylinder, wohingegen die Baureihe 6 Zylinderanzahlen von 12, 16, 20 und 24 aufweist. Die Fokusbaugruppe ist ein komplexes und kostenintensives Eigenfertigungsteil mit einer hohen wirtschaftlichen Bedeutung für die Ersatzteilwirtschaft von *Jenbacher Gasmotoren von GE*. Der Zylinderkopf wird in der Ersatzteillogistik als Originalteil oder Austauschteil dem Kunden angeboten.

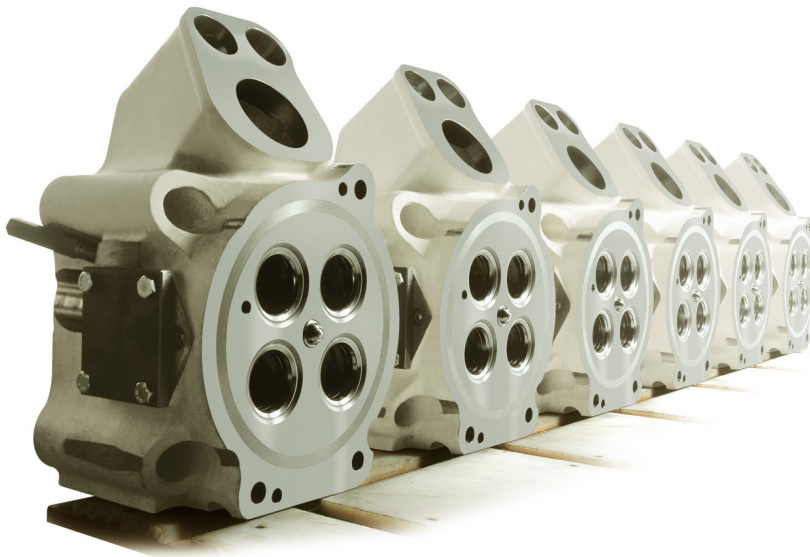


Abbildung 11: Zylinderköpfe der Baureihe 6 (Rohmaterial)⁷⁹

5.1 Fokusbaugruppe „Zylinderkopf“

Die Zylinderköpfe bilden einen zentralen Bestandteil des Motors. Die primäre Aufgabe und Funktion ist der Ladungswechsel. Dies bedeutet die Frischgas-Zufuhr und die Abgas-Abfuhr, sowie die Aufnahme der Zylinderdruckkräfte. Hinzu kommt die Kühlung der brennraumnahen Bereiche und die Aufnahme der Gasventile und Zündkerze.⁸⁰ Der Zylinderkopf erfährt in Betrieb eine „hohe Beanspruchung durch

⁷⁹ GE-interne Bildquelle

thermomechanisches Ermüdungsverhalten und Kalt-Warm-Ausdehnungen“. ⁸¹
Abbildung 12 zeigt ein Beispiel eines Zylinderkopfes der Baureihe 6.

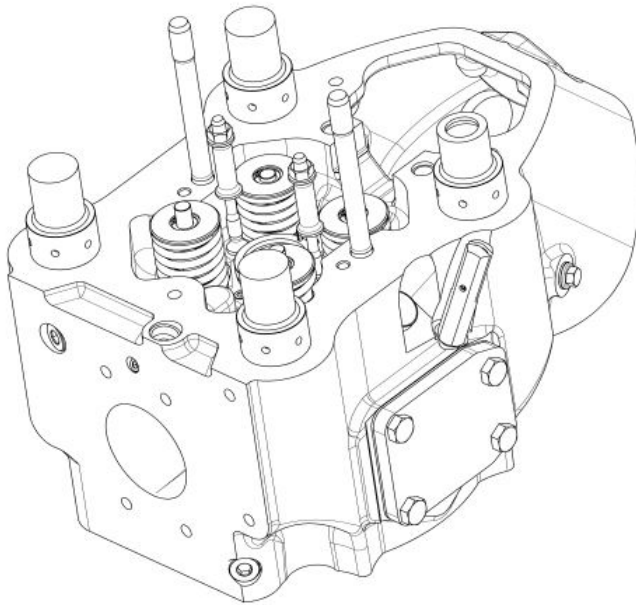


Abbildung 12: Isometrische Ansicht Zylinderkopf Baureihe 6 (gesamte Baugruppe)⁸²

Reif & Dietsche (2010) definieren die Komponenten der Baugruppe durch Zylinderkopf, Nockenwelle, Ventilsteuerung, Ventile, Kanäle, Bodenplatte und Rädertrieb. ⁸³ Im ERP-System (Enterprise Resource Planning-System) von GE Jenbacher gibt es eine abweichende Zusammensetzung dieser Baugruppe.

Die maßgeblichen Komponenten in der Baugruppen-Stückliste des Zylinderkopfes von Jenbacher Gasmotoren von GE sind entsprechend Abbildung 12 und Abbildung 13:

- Zylinderkopf - Rohmaterial (101)
- Einlass- und Auslassventile (130,131)
- Vorkammer (106)
- Vorkammer-Gasventil (126)

⁸⁰ Vgl. Reif & Dietsche, 2010, S. 405 ff.

⁸¹ Ibid.

⁸² Spare Parts Catalogue (SPATSL)

⁸³ Vgl. Reif & Dietsche, 2010, S. 406.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

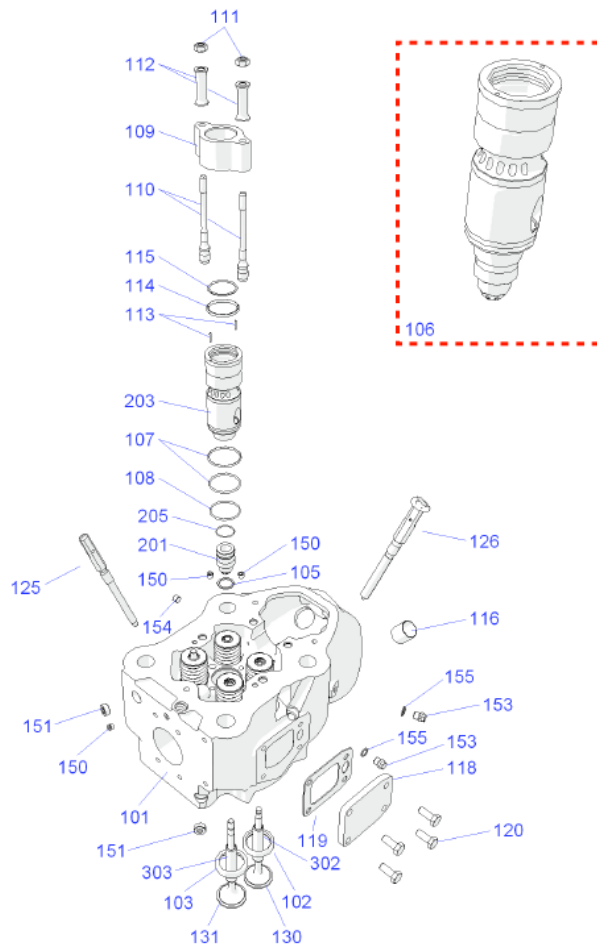


Abbildung 13: Explosionszeichnung Zylinderkopf⁸⁴

Der Zylinderkopf hat im Montageverbund eine Mehrzahl von Peripherieteilen und -baugruppen, welche im ERP-System keine Komponenten der Zylinderkopf-Baugruppe darstellen. Peripherieteile stehen in funktions- bzw. konstruktionstechnischer Beziehung zur Fokusbaugruppe.

Für die weitere Bearbeitung wurden folgende Peripherieteile und -baugruppen identifiziert:

- Zylinderkopphaube
- Zylinderkopfdichtung
- Kurbelgehäuse
- Ventilsteuerung

⁸⁴ Spare Parts Catalogue (SPATSL)

Unknown

Feldfunktion geändert

- Nockenwelle
- Abgassammelleitung
- Abgaskrümmmer
- Wasserrückführleitung
- Zugasleitung
- Zündkerzenhülsenverlängerung
- Elastomere: Dichtungen, O-Ringe
- Verbindungskomponenten: Schrauben, Muttern, Stifte, Unterlegscheiben und Bolzen

5.2 Wartungsintervalle

Je nach Baureihe, Motorversion⁸⁵ und Betriebsbedingungen gibt es mehrere, teils unterschiedliche Wartungsintervalle. Die Wartungsarbeiten werden dabei fast ausschließlich im Feld durchgeführt. Die Ausnahme bildet die „große Revision“ nach 60.000 Bh (Betriebsstunden). Für diese werden die Motoren in Jenbach zerlegt und wieder instandgesetzt. Die umfangreichste Wartung im Feld ist die „kleine Revision“, die Standard-Wartung nach 30.000 Bh. Innerhalb dieses Zeit-Intervalls befinden sich kleinere Wartungsintervalle.

Folgende Wartungsintervalle sind für den Zylinderkopf werksseitig vorgeschrieben.⁸⁶

- Wartung Vorkammer (inkl. Vorkammerngasventil, Zündkerzenhülse) (6.000 Bh)
- Wartung Zylinderkopfaubendichtung (10.000 Bh)
- Elastomere erneuern (20.000 Bh)
- Standard-Wartung (30.000 Bh)
- Erweiterte Standard-Wartung (40.000 Bh)

Die Standard-Wartung für den Zylinderkopf der Baureihen 3 und 6 ist die „kleine Revision“ bei 30.000 Bh. Die Wartungsarbeiten umfassen u.a. den Zylinderkopftausch, anlässlich der Demontage bei Kolben und Zylinderbüchse. Der Tausch wird dabei durch *Jenbacher Gasmotoren von GE* oder durch ein von *Jenbacher Gasmotoren von GE* ausgewähltes Unternehmen durchgeführt, welches befugt ist, diese Arbeiten durchzuführen. Darüber hinaus gibt es ungeplante Wartungsarbeiten, sobald das max. Verschleißgrenzmaß erreicht wird. Dabei wird der Ventilschaftüberstand gemessen. Bei erhöhtem Verschleiß wird aus Wirtschaftlichkeitsgründen ein Zylinderkopftausch empfohlen. Der Zylinderkopf wird von einem Originalteil (Servicekopf) oder einem Austauschteil (Austauschkopf) ersetzt. Die Arbeitsanweisung schreibt dabei vor, dass die Dichtflächen am Kurbelgehäuse, Zwischenring (Baureihe 3) und Zylinderkopf gereinigt und mit neuen

⁸⁵ Versionen entstehen bspw. durch unterschiedliche Gas-Arten.

⁸⁶ GE-interne Service-Techniker-Anweisung

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Dichtungen bestückt werden müssen. Ebenso muss die Ventilhaubendichtung (o.a. Zylinderkopfhaubendichtung) getauscht werden.

Unter bestimmten Voraussetzungen ist auch ein erweitertes Standard-Wartungsintervall von 40.000 Bh möglich. Dazu ist die Freigabe von GE notwendig.

Die Wartung der Zylinderkopfhaubendichtung der Baureihe 3 und 6 hat ein Wartungsintervall von 10.000 Bh. Dabei wird die Dichtung erneuert.

Funktions- und konstruktionstechnisch eng mit dem Zylinderkopf der Baureihe 6 verbunden, aber eine eigene Baugruppe darstellend, ist die Vorkammer. Die Zylinderköpfe der Baureihe 3 haben keine Vorkammer. Die Wartung der Vorkammer (inkl. Vorkammerventil und Zündkerzenhülse) wird im 6.000 Bh Intervall durchgeführt.

Sämtliche Elastomere von Motoren, die mit Biogas, Deponiegas, Sondergas oder einer Motorkühlwassertemperatur von über 95°C betrieben werden, müssen bei 20.000 Bh erneuert werden. Gemeint sind O-Ringe im Verbund mit Zylinderbüchse, Kurbelgehäuse, Zylinderkopf und Kolbenkühlhülse. Diese Elastomere werden auch bei der Standard-Wartung (30.000 Bh) erneuert.

5.3 Schadensfälle

Der Zylinderkopf unterliegt hohen thermischen und mechanischen Beanspruchungen. Durch Temperaturwechsel kommt es zu Ausdehnungen und Spannungen.

Die Analyse des *Warranty Reports 2014* zeigt die aufgetretenen Schadensfälle im Zusammenhang mit dem Zylinderkopf. Gegenstand der Analyse sind die Motoren der Baureihe 3 und 6. In Abbildung 14 und Abbildung 15 sind die häufigsten Schadensfälle in Bezug auf den Zylinderkopf dargestellt.

Es ist anzumerken, dass die Daten des *Warranty Reports* nur zureichend genau sind und die Angaben der Schadensfälle durch den Kunden teils schwer nachvollziehbar sind. Mittels einer Fehlerbaumanalyse und standardisierten Antwortmöglichkeiten kann der Kunde seinen Schadensfall beschreiben. Die Fehlerbaumanalyse gibt dem Kunden durch eine logische Verknüpfung von Schadensbereichen die Möglichkeit durch seine Angaben zu einer bestimmten Fehlerursache zu kommen. Diese ist dann aufgrund der Standardisierten Antwortmöglichkeiten auswertbar. Außerdem hat er die Möglichkeit einer detaillierten Schadensbeschreibung in einem dafür vorgesehenen Textfeld. Das stichprobenartige Überprüfen der Fehlerbaumanalyse und der Schadensbeschreibungen führte zu dem Ergebnis, dass vereinzelte Angaben ungenau oder fehlerhaft gemacht wurden. Somit kann die Anzahl der Schadensfälle nur in Näherung wiedergegeben werden.

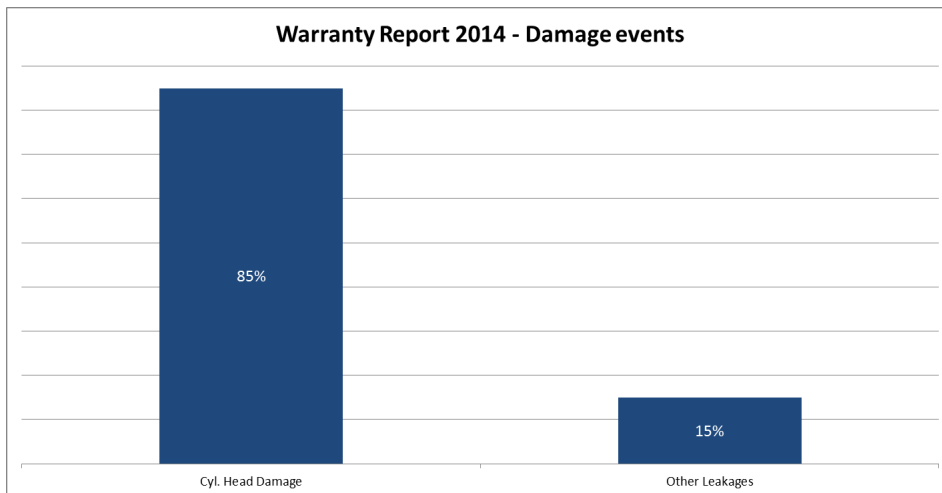


Abbildung 14: Häufigste Schadensfälle Baureihe 3

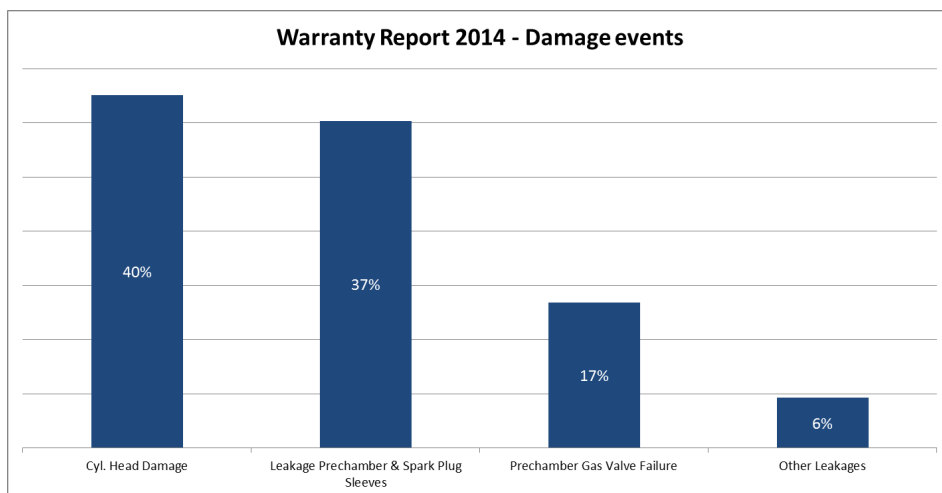


Abbildung 15: Häufigste Schadensfälle Baureihe 6

Der häufigste Schadensfall mit Bezug zum Zylinderkopf der Baureihen 3 und 6 ist ein irreparabler Schaden am Zylinderkopf - Rohmaterial (Cyl. Head Damage). Dieser kann z.B. durch einen Riss des Gussteils oder einen Schaden des Ventilsitzes entstehen. Der Zylinderkopf, sowie sämtliche Dichtungen müssen durch den Service-Techniker ersetzt werden. Als Ersatzteil dient dabei entweder ein Service- oder ein Austauschkopf. Diese haben jeweils eine eigene spezifische Teilenummer. Austauschköpfe werden je nach Kunde und Verfügbarkeit versandt. Dabei sind sämtliche Komponenten vormontiert (Abbildung 12). Serviceköpfe sind somit ident

mit den Originalköpfen, wohingegen Austauschköpfe bis zu dreimal überarbeitet werden können, bevor sie entsorgt werden müssen.

Der zweithäufigste Schadensfall mit Bezug zum Zylinderkopf ist eine undichte Vorkammer bzw. Zündkerzenhülse (Leakage Prechamber & Spark Plug Sleeves). Die Schadensbehebung erfolgt durch die Reinigung der Vorkammer und Erneuerung sämtlicher Dichtungen. Eine Vorkammer gibt es in Baureihe 3 nicht.

Bei Baureihe 6 kann es zudem zu einer Fehlfunktion des Vorkammer-Gasventils kommen (Prechamber Gas Valve Failure).

Alle anderen Undichtigkeiten (Other Leakages) – bspw. aufgrund schadhafter Zylinderkopfdichtung oder Zylinderkopfhäubendichtung – sind zusammengefasst aufgeführt.

5.4 Dokumentation der Vorgehensweise zur Analyse der Fokusbaugruppe

Schritt	Datenbasis	Tätigkeiten	Angewandte Methoden	Ergebnisse
1	Produktprogramm	Auswahl der Baureihe und Identifikation der Fokus-Baugruppe	Keine dezidierte Methode	Betrachtung der Baureihen 3 und 6, Fokus-Baugruppe: Zylinderkopf
2	Service Manual/ Spare Parts for Preventive Maintenance, Dokumente zu Wartungsarbeiten	Identifikation Wartungsintervalle	Datenscreening	„kleine Revision“ (30.000 Bh), Wartung der Elastomere (20.000 Bh), Wartung der Zylinderkopfaubendichtung (10.000 Bh) und Vorkammer-Wartung (6.000 Bh)
3	Erfahrungswissen	Gespräche mit Service-Technikern	Befragung	Erste qualitative Nennung von Schadensfällen
4	Warranty Report 2014	Erstellen einer Pivottabelle und filtern nach: <ul style="list-style-type: none"> • Creation Year 2014 • Engine Version • Casual Part Description • Problem description • Failure Tree 2: Cylinder head <p>Graphische Aufbereitung, Priorisierung von Schadensfällen vom Zylinderkopf und angrenzender relevanter Baugruppen</p>	Deskriptive Datenanalyse	Auflistung aller relevanter Schadensfälle
5	Auflistung aller relevanter Schadensfälle	Priorisierung der Schadensfälle und graphische Aufbereitung	Pareto-Diagramm	Auflistung der Schadensfälle nach dem Pareto-Prinzip

Tabelle 1: Dokumentation der Vorgehensweise - Kapitel 5 (eigene Darstellung)

6 Entwicklung von Ersatzteil-Packages

Die Entwicklung der Ersatzteil-Packages für die Fokus-Baugruppe ist ein zentrales Ergebnis dieser Arbeit. Die Problemstellung des Pilotprojektes bei *Jenbacher Gasmotoren von GE* besteht in der Identifikation richtiger Ersatzteile in der passenden Menge für Vor-Ort-Reparaturen. Ersatzteil-Packages sollen alle motorspezifischen Ersatzteile für die jeweiligen Schadens- und Wartungsfälle bzgl. des Zylinderkopfs beinhalten.

6.1 Relevanz des Repair-Kit-Problems

Das Repair-Kit-Problem inspiriert die Frage nach Ersatzteil-Packages. Der Ansatz bzw. das Berechnungsmodell, wie durch die Autoren *Mamer & Smith* (1982) zur Problemlösung vorgeschlagen, ist jedoch von Randbedingungen geprägt, wie sie in dieser Arbeit nicht vorliegen. Eine Modellierung nach *Mamer & Smith* (1982) ist aus nachfolgenden Gründen nicht möglich:

- Die Art und Menge der vor Ort benötigten Ersatzteile ist nicht oder nur hinreichend genau bekannt. Die Identifizierung von Art und Menge der Ersatzteile ist stochastischer Natur. Die Kit-Zusammensetzung involviert die Bewertung zweier Faktoren – die jährlichen Kapitalbindungskosten und die Kosten durch Broken Jobs. Ersatzteile eines Return-to-Fit Visits sind im Vorhinein bekannt und daher nicht Teil des Repair-Kit-Problems.

Für die Betrachtungen dieser Arbeit sind die benötigten Ersatzteile sowie deren Losgröße aufgrund des bekannten Schadens- oder Wartungsfalls vordefiniert.

- Beim Kunden verursachte Kosten (aufgrund Stillstandzeit) werden nicht explizit betrachtet.

Vor allem im Maschinen- und Anlagenbau haben die beim Kunden entstehenden Kosten signifikanten Einfluss auf den zu erreichenden Servicegrad des Herstellers.

Die Kosten sind **so signifikant** hoch, dass ein hoher Servicegrad erreicht oder sogar garantiert werden muss. Im Kontext der Ersatzteilwirtschaft bedeutet dies, „... dass die Folgekosten, die durch nicht rechtzeitig verfügbare Ersatzteile entstehen, das Hundert- bis Tausendfache des Teilewertes übersteigen können.“⁸⁷ Das Repair-Kit-Problem lässt theoretisch Broken Jobs zu, was bei Investitionsgüterherstellern keine Option ist.

⁸⁷ Biedermann, 2008, S. 6.

Unknown

Feldfunktion geändert

- Reparatereure führen Inventar zu den Aufträgen mit, sodass jedes nicht benötigte Ersatzteil Kapitalbindungskosten verursacht.

Kapitalbindungskosten des mitgeführten Inventars sind für die Betrachtungen in dieser Arbeit (Praxisteil) von sehr geringer Bedeutung, da nur Einzelaufträge betrachtet werden, bei denen alle Ersatzteile verbraucht werden. Kapitalbindung im Lager ist nicht Betrachtungsgegenstand des Repair-Kit-Problems.

Tabelle 2 fasst die wichtigsten Annahmen der Autoren aus Kapitel 3.2 zusammen und vergleicht diese mit der Situation im Pilotprojekt.

	Annahmen nach <i>Mamer & Smith, Teunter, Brumelle & Granot, Heeremans, Bijvank</i>	Situation im Pilotprojekt (Praxisteil)
Schadensfall	nicht bekannt	bekannt
Gerät/Motor/Anlage	nicht bekannt	bekannt
Art der benötigten Ersatzteile	stochastisch	bekannt oder hinreichend genau bekannt
Menge der benötigten Ersatzteile	stochastisch	bekannt oder hinreichend genau bekannt
Art der benötigten Ersatzteile wenn Return-to-Fit Visit	bekannt	bekannt
Menge der benötigten Ersatzteile wenn Return-to-Fit Visit	bekannt	bekannt
Mitgeführtes Inventar	optimiert	vordefiniert
Anzahl Aufträge	$n=1, \dots, i$	$n=1$
Kundenorientierung	gering	hoch

Tabelle 2: Vergleich zwischen Annahmen der Autoren und der vorgefundenen Situation in der Praxis bzgl. des Repair-Kit-Problems (eigene Darstellung)

Das mitgeführte Inventar steht bei diesen Autoren besonders im Fokus, wohingegen im Pilotprojekt diese aufgrund des bekannten Schadens- oder Wartungsfalls als vordefiniert angesehen wird. Eine Optimierung dieser Größe ist daher nicht möglich. Dennoch konnte mit dem Repair-Kit-Problem eine einschlägig bekannte Definition der zugrunde liegenden Problematik gefunden werden.

6.2 Einflussfaktoren auf die Gestaltung des Ersatzteil-Packages

Für die Gestaltung von Ersatzteil-Packages, wurden fünf maßgeblichen Faktoren ausgemacht:⁸⁸

- Material
- Kundenanforderungen
- monetäre Ziele
- Zollanforderungen
- Auftragsabwicklungssystem

Das Material entspricht allen benötigten Ersatzteilen eines Auftrags. Welche Ersatzteile letztendlich ein Package ausmachen, hängt vom jeweiligen Schadensfall ab. Ebenso sind Baureihe und Version des Motors ausschlaggebend. Je nach Konfiguration des Motors gibt es technische Beziehungen zwischen Einzelteilen bzw. Baugruppen und verschiedene Varianten von Ersatzteilen. Diese können funktions- oder konstruktionstechnischer Natur sein. Somit bestimmt ein Ersatzteil möglicherweise die Existenz weiterer Ersatzteile innerhalb des Ersatzteil-Packages und vergrößert dessen Umfang.

Das Erfüllen der Kundenanforderung entspricht der 100%igen Erfüllung des Auftrags auf schnelle und qualitativ hochwertige Art und Weise. Somit erwartet der Kunde implizit ein optimiertes Handling der Ware. Das Ersatzteil-Package muss also dementsprechend gestaltet werden. Es wird explizit ein fehlerfreies Varianten- und Auftragsmanagement verlangt, welches durch einen hohen Grad an Einfachheit und Standardisierung gekennzeichnet ist. Zudem müssen Kundenspezifikationen mit technischem und nicht-technischem Ursprung berücksichtigt werden. Beispielhaft sei hier der 1-zu-1-Ersatz von gewissen Alt- mit Neuteilen genannt.

Monetäre Ziele spielen bei der Gestaltung von Ersatzteil-Packages ebenfalls eine große Rolle. Die Vorverpackung und Konfektionierung von Normteilen oder geringwertigen Teilen zu Sets mittels des Kitting-Prinzips kann den Umsatz positiv beeinflussen. Eine Vorkonfektionierung kann zu einer Überlieferung führen. Die Wahrscheinlichkeit von Unterlieferungen oder Notfalllieferungen wird somit reduziert und eine spontane Reaktionsfähigkeit kann hergestellt werden.

Aber nicht nur Umsatzziele, auch Kostenziele beeinflussen die Gestalt von Ersatzteilpackages. Im Lager sind Einsparungen durch Kitting möglich, wenn bestimmte Einzelteile eines Ersatzteil-Packages zu einem Set vorverpackt werden. Außerdem sind die Mehrkosten durch die Vorpackung zu berücksichtigen. Ob Sets

⁸⁸ [Vgl. 2014_11_04_SPVM_InterimReport.pdf, 2014](#)

innerhalb eines Packages Sinn machen oder nicht hängt von der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung und dem Mehrwert für den Kunden ab.

Die Zollanforderungen beziehen sich auf die Informationen rund um die Ersatzteile und machen Vorgaben zu Gefahrgütern und Materialien. Bestandteile müssen hinsichtlich Herkunftsland, Wert und Gewicht korrekt gekennzeichnet sein und deren technische Spezifikationen im Bedarfsfall vorliegen. Einzelne Materialien und Zubehör, wie z.B. Silikonmasse dürfen nicht ohne weiteres versandt werden.

Die systemtechnische Umsetzung ist von der Beschaffenheit des ERP-Systems abhängig. Durch die historisch gewachsene unternehmensspezifische Struktur ist die Integration oder Anbindung von Ersatzteil-Packages zu prüfen. Eine Verbindung mit der vorhandenen Datenbasis und eine An- oder Einbindung in ein bestehendes ERP-System ist zwingend erforderlich.

6.3 Bestandteile Ersatzteil-Packages

Ein Ersatzteil-Package besteht aus sämtlichen Ersatzteilen, die für einen Schadens- oder Wartungsfall bei einer Vor-Ort-Reparatur benötigt werden. Die Struktur entspricht in der Praxis einer Bestellliste, die alle relevanten Items (Einzelteile oder Baugruppen) beinhaltet. In der Theorie werden Items zu Elementen gruppiert (siehe Abbildung 16 und Folgende). Ein Element besteht aus Items, die aufgrund ihrer konstruktions- und montagetechnischen Eigenschaften unbedingt zusammen getauscht werden müssen. Diese Beziehung muss wechselseitig zwischen zwei oder mehreren Items bestehen. Eine einseitige Beziehung qualifiziert nicht für die Zusammenführung zu einem Element. Elemente sind rein organisatorischer Natur und besitzen keine Teilenummer.⁸⁹

Jedes Element hat eine vordefinierte fixierte Zusammensetzung. Die Definition eines Items ist unabhängig von dessen Losgröße. So werden beispielsweise 20 Schrauben genauso wie eine einzelne Schraube unter einem Item zusammengefasst. Die Items, für die in Kapitel 5.2 und Kapitel 5.3 beschriebenen Wartungs- und Schadensfälle auf Baureihen-Ebene, sind durch Experten (u.a. Service-Techniker) allgemein vordefiniert. Die Elemente wurden durch einen paarweisen Vergleich ermittelt (siehe Anhang 2).⁹⁰

In Abbildung 16 und Abbildung 17 sind diese Zusammensetzungen unter konstruktions- und montagetechnischen Gesichtspunkten für die Baureihen 3 bzw. 6 für *Package 1* (Zylinderkopfschaden) dargestellt. *Package 1* kommt ebenso in der Standard-Wartung (30.000 Bh) zum Einsatz kommen. Dabei ist anzumerken, dass

⁸⁹ Vgl. GEJ_CylinderHead_InterimReport1, 2015.

⁹⁰ Ibid.

Aufgrund des großen Umfangs der Standard-Wartung eine Vielzahl anderer Baugruppen/Packages benötigt werden, die in dieser Arbeit nicht betrachtet werden.

Ersatzteil-Packages

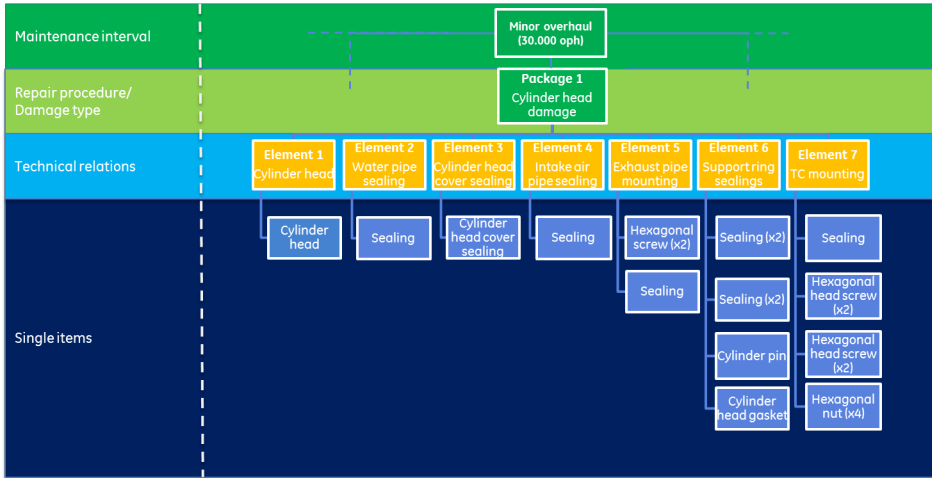


Abbildung 16: Zusammensetzung Package 1 - Baureihe 3⁹¹

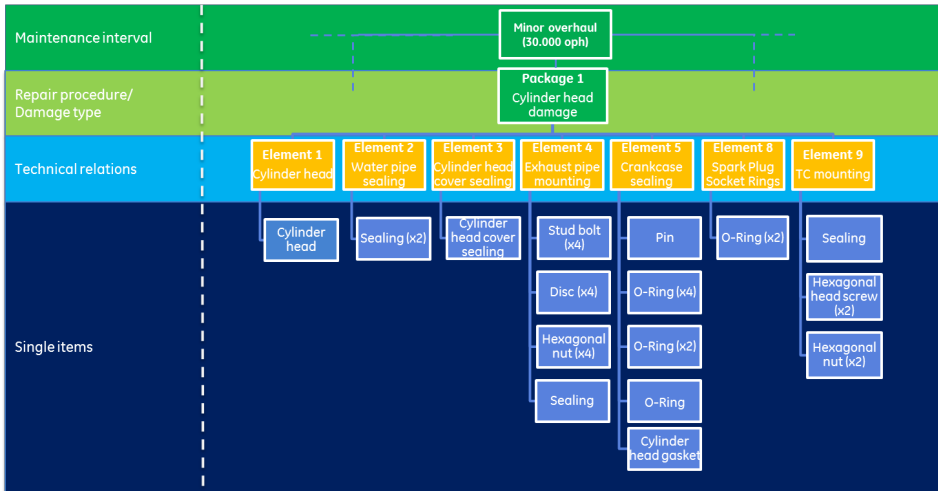


Abbildung 17: Zusammensetzung Package 1 - Baureihe 6⁹²

Beispielsweise müssen unter Element 5 alle O-Ringe getauscht werden auch wenn nur ein einziger beliebiger O-Ring leckt. Wird der Zylinderkopf vom Kurbelgehäuse gelöst, so müssen alle freigesetzten O-Ringe ersetzt werden. Sie stehen praktisch in einer montage-technischen Beziehung. In diesem Fall muss z.B. die Dichtung der

⁹¹ In Anlehnung an 2014_11_04_SPVM_InterimReport.pdf, 2014, S 6.

⁹² Ibid.

Unknown
Feldfunktion geändert
Unknown
Feldfunktion geändert

Wasserleitung (Element 2) ebenso getauscht werden. Die Wasserleitung wird bei der Demontage des Zylinderkopfs gelöst und somit muss die freigelegte Dichtung ersetzt werden.

Im Gegensatz dazu kann es theoretisch vorkommen, dass nur die Dichtung der Wasserleitung (Element 2) schadhaf ist und getauscht wird. Dann wird kein Item aus Element 5 ersetzt. Dieser Schadensfall wurde in Kapitel 5.3. nicht registriert.

Abbildung 18 zeigt die Zusammensetzung von *Package 2* für Baureihe 3. *Package 2* ist für andere Undichtheiten, bei denen ein oder mehrere Items defekt waren und der Zylinderkopf demontiert wurde, aber nicht schadhaf war. Außerdem kann es für die Erneuerung der Elastomere verwendet werden (20.000 Bh).

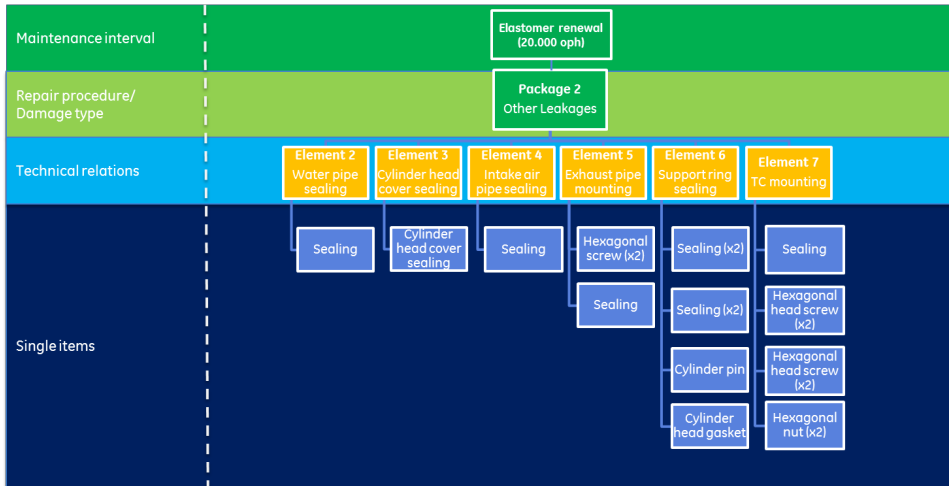


Abbildung 18: Zusammensetzung Package 2 - Baureihe 3⁹³

Abbildung 19 zeigt die Zusammensetzung von *Package 2* (Undichtigkeit Vorkammer) und *Package 3* (fehlerhaftes Vorkammer-Gasventil) und *Package 4* (Wartung Zylinderkopfhäubendichtung bei 10.000 Bh) für die Baureihe 6. *Package 2* kann ebenso bei der Vorkammer-Wartung – Baureihe 6 (6.000 Bh) zum Einsatz kommen.

⁹³ Ibid.

Unknown
Feldfunktion geändert

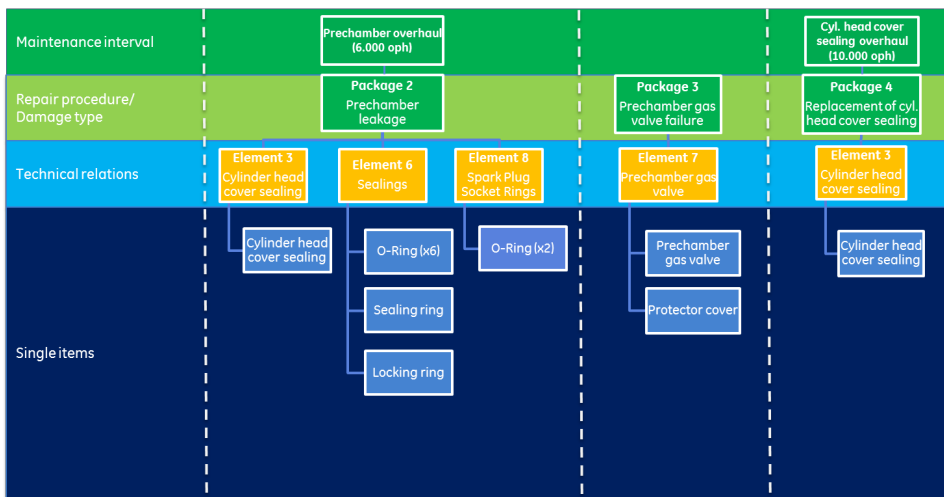


Abbildung 19: Zusammensetzung Packages 2, 3 und 4 - Baureihe 6⁹⁴

Abbildung 20 zeigt die Zusammensetzung von *Package 5* der Baureihe 6 für andere Undichtheiten und die Erneuerung der Elastomere (20.000 Bh), sowie die Brennraumreinigung. In diesen Fällen wird vorausgesetzt, dass der Zylinderkopf gelöst wird und somit alle Items benötigt werden (siehe dazu Kapitel 5.3).

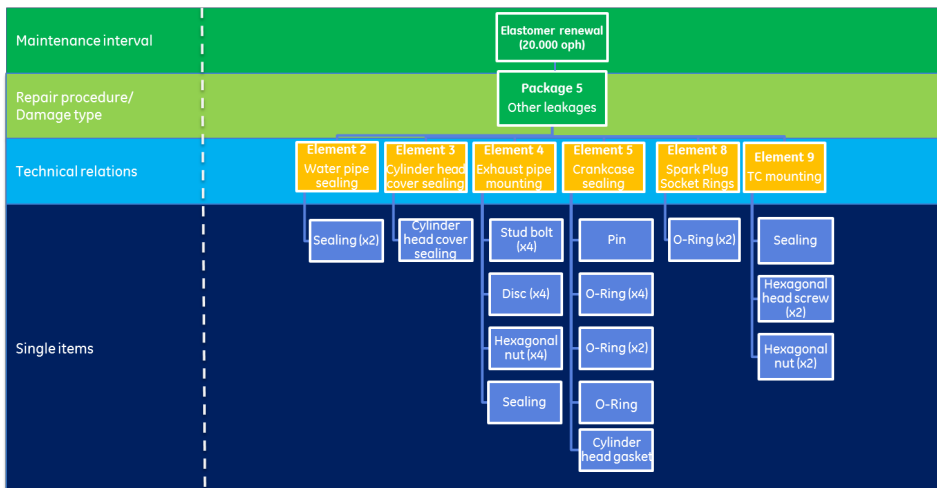


Abbildung 20: Zusammensetzung Package 5 - Baureihe 6⁹⁵

⁹⁴ Ibid.

⁹⁵ Ibid.

Unknown
Feldfunktion geändert
 Unknown
Feldfunktion geändert

6.4 Dokumentation der Vorgehensweise zur Entwicklung von Ersatzteil-Packages

Schritt	Datenbasis	Tätigkeiten	Angewandte Methoden	Ergebnisse
1	Wartungsfälle und priorisierte Schadensfälle (Pareto-Diagramm)	Konzeption von Packages zu korrespondierenden Schadensfällen	Keine dezidierte Methode	Benennung von Ersatzteil-Packages
2	Ersatzteilkatalog, Service Techniker-Anweisung	Identifizierung von package-relevanten Ersatzteilen für die jeweiligen Schadensfälle mit Service-Technikern	Befragung	Baugruppen, Einzelteile für Schadens- und Wartungsfälle
3	Identifizierte Ersatzteile	Konsolidierung der Schadens- und Wartungsfälle in Excel	Keine dezidierte Methode	Konsolidierte Datensammlung ergibt Ersatzteil-Packages
4	Konsolidierte Datensammlung	Elemente auf Basis konstruktions- und montagetechnischer Relationen festlegen (Modularisierungs-Gedanke)	Paarweiser Vergleich	Elemente als Bestandteile des Packages für verbessertes Handling (Abbildungen 16 bis 20)

Tabelle 3: Dokumentation der Vorgehensweise - Kapitel 6 (eigene Darstellung)⁹⁶

Erläuterung der Vorgehensweise der Tabelle 3

Schritt 1:

Analyse des *Produktprogramms* und aller installierten Gasmotoren wird entschieden, dass mit der Analyse der Baureihen 3 und 6 begonnen wird. Aufgrund der hohen Komplexität und Variantenvielfalt wird angenommen, dass Lösungskonzepte, welche sich für diese Baureihen als valide und umsetzbar darstellen, mit hoher Wahrscheinlichkeit auch anderweitig einsetzbar sind. Um die Annahme zu bestätigen und die Gültigkeit der Lösungskonzepte baureihenübergreifend zu prüfen, ist die Baureihe 3 ebenfalls Gegenstand der Betrachtungen.

Der Zylinderkopf wurde aufgrund seiner vielfachen Interaktion mit anderen Baugruppen und seiner hohen Bedeutung in der Ersatzteilwirtschaft als Fokus-Baugruppe festgelegt. Der Zylinderkopf ist wie in Kapitel 5.1 beschrieben, eine

⁹⁶ Vgl. GEJ_CylinderHead_InterimReport, 2015.

vergleichsweise komplexe Baugruppe, die mit mehreren anderen Baugruppen funktional als auch konstruktionstechnisch interagiert.

Schritt 2:

Im *Warranty Report 2014* werden sämtliche Schäden beschrieben und klassifiziert. Die Klassifizierung wird von der Warranty-Abteilung durchgeführt, ist aber nicht für jeden Schadensfall – insbesondere für Schadensfälle vor 2010 – durchgeführt worden. Die Beschreibung der Schadensfälle und eine dreistufige Fehlerbaumanalyse, um den Schaden zu lokalisieren, erfolgt durch den Kunden. Beide Informationen können sehr ungenau oder fehlerbehaftet sein. Eine deskriptive Analyse der Daten berücksichtigt diesen Sachverhalt und liefert eine graphische Aufbereitung der Gesamtheit der gefilterten Daten. Ist z.B. eine Klassifizierung durch Zellen mit „leerem Inhalt“ oder „N/A“ attribuiert, so muss versucht werden, über die Problembeschreibung und die Fehlerbaumanalyse des Kunden die Klassifizierung abzuleiten. Nicht immer ist dies eindeutig möglich, sodass die hier präsentierten Zahlen nur eine Näherung darstellen können. Die deskriptive Datenanalyse ist in Kapitel 5.3 abgebildet.

Schritt 3:

Es werden Schadens- als auch Wartungsfälle bezüglich des Zylinderkopfs betrachtet. Als Datenbasis dienen die *CSA/MSA Preventive Maintenance-Verträge*, welche den Leistungsumfang von präventiven Wartungen abdecken. Die einzelnen Wartungen sind in den Dokumenten der *Service-Techniker-Anweisung* bzw. *Spare Parts for Preventive Maintenance* festgehalten. Diese Dokumente enthalten den Bedarf von Ersatzteilen und wann dieser Bedarf auftritt.

Schritt 4:

Die gesammelten Daten der vorangegangenen Schritte bilden die Voraussetzung für die Identifikation von package-relevanten Ersatzteilen. Die Analyse der Explosionszeichnungen und Stücklisten in den Ersatzteilkatalogen erfolgte in Zusammenarbeit mit Service Technikern. Auf Basis des Erfahrungsschatzes konnten Aussagen zum Bedarf von Ersatzteilen bei Schadensfällen in der Praxis getroffen werden. Der Ersatzteilbedarf für die Wartungsfälle konnten aus dem *Spare Parts for Preventive Maintenance* übernommen werden. An diesem Dokument orientiert sich die Bestellpraxis.

Schritt 5:

Nachdem Schadens- und Wartungsfälle, sowie der jeweilige Ersatzteilbedarf festgestellt wurden, konnten alle relevanten Informationen zur Package-Bildung in einer Datei festgehalten und zu Ersatzteil-Packages konsolidiert werden.

Schritt 6:

Der elementare Aufbau von Ersatzteil-Packages hat einen methodischen Hintergrund. Um konstruktions- und montagetechische Beziehungen zwischen Items deutlich zu machen, werden strukturierende Elemente eingeführt. Mit der Wahl der Darstellung unter Verwendung des paarweisen Vergleichs sinkt die Wahrscheinlichkeit, dass package-relevante Items vergessen werden. Die Elemente bilden in jedem Falle eine modulare Struktur ab und sind somit in einem oder mehreren Ersatzteil-Packages zu finden, wobei sie nicht physischen Bestand haben. Der paarweise Vergleich (Anhang 2) schildert exemplarisch die Bildung der Elemente des *Package 1* der Baureihe 6.

7 Praktische Umsetzung der Ersatzteil-Packages durch ein Online-Tool (PackageCreator)

Ersatzteil-Packages sollen vom Kundendienst für den Endkunden (Anlagenbetreiber) im Falle eines Schadens- bzw. Wartungsfalls bereitgestellt/verkauft werden. Ersatzteil-Packages sind nicht vorverpackt gelagert, sondern werden wie ein gewöhnlicher Bestellauftrag behandelt, bei dem im Lager die einzelnen Ersatzteile kommissioniert und auf einem Ladungsträger (z.B. Palette) versandt werden. Ein Ersatzteil-Package ist also eine abgesicherte Kommissionierliste.

Es ist daher notwendig, dass die Ersatzteil-Packages für jeden Motor im ERP-System abrufbar sind und immer die korrekten motorspezifischen Ersatzteile in der richtigen Menge enthalten sind. Dazu wurde eine Logik für ein Online-Tool konzipiert und programmiert. Das Ergebnis ist der *PackageCreator*.⁹⁷

Den allgemein vordefinierten Items aller Schadensfälle (siehe Kapitel 6.3) sind im ERP-System spezifische Attribute zugeordnet. Zu diesen Attributen gehören u.a. Teilenummer, Teilebeschreibung und die Position in der Stückliste⁹⁸. Es wird zwischen der Entwicklungs-Stückliste (Engineering Bill of Materials – EBOM) und der Ersatzteil-Stückliste (Service Bill of Materials – SBOM) unterschieden. Zum Auslieferungszeitpunkt eines Motors sind beide Stücklisten ident. Anschließende Modifikationen und Ersatzteile werden jedoch nur in der SBOM aktualisiert. Die SBOM bildet die Datenbasis für die Logik des *PackageCreator*, da diese den tatsächlichen, aktuellen Aufbau des gesamten Motors wiedergibt.

Die SBOM eines Motors ist einzigartig und besteht aus unterschiedlichen Ebenen wie Abbildung 21 zeigt. Package-relevante Items „liegen“ auf verschiedenen Ebenen. So kann bspw. eine Öl-Pumpe (Ebene 3), ebenso wie eine Dichtung (Ebene 7) Bestandteil eines Ersatzteil-Packages sein.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass komplexe und umfangreiche Baugruppen auf Ebenen 3 und 4 liegen und Einzelteile darunter – wobei es auch Ausnahmen gibt. Abbildung 21 zeigt, dass ein Zylinderkopf (Part Assembly) auf Ebene 4 liegt. In dieser Baugruppe „hängt“ der Zylinderkopf als Rohmaterial (Ebene 5) ebenso wie ein Vielzahl anderer Einzelteile und Baugruppen (Ebene 5, 6,...) darunter.

⁹⁷ Vgl. GEJ_CylinderHead_InterimReport, 2015.

⁹⁸ „Suchbegriffe,“ n.d.

							Ebene	Beschreibung																																											
<table border="1"> <thead> <tr><th>Level</th><th>Item</th><th>Description</th><th>Revision</th><th>Type</th><th>Status</th><th>Item Seq</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>100470</td><td>Hexagonal head</td><td>---</td><td>Bulk Item</td><td>ACTIVE</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>240531</td><td>Sealing</td><td>#NAME?</td><td>Kanban Item</td><td>ACTIVE</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>-9011591</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Engineering</td><td>ACTIVE</td><td>506</td></tr> <tr><td>3</td><td>-9011592</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Semi-Finish</td><td>ACTIVE</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>							Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq	3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5	3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7	2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506	3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1	0	Plant	Gesamte Anlage							
Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq																																													
3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5																																													
3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7																																													
2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506																																													
3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1																																													
<table border="1"> <thead> <tr><th>Level</th><th>Item</th><th>Description</th><th>Revision</th><th>Type</th><th>Status</th><th>Item Seq</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>100470</td><td>Hexagonal head</td><td>---</td><td>Bulk Item</td><td>ACTIVE</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>240531</td><td>Sealing</td><td>#NAME?</td><td>Kanban Item</td><td>ACTIVE</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>-9011591</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Engineering</td><td>ACTIVE</td><td>506</td></tr> <tr><td>3</td><td>-9011592</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Semi-Finish</td><td>ACTIVE</td><td>1</td></tr> <tr><td>4</td><td>564376</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Raw</td><td>ACTIVE</td><td>999</td></tr> </tbody> </table>							Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq	3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5	3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7	2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506	3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1	4	564376	Cylinder liner	---	Raw	ACTIVE	999	1	Unit	n Aggregate, CA, HQLP
Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq																																													
3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5																																													
3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7																																													
2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506																																													
3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1																																													
4	564376	Cylinder liner	---	Raw	ACTIVE	999																																													
<table border="1"> <thead> <tr><th>Level</th><th>Item</th><th>Description</th><th>Revision</th><th>Type</th><th>Status</th><th>Item Seq</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>100470</td><td>Hexagonal head</td><td>---</td><td>Bulk Item</td><td>ACTIVE</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>240531</td><td>Sealing</td><td>#NAME?</td><td>Kanban Item</td><td>ACTIVE</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>-9011591</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Engineering</td><td>ACTIVE</td><td>506</td></tr> <tr><td>3</td><td>-9011592</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Semi-Finish</td><td>ACTIVE</td><td>1</td></tr> <tr><td>4</td><td>564376</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Raw</td><td>ACTIVE</td><td>999</td></tr> </tbody> </table>							Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq	3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5	3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7	2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506	3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1	4	564376	Cylinder liner	---	Raw	ACTIVE	999	2	Final Assembly	Aggregat (Alternates)
Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq																																													
3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5																																													
3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7																																													
2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506																																													
3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1																																													
4	564376	Cylinder liner	---	Raw	ACTIVE	999																																													
<table border="1"> <thead> <tr><th>Level</th><th>Item</th><th>Description</th><th>Revision</th><th>Type</th><th>Status</th><th>Item Seq</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>100470</td><td>Hexagonal head</td><td>---</td><td>Bulk Item</td><td>ACTIVE</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>240531</td><td>Sealing</td><td>#NAME?</td><td>Kanban Item</td><td>ACTIVE</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>-9011591</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Engineering</td><td>ACTIVE</td><td>506</td></tr> <tr><td>3</td><td>-9011592</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Semi-Finish</td><td>ACTIVE</td><td>1</td></tr> <tr><td>4</td><td>564376</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Raw</td><td>ACTIVE</td><td>999</td></tr> </tbody> </table>							Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq	3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5	3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7	2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506	3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1	4	564376	Cylinder liner	---	Raw	ACTIVE	999	3	Engine	Motor Nr., Rahmen, Öl-Pumpe, Arbeitsstunden,...
Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq																																													
3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5																																													
3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7																																													
2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506																																													
3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1																																													
4	564376	Cylinder liner	---	Raw	ACTIVE	999																																													
<table border="1"> <thead> <tr><th>Level</th><th>Item</th><th>Description</th><th>Revision</th><th>Type</th><th>Status</th><th>Item Seq</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>100470</td><td>Hexagonal head</td><td>---</td><td>Bulk Item</td><td>ACTIVE</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>240531</td><td>Sealing</td><td>#NAME?</td><td>Kanban Item</td><td>ACTIVE</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>-9011591</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Engineering</td><td>ACTIVE</td><td>506</td></tr> <tr><td>3</td><td>-9011592</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Semi-Finish</td><td>ACTIVE</td><td>1</td></tr> <tr><td>4</td><td>564376</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Raw</td><td>ACTIVE</td><td>999</td></tr> </tbody> </table>							Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq	3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5	3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7	2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506	3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1	4	564376	Cylinder liner	---	Raw	ACTIVE	999	4	Part Assembly	Zylinderkopf, Gehäuse, Vorkammer,...
Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq																																													
3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5																																													
3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7																																													
2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506																																													
3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1																																													
4	564376	Cylinder liner	---	Raw	ACTIVE	999																																													
<table border="1"> <thead> <tr><th>Level</th><th>Item</th><th>Description</th><th>Revision</th><th>Type</th><th>Status</th><th>Item Seq</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>100470</td><td>Hexagonal head</td><td>---</td><td>Bulk Item</td><td>ACTIVE</td><td>5</td></tr> <tr><td>3</td><td>240531</td><td>Sealing</td><td>#NAME?</td><td>Kanban Item</td><td>ACTIVE</td><td>7</td></tr> <tr><td>2</td><td>-9011591</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Engineering</td><td>ACTIVE</td><td>506</td></tr> <tr><td>3</td><td>-9011592</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Semi-Finish</td><td>ACTIVE</td><td>1</td></tr> <tr><td>4</td><td>564376</td><td>Cylinder liner</td><td>---</td><td>Raw</td><td>ACTIVE</td><td>999</td></tr> </tbody> </table>							Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq	3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5	3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7	2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506	3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1	4	564376	Cylinder liner	---	Raw	ACTIVE	999	5+	Item	Zylinderkopf (Material), Dichtungen, Schrauben,...
Level	Item	Description	Revision	Type	Status	Item Seq																																													
3	100470	Hexagonal head	---	Bulk Item	ACTIVE	5																																													
3	240531	Sealing	#NAME?	Kanban Item	ACTIVE	7																																													
2	-9011591	Cylinder liner	---	Engineering	ACTIVE	506																																													
3	-9011592	Cylinder liner	---	Semi-Finish	ACTIVE	1																																													
4	564376	Cylinder liner	---	Raw	ACTIVE	999																																													

Abbildung 21: Struktur der Stückliste/SBOM (eigene Darstellung)

Funktionsweise des Online-Tools „PackageCreator“

Ein webbasiertes Tool übernimmt nun die Aufgabe, unter Eingabe der Final Assembly-Nr. ⁹⁹ und des Schadensfalls das Ersatzteil-Package auszugeben. Abbildung 22 zeigt die Alpha-Version des *PackageCreator* beispielhaft anhand von *Package 1* der Baureihe 3.

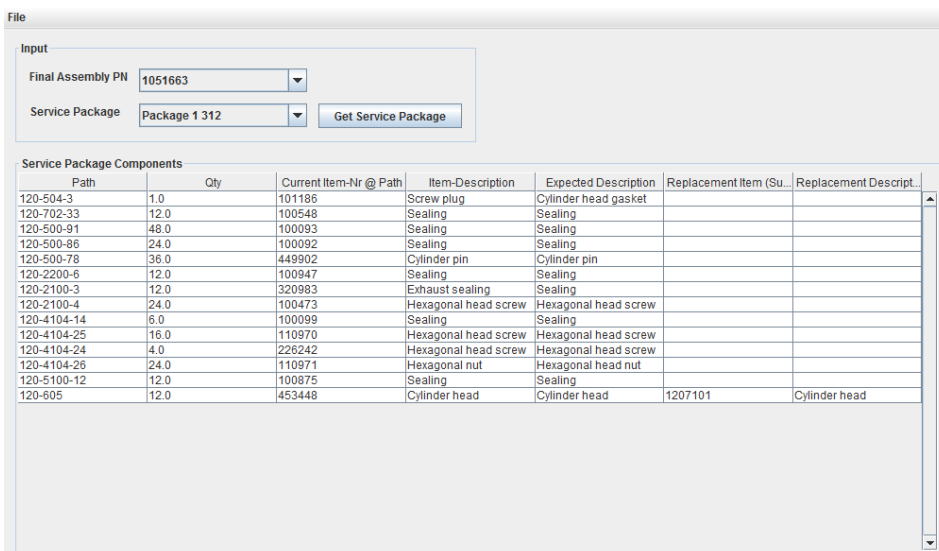


Abbildung 22: Screenshot des PackageCreator¹⁰⁰

⁹⁹ Die Final Assembly-Nr. ist eine Aggregat-spezifische Seriennummer. Ein Aggregat besteht aus Gasmotor, Generator, Rahmen und diversen Anbauteilen.

¹⁰⁰ Die Mengenangaben entsprechen (noch) nicht der Realität.

Unknown
Feldfunktion geändert
Unknown
Feldfunktion geändert

Die Ersatzteile werden nach einem – aus dem Netzdiagramm von *Mamer & Smith* (1982) – abgewandelten Prinzip ausgewählt (siehe Abbildung 23). In Folge entsteht eine Bestellliste, die den Inhalt des Packages abbildet. L_1 beschreibt die Zeit (Kosten) der manuellen Auswahl des Schadensfalls und H_1 die Zeit (Kosten) der automatisierten Ausgabe. K wird gegenüber *Mamer & Smith* (1982) in seiner Bedeutung grundlegend verändert. K beschreibt hier (Investitions-)Kosten der Logik, mit der die Items zu den korrespondierenden Schadens- bzw. Wartungsfällen ausgewählt werden. Die Kosten werden in Kapitel 11.4 thematisiert.

Das Ersatzteil-Package selbst erhält keine eigene Teilenummer und fungiert somit als reiner Organisator der der Bestellliste eines Auftrags einen Namen gibt.

Hat sich für ein Ersatzteil aufgrund einer Weiterentwicklung oder eines Zuliefererwechsels die Item-Nr. geändert so wird über den Item *Relationship Report*¹⁰¹ das aktuelle „Replacement Item“ ausgegeben. Zudem gibt es Zeichnungsteile – etwa den Zylinderkopf – im Service nur mit einer Servicenummer, welche sich von der originalen Teilenummer unterscheidet. Diese Verknüpfung zur Servicenummer wird vom *PackageCreator* geprüft und gegebenenfalls hergestellt, sodass in der Bestellliste die Servicenummer in der Spalte „Replacement Item“ auftaucht. Das gleiche gilt für sog. „Reworks“, sprich Zeichnungsteile die überarbeitet werden (Austauschköpfe). Voraussetzungen sind in jedem Fall die Kompatibilität der Serviceteile und Reworks mit dem Originalteil.

¹⁰¹ Der Item Relationship Report beinhaltet die Entwicklungshistorie jedes Items. Er verknüpft „alte“ Teilenummern mit „aktuellen“ Teilenummern, welche Teil des Lagerbestands oder des aktuellen Produktprogramms sind. Eine Änderung der Teilenummer kann bspw. durch eine Neuentwicklung, eine Weiterentwicklung oder auch einen Lieferantenwechsel entstehen.

Unknown

Feldfunktion geändert

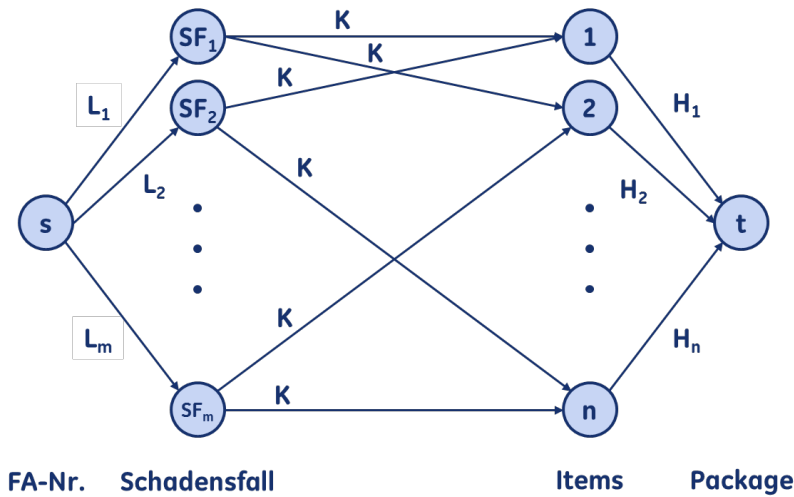


Abbildung 23: Netzwerkdigramm (i.A.a. MAMER & SMITH)

Logik des Online-Tool „PackageCreator“

Die Logik des *PackageCreator* basiert auf der Struktur der SBOM und wurde mit *Java* GE-intern umgesetzt. Es wird in der SBOM auf Ebene 2 zugegriffen und sich von dort an über tiefer liegende Ebenen zur gesuchten Item-Position bewegt. Unter Ebene 2 „liegen“ alle package-relevanten Items. Für einen Schadensfall, lässt sich nun ausgehend von der Final Assembly Nr. jedes package-relevante Item auf bestimmten Ebenen auf einer bestimmten Position wiederfinden. Die entstehenden Pfade bilden eine Maske. Um die Anzahl der durchschrittenen Ebenen auf ein Minimum zu reduzieren, aber weiterhin alle package-relevanten Teile identifizieren zu können, wird mit dem Online-Tool auf Ebene 2 (dem Final Assembly) „eingestiegen“. Alle Items der darunter liegender Ebenen sind motorspezifisch, wohingegen auf der übergeordneten Ebene 1 (Unit) mehrere, unterschiedliche Motoren enthalten sein können.¹⁰²

¹⁰² Vgl. GEJ_CylinderHead_InterimReport, 2015.

Anwendungsbeispiel

Ziel: Auswahl eines package-relevanten O-Rings aus einer SBOM

Auszug der Schadensfall-Maske:

Level 3 – Item Seq.: 600

Level 4 – Item Seq.: 1

Level 5 – Item Seq.: 14

Die Item Seq. ist die Item-Position in der Stückliste. Nach der letzten vordefinierten Item Seq. wird abgebrochen und das dazugehörige Item ausgewählt.

Abbildung 24 zeigt einen exemplarischen SBOM-Auszug, in welchem ein Pfad einer Maske farblich markiert ist. Die gesamte SBOM ist aufgrund der großen Datenmenge und durch die Abbildung von Firmeninterna nicht Bestandteil der vorliegenden Arbeit.

Level	Item	Description	Item Seq
5	302795	Cylinder line	9999
3	-624822	Cylinder hea	600
4	-624823	Cylinder hea	1
5	-405085	Cylinder hea	1
6	405086	Cylinder hea	9999
5	356699	Intake valve	2
5	338039	Exhaust valv	3
5	190299	Valve giude	4
5	438602	Sealing ring	5
5	-383325	Precombusti	6
6	-358461	Precombusti	1
7	499734	Round profil	9999
6	-367151	Spark plug si	3
7	367235	Round profil	9999
6	456735	O-ring	5
5	319744	O-ring	7
5	319743	O-ring	8
5	-122477	Spectacle fla	9
6	103662	Sheet metal	9999
5	-122482	Stud bolt	10
6	101951	Round profil	9999
5	101817	Hexagonal n	11
5	-168672	Spacer sleev	12
6	100797	Round profil	9999
5	102787	Spring dowe	13
5	174461	O-ring	14
5	184157	Locking ring	15

Abbildung 24: Auswahl eines package-relevanten Items (O-Ring) in SBOM-Auszug

Masken lassen sich prinzipiell im Tool schnell und einfach anlegen, managen und augenblicklich validieren (siehe Abbildung 25).

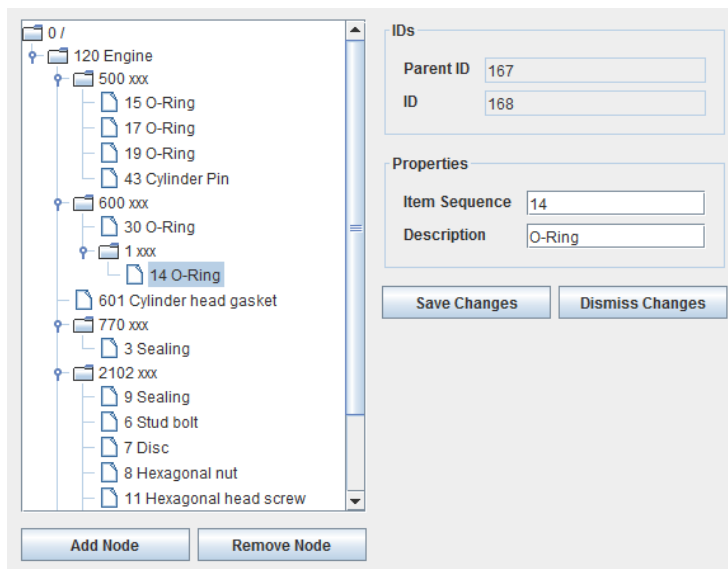


Abbildung 25: Maske für Package 1 - Baureihe 6

Anmerkungen zum Anwendungsbeispiel:

- Die Level-Bezeichnung stimmt in Abbildung 24 nicht mit Abbildung 21 überein. Ein Item wie der Zylinderkopf beispielsweise, ist allgemein gesehen auf Ebene 4. Aufgrund der großen Datenmenge eines SBOM-Auszugs wird der SBOM-Auszug weitestgehend reduziert, sodass der Zylinderkopf nun auf Ebene 3 „liegt“. Die Referenzebene 0 in Abbildung 21 ist folglich die Ebene 1. Die Item Seq. bleibt in jedem Falle gleich.
- Die Ebenen-Zugehörigkeit ist im Laufe der Zeit gestaltet und verändert worden. Zwar ist eine komplexe Baugruppe oftmals auf Ebene 4, jedoch können Einzelteile auch auf gleicher, übergeordneter oder untergeordneter Ebene liegen. Gründe dafür können die Komplexität der Baugruppe, die Anzahl der Montagestufen als auch die Evolution der Stückliste sein.
- Es ist die Möglichkeit zu beachten, dass sich die Position und/oder die Ebene eines Elements durch einen manuellen Eingriff in das System in der Vergangenheit verändert haben kann. Die Ausgabe des *PackageCreator* – Package/Bestellliste – soll daher in jedem Fall überprüft werden, um Fehler im Ersatzteil-Package zu vermeiden. Die Funktionsweise des *PackageCreator* ist im Anhang 1 (Abbildung 37) detailliert abgebildet.

8 Anwendung Kitting-Konzept

Ein weiteres Ergebnis dieser Arbeit besteht in der Entwicklung von Dichtungssätzen (Sets). Auf Basis der theoretischen Definition des Kitting-Konzepts wurden Sets für die Baureihen 3 und 6 konzipiert. In weiterer Folge wurde die Profitabilität abgeschätzt (siehe Kapitel 11.3.1) und mit der pilothaften Umsetzung eines Zylinderkopf-Dichtungssatzes für die Baureihe 3 begonnen (siehe Kapitel 12.2). Die Abbildung im ERP-System ist in Anhang 3 dargestellt (siehe Abbildung 40).

8.1 Set-Bildung

Ein Set kann jederzeit Bestandteil eines Packages werden, solange die kosten- und umsatzorientierten Überlegungen dies nahe legen. Deshalb kann das Konzept der Ersatzteil-Packages um Sets erweitert werden. Das Bilden von Sets wird in der Literatur als das sog. Kitting beschrieben (siehe Kapitel 3.3). Ein Set ist vorverpackt und beinhaltet nicht-sortenreine Ersatzteile, vorrangig Normteile und geringwertige Teile (C-Teile). Grundsätzlich gibt es keinen Unterschied zwischen Kits und Sets. Weil Kits bereits interne Verwendung in einem anderen Zusammenhang finden, wurde die Bezeichnung Set eingeführt.

Sets beinhalten ausnahmslos geringwertige Teile und werden vorverpackt vom Zulieferer bereitgestellt. Eine hohe Wirtschaftlichkeit und Kundenorientierung sind die Voraussetzungen für die Set-Bildung. Im Zuge des Projektes wurden diesbezüglich positive und negative Treiber identifiziert. Zum einen können Prozesskosten eingespart werden (siehe Kapitel 11.4) und zum anderen der Umsatz gegenüber der Ist-Situation gesteigert werden (siehe Kapitel 11.3). Der Prozess kann zudem durch die Reduzierung von Falsch- und Fehllieferungen qualitativ verbessert werden. Eine detaillierte Betrachtung dazu findet sich in Kapitel 11.2. Durch das Vorverpacken der Sets entsteht ein Mehraufwand für den Zulieferer, sodass sich die Beschaffung der Sets gegenüber Einzelteilen kostenintensiver gestaltet (siehe Kapitel 11.4).

Welche Items Bestandteil eines Sets werden, entscheidet hauptsächlich der Variantenanzahl der einzelnen Items. Zudem sind primär geringwertige Items und Items mit gleichem Zulieferer inkludiert. Jede weitere Variante eines Items erhöht die Anzahl an Set-Varianten exponentiell. Theoretisch besteht auch die Möglichkeit, „Off-Engine Items“ in Sets zu inkludieren. „Off-Engine Items“ sind Varianten eines Items, von denen nur eine Variante für den jeweiligen Motor geeignet ist. Dadurch würde sich zwar die Variantenvielfalt reduzieren, jedoch auch ein Risiko der Verwechslungsgefahr entstehen. Zudem ist fraglich, ob der Kunde insbesondere für teure „Off-Engine Items“ bezahlen würde, die nicht für seinen Motor geeignet sind.

Ersatzteil-Packages inklusive Sets

Abbildung 26 und Abbildung 27 zeigen die Integration eines Sets in *Package 1*, wobei grundsätzlich die Systematik aus Kapitel 6.3 beibehalten wird. Neben der rein theoretischen technischen Ebene (Technical relations) gibt es nun zusätzlich eine theoretische, wirtschaftliche Ebene (Economic relations). Die Zylinderkopfdichtung und die Verbindungsteile zum Turbolader sind variantenreich und daher jeweils nicht im Artificial Element 1 (Set) enthalten.¹⁰³

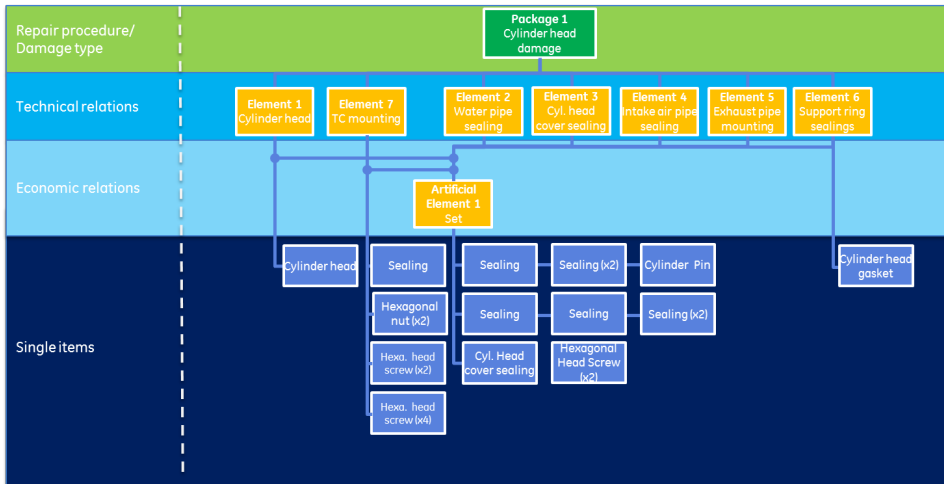


Abbildung 26: Zusammensetzung Package 1 inkl. Set - Baureihe 3¹⁰⁴

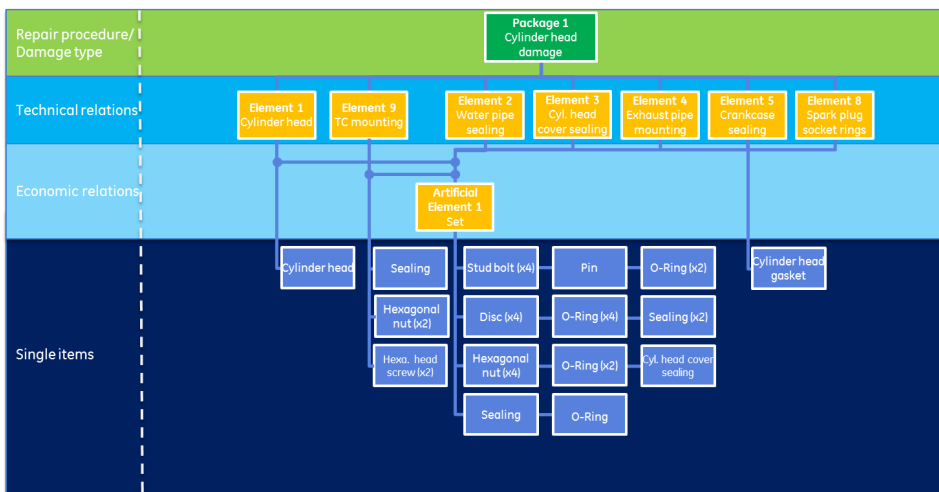


Abbildung 27: Zusammensetzung Package 1 inkl. Set - Baureihe 6¹⁰⁵

¹⁰³ Vgl. GEJ_CylinderHead_InterimReport, 2015.

¹⁰⁴ In Anlehnung an 2014_11_04_SPVM_InterimReport, S. 6, 2014.

Unknown
Feldfunktion geändert

Abbildung 28 stellt *Package 2* inklusive des Sets dar.

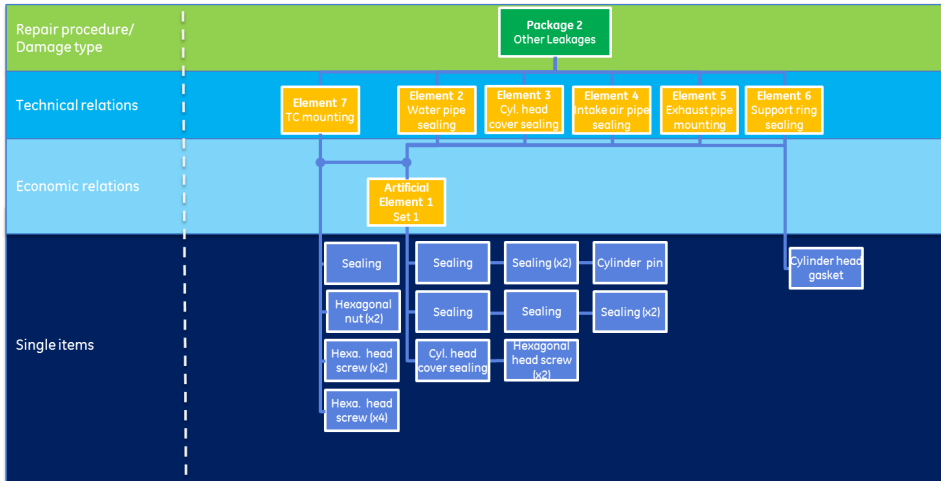


Abbildung 28: Zusammensetzung Package 2 inkl. Set - Baureihe 3¹⁰⁶

Abbildung 29 zeigt *Package 2*, *Package 3* und *Package 4* der Baureihe 6. *Package 2* kann praktisch komplett zu einem Set zusammengefasst werden.

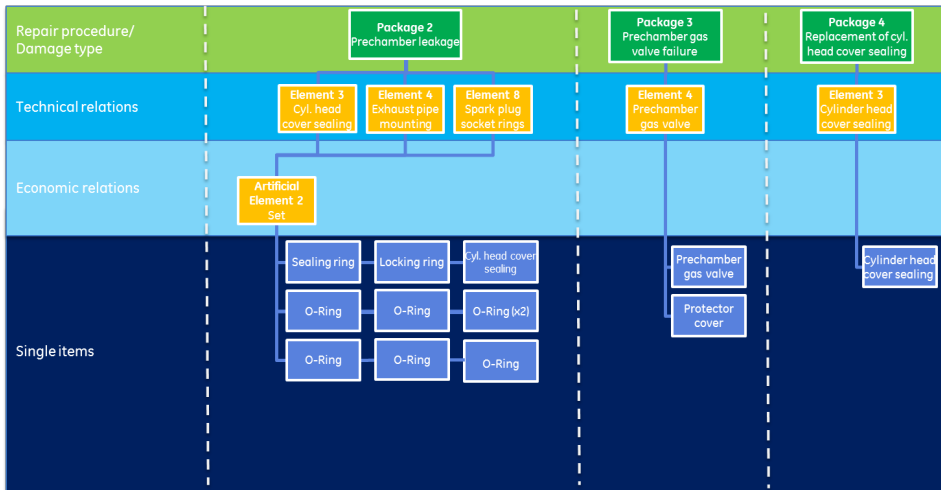


Abbildung 29: Zusammensetzung Package 2 inkl. Set - Baureihe 6¹⁰⁷

¹⁰⁵ In Anlehnung an 2014_11_04_SPVM_InterimReport, S. 6, 2014

¹⁰⁶ Ibid.

¹⁰⁷ Ibid.

Unknown
Feldfunktion geändert
 Unknown
Feldfunktion geändert
 Unknown
Feldfunktion geändert

Abbildung 30 zeigt die Darstellung für *Package 5* der Baureihe 6.

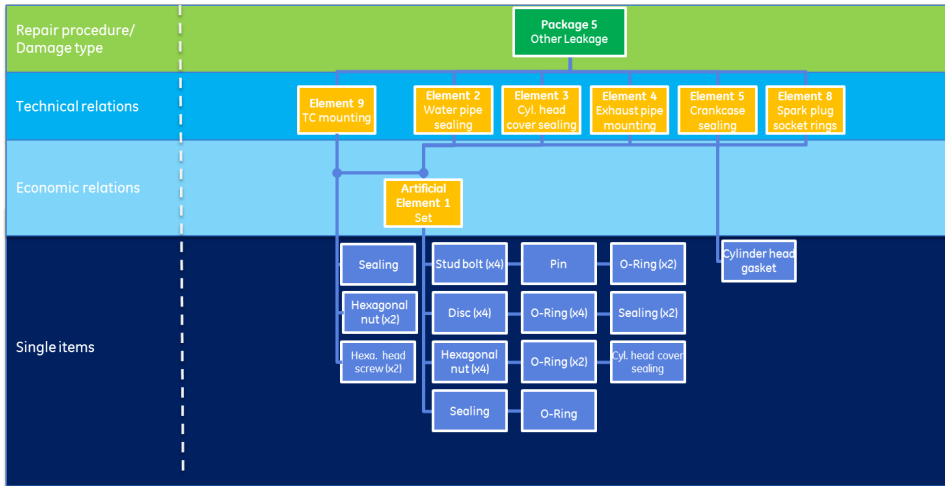


Abbildung 30: Zusammensetzung Package 5 inkl. Set - Baureihe 6¹⁰⁸

¹⁰⁸ Ibid.

Unknown
Feldfunktion geändert

8.2 Dokumentation der Vorgehensweise des Kitting-Konzepts

Schritt	Datenbasis	Tätigkeiten	Angewandte Methoden	Ergebnisse
1	Bestandteile der Ersatzteil-Packages (siehe Kapitel 6.3); unternehmensinterne Dokumente zu Dichtungssätzen	Prüfung der Varianten von geringwertigen Teilen (Items) anhand von Produktprogrammen und Expertengesprächen	Befragung von Experten im Service	Bestandteile von Sets
2	Ersatzteil-Packages und Bestandteile von Sets	graphische Darstellung nach bekanntem Muster (siehe Kapitel 6.3)	keine dezidierte Methode	künstliche Set-Elemente (Artificial Elements)

Tabelle 4: Dokumentation der Vorgehensweise - Kapitel 8 (eigene Darstellung)¹⁰⁹

Erläuterung der Vorgehensweise der Tabelle 4

Schritt 1:

Bei der Konzeption der Sets konnte teilweise auf unternehmensinterne Erfahrungen mit Dichtungssätzen zurückgegriffen werden. Die Anzahl der Varianten der Set-relevanten Items entsteht durch konstruktionstechnische Unterschiede zwischen verschiedenen Motorversionen und Baujahren. Die Produktprogramme, unternehmensinterne Dokumente und mehrere Expertengespräche konnten Aufschluss über die Set-relevanten Items geben.

Ziel war es, ein universelles Set je Schadensfall zu entwickeln. Die Voraussetzung dafür ist, dass Ersatzteile des heutigen Produktionsprogramms mit Originalteilen der im Feld installierten Gasmotoren kompatibel sind. Ist die 1-zu-1-Ersetzbarkeit nicht gegeben, so entsteht eine größere Variantenvielfalt von Sets. Um jedoch die Anzahl der Varianten möglichst gering zu halten, konnte nicht jedes Item in das Set inkludiert werden (z.B. Zylinderkopfdichtung).

Schritt 2:

Für die Darstellung der Sets mussten die technischen Beziehungen aufgebrochen werden, um ein neues „künstliches“ Set-Element anlegen zu können. Die Abbildungen in Kapitel 6.3 wurden dahingehend abgeändert.

¹⁰⁹ Vgl. GEJ_CylinderHead_InterimReport, 2015.

9 Analyse Ist-Auftragsabwicklungsprozess

Wie in Kapitel 3.1 dargestellt, ist der Auftragsabwicklungsprozess von wichtiger Bedeutung in der Ersatzteillogistik. In jedem der Prozessschritte werden Ressourcen beansprucht und verbraucht. Die Analyse des Ist-Prozesses soll klären, welche Prozessschritte ressourcenintensiv sind und die höchsten Prozesskosten verursachen. Nicht jeder Prozessschritt wurde dabei im Detail auf den Ressourceneinsatz, Zeit, Kosten und Qualität untersucht. Dennoch ist die Kenntnis der Prozesse und deren Funktion, sowie Interaktion mit anderen Prozessen wichtig.¹¹⁰

Nur die Prozessschritte, die von einer Implementierung von Ersatzteil-Packages betroffen sind wurden identifiziert und ihnen in Kapitel 9.2 sogenannte Impact Points zugeordnet. Denn „... eine wesentliche Herausforderung bei der Prozesskostenrechnung stellt die Datenerhebung dar. Es ist eine detaillierte Analyse erforderlich. Die Ermittlung von tatsächlich anfallenden Bearbeitungszeiten, Ressourcenbedarfen und durchschnittlichen Inanspruchnahmen ist recht aufwändig und erfordert ggf. eine Erhebung über Tage oder Wochen hinweg.“¹¹¹ Die effiziente Vorgehensweise ermöglicht eine gezielte Analyse des Ist-Prozesses, ohne diesen ins kleinste Detail zu zerlegen und den Ressourceneinsatz, Zeit, Kosten und Qualität für jeden Prozessschritt zu dokumentieren.

9.1 Aufnahme Ist-Auftragsabwicklungsprozess

Der Ist-Auftragsabwicklungsprozess konnte durch unternehmensinterne Dokumente identifiziert werden (siehe Tabelle 5). Der Prozess wurde mit Experten aus Service und Lager analysiert, um bei der Umsetzung betroffene Prozessschritte zu identifizieren und die potentiellen Auswirkungen abzuschätzen. Das Ergebnis dieser Diskussion sind die Impact Points.

9.2 Identifikation der Impact Points

Eine Implementierung der Ersatzteilpackages betrifft die Aktivitäten mehrerer Prozessschritte entlang des Auftragsabwicklungsprozesses. Stark betroffene Prozessschritte wurden mit Impact Points versehen und hinsichtlich Ablauf, Verantwortlichkeiten und Kosten analysiert. Ein Impact Point kann dabei bezüglich Zeit, Qualität oder Kosten vergeben werden.

In Tabelle 5 finden sich die Ist-Daten. Mit Experten aus Service und Lager konnten drei Impact Points vergeben werden.

¹¹⁰ Vgl. Allweyer, 2005, S. 240.

¹¹¹ Ibid.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Interne Prozessschritt-Bezeichnung		Prozessfluss	Impact Point	Verantwortlichkeit
Sourcing	1. Pre-Processing	Anfrage/Ersatzteilauftrag (aufgrund Schadens- oder Wartungsfall) von Kunde		Helpdesk oder Kundendienst (Sub, HQ)
		Ersatzteil-Identifikation und Erstellung & Buchung des ORACLE Kundenauftrags von Ersatzteilen	x	Kundendienst (Sub, HQ)
	2. Processing	Automatische Verfügbarkeitsprüfung in ORACLE (Disposition)		Kundendienst (Sub, HQ)
		Erstellung der Auftragsbestätigung und Weiterleitung an Partner per E-Mail		Kundendienst (Sub, HQ)
		Bei Erreichen des Status „Scheduled Pick Date“ automatische Statusänderung zu „RTW“		Kundendienst (Sub, HQ)
	3. Post-Processing	Automatisches quittieren der Packliste und der Zollrechnung (Non-EU) und Weiterleitung per E-Mail zu Partner		Kundendienst (Sub, HQ)
		Bei Fertigstellung der Sendung: Automatische Rechnungserstellung		Kundendienst (Sub, HQ)
		Übermittlung der Rechnung an Partner (E-Mail/Post/Fax)		Kundendienst (Sub, HQ)
	WH & OM	4. Operational Readiness & Customs and Commercial Readiness	Warenannahme	x
Einlagerung der Gutteile nach lagerspezifischen Gesichtspunkten				
Druck und Sortierung der Packanweisung				
Materialentnahme		x		
Wareninspektion und Verteilung der Arbeitslast				
Verpackung				
Finale Kontrolle nach diversen Kriterien				
Beifügen der notwendigen Dokumente				
Übergabe Pakete an Forwarder				
Kontrolle nach diversen Kriterien				
Paketübernahme				
Auswahl des Dienstleisters nach diversen Kriterien				
Erfassung in Oracle ERP				
Anbringen von Labels und Frachtpapieren				
Ladung und Scannung				
Ship Confirm				

Tabelle 5: Prozesskosten Ist-Auftragsabwicklungsprozess (eigene Darstellung)

Die Ersatzteil-Identifikation wird insbesondere durch die Anwendung des *PackageCreators* beeinflusst. Der manuelle Prozessschritt kann dadurch stärker automatisiert werden. Bislang identifiziert der Kunde die Ersatzteile für einen Schadens- oder Wartungsfall mittels des Ersatzteilkatalogs des jeweiligen Motors. Das ERP-System, sowie die Online-Anwendung „SPATSL“ (Spare Parts List) unterstützen den Kunden dabei. Der Kunde nutzt die Teilebeschreibung, um in den Baugruppen die jeweiligen Ersatzteile und deren Teilenummern zu identifizieren. Er muss sicherstellen, die richtigen Ersatzteile in der richtigen Menge zu bestellen. Die Qualität und Geschwindigkeit des Prozessschritts wird besonders durch den Erfahrungsschatz beeinflusst. Der Prozessschritt wird weitestgehend manuell durchgeführt und ist somit zeitaufwendig und fehleranfällig.

Einen weiteren Impact Point durch Sets stellt die Warenannahme dar. Durch eine Implementierung von Sets wird aus den einzelnen Items, welche größtenteils Schüttgut sind, nun bestandsgeführtes Material. Die Verpackung erhöht das Volumen der Sets, sodass zusätzlich zum Schüttgut, Paletten mit Sets angenommen werden müssen. Die Kosten liegen in der Warenannahme aktuell bei XXXX € pro LPN¹¹² (Stand 05/2015).

Durch neue Sets entsteht darüber hinaus ein größerer Bedarf an Lagerfläche. Dieser Fakt kann jedoch Expertenmeinungen nach vernachlässigt werden.¹¹³

Des Weiteren konnte die Materialentnahme als Impact Point identifiziert werden. Im Lager wird jedes Item einzeln kommissioniert. C-Teile – zumeist Schüttgut – werden gezählt oder auch gewogen. Der Lagerbetreiber verrechnet unabhängig von Menge und Abmessungen des Items, einen Pauschalbetrag von XXXX € pro Line¹¹⁴ (Stand 05/2015). Der Prozess ist bisweilen sehr zeitaufwändig und birgt, aufgrund manueller Entnahme und Zählung Fehlerpotential. Das Vorverpacken von C-Teilen zu Sets reduziert den Aufwand im Lager.

¹¹² LPN - License Plate Number: Kennzeichnung eines Ladehilfsmittels wie z.B. Schütte, Gitterbox oder Palette.

¹¹³ Nach Aussagen von verantwortlichen Mitarbeiter des Lagers.

¹¹⁴ Eine Line entspricht einem zu kommissionierenden Artikel. Menge, Abmessungen und Wert sind dabei unerheblich.

Unknown
Feldfunktion geändert
Unknown
Feldfunktion geändert
Unknown
Feldfunktion geändert

9.3 Dokumentation der Vorgehensweise zur Analyse des Ist-Prozesses

Schritt	Datenbasis	Tätigkeiten	Angewandte Methoden	Ergebnisse
1	Interne Dokumente (Process Flow)	Prozessaufnahme	Prozessaufnahme/Flussdiagramm	Ist-Auftragsabwicklungsprozess
2	Ist-Auftragsabwicklungsprozess	Identifizierung von Prozessschritten welche durch die Ersatzteil-Packages maßgeblich beeinflusst werden	Prozessanalyse, Workshop mit Projektverantwortlichen, Befragung von Verantwortlichen aus dem Bereich Lager	Impact Points

Tabelle 6: Dokumentation der Vorgehensweise - Kapitel 9 (eigene Darstellung)

10 Entwurf Soll-Prozess

Eine Umsetzung von Ersatzteil-Packages hat Auswirkungen auf die Prozessschritte und auf die damit verbundenen Tätigkeiten. Wo diese Auswirkungen stattfinden, konnte in Kapitel 9.2 mit Expertenhilfe in Form der Zuordnung von Impact Points ermittelt werden. Nun soll geprüft werden, wie sich eine Implementierung auf die Tätigkeiten auswirken würde.

10.1 Neugestaltung relevanter Prozessschritte

Die Identifikation der Ersatzteile kann durch den Einsatz des *PackageCreators* erheblich beeinflusst werden. Der Prozessschritt bleibt grundsätzlich bestehen, jedoch verändern sich die Tätigkeiten des Kundendienstes in den Tochterunternehmen (Subs).

Alle relevanten Ersatzteile werden durch die Auswahl des jeweiligen Schadens- oder Wartungsfalls und die Eingabe der Final Assembly Nr. ausgegeben. Es besteht weiterhin die Möglichkeit, Mengen zu verändern oder andere Ersatzteile hinzuzufügen oder zu entfernen. Die Item Description der ausgegebenen Items sollte in jedem Falle mit der Soll-Item Description abgeglichen werden, um mögliche Fehler in der Bestellliste noch korrigieren zu können. Items, welche durch die Tool-Logik nicht eindeutig identifiziert werden können, müssen aktiv per „Klick“ oder „Dropdown“-Menü ausgewählt werden. Dieser manuelle Eingriff lässt sich aufgrund der gewachsenen SBOM-Struktur nicht automatisieren.

Im Lager verändern sich die Prozessschritte grundsätzlich nicht. Ersatzteil-Packages werden wie Bestelllisten gehandhabt und Sets haben einzigartige Teilenummern, denen Lagerplätze zugeordnet sind. Somit ist weder die Warenannahme noch die Materialentnahme betroffen – auch wenn es hier einen Impact Point gibt. Kapitel 11.4 zeigt, dass dieser rein finanzielle Auswirkungen hat.

Festzuhalten ist, dass durch die Implementierung von Ersatzteil-Packages der aktuelle Kommissionierprozess nicht eingeschränkt oder gar gestört wird. Wird von einer Vorkommissionierung des Ersatzteil-Packages abgesehen, so kann der Status quo des Prozesses beibehalten werden.

10.2 Dokumentation der Vorgehensweise zum Soll-Prozess

Schritt	Datenbasis	Tätigkeiten	Angewandte Methoden	Ergebnisse
1	Ist-Auftragsabwicklungsprozess, Impact Points	Abschätzung der Auswirkungen einer Implementierung auf die Aktivitäten der priorisierten Prozessschritte	Datenvergleich; Messung von Zeiten; Vergleich von Referenzzeiten	Große Auswirkungen auf die Dauer der Aktivität: Ersatzteil-Identifikation im Service und Auswirkungen auf Prozessdauer- und -qualität im Lager, aber nicht auf Aktivitäten

Tabelle 7: Dokumentation der Vorgehensweise - Kapitel 10 (eigene Darstellung)

11 Kosten-Nutzen-Abschätzung

In diesem Kapitel wird das Potential, welches durch die Entwicklung von Ersatzteil-Packages generiert werden kann, analysiert. Dabei erfolgt eine Orientierung an den in Kapitel 9.2 identifizierten Impact Points und werden die Neugestaltung der Prozessschritte nach Kapitel 10.1 berücksichtigt.

Potential und Sinnhaftigkeit einer Umsetzung wurden in den Dimensionen Zeit, Kosten und Qualität betrachtet. Dieser bewährte Ansatz des Projekt- und Prozessmanagements formuliert die Balance der drei ergebnisorientierten, konkurrierenden Ziele.¹¹⁵ Zur Festlegung der Vorgaben eines Soll-Prozesses und folglich auch zur Abschätzung der Auswirkungen auf den Ist-Prozess bietet sich die Verwendung dieser Messgrößen an.¹¹⁶ Darüber hinaus soll auch das Umsatzpotential von Sets analysiert werden.

Die Analyse hinsichtlich der verschiedenen Dimensionen beruht auf einer Anzahl von Annahmen, die in den Folgekapiteln getroffen werden.

11.1 Zeit

In einem ersten – dieser Arbeit vorangestellten – Pilotprojekt¹¹⁷ mit der Fokus-Baugruppe Power Unit¹¹⁸ konnten bereits Potentiale in der Ersatzteil-Identifizierung mittels eines ähnlichen Online-Tools ausgemacht werden. Die praktische Anwendung beider Tools ist ident. Sie unterscheiden sich nur in der im Hintergrund ablaufenden Logik. Die Logik an sich hat keinen Einfluss auf den zeitlichen Ablauf hat. Daher wird an dieser Stelle ein vergleichbares Potential der Zeiteinsparung angenommen. Zudem wird die reibungslose Funktion des *PackageCreators* angenommen.

Im vorangegangenen Pilotprojekt wurde ein Ersatzteilauftrag simuliert, um die Zeitersparnis durch die Verwendung des Online-Tools feststellen zu können. Der Vergleich der Auftragsbearbeitungszeit (Ersatzteil-Identifizierung) zeigte eine signifikante Auswirkung. Exemplarisch wurde der Prozessschritt für ein Ersatzteil-Package der Power Unit mit fünf zu identifizierenden Ersatzteilen gemessen. Die „Dauer der Identifikation alt“ wurde mit 0,42 h/Bestellung aufgenommen, wohingegen für die „Dauer der Identifikation neu“ 0,17 h/Bestellung gemessen werden konnte. Dies entspricht einer Zeitersparnis von ca. 60%.¹¹⁹

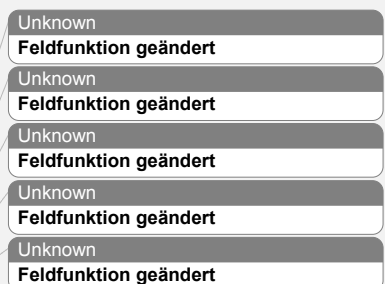
¹¹⁵ Vgl. Balzert, 2010, S. 81.

¹¹⁶ Vgl. Jörg Becker et al., 2013, S. 302.

¹¹⁷ Vgl. Prack, 2015, S. 54 ff..

¹¹⁸ Die Power Unit besteht aus den Baugruppen: Kolben, Zylinderbuchse, Pleuel

¹¹⁹ Vgl. Prack, 2015, S. 77.



Da es in den Lagern CutOff-Zeiten¹²⁰ gibt, ist eine Verkürzung der Durchlaufzeit eines Auftrags kaum zu erwarten. Theoretisch besteht aber die Möglichkeit, dass ein Auftrag welcher kurz vor der CutOff-Zeit eingeht, mittels des *PackageCreators* schneller bearbeitet und somit noch vor der CutOff-Zeit versandt werden kann.

Sämtliche potentielle Zeitersparnisse durch die Set-Bildung im Lager (z.B. kürzere Wege, verringerter Kommissionieraufwand, geringerer Verpackungsaufwand), sind ebenfalls durch die CutOff-Zeit limitiert. Die Prozesse sind zur Gänze an den Lagerbetreiber ausgelagert. Es werden nur Pauschalbeträge für sämtliche Lageraktivitäten (siehe Kapitel 9.2) verrechnet. Daher werden die potentiellen Zeitersparnisse nicht erhoben.

11.2 Qualität

Die Qualität des Auftragsabwicklungsprozesses lässt sich vor allem durch die Lieferzuverlässigkeit ausdrücken. Da der *PackageCreator* im Verlauf dieser Arbeit noch nicht „am Kunden“ getestet werden konnte, kann der Einfluss auf die Qualität nur vermutet werden. Es wird angenommen, dass der *PackageCreator* reibungslos funktioniert und Datenqualität dementsprechend hoch ist.

Die richtige Identifikation von Ersatzteilen stellt wie bereits eingangs erwähnt, aktuell ein Problem dar. Falschliefungen bzw. fehlenden Ersatzteile bewirken eine erhöhte Anzahl an Notfalllieferungen. Die Folge sind negative Auswirkungen auf die Lieferzuverlässigkeit und somit die Kundenzufriedenheit. Die vorgeschlagene Art und Weise der Umsetzung von Ersatzteil-Packages – mittels *PackageCreator* und Sets – wird sich positiv auf die Lieferzuverlässigkeit auswirken. Der *PackageCreator* identifiziert die richtigen Ersatzteile in der richtigen Menge, sodass eine Fehlerquelle mittels Automatisierung des Identifikationsprozesses ausgeschaltet werden kann. Die Anzahl an Beschwerden und darauf folgenden Notfalllieferungen kann sehr wahrscheinlich reduziert werden. Sets wiederum sind Job-spezifisch vorkommissioniert und vorverpackt, sodass ein notwendiges Ersatzteil nicht vergessen werden kann. Außerdem wird einer möglichen mengenmäßigen Unterlieferung vorgebeugt. Die einzelnen Items müssen im Lager nicht mehr gezählt und verpackt werden.

Der tagtägliche Umgang und die Nutzerfreundlichkeit sind ebenso entscheidend für einen optimalen Prozess. Vor allem die Tätigkeiten des Kundendienstes werden durch den *PackageCreator* und durch neue Sets beeinflusst. Die Akzeptanz des *PackageCreators* durch den Kundendienst ist dabei ein wichtiger Faktor. Ein nutzerfreundliches User-Interface als auch eine gute Verbindung zum ERP-System ist daher unbedingt notwendig. Daher wird ein ausgiebiger Testlauf intern als auch in

¹²⁰ Als CutOff-Zeit bezeichnet man den letztmöglichen Zeitpunkt zum Versand eines Auftrags. Aufträge die nach der CutOff-Zeit eingeht werden am nächsten Werktag versandt.

Unknown

Feldfunktion geändert

den deutschen Subs vorgeschlagen. Durch dieses Feedback wird es möglich, eine optimierte Version zur Verfügung zu stellen. Deutschland bietet sich als Testsegment an, da eine große Anzahl von Gasmotoren der Baureihen 3 und 6 installiert sind und eine sehr gute Kommunikation – ohne sprachliche Barrieren – zwischen Sub und Head Quarter besteht.

Die Prozesse bei Lieferanten und beim Lagerbetreiber ändern sich nicht. Daher gibt es dort keine Reibungsverluste durch Prozessumstellungen. Der Lieferant ist mit dem Vorverpacken von Items zu Sets bereits vertraut und erhält lediglich neue Produktionsaufträge. Da keine neuen Kommissionier- oder Verpackungsaktivitäten auf den Lagerbetreiber zukommen und Sets wie jedes andere Ersatzteil ein- und ausgelagert werden können, sind hier keine Prozessveränderungen zu erwarten. Auch der Lagerbetreiber hat bereits Erfahrung mit Sets.

11.3 Umsatz

Die Set-Bildung birgt großes Potential zur Umsatzsteigerung. Dies wird durch eine Abschätzung des Segmentpotenzials der Zylinderkopf-Dichtungssätze der Baureihen 3 und 6 deutlich. Die Datenbasis bilden die Sales Orders aus 2014.

Dabei ist hervorzuheben, dass die Abschätzung eines Segmentpotenzials von Sets auf Basis der Daten von 2014 nur unter Unsicherheit durchgeführt werden kann. An dieser Stelle werden daher Randbedingungen fixiert. Der Einfluss auf das Kundenverhalten von Marketing, Listenpreis, Rabattstaffelungen, tatsächlichem Ersatzteilbedarf und potentiellen Alternativ-Optionen kann aufgrund fehlender Referenzwerte nur vermutet werden kann.

Retrospektiv wurde ein Kundenverhalten angenommen, da der Kunde 2014 noch nicht die Möglichkeit eines Set-Kaufs hatte. Für eine Umsatzabschätzung wurde daher die Annahme getroffen, dass der Kunde ein Set zum kumulierten Listenpreis aller inkludierten Items hätte bestellen können und dies auch getan hätte, sofern er mehr als die Hälfte aller Items inklusive zweier Trigger-Items¹²¹ in seiner Sales Order von 2014 tatsächlich bestellt hat.¹²² Die Bestellmenge wurde in verschiedenen Szenarien in Kapitel 11.3.1 berücksichtigt. Es wurden keine Rabattstaffelungen oder Marketingmaßnahmen berücksichtigt. Zu Trigger-Items gibt es keine Alternativ-Optionen für den Kunden. Diese sind nur in Sets bestellbar, nicht von Dritten zu beziehen und der Kunde hat sie nicht auf Lager. Alle anderen Items in einem Set gibt es weiterhin auch als Einzelteile. Aufgrund der getroffenen Annahmen sind die in Kapitel 11.3.1 präsentierten Szenarien Hypothesen.

¹²¹ Trigger-Items sind Items eines Sets, die bei einem bestimmten Schadensfall immer getauscht werden und in ihrer Kombination auch nur in dieser Baugruppe am Motor verwendet werden (z.B. O-Ring oder Dichtung). Sind sie in einer umsatzrelevanten Sales Order von 2014 bestellt worden, so wird ein Set-Kauf unterstellt.

¹²² Vgl. GEJ_CylinderHead_InterimReport, 2015.

Unknown

Feldfunktion geändert

Für die Umsatzabschätzungen wurde sich nur auf umsatzrelevante Sales Orders aus dem Jahr 2014 beschränkt. *CSA/MSA_Preventive Maintenance*, *CSA/MSA_Corrective Maintenance*, sowie *COQ_Warranty*-Aufträge wurden für das Abschätzen des Umsatzeffektes einer Set-Bildung nicht betrachtet.¹²³

Die stichprobenartige Betrachtung von Ersatzteilaufträgen aus dem Jahr 2014 zeigt, dass oftmals nicht alle Set-relevanten Items in der vorgeschlagenen Menge enthalten sind. Der Umstand, dass nicht alle Teile bestellt wurden, kann durch verschiedene Gründe hervorgerufen werden. Bei genauer Betrachtung eines Großteils der Sales Orders 2014 fallen Differenzen in der Bestellmenge einzelner Items auf. Es konnten mehrere Gründe ermittelt werden. Der Kunde,

- befindet Alt-Teile als wiederverwendbar,
- hat Set-relevante Items noch auf Lager,
- bezieht Set-relevante Items vom Wettbewerber,
- produziert oder überholt Set-relevante Items selbst.

Zudem kommt es vor, dass Set-relevante Items bislang nur selten oder überhaupt nicht bestellt wurden. Möglicherweise wurden einzelne Teile (z.B. Dichtung oder Schraube) bislang als „nicht unbedingt notwendig“ erachtet. Im Zweifel fehlt jedoch genau dieses Ersatzteil vor Ort, sodass der Kunde entweder das Alt-Teil wiederverwenden, oder – im ungünstigsten Fall – auf eine Nachlieferung warten muss. Spätestens dann kann die Wirtschaftlichkeit der Entscheidung in Frage gestellt werden.

11.3.1 Abschätzung Segmentpotenzial

Das Segmentpotenzial ist die erwartete höchstmögliche Absatzmenge eines Segmentes für ein Produkt.¹²⁴ Abbildung 31 zeigt den Ist-Umsatz (XXXX €) der Set-relevanten Items von Sales Orders 2014, welche Potential für ein Set gehabt hätten. Aufträge von Kunden mit Wartungsverträgen, bei denen die Ersatzteile inkludiert sind und „Internal Sales Orders“ verursachen keinen aktiven Umsatz und wurden somit nicht berücksichtigt. Die Set-Bildung hat in einem konservativen Szenario einen Umsatzeffekt von ca. XXXX € (Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3) bzw. XXXX € (Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 6). Aufgrund der umfangreichen Datenbasis und der vielfachen Verwendung von Unternehmensinterna sind weitere Details nicht mit aufgeführt.

¹²³ Diese Aufträge gehen von Garantiefällen oder Kunden mit Service-Verträgen aus, welche auf vertraglich geregelter Basis Ersatzteile und weitere Serviceleistungen gegen regelmäßige Zahlungen erhalten. Kunden könnten zwar Sets erhalten, würden dafür aber nicht zahlen. Es ist fraglich, ob der Vertragspreis aufgrund eines Mehrwerts von Sets angehoben werden könnte.

¹²⁴ Vgl. <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/marktpotenzial.html>, Zugriff 10.06.2015.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Min- und Max-Szenarien sind hypothetisch für den Fall, dass der Kunde anstelle der Set-relevanten Items, ganze Sets hätte bestellen können und diese auch bestellt hätte. Min-Szenario und Max-Szenario hängen dabei von der Menge der Trigger-Items ab. Das Mid-Szenario stellt einen konservativen Mittelwert dar, welcher aufgrund der Inhomogenität der Bestellmenge von Trigger-Items gebildet wird.

Folgendes Beispiel soll repräsentativ für alle berücksichtigten Sales Orders 2014 stehen und den Sachverhalt in Abbildung 31 und Abbildung 32 erläutern:

Beispielhafter Set-Inhalt:

- *Trigger-Item A* (Menge: 1)
- *Trigger-Item B* (Menge: 1)
- *Item C* (Menge: 1)

Beispielhafte Sales Order von Kunde:

- *Trigger-Item A* (Bestellmenge: 40)
- *Trigger-Item B* (Bestellmenge: 20)
- *Item C* (Bestellmenge: 80)

Für diese Sales Order wird die potentielle Set-Menge in einem Min-Szenario auf 20 und in einem Max-Szenario auf 40 geschätzt. Das Set beinhaltet demnach *Item A*, *Item B* und *Item C* je 20mal bzw. 40mal.

Da für den Ist-Umsatz von Set-relevanten Items in 2014 das *Item C* 80mal berücksichtigt ist, entsteht bei Bildung der Szenarien eine Differenz zwischen potentielltem Set-Umsatz und Ist-Umsatz. *Item C* ist praktisch „überproportional“ oft bestellt.

Sales Orders in denen ein oder mehrere Set-relevante Items überproportional gegenüber den Trigger-Items bestellt wurden, haben keinen negativen Effekt auf den Umsatz. Diese „Ausreißer“ werden nicht durch Sets berücksichtigt und verursachen demnach keinen Mehrumsatz. Viel mehr bleibt der durch diese Items generierte Umsatz konstant, vorausgesetzt der Kunde ändert sein Bestellverhalten nicht. Dieser Anteil am Umsatz wird in Abbildung 31 und Abbildung 32 mit „x“ symbolisiert ($x \geq 0$). Aufgrund der Inhomogenität der Bestellungen ist der tatsächliche „x“-Wert nicht präzise zu bestimmen. Da nicht mit Sicherheit gesagt werden kann, ob der Kunde möglicherweise 80 Sets bestellt hätte (*Item C* ist kein Trigger-Item), wird an dieser Stelle in jedem Fall konservativ geschätzt und der Umsatz von *Item C* (40mal) zum Set-Umsatz addiert.

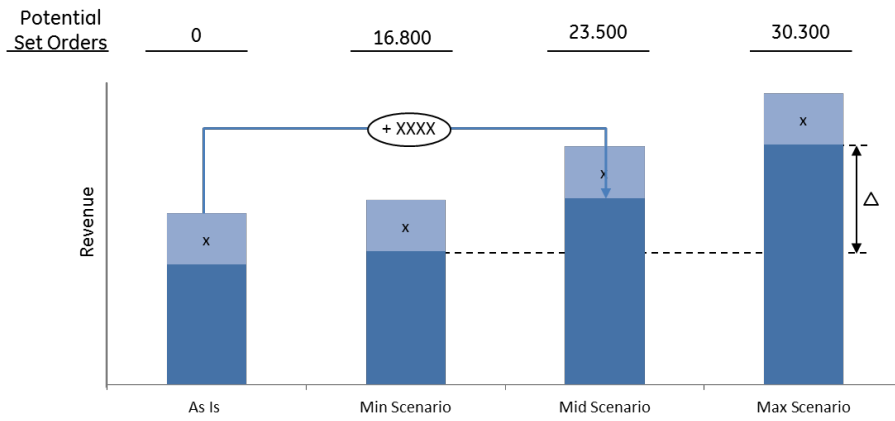


Abbildung 31: Umsatzszenarien für Zylinderkopf-Dichtungssatz - Baureihe 3 (eigene Darstellung)

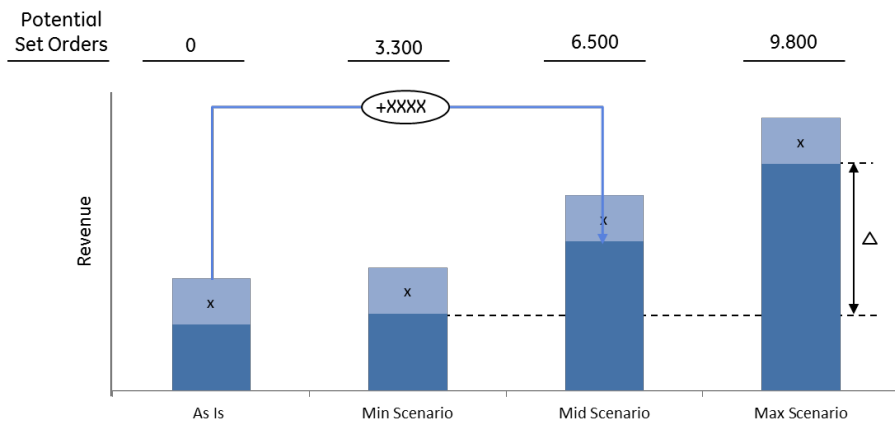


Abbildung 32: Umsatzszenarien für Zylinderkopf-Dichtungssatz - Baureihe 6 (eigene Darstellung)

Das unterschiedlich hohe Potential resultiert aus dem tatsächlichen Bestellverhalten, welches als Datengrundlage diente. Kunden mit Motoren der Baureihe 3 bestellten tendenziell bereits einen Großteil der Set-relevanten Items, sodass durch ein Set kaum mehr Items verkauft werden. Kunden mit Motoren der Baureihe 6 bestellten einen geringeren Anteil aller Set-relevanten Items. Ein möglicher Grund liegt darin, dass einzelne Items des Sets als nicht unbedingt notwendig erachtet wurden oder andere wiederverwendet werden konnten. Um eine 100%ige Job-Fill-Rate zu garantieren, sind diese Items nun im Set inkludiert und ein Mehrumsatz kann generiert werden.

Zur besseren Vergleichbarkeit der Umsätze ist ein „Mengen-Multiplikator“ in keinem der Szenarien berücksichtigt. Der Mengen-Multiplikator wird in Kapitel 11.3.2 berücksichtigt.

Die Vorgehensweise zur Bestimmung des Segmentpotenzials ist in Folge im Detail erläutert.

Vorgehensweise

Schritt 1: Umsatzrelevante Sales Orders (Ersatzteilaufträge) im KPI 2014 identifizieren

Die relevanten Daten sind im Service verfügbar. Sales Orders von Kunden mit Service Level Agreements und interne Sales Orders, die jeweils keinen direkten Umsatz generieren, werden nicht betrachtet.

Schritt 2: Trigger -Items identifizieren

Ein Trigger-Item ist im mathematischen Sinn eine notwendige Bedingung für ein Set. In der Realität gibt es dennoch Ausnahmen. Unter Kapitel 11.3.1 sind mögliche Gründe angeführt. Daher werden „zur Sicherheit“ zwei Trigger-Items bestimmt.

Für den Schadensfall 1 (Schaden am Zylinderkopf) wurden für die Baureihe 3 und Baureihe 6 je zwei Trigger-Items identifiziert. Alle anderen Items im Set sind nicht notwendiger Weise Trigger-Items.

Schritt 3: Umsatzrelevante Sales Orders nach Trigger-Items filtern

Es ergibt sich eine Anzahl von umsatzrelevanten Sales Orders, welche Potential für ein Set haben.

Schritt 4: Umsatz abschätzen

Diese Sales Orders werden auf ihren Inhalt geprüft und die Summe der Umsätze aller Set-relevanten Items gebildet (Ist-Umsatz 2014).

Basierend auf der Menge der bestellten Trigger-Items wird die potentielle Set-Menge abgeleitet. Dabei gibt es eine maximale und eine minimale Menge, da nicht immer die gleiche Menge von beiden Trigger-Items bestellt wurde. Beispielsweise wird *Trigger-Item A* (z.B. O-Ring) nicht immer in derselben Menge bestellt wie *Trigger-Item B* (z.B. Dichtung), da es entweder der Kunde auf Lager hat oder es vom Wettbewerber bezogen wird. Daher wird das Item möglicherweise nicht bestellt, obwohl die Sales Order für den Schadensfall relevant ist und einen Umsatz ausgelöst hätte. Dieser Fall wird durch das Delta in Abbildung 31 und Abbildung 32 ausgedrückt.

11.3.2 Vorschlag eines Mengen-Multiplikators für Sets

Ein Mengen-Multiplikator ist ein vordefinierter Faktor, mit dem die Losgrößen der Bestandteile eines Sets bestimmt werden. Im Zuge der Analyse des hypothetischen Bedarfs von Sets 2014 konnte der Faktor vier gefunden werden (siehe Abbildung 41 und Abbildung 42 in Anhang 4). Der statistische Bedarf von 2014 und weitere qualitative Aspekte indizieren die Sinnhaftigkeit eines solchen Faktors:

- Statistischer Bedarf/Bestellmengen in der Praxis

Die Analyse der Bestellmengen von Ersatzteilen 2014 zeigt, dass über 64%¹²⁵ (Baureihe 3) bzw. 55%¹²⁶ (Baureihe 6) aller umsatzrelevanten Sales Orders 2014 die Set-Potential haben, ein Vielfaches von vier darstellen (siehe Abbildung 41 und Abbildung 42 in Anhang 4). Ausschlaggebend hierfür sind die Wartungsfälle der Gasmotoren mit Zylinderanzahlen von 12, 16, 20 und 24. Die qualitative Einschätzung eines Servicetechnikers, dass ein Schadensfall selten allein auftritt, sondern im Schnitt ca. vier Zylinderköpfe getauscht werden bestärkt die Tendenz zu diesem Faktor.

- Implizite Überlieferung für den Notfall

Es ist durchaus denkbar, dass der Service-Techniker vor Ort feststellt, dass er spontan zusätzliche Set-Items für einen Schadensfall benötigt. Zum Beispiel kann es vorkommen, dass die Abgasdichtung nicht nur für den schadhaften Zylinderkopf benötigt wird, sondern auch für den Nachbar-Zylinderkopf, da an diesem die Abgassammelleitung gelöst werden muss, um den schadhaften Kopf zu demontieren. Da die Set-Items in ihrer Menge für vier Schadensfälle vorgeschlagen sind, würde er diese zusätzlich benötigten Items im Set „finden“ und könnte sofort reagieren.

- Umsatzverschiebung mit frühest möglichem Zahlungseingang

Sollte der Kunde für jeden Schadensfall in Zukunft exakt die vorgeschlagene Anzahl an Set-Items benötigen, so würde er weniger oft bestellen, da er die Set-Items eines in der Vergangenheit bezogenen Sets verwenden könnte. Zwar impliziert dies die Bildung von Mehrbestand beim Kunden, jedoch reduzieren sich Prozesskosten beim Hersteller und im Notfall hat der Kunde die Set-Items bereits vor Ort.

- Geringerer Aufwand im Lager

¹²⁵ Min-Szenario 64% und Max-Szenario 71% (berücksichtigt wurden nur Sales Orders mit einem Set-Potential < 53 Set Orders)

¹²⁶ Min-Szenario 56% und Max-Szenario 55% (berücksichtigt wurden nur Sales Orders mit einem Set-Potential < 53 Set Orders)

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

Eine geringere Anzahl von Sets durch einen Multiplikator führt zu weniger Lagerplatzbedarf und geringeren absoluten Picking-Kosten. Je höher der Multiplikator, desto weniger Sets müssen gelagert werden. Dies gilt vor allem für Sales Orders mit großen Bestellmengen.

- Reduzierung von Verpackungskosten

Der Preis eines Sets mit Mengen-Multiplikator von vier, kann günstiger gestaltet werden, als der Preis von vier einfachen Sets, da der Set vorverpackende Zulieferer einen Pauschalpreis pro Verpackung verlangt.

- Reduzierung von Verpackungsmaterial

Der Zulieferer muss eine geringere Anzahl an Sets bilden, was zu einer Reduzierung von Verpackungskosten führt. Außerdem kann das vor Ort zu recycelnde Verpackungsmaterial reduziert werden.

- Reduzierung des Entpackungsaufwands bei Vor-Ort-Reparaturen

Bestrebungen in der Vergangenheit nur geringfügig vor zu konfektionieren, resultierten in einen hohen Entpackungsaufwand. Dabei stieg die Zahl der Beschädigungen, da z.B. O-Ringe beim Aufschneiden der Verpackung versehentlich verletzt wurden. Außerdem waren Service Techniker teilweise übermäßig mit dem Entpacken beschäftigt.¹²⁷

11.4 Kosten

Der *PackageCreator* als auch die Set-Bildung können sowohl zu Kosteneinsparungen als auch Kostenerhöhungen führen. Der Ressourceneinsatz, der mit einer Implementierung beider Konzepte zusammenhängt, verursacht laufende Kosten und wird in Folge abgeschätzt.

Insbesondere bezüglich der Set-Bildung werden Annahmen zum Kundenverhalten getroffen. Zugrunde liegt eine hypothetische Nachfrage entsprechend des mittleren Szenarios von ca. XXXX (Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3) und ca. XXXX (Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 6) pro Jahr (siehe Kapitel 11.3.1).¹²⁸

Die Vorverpackung durch den Zulieferer kostet XXXX € pro Set (unverhandelt). Je höher die Anzahl von Sets, desto höher die zu Buche schlagenden Kosten. Kann der Pauschalpreis nicht neuverhandelt werden, so sind Mehrkosten von ca. XXXX €

¹²⁷ Aussage eines Service-Technikers

¹²⁸ XXXX bzw. XXXX ist die hypothetische Nachfrage (mittleres Szenario) basierend auf allen Sales Orders, außer "Internal Sales Orders" die vom Hauptlager J41 (Nürnberg) versandt wurden. Dabei ist es nicht relevant ob der Kunde einen Wartungsvertrag hat oder nicht, da jedes Set gelagert werden muss - unabhängig davon ob Umsatz generiert wird oder nicht.

Unknown

Feldfunktion geändert

Unknown

Feldfunktion geändert

(Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3) bzw. XXXX € (Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 6) auf Basis des mittleren Szenarios anzunehmen.

Für die Berechnungen wird angenommen, dass es keine neuen Forderungen seitens des Lagerbetreibers aufgrund der Set-Bildung gibt und die verhandelten Pauschalbeträge unverändert bleiben. Es ist dennoch ein Einfluss auf zukünftige Verhandlungen mit dem Lagerbetreiber zu erwarten. Die Vorverpackung von Items zu Sets kann sich theoretisch positiv auf den Verpackungs-Pauschalbetrag von XXXX € pro LPN und Warenannahme-Pauschalbetrag von XXXX € pro LPN auswirken. Zum einen müssen die C-Teile nicht mehr in Tüten kommissioniert werden und zum anderen steigt die Anzahl der Warenannahmen. Eine geringere absolute Anzahl an kommissionierten Lines¹²⁹ (Picked Lines) kann sich dementsprechend negativ auf den Pauschalbetrag von XXXX € pro Line auswirken (alles Stand 05/2015).

Direkte Prozesskosteneinsparungen sind im Lager zu erreichen. Da der Lagerbetreiber einen Pauschalbetrag von XXXX € pro Line verrechnet (siehe Kapitel 9.2) kann mittels Set-Bildung die absolute Anzahl von kommissionierten Lines reduziert werden. Es sind Einsparungen im niedrigen Tausenderbereich zu erwarten.

Allerdings entstehen auch Mehrkosten in der Warenannahme. Es wird angenommen, dass eine Standard-Palette (800x1200 mm) mit bis zu 80 Sets beladen werden kann.

Des Weiteren lässt sich die Hypothese aufstellen, dass indirekte Einsparungen durch verminderte Retour-Sendungen bzw. Notfalllieferungen entstehen. Liegt die Ursache einer fehlerhaften Lieferung seitens des Herstellers, muss dieser für die Mehrkosten aufkommen oder gar Strafzahlungen tätigen. Aufgrund von Set-Bildung und *PackageCreator* können die Bestellliste abgesichert und dadurch Fehler reduziert werden. Eine genaue Prognose der Kosteneinsparung war aufgrund der unzureichenden Datenqualität des *Complaints-Reports* (Beschwerde-Report) nicht möglich.

Der *PackageCreator* hat das Potential, Personalkosten durch die Verringerung der Auftragsbearbeitungszeit einzusparen. Der Kundendienst kann Aufträge schneller bearbeiten und somit mehr Aufträge pro Tag erledigen.

Außerdem verursacht *PackageCreator* auch Personalkosten, da er kontinuierlich gewartet und auf Feedback-Basis angepasst werden sollte. Ein Mitarbeiter mit Programmier-Kenntnissen muss potentielle Fehler („Bugs“) beheben können und Ansprechpartner für neue Anforderungen und Ideen sein.

¹²⁹ Eine Line entspricht einer Zeile in der Kommissionierliste. In einer Zeile steht ein Item und die dazugehörige Bestellmenge. Es ist also unerheblich ob ein Item einmal oder 30-mal kommissioniert wird. Es handelt sich immer nur um „eine“ Line.

Unknown

Feldfunktion geändert

11.5 Investitionskosten

11.5.1 Investitionskosten - PackageCreator

Eine Anbindung oder Integration in das ERP-System ist notwendig, damit der *PackageCreator* im Bestellprozess vom Kundendienst verwendet werden kann. Der Output des *PackageCreator* – also das Ersatzteil-Package – muss problemlos in die Bestellliste des gesamten Auftrags überführt bzw. aufgenommen werden können. Diese Anforderung kann durch eine System-Anbindung mittels einer Schnittstelle erfolgen, sofern der *PackageCreator* als eigenständiges Online-Tool funktionieren soll. Aber auch eine Integration in das System ist denkbar. Sowohl die Einführung und Schulung der Anwender, als auch die systemtechnische Umsetzung erfordern größere Investitionen.

Die Erweiterung des *PackageCreators* hinsichtlich Schadens- und Wartungsfällen, sowie CM&Us (Konversion, Modifikationen und Upgrades) ist möglich und verursacht weitere Investitionskosten. Die erste Validierung der Tool-Logik hat gezeigt, dass für einen Großteil der Varianten bzw. Versionen von Motoren idente Masken verwendet werden können. Jedoch konnten teilweise geringfügige Differenzen zwischen Versionen und Baujahren festgestellt werden. Wann genau eine Version eine abweichende Maske aufweist ließ sich nicht feststellen. Die Differenzen aufgrund des Baujahres hängen mit der Änderung der SBOM-Struktur beim Wechsel vom vorangegangenen auf das aktuelle ERP-System zusammen. Beide Faktoren erhöhen die Anzahl an spezifischen Masken, welche durch einen Mitarbeiter angelegt werden müssen.

Für die Implementierung eines neuen Ersatzteil-Package mit 10 Bestandteilen in den *PackageCreator* wird ein Aufwand von max. 30 min veranschlagt. Dieser setzt sich zusammen aus dem Aufwand zur Identifizierung eines Pfades in einer SBOM (beträgt ca. 2 min, vorausgesetzt das Ersatzteil ist bekannt). Der notwendige Export der SBOM eines beispielhaften Final Assemblys aus dem ERP-System dauert ca. 5 min. Die Anlage eines Pfades im *PackageCreator* dauert ca. 0,5 min.

Dadurch, dass in einer Beta-Version des *PackageCreator* Pfade vor der Anlage bereits als Standardeinstellung vorgeschlagen werden, müssen nur abweichende Pfade nachgezogen werden. Dennoch sollten alle Pfade auf Korrektheit überprüft werden. Die Überprüfung und ggf. Änderung eines Pfades dauert ca. 1 min. Allgemein konnten die Werte oftmals unterschritten werden, da die Differenzen zwischen den Masken nur gering waren. Die nötigen Investitionen und laufenden Kosten durch Wartung werden daher als gering bis mäßig eingeschätzt, je nachdem wie viele Ersatzteil-Packages und Baureihen in den *PackageCreator* aufgenommen werden sollen.

11.5.2 Investitionskosten - Sets

Das Erstellen von Sets erfordert eine einmalige Investition. Je nach Umfang des Sets müssen unterschiedlich hohe Mannstunden investiert werden.

Sets werden grundsätzlich im ERP-System mit Stücklisten angelegt. Trotz der Vernetzung der Set-Items im System entstehen Kosten durch die Item Aktivierung als auch in Folge durch die Wartung der Set-Nr.. Dieser Wartungsaufwand kann z.B. durch eine Engineering Change Order (ECO) hervorgerufen werden und entspricht äquivalenten Aufträgen bzgl. Motorbaugruppen. Kommt es zu einer nicht-kompatiblen Änderung eines Set-Items, so muss eine neue Item-Nr. angelegt werden. Andernfalls würde die Lagerhaltung von zwei unterschiedlich zusammengesetzten Sets mit identer Item-Nr. zu Verwirrung führen. In jedem Falle wird der Zulieferer durch bereits bestehende Prozesse über Änderungen informiert.

12 Umsetzungsplan

Die Realisierung der Potentiale durch die Implementierung von Ersatzteil-Packages nach vorgeschlagenem Muster setzt eine praktische Umsetzung voraus. Im Rahmen des Projektes bei *GE Jenbacher*, konnte bei beiden praxisorientierten Schwerpunkten – dem *PackageCreator* und der Set-Bildung – bereits mit der Umsetzung begonnen werden.

Der Umsetzungsplan wird aufgrund der inhaltlichen Abgrenzung der Themen *PackageCreator* und Set-Bildung in zwei Sub-Pläne aufgeteilt. Beide Sub-Pläne können parallel ablaufen. Ziel ist zunächst eine möglichst effiziente Umsetzung des *PackageCreators* und der Sets. Dabei soll die Machbarkeit und Wirtschaftlichkeit zu keinem Zeitpunkt außer Acht gelassen werden.

Die wichtigsten Aspekte der Umsetzung wurden in 5 Kategorien unterteilt: Produkt, Ressource, Prozess, Kunde, Steuerung & Planung. Den Aspekten wurden in weiterer Folge Arbeitspakete und Maßnahmen zugeordnet.

12.1 Umsetzungsplan Ersatzteil-Packages

Die Validierung der Logik des *PackageCreators* und die Integration in das ERP-System bzw. die bestehenden Prozesse stellen die Kernaufgaben einer Implementierung von Ersatzteil-Packages nach dem vorgeschlagenen Konzept dar. Abbildung 33 zeigt den Umsetzungsplan.

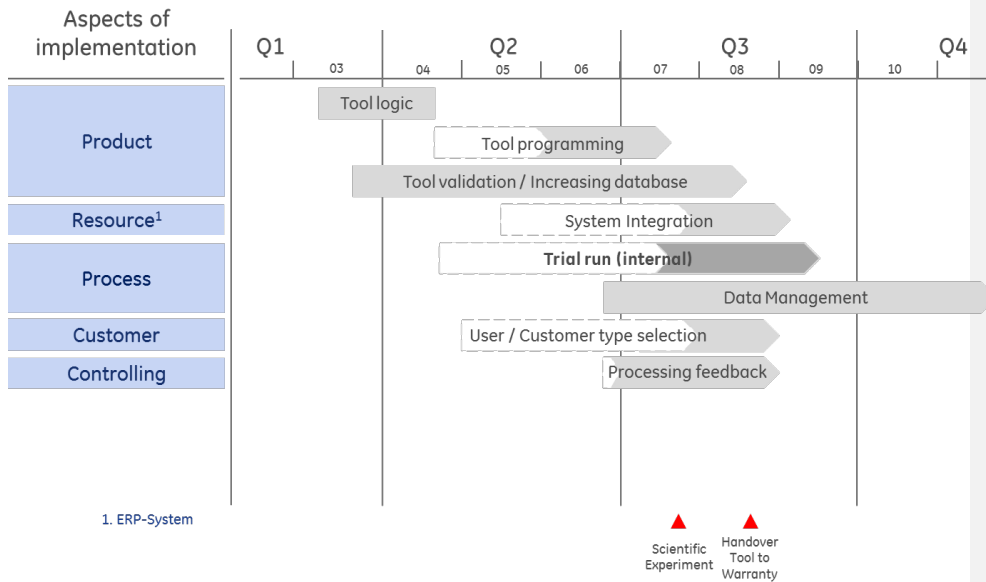


Abbildung 33: Umsetzungsplan PackageCreator (eigene Darstellung)

12.2 Umsetzungsmaßnahmen - PackageCreator

Hinter dem Umsetzungsplan stehen verschiedene Arbeitspakete mit Maßnahmen bzw. Aktivitäten, wie sie zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit bereits begonnen wurden oder abzusehen sind.

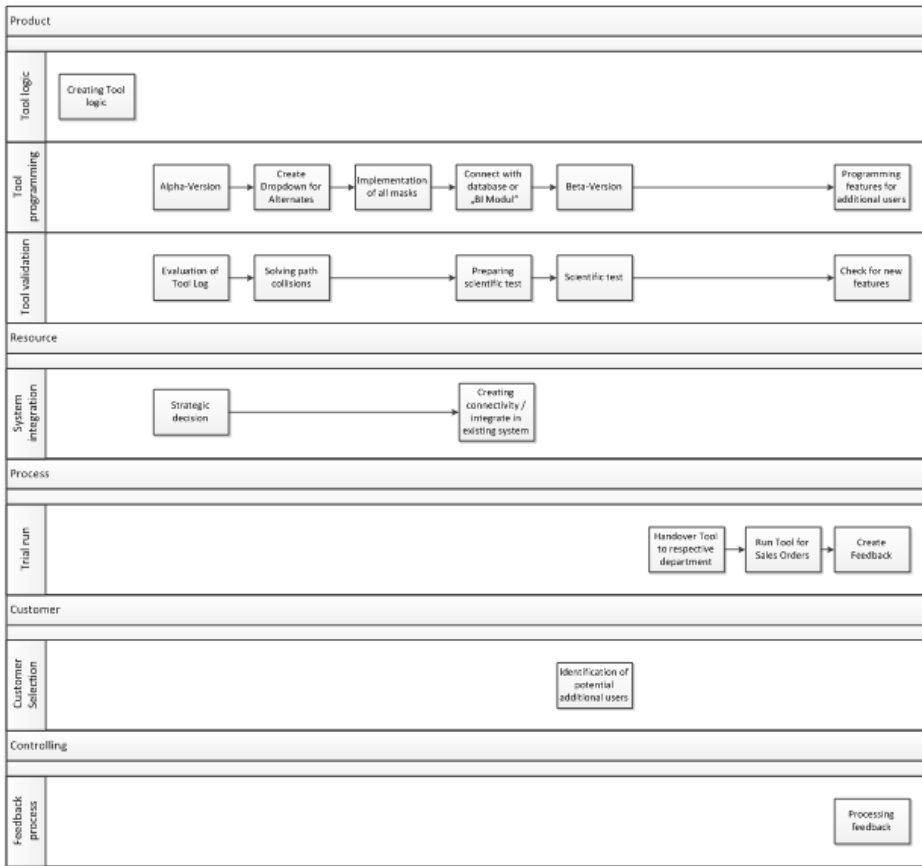


Abbildung 34: Aktivitäten einer Umsetzung des PackageCreator (eigene Darstellung)¹³⁰

Die Umsetzung auf Produktebene wurde mit der Entwicklung einer Tool-Logik bereits gestartet (siehe Kapitel 7). Anschließend konnte eine Alpha-Version des *PackageCreators* unternehmensintern programmiert werden (siehe Kapitel 7). Dessen Funktionalitäten müssen in Folge erweitert und eine Schnittstelle zur bestehenden Datenbank oder einem „BI Modul“¹³¹ programmiert werden. Abschließend soll eine finale Beta-Version programmiert werden.

¹³⁰ Workshop mit Projektverantwortlichen

¹³¹ Ein Business Intelligence Modul (BI Modul) ermöglicht eine Verknüpfung des PackageCreator mit der Datenbank zum schnellen Abgriff großer Datenmengen.

Unknown
Feldfunktion geändert
 Unknown
Feldfunktion geändert

In Zukunft können weitere Funktionalitäten für andere potentielle Nutzer entwickelt werden.

Der *PackageCreator* beinhaltet ein Fehlermeldesystem (Log), um die Funktionsweise validieren zu können. Der kontinuierliche Validierungsprozess soll Pfad-Kollisionen bzw. Fehler in den Masken identifizieren, sodass diese behoben werden können. Die Vorbereitung eines Tests „unter Laborbedingungen“ ist Voraussetzung für dessen Durchführung. Der Test sollte mit einer größeren Anzahl von Aggregaten (Final Assemblys) und mehreren Schadens- und Wartungsfällen durchgeführt werden. Anschließend können vordefinierte Kennzahlen ausgewertet werden. Die Ergebnisse sollen Auskunft über eine zuverlässige Funktionsweise des *PackageCreators* liefern.

Sollten in Zukunft weitere Funktionalitäten des *PackageCreators* angefordert werden, müssen diese ebenso validiert werden.

Auf Ressourcenebene ist die Art und Weise der Systemintegration diskutiert. Dabei wurde sich für eine *Java*-basierte Umsetzung entschieden. In weiterer Folge muss eine Anbindung oder auch Einbindung in das ERP-System thematisiert werden.

Die Umsetzung stößt einen Prozess an, welcher in erster Instanz einen Testlauf initiiert. Das Arbeitspaket beinhaltet, dass der *PackageCreator* an eine interne Abteilung oder ausgewählte Nutzer übergeben werden soll. Ist eine Online-Funktionsweise bereits umgesetzt, so kann das Tool zentral von einem Administrator verwaltet werden. Der Testlauf ließe sich aber auch Offline starten. Durch die lokale Speicherung müssten regelmäßige Updates durchgeführt werden. In jedem Falle soll zum Abschluss des Testlaufs ein Feedback erstellt werden, um potentielle Korrekturen durchzuführen und weitere Funktionalitäten und Anforderungen zu identifizieren.

Eine Beta-Version des *PackageCreator* und dessen Funktionalitäten können in weiterer Folge unternehmensweit kommuniziert werden. Dadurch kann das Leistungsspektrum vergrößert und ein Nutzen für weitere Abteilungen identifiziert werden.

Abschließend muss das Feedback auf Basis des Testlaufs ausgewertet und integriert werden, sodass zukünftige ein möglichst großer Nutzen generiert werden kann.

12.3 Umsetzungsplan Sets - „Quick&Easy-Szenario“

Für die Umsetzung der Sets wurde ein „Quick&Easy“-Szenario verfolgt (Abbildung 35). Ein derartiges Szenario ist am schnellsten und einfachsten umsetzbar. Ausgehend von diesem können „lessons learned“, Kunden-Feedback und unerwartete Ereignisse auf die Entwicklung Einfluss nehmen. Durch Beibehaltung der Prozesse, einen geringen Investitionsaufwand und eine „Time-to-Market“-Reduktion können erste Ergebnisse risikoarm gesammelt werden.

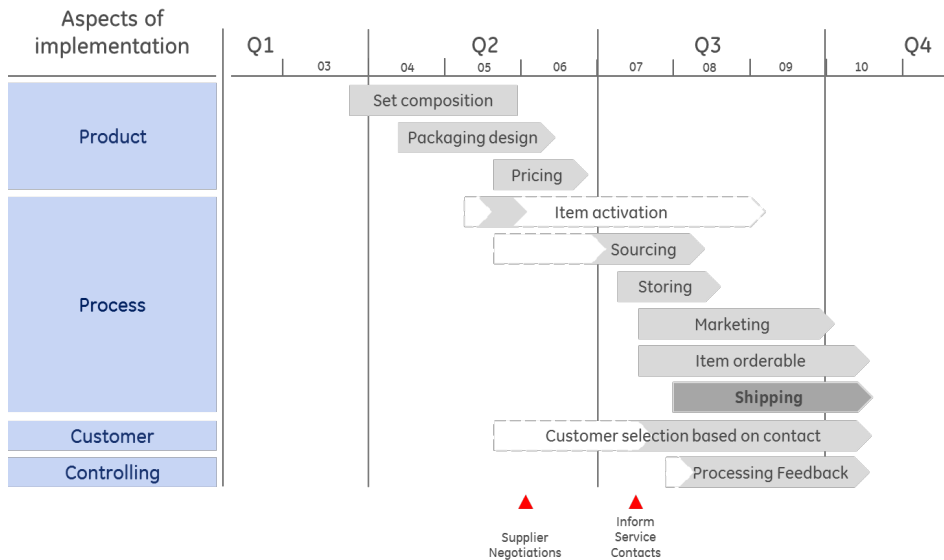


Abbildung 35: Umsetzungsplan Zylinderkopf-Dichtungssatz - Baureihe 3 (eigene Darstellung)

12.4 Umsetzungsmaßnahmen - Set

Hinter dem Umsetzungsplan stehen verschiedene Arbeitspakete mit Maßnahmen bzw. Aktivitäten, wie sie zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit bereits begonnen wurden oder abzusehen sind.

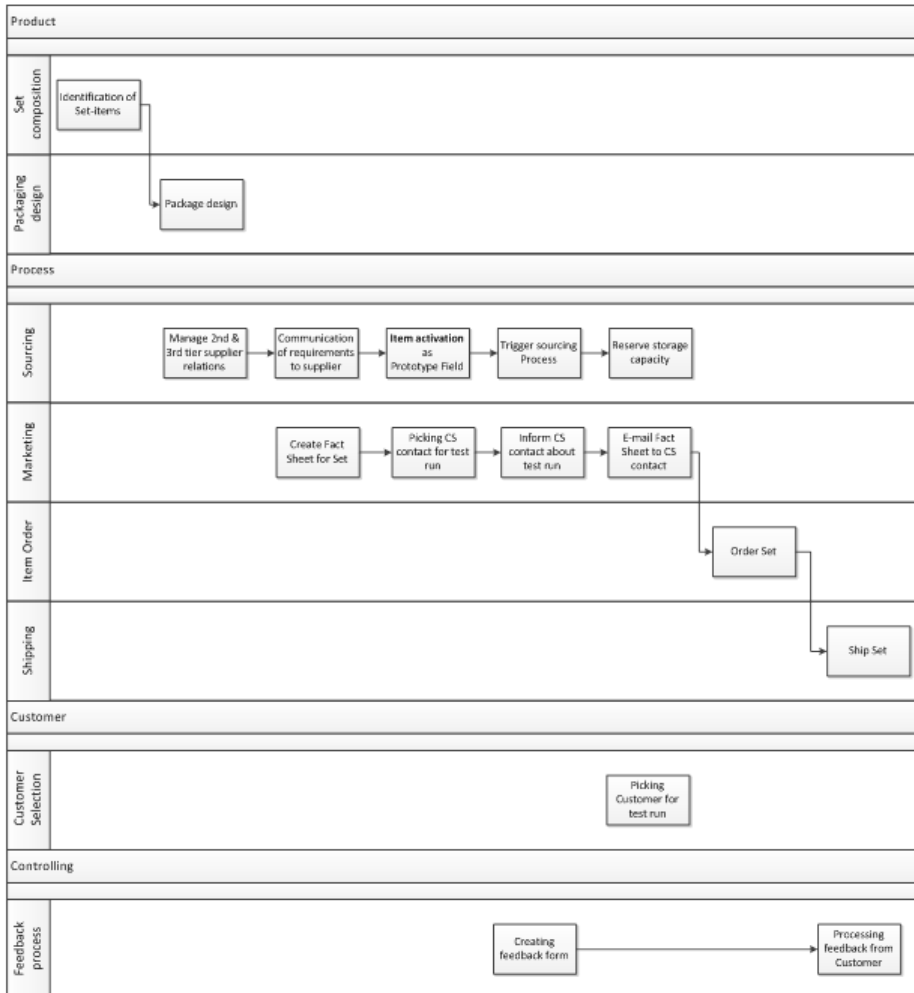


Abbildung 36: Aktivitäten eines "Quick&Easy"-Szenarios (eigene Darstellung)¹³²

Mit dem Zylinderkopf-Dichtungssatz der Baureihe 3, wurde die Umsetzung eines neuen Produktes initiiert. Zunächst wurden dazu alle Bestandteile des Sets identifiziert (siehe Kapitel 8.1).

¹³² Workshop mit Projektverantwortlichen

Unknown

Feldfunktion geändert

Anschließend wurde ein Verpackungsdesign konzipiert, welches dem Zulieferer bereits bekannt ist und somit eine schnellere Umsetzung ermöglicht.

Die Beschaffung stellt das größte Arbeitspaket dar. Zu Beginn wurden potentiell notwendige Kooperationen zwischen Zulieferern geprüft. Anschließend konnten die Anforderungen für das spezifische Set an einen Zulieferer übermittelt werden, wobei noch eine Preisverhandlung durchgeführt werden muss. Sobald ein Preis gefunden ist, kann das Set im ERP-System (zur Sicherheit als „Prototype Field“) aktiviert werden. Erst dann kann der tatsächliche Beschaffungsprozess initiiert und Lagerkapazität bereitgestellt werden.

Die Vermarktung des Sets soll zunächst über ein sog. Fact Sheet gestartet werden. Das Fact Sheet formuliert den technischen und wirtschaftlichen Nutzen des Sets für den Kunden. Anschließend kann der Kundendienst kontaktiert und über das Pilotprojekt informiert werden. Das Fact Sheet sollte demnach auch an den Kundendienst übermittelt werden.

Sind alle Vorbereitungen getroffen, so kann das Set bestellt und versandt werden.

Zunächst sollte der Endkunde ein bestimmter langjähriger Partner sein, damit für einen Testlauf ein objektives Feedback generiert werden kann und ein geringes finanzielles Risiko eingegangen wird.

Für diesen Feedbackprozess soll dazu ein Formular erstellt werden, um dem Partner ein effektives Feedback zu ermöglichen.

13 Fazit

Die eingangs genannten Ziele dieser Diplomarbeit wurden erreicht. Die Hauptaufgabe, welche in der Entwicklung von Ersatzteil-Packages bestand konnte erfolgreich gelöst werden. Für Schadens- und Wartungsfälle bezüglich der Zylinderkopf-Baugruppe wurden für die Baureihen 3 und 6 insgesamt sechs Ersatzteil-Packages definiert werden. Die Ersatzteile (Items) konnten dabei unter Betrachtung von deren Wechselwirkung zu strukturierten Elementen gruppiert werden. Eine derartige Vorgehensweise ermöglicht einen modularen Aufbau von Ersatzteil-Packages. Die absolute Anzahl von allen existierenden Elementen kann reduziert werden, da Elemente auch für weitere Ersatzteil-Packages, bezüglich anderer Baugruppen verwendet werden können. Die montage- und konstruktionstechnischen Beziehungen zwischen den Ersatzteilen sind ausschlaggebend für die Gestaltung des Ersatzteil-Packages.

Für die Umsetzung von Ersatzteil-Packages von der Theorie in die Praxis wurde der *PackageCreator* entwickelt. Für den *PackageCreator* wurde eine Logik entwickelt, die unternehmensintern programmiert wurde. Diese Alpha-Version enthält noch nicht alle angeforderten Funktionen und muss noch abschließend getestet werden. Die Logik verwendet die Struktur der Service-Stückliste (SBOM) von Aggregaten (Final Assembly). Dabei wird ein Pfad über eine Mehrzahl von Ebenen hin zur exakten Position des Ersatzteils in der Service-Stückliste durchwandert. Ein Ersatzteil-Package beinhaltet eine Mehrzahl von Ersatzteilen und somit Pfaden. Die Pfade zusammengefasst bilden eine „Maske“ welche für Schadens- und Wartungsfälle vordefiniert wird. Erstellte Ersatzteil-Packages erhalten keine neuen Teilenummern sondern sind spezifische Bestelllisten, je nach aktuellem Aufbau des Aggregats. Das Online-Tool ist somit in der Lage, mit der hohe Anzahl von Varianten umzugehen. Varianten von Ersatzteilen entstehen aufgrund verschiedener Motorversionen, konstruktionstechnischer Historie, Überarbeitung und spezifischer Service-Charakteristiken. Der *PackageCreator* wie er zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit besteht, stellt das Resultat der ersten Umsetzungsschritte dar.

Der *PackageCreator* hat großes Potential in der Ersatzteil-Identifizierung durch schnellere Bearbeitung der Aufträge. Der Arbeitsschritt wird weitestgehend automatisiert. Der Zeitaufwand kann um 60% reduziert werden, wie ein vorangegangenes Pilotprojekt zur Power Unit aufgezeigt hat. Außerdem besteht ein erhebliches Potential zu Steigerung der Qualität des Auftragsabwicklungsprozesses und der Kundenzufriedenheit.

Investitionsaufwand und laufende Kosten wurden als moderat gewertet. Das Potential hingegen wurde als sehr hoch eingeschätzt. Nicht nur der Kundendienst profitiert in seinen täglichen Aktivitäten der Ersatzteil-Identifikation vom

PackageCreator, sondern auch andere Abteilungen sehen den Gebrauch des *PackageCreator* als vielversprechend. Ein nächster Schritt kann in der Aufnahme weiterer Anforderungen dieser potentiellen Nutzer bestehen. Zudem ist die Integration in das ERP-System oder die Anbindung über eine Schnittstelle noch nicht ausreichend geklärt. Aktuelle unternehmensinterne strategische Überlegungen lassen diese Entscheidung noch offen. Darüber hinaus sollte eine Umsetzung, entsprechend dem vorgestellten Umsetzungsplan weiterverfolgt werden und durch weitere Schritte ergänzt werden.

Ersatzteil-Packages konnten weiterhin durch den Gedanken der Set-Bildung erweitert werden. Das Kitting-Prinzip führt eine wirtschaftliche und wertschöpfende Dimension ein. Die Zusammensetzung eines Sets wird durch die montage- und konstruktionstechnischen Beziehungen zwischen geringwertigen Teilen und deren Variantenvielfalt beeinflusst. Die Anzahl an Varianten von Sets konnte auf eine einzige Variante reduziert werden. Dazu musste die Teilevielfalt in Sets verringert werden (z.B. ist die Zylinderkopfdichtung nicht im Set inkludiert). Es wurden nur Teile mit einer einzigen Variante in Sets aufgenommen. Ersatzteile die historisch oder konstruktionstechnisch bedingt eine Mehrzahl an Varianten haben wurden nicht in Sets inkludiert. Mit einer steigenden Anzahl an variantenreichen Items in einem Set würde die Anzahl an Set-Varianten exponentiell steigen. Mitunter sind ein größerer Lagerplatzbedarf, mehr Handlingaufwand und eine geringere Universalität mit einer hohen Anzahl an Set-Varianten verbunden. Zudem muss für jedes unterschiedliche Set eine neue Teilenummer im System angelegt und gewartet werden. Die Möglichkeit sog. „Off-engine Items“ in Sets zu inkludieren, um die Varianten Anzahl zu reduzieren, wurde von Experten als riskant und kundenunfreundlich eingestuft und damit nicht weiter verfolgt.

Durch die Set-Bildung entstehen erhebliche Mehrkosten aufgrund des steigenden Verpackungsaufwands des Zulieferers. Ein aktueller Pauschalpreis von XXXX € pro Set für die Vorverpackung resultiert in Kosten von ca. XXXX € (Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3) bzw. XXXX € (Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 6). Nach Möglichkeit sollte der Pauschalpreis aufgrund der höheren Anzahl von Sets in Zukunft neu verhandelt werden. Ein nächster Schritt kann zudem sein, den Verpackungsprozess zu optimieren um den Pauschalpreis zu reduzieren.

Das Kosteneinsparpotential im Lager aufgrund der reduzierten Materialentnahme ist gering. Die Mehrkosten, die durch die erhöhte Warenannahme entstehen sind vernachlässigbar.

Durch die Set-Bildung entsteht ein großes Umsatzpotential. Die hypothetischen Szenarien zeigen, dass unter den getroffenen Annahmen der gesamte Ist-Umsatz mit Set-relevanten Ersatzteilen allein durch die Set-Bildung um ca. XXXX €

(Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3) bzw. XXXX € (Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 6) gesteigert werden kann.

Eine Verkürzung der Auftrags-Durchlaufzeit ist nicht zu erwarten. Die CutOff-Zeit im Lager eliminiert die, durch *PackageCreator* oder Set-Bildung entstehenden zeitlichen Potentiale.

Zum Zeitpunkt der Abgabe dieser Arbeit wurde die Umsetzung von Sets bereits gestartet aber noch nicht abgeschlossen, sodass noch keine finalen Ergebnisse vorliegen. Nächste Schritte können sich an dem vorgeschlagenen Umsetzungsplan orientieren. Nach einer erfolgreichen Umsetzung können weitere Sets bezüglich anderer Baugruppen und Motoren nach dem gleichen Konzept entwickelt und implementiert werden. Zudem sollte das Kundenverhalten dokumentiert, analysiert und ausgewertet werden. Dadurch können Marketingmaßnahmen und Rabattstaffelungen gezielt angewandt und eine zukünftige Abschätzung des Segmentpotenzials mit größerer Sicherheit getroffen werden.

14 Anhang

Anhang 1:

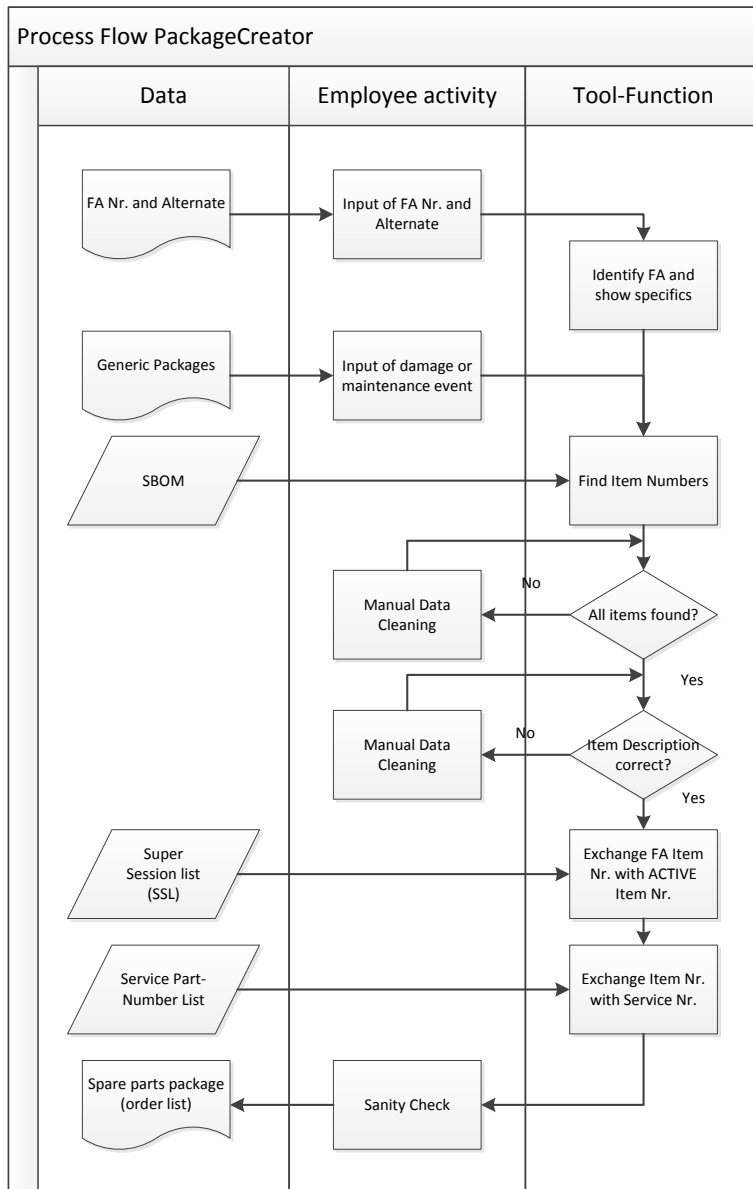


Abbildung 37: Flussdiagramm - Funktionsweise PackageCreator (eigene Darstellung)

Erläuterung zu Anhang 2:

Auf Ordinate und Abszisse befinden sich die gleichen, um 90° gespiegelte Ersatzteile. Der paarweise Vergleich dient der Feststellung von konstruktions- und montagetechnischen Abhängigkeiten zwischen zwei Items. Muss ein Item (in einer Zeile) aufgrund eines Schadens getauscht werden, so beziffert die „1“ dass auch das Item in der zugehörigen Spalte ersetzt werden muss. Eine „0“ bedeutet eine konstruktions- bzw. montagetechnische Unabhängigkeit o. a. ein mögliche Wiederverwendbarkeit.

Beispiel: Zeile 1 - Zylinderkopfdichtung (Cylinder head gasket)

Ein Schaden an der Zylinderkopfdichtung bewirkt, dass diese als auch diverse Dichtungen, O-Ringe, Schrauben, Muttern und Pins ebenso getauscht werden müssen (Elemente 2, 3, 6, 7, und 11). Dichtungen oder O-Ringe beispielsweise müssen immer getauscht werden, um nach der Montage wieder perfekt abzudichten. Werden gebrauchte – möglicherweise gequetschte, korrodierte oder gerissene – Teile wiederverwendet, so kann es zu einem Folgeschaden kommen.

Anhang 3:

Content Package 1			
Position	Item-Nr.	Description	Quantity
1	XXXXX	Cylinder head	1
2	XXXXX	Cylinder head gasket	1
3	10011	Sealing Set	1
4	XXXXX	Sealing	1
5	XXXXX	Hexagonal head screw	2
6	XXXXX	Hexagonal nut	4
7	XXXXX	Hexagonal head screw	2

Sealing Set (10011)				
	Item-Nr.	Description	Quantity	
1	100548	Sealing	1	x4
2	100093	Sealing	2	x4
3	100092	Sealing	2	x4
4	449902	Cylinder pin	1	x4
5	100947	Sealing	1	x4
6	320983	Sealing	1	x4
7	100875	Sealing	1	x4
8	100473	Hexagonal head screw	2	x4

Abbildung 39: Beispielhafte Darstellung von Package 1 (Zylinderkopf-Schaden) Baureihe 3 inklusive Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3

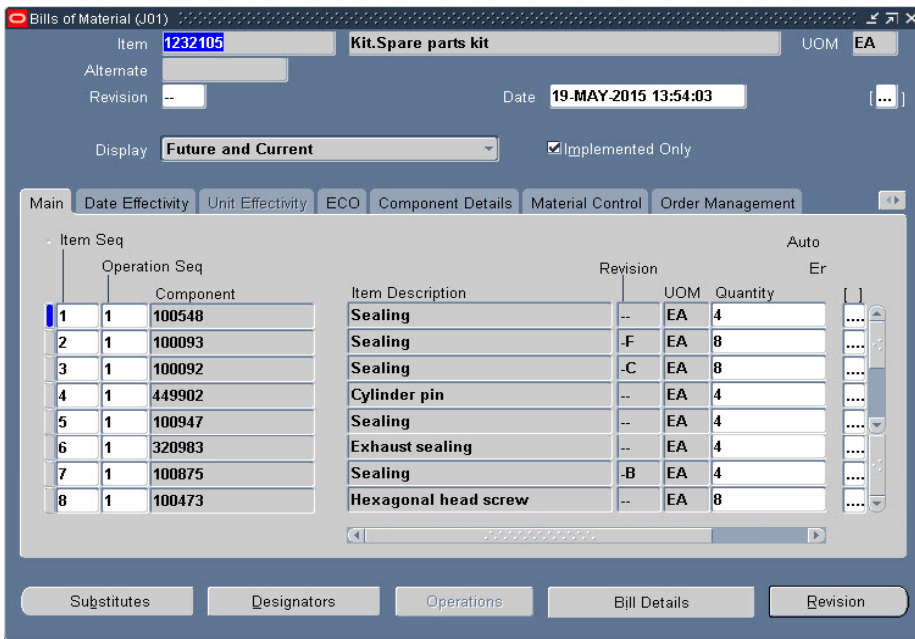


Abbildung 40: Darstellung des Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3 im ERP-System¹³³

¹³³ Screenshot aus ORACLE Item Master

Unknown
Feldfunktion geändert

Anhang 4:

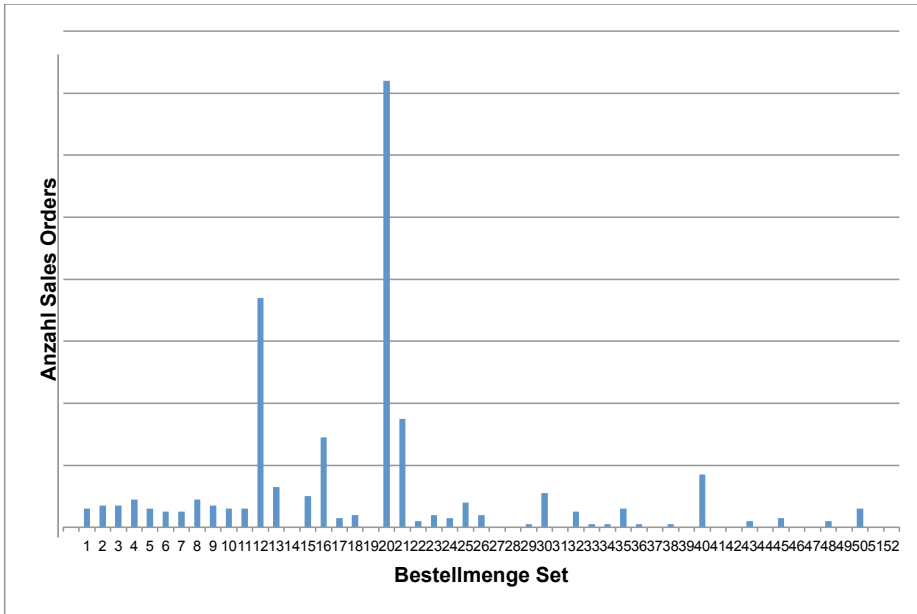


Abbildung 41: Hypothetischer Set-Bedarf lt. Sales Orders 2014 (Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3) (eigene Darstellung)

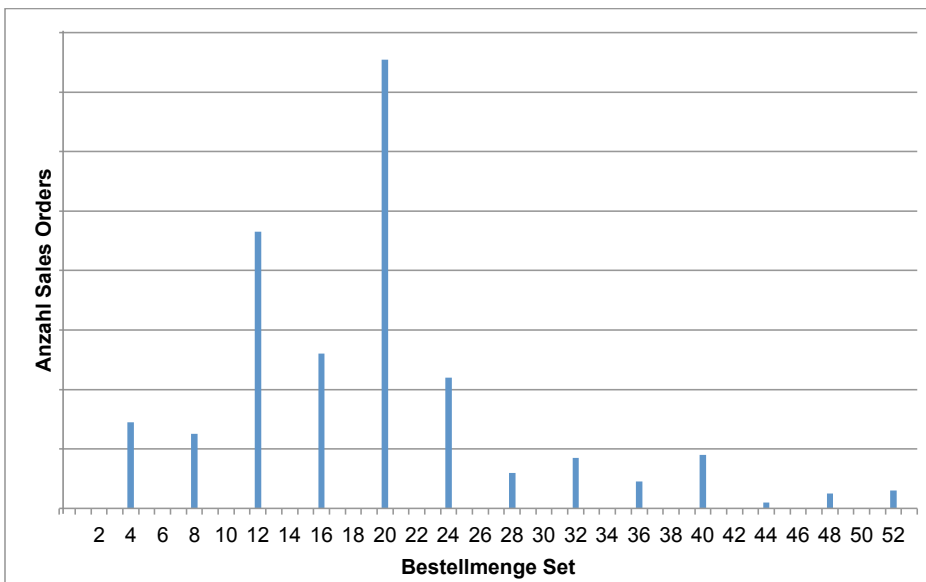


Abbildung 42: Hypothetischer Set-Bedarf lt. Sales Orders 2014 mit Mengen-Multiplikator von 4 (Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3) (eigene Darstellung)

Anmerkung: Bestellungen > 52 sind nicht berücksichtigt.

15 Literaturverzeichnis

15.1 Verwendete Literatur-Quellen

Allweyer, T.: Geschäftsprozessmanagement: Strategie, Entwurf, Implementierung, Controlling, W3I GmbH, 2005.

Arnold, D., Isermann, H., Kuhn, A., Tempelmeier H., und Furmans, K.: Handbuch Logistik, VDI-Buch, Berlin, Heidelberg: Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.

Bain & Company: Studie: Wachstumsmotor Service, 2010.

Balzert, S.: Prozessmanagement: Strategien, Methoden, Umsetzung, Symposion Publishing GmbH, 2010.

Becker, J., Kugeler, M., und Rosemann M.: Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung, Springer, 2013.

Bellman, R. E., und Dreyfus, E. S.: On the Computational Solution of Dynamic-Programming Processes--X: The Flyaway-Kit Problem., Research Memoranda, 1955.

Biedermann, H.: Ersatzteilmanagement, Springer, Berlin, Heidelberg, 2008.

Bijvank, M., Koole, G. und Vis, I. F.A.: Optimising a General Repair Kit Problem with a Service Constraint, European Journal of Operational Research 204, no. 1, 2010.

Brumelle, S. und Granot, D.: The Repair Kit Problem Revisited, Operations Research 41, no. 5, 1993.

Deutsches Institut für Normen, DIN 24420 Teil 1, Ersatzteillisten, 1976.

Deutsches Institut für Normen, DIN 31051, Grundlagen der Instandhaltung, 2012.

Ester, B.: Benchmarks für die Ersatzteillogistik: Benchmarkingformen, Vorgehensweise, Prozesse und Kennzahlen. Erich Schmidt Verlag GmbH & Co KG, 1997.

Finke, Y.: Kostenoptimale Produktions-Und Bevorratungsstrategie Nach End of Production (EOP), 2010.

Klug, Prof. Dr. F.: Ersatzteillogistik im Automobilbau, In Logistikmanagement in der Automobilindustrie, VDI-Buch, Springer, Berlin, Heidelberg, 2010.

Mahnel, M.: Studie: Service Trends 2020 - Wohin Entwickelt Sich Der After Sales Service?, Impuls Management Consulting GmbH, 2013.

- Mamer, J. W. und Smith, S. A.: Optimizing Field Repair Kits Based on Job Completion Rate, Management Science 28, no. 11, 1982.
- March, S. T. und Scudder, G. D.: On Optimizing Field Repair Kits Based on Job Completion Rate, Management Science 30, no. 8, 1984.
- McKinsey & Company: Zukunftsperspektive Deutscher Maschinenbau - Erfolgreich in Einem Dynamischen Umfeld Agieren, VDMA, 2014.
- Müller, M. H.: Dissertation: Untersuchungen zum Einfluss der Betriebsbedingungen auf die Schädigung und Instandhaltung von Turbostrahltriebwerken, 2013.
- Pfohl, Prof. Dr. Dr. h.c. H.: Phasenspezifische Subsysteme der Logistik, In Logistiksysteme, Springer Berlin Heidelberg, 2010.
- Pfohl, Prof. Dr. Dr. h.c. H.: Logistiksysteme: Betriebswirtschaftliche Grundlagen, Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- Prack, J.: Diplomarbeit: Komplexitätsmanagement von Ersatzteilen, Technische Universität Wien - Fakultät für Maschinenwesen und Betriebswissenschaften, 2015.
- Reif, K. und Dietsche, K.: Krafffahrtechnisches Taschenbuch. Springer-Verlag, 2010.
- Schuh, Prof. Dr.-Ing. Dipl.-Wirt. Ing. G., Stich, Prof. Dr.-Ing. V. und Wienholdt, Dr.-Ing. H.: Ersatzteillogistik, In Logistikmanagement, VDI-Buch 6, Springer, Berlin Heidelberg, 2013.
- Smith, S. A., Chambers, J. C. und Shlifer, E.: Optimal Inventories Based on Job Completion Rate for Repairs Requiring Multiple Items, Management Science 26, no. 8, (1980).
- Teunter, R. H.: The Multiple-Job Repair Kit Problem, European Journal of Operational Research 175, no. 2, 2006.

15.2 Weiterführende Literatur-Quellen

- Baune, R. und Westphal, T.: Optimierte Ersatzteillogistik durch Forecasting und flexibles Kapazitätsmanagement, In: Erfolgreich mit After Sales Services, Springer, 2006.
- Büssow, C.: Prozessbewertung in der Logistik: Kennzahlenbasierte Analysemethodik zur Steigerung der Logistikkompetenz, Deutscher Universitäts-Verlag, 1. Auflage, 2003.

Eberlin, S. und Hock, B.: Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit technischer Systeme: Eine Einführung in die Praxis, Springer, Wiesbaden, 2014.

Heeremans, D. und Gelder, L.F.: Multi period repair kit problem with a job completion criterion: A case study, European Journal of Operational Research, no 81, 1994.

Koch, S.: Logistik - Eine Einführung in Ökonomie und Nachhaltigkeit, Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.

Lambert, D. M.: Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance, Supply Chain Management Institute, Sarasota, 3. Ausgabe, 2008,

Pawellek, G.: Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik: Vorgehensweise, Methoden, Tools, Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.

Pfohl, Prof. Dr. Dr. h.c. H. und Ester, B.: Benchmarking for spare parts logistics, Benchmarking: An International Journal, no. 6, 1999.

Schawalder, M., Lenz, V. und Röllin, H.: Industrielle Services strategisch optimieren: Service Excellence, Springer, Berlin, Heidelberg, 2013.

Strunz, M.: Instandhaltung: Grundlagen, Strategien, Werkstätten, Springer, Berlin, Heidelberg, 2012.

Teunter, R. H. und Klein Haneveld, W. K.: Inventory control of service parts in the final phase: A central depot and repair kits, European Journal of Operational Research, no. 138, 2002.

15.3 Unternehmensinterne Quellen

Riester, M.: 2014_11_04_SPVM_InterimReport.pdf, 2014.

Riester, M.: GEJ_CylinderHead_InterimReport, 2015.

GE Jenbacher GmbH & Co OG: <http://www.ge.com/at/ourBusiness/energy-gas-engines/index.html>. Zugriff: 05.06.2015

15.4 Elektronische Quellen

Gabler Wirtschaftslexikon: Definition: Marktpotenzial,
<http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Definition/marktpotenzial.html>, Zugriff: 10.06.2015.

Leitner Spedition: Logistikbegriffe, <http://www.leitner-spedition.com/infocenter/logistikbegriffe/>, Zugriff: 26.02.2015.

Piasecki, D. : Warehouse Management Systems - WMS,
http://www.inventoryops.com/warehouse_management_systems.htm.
Zugriff:
26.02.2015

16 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Anbieter-Abnehmer-Beziehung (eigene Darstellung)	5
Abbildung 2: Aufbau der Arbeit (eigene Darstellung).....	9
Abbildung 3: Hauptkomponenten eines Ersatzteilsystems	10
Abbildung 4: Verlauf Abbaukurve des Abnutzungsvorrates (beispielhafter Verlauf) .	13
Abbildung 5: Kategorien der Instandhaltung.....	14
Abbildung 6: Verrichtungsspezifische Subsysteme der Ersatzteillogistik	19
Abbildung 7: Kundenbezogene Prozesse	21
Abbildung 8: Netzwerkdiagramm	26
Abbildung 9: Einsatzgebiete von Jenbacher Gasmotoren von GE	29
Abbildung 10: Gesamtanlage J624	29
Abbildung 11: Zylinderköpfe der Baureihe 6 (Rohmaterial).....	30
Abbildung 12: Isometrische Ansicht Zylinderkopf Baureihe 6 (gesamte Baugruppe)	31
Abbildung 13: Explosionszeichnung Zylinderkopf.....	32
Abbildung 14: Häufigste Schadensfälle Baureihe 3	35
Abbildung 15: Häufigste Schadensfälle Baureihe 6	35
Abbildung 16: Zusammensetzung Package 1 - Baureihe 3.....	42
Abbildung 17: Zusammensetzung Package 1 - Baureihe 6.....	42
Abbildung 18: Zusammensetzung Package 2 - Baureihe 3.....	43
Abbildung 19: Zusammensetzung Packages 2, 3 und 4 - Baureihe 6	44
Abbildung 20: Zusammensetzung Package 5 - Baureihe 6.....	44
Abbildung 21: Struktur der Stückliste/SBOM (eigene Darstellung).....	49
Abbildung 22: Screenshot des PackageCreator	49
Abbildung 23: Netzwerkdiagramm (i.A.a. MAMER & SMITH)	51
Abbildung 24: Auswahl eines package-relevanten Items (O-Ring) in SBOM-Auszug	52
Abbildung 25: Maske für Package 1 - Baureihe 6.....	53
Abbildung 26: Zusammensetzung Package 1 inkl. Set - Baureihe 3	55
Abbildung 27: Zusammensetzung Package 1 inkl. Set - Baureihe 6	55
Abbildung 28: Zusammensetzung Package 2 inkl. Set - Baureihe 3	56
Abbildung 29: Zusammensetzung Package 2 inkl. Set - Baureihe 6	56
Abbildung 30: Zusammensetzung Package 5 inkl. Set - Baureihe 6	57
Abbildung 31: Umsatzszenarien für Zylinderkopf-Dichtungssatz - Baureihe 3 (eigene Darstellung).....	70
Abbildung 32: Umsatzszenarien für Zylinderkopf-Dichtungssatz - Baureihe 6 (eigene Darstellung).....	70
Abbildung 33: Umsetzungsplan PackageCreator (eigene Darstellung).....	78
Abbildung 34: Aktivitäten einer Umsetzung des PackageCreator (eigene Darstellung)	79

Abbildung 35: Umsetzungsplan Zylinderkopf-Dichtungssatz - Baureihe 3 (eigene Darstellung).....	81
Abbildung 36: Aktivitäten eines "Quick&Easy"-Szenarios (eigene Darstellung).....	82
Abbildung 37: Flussdiagramm - Funktionsweise PackageCreator (eigene Darstellung)	87
Abbildung 38: Paarweiser Vergleich v. Zylinderkopf- und Peripherieteilen – Baureihe 6 (eigene Darstellung).....	88
Abbildung 39: Beispielhafte Darstellung von Package 1 (Zylinderkopf-Schaden) Baureihe 3 inklusive Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3.....	90
Abbildung 40: Darstellung des Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3 im ERP- System.....	90
Abbildung 41: Hypothetischer Set-Bedarf lt. Sales Orders 2014 (Zylinderkopf- Dichtungssatz Baureihe 3) (eigene Darstellung)	91
Abbildung 42: Hypothetischer Set-Bedarf lt. Sales Orders 2014 mit Mengen- Multiplikator von 4 (Zylinderkopf-Dichtungssatz Baureihe 3) (eigene Darstellung) ...	91

17 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Dokumentation der Vorgehensweise - Kapitel 5 (eigene Darstellung).....	37
Tabelle 2: Vergleich zwischen Annahmen der Autoren und der vorgefundenen Situation in der Praxis bzgl. des Repair-Kit-Problems (eigene Darstellung).....	39
Tabelle 3: Dokumentation der Vorgehensweise - Kapitel 6 (eigene Darstellung).....	45
Tabelle 4: Dokumentation der Vorgehensweise - Kapitel 8 (eigene Darstellung).....	58
Tabelle 5: Prozesskosten Ist-Auftragsabwicklungsprozess (eigene Darstellung).....	60
Tabelle 6: Dokumentation der Vorgehensweise - Kapitel 9 (eigene Darstellung).....	62
Tabelle 7: Dokumentation der Vorgehensweise - Kapitel 10 (eigene Darstellung)....	64

18 Abkürzungsverzeichnis

Bh	Betriebsstunde
bzw.	beziehungsweise
d.h.	das heißt
ca.	circa
CA	Control Assembly
CM&U	Conversions, Modifications & Upgrades
COQ	Cost Of Quality
CSA	Customer Service Agreement
DIN	Deutsches Institut für Normen
EBOM	Engineering Bill of Materials
ERP	Enterprise Resource Planning
etc.	et cetera
€	Euro
FA	Final Assembly
GE	General Electric
h	Stunde
HQLP	Head Quarter Loose Parts
inkl.	inklusive
LPN	License Plate Number
max.	maximal
min.	minimal
MSA	Material Stream Agreement
N/A	no Answer
SBOM	Service Bill of Materials
SLA	Service Level Agreement
SO	Sales Order
WH	Warehouse
WMS	Warehouse Management System
z.B.	zum Beispiel