

Hochschule Merseburg
University of Applied Sciences



Fachbereich Wirtschaftswissenschaften
Fachgebiet Logistik

Bachelorarbeit
zur Erlangung des Grades Bachelor of Arts (B.A.)

Ersatzteillogistik in der Luftfahrtindustrie

vorgelegt bei

Prof. Dr. rer. pol. Dirk Sackmann

Zweitprüfer: Prof. Dr. rer. pol. Jörg Döpke

eingereicht von:

Sascha Bischoffberger



Matrikel: BBW10

Kennnummer: 17902

Abgabetermin: 31.03.2016

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis.....	III
Abkürzungsverzeichnis.....	IV
1 Einleitung.....	1
2 Literaturreview.....	2
3 Logistik.....	6
3.1 Aufgaben und Prozesse.....	7
3.2 Logistikbereiche.....	8
4 Ersatzteillogistik.....	9
4.1 Definition Ersatzteil.....	10
4.2 Lebensphasen.....	11
4.3 Instandhaltung.....	13
4.3.1 Aufgaben und Ziele.....	13
4.3.2 Arten von Ausfällen.....	15
4.3.3 Instandhaltungsstrategien.....	16
4.3.4 Ausfallkosten.....	18
4.4 Bedarfsplanung.....	20
4.5 Bestellmengen und Bestellkosten.....	22
5 MRO-Logistik.....	24
5.1 MRO-Anbieter.....	25
5.2 MRO-Konzepte.....	27
5.3 Flugzeugwartung in Line und Base Maintenance.....	29
5.3.1 Wartung.....	30
5.3.2 Überholung.....	32
5.4 Ersatzteilversorgung.....	35
5.4.1 Reparatur.....	35
5.4.2 Lagerung.....	38
5.4.3 Gebrauchtmärkte durch Flugzeugrecycling.....	40
5.5 Ausstattung von VIP-Ausführungen.....	42
6 Problemstellung.....	43
6.1 Outsourcing.....	43
6.1.1 Make-or-buy-Analyse.....	46
6.1.2 Entscheidungsbaum.....	48
6.2 Standortauswahl.....	49
6.2.1 Definition Standort.....	49
6.2.2 Standortwahl.....	50
6.2.3 Standortfaktoren.....	51
6.3 Transportfähigkeit.....	51
6.3.1 Unterteilung nach Größe.....	54
6.3.2 Unterteilung nach Gefährlichkeit.....	57
7 Praxisbeispiele.....	59
8 Schlussfolgerung.....	62

Anhangsverzeichnis.....	64
Literaturverzeichnis.....	72
Eidesstattliche Erklärung.....	

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Jahresangaben der Quellen.....	3
Abbildung 2: Quellenverteilung und Quellenarten.....	4
Abbildung 3: Hauptkomponenten eines Ersatzteilsystems.....	9
Abbildung 4: Lebenszyklus von Primärprodukt und Ersatzteil.....	12
Abbildung 5: Steigende Anforderungen an die Instandhaltung.....	14
Abbildung 6: Ausfallrate einer komplexen Ausfallverteilung.....	15
Abbildung 7: Theoretisches Modell zur Ermittlung der optimalen Instandhaltungsintensität.....	18
Abbildung 8: Einflussgrößen der Bedarfsprognose von Ersatzteilen.....	21
Abbildung 9: MRO-Anbieter in Deutschland.....	27
Abbildung 10: MRO-Konzepte Lufthansa Technik.....	28
Abbildung 11: Triebwerkswartung.....	31
Abbildung 12: Flugzeugwartung im Hangar der European Air Transport Leipzig GmbH.....	34
Abbildung 13: Entscheidungsbaum Make-or-Buy.....	48
Abbildung 14: Standorte Lufthansa Technik Gruppe.....	50
Abbildung 15: ULD-Buffer auf dem Vorfeld des DHL Hub Leipzig.....	52
Abbildung 16: Highloader.....	53
Abbildung 17: Flugzeugwartung mit ausgebauten Ersatztriebwerken.....	55
Abbildung 18: Triebwerk ausgebaut und in Transporteinrichtung.....	56
Abbildung 19: Cargo Aircraft Only.....	58

Abkürzungsverzeichnis

AOG	Aircraft On Ground	Flugzeug am Boden (defekt)
CAO	Cargo Aircraft Only	Nur Frachtflugzeugbeförderung
DGR	Dangerous Goods Regulations	Gefahrgutvorschriften
FBO	Fixed Base Operator	Unternehmen, welches Flugabfertigung sowie Flugzeugabfertigung anbietet
IATA	International Air Transport Association	Dachverband von Unternehmen des gewerblichen, internationalen Linienluftverkehrs; Internationale Luftfrachtorganisation
ICAO	International Civil Aviation Organization	Internationale Zivilluftfahrtorganisation; eine Organisation der UNO
KLT	Kleinladungsträger	Behälter zum Aufbewahren kleiner Teile
MRO	Maintenance, Repair, Overhaul	Luftfahrzeuginstandhaltung
MSN	Manufacturer Serial Number	Seriennummer des Flugzeuges
OEM	Original Equipment Manufacturers	Erstausrüster oder auch Originalausrüstungshersteller
ULD	Unit Load Device	Luftfrachtcontainer
UN	UN number	UN-Nummer; von den Vereinten Nationen festgelegte vierstellige Nummer für alle gefährlichen Stoffe (Gefahrgüter)

1 Einleitung

Diese Bachelorarbeit beschäftigt sich mit der Ersatzteillogistik in der Luftfahrtindustrie und gibt einen kurzen allgemeinen Überblick auf die derzeitige Situation und mögliche zukünftige Verfahren.

Wie wichtig die planmäßige und zeitnahe Ersatzteilversorgung für Flugzeuge ist, wird als Fluggast deutlich, wenn ein Flug aus technischen Gründen ausfällt. Nicht nur die Wartezeit im Terminal ist für den Kunden ärgerlich, es resultieren auch anderweitige Konsequenzen wie verpasste Anschlussflüge, ein verspäteter Urlaubsbeginn oder geplatze Geschäftstermine. Andererseits führt eine längere Standzeit am Boden zu hohen Kosten für die jeweiligen Fluggesellschaften. „Denn Flugzeuge sind nur rentabel, wenn sie sich in der Luft befinden.“⁵⁵

Aus diesem Grund setzt sich diese Bachelorarbeit mit der Thematik der Ersatzteillogistik in der Luftfahrtindustrie auseinander. Aufgrund der hohen Komplexität dieses Themas und der schwierigen Quellenaufarbeitung umfasst die Bachelorarbeit einen kurzen Abriss der Möglichkeiten bei der Ersatzteilbeschaffung und der Instandhaltung von Flugzeugen.

Sie nähert sich diesem Thema, indem erst die grundsätzlichen Begriffe und Merkmale der allgemeinen Logistik definiert werden. Darauf folgend wird der logistische Schwerpunkt der Ersatzteillogistik erläutert, mit der Spezialisierung auf die Instandhaltung.

Nach den Definitionen dieser drei vorangegangenen Gebiete wird sich um den Teil der MRO-Logistik, also der Logistik für die Flugzeuginstandhaltung und dem Hauptthema der Arbeit, der Ersatzteillogistik in diesem Bereich, gewidmet.

Dies ist wichtig, da die Flugzeuginstandhaltung nur bedingt mit einer Art Inspektion bei einem Kraftfahrzeug vergleichbar ist. Wenn Autos genauso wie Flugzeuge gewartet werden würden, inklusive kompletten Auseinanderbau und Wiederaufbau, dann würden häufig Kraftfahrzeuge mit einem Alter von 20 Jahren und mehr am Straßenverkehr teilnehmen.

Es folgt die Klärung möglicher Problemstellungen beim Transport der Ersatzteile vom Flugzeug zur Reparaturwerkstatt und wieder zurück. Dabei wird auf die Analyse der Eigenerbringung, aber auch auf die reine physische Transporterbringung eingegangen.

Letztendlich wird anhand eines theoretischen Beispielfalls die Ersatzteillogistik näher gebracht und es folgt eine Zusammenfassung der bisherigen Möglichkeiten sowie ein kurzer Ausblick in die Zukunft.

2 Literaturreview

Die Arbeit mit Quellen ist im Fall der Ersatzteillogistik in der Luftfahrtindustrie etwas schwieriger als bei der normalen Ersatzteillogistik. Grund hierfür ist die bisherige Nische dieser speziellen Logistik in einem relativ kleinen System, welches keine große Berührung mit der normalen Bevölkerung aufweist.

So ist die Luftfahrtindustrie, im Gegensatz zur Automobilindustrie, nicht primär auf den Endkunden, also den Menschen als die einzelne Persönlichkeit an sich, ausgelegt. Sie versorgt eher Fluggesellschaften mit größeren Transportmitteln.

Die Automobilindustrie richtet sich dagegen direkt an die einzelne Person mit ihrer speziellen Vorstellung von Größe und Ausstattung des Automobils. Die Versorgung mit Ersatzteilen und Instandhaltung der Kraftfahrzeuge erfolgt dabei hauptsächlich durch Werkstätten. Vorgelegt ist meistens der Kauf eines Kraftfahrzeugs in einem Autohaus. Dieser Händler bietet im Normalfall auch Reparaturen an den erworbenen sowie fremden Fahrzeugen an.

Die Luftfahrt kann dies nur begrenzt verwirklichen. Neben den (großen) Fluggesellschaften gibt es noch das Feld der Allgemeinen Luftfahrt (General Aviation). Hierzu zählen Kleinflugzeuge sowie vereinzelt Hubschrauber, welche Privatleuten oder zur Kostenteilung Vereinen gehören.

Erworben werden neue Luftfahrzeuge direkt beim Hersteller. So fungieren zwar einzelne Instandhaltungsbetriebe für Kleinflugzeuge als Zwischenhändler, im Gegensatz dazu ist bei Automobilen der Kunde bei einem Kauf an einem Verkäufer gebunden und kann sein Fahrzeug nicht direkt vom Produzenten erwerben.

Zu guter Letzt bildet die Ersatzteillogistik in Deutschland durch das produzierende Gewerbe eine große Rolle.

Die Literatur spiegelt diese drei Systeme wider. Grundlagenbücher von Biedermann, Pawellek, Pfohl und Schulte geben einen ersten Einblick über die Logistik und das Gebiet der Ersatzteillogistik.

Ergänzungen dazu bilden vor allem den Schwerpunkt in der Ersatzteilversorgung in der Automobillogistik sowie der allgemeinen Produktion und Beschaffung in Betrieben. Hier gehen die Autoren auf die allgemeinen Anforderungen wie Bestellkosten und -mengen ein. Diese sind durch hohe Standkosten nur bedingt auf die Luftfahrtindustrie übertragbar.

Der zeitliche Verlauf der Quellen ist in Abbildung 1 dargestellt. Zu sehen ist die Auswertung der gesamten Quellen inklusive der Mischung von Buch und Internet. Von den 113 zur Auswertung herangezogenen Quellen (rot dargestellt) wurden letztendlich 102 Quellen auszugsweise benutzt (grün dargestellt).

Der Bereich der Herausgabe von den Quellen reicht dabei von Mitte der 1990er Jahre, mit einer zusätzlichen Quelle von 1966 und drei Quellen ohne Jahresangabe, bis in das aktuelle Jahr 2016. Dabei ist ein zunehmender Anstieg der Quellenanzahl zu verzeichnen.

Jahresangaben der Quellen

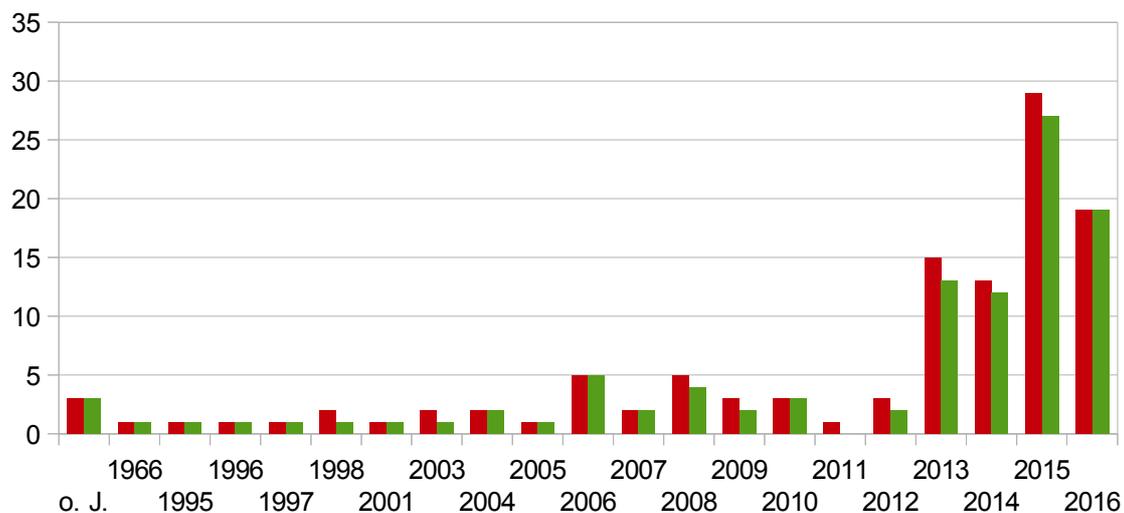


Abbildung 1: Jahresangaben der Quellen

(Quelle: eigene Darstellung)

Für diese Bachelorarbeit wurde daher neben Fachliteratur als Buch, unabhängig ob tatsächlich physisch vorliegend oder als eBook, auch auf Internetquellen zurückgegriffen. Zu den Internetquellen zählen auch Zeitschriften, die in der Vergangenheit tatsächlich abgedruckt wurden, inzwischen aber auch im Internet verfügbar sind.

Benutzt wurde zur Recherche der physische Bestand an Büchern der Hochschule Merseburg mit den Themen Logistik (Ester und Schulte) sowie Ersatzteillogistik (Biedermann und Wegner). Weiterhin gab es durch die Möglichkeit des online Bibliotheksverbundes in Verbindung mit der Authentifizierung als Hochschulangehöriger an der Campus-Bibliothek der Universität Leipzig und der Hochschulbibliothek der Hochschule für Technik, Wirtschaft und Kultur Leipzig weitere Bücher zu recherchieren. Die Möglichkeit zur Nutzung von eBooks förderte das Sammeln großer Mengen an Literatur zur Analyse und Nutzung in der Bachelorarbeit.

Die Ausarbeitung war in sich dadurch erschwert, dass viele Quellen nur auf die allgemeine Ersatzteillogistik eingehen, oder sich auf der Ersatzteilbeschaffung für Produktionsgüter oder Produktionsanlagen bzw. Ersatzteile im Automobilbau spezialisieren.

Es fand daher eine Abwägung zwischen der Einarbeitung allgemein gehaltener Quellen und Spezialisierungen durch Internetquellen statt. Letztere bildeten in Verbindung mit den allgemeinen Angaben eine Herleitung auf das Thema Ersatzteillogistik in der Luftfahrtindustrie.

In Abbildung 2 dargestellt ist auf der linken Seite die bereits angesprochene Verteilung der Quellen. Von den genutzten 102 Quellen entfallen mit 19 und 13 Stück knapp 1/3 der Quellen auf Bücher und Zeitschriften, die restlichen 70 Quellen beziehen sich auf Angaben aus dem Internet.

Auf der rechten Seite werden die 102 Quellen in die verschiedenen Arten aufgeschlüsselt. Dabei ist zu entnehmen, dass von den 19 Büchern selber nur knapp die Hälfte ein komplettes Buch umfasst. Vielmehr sind zehn Bücher eine Sammlung von verschiedenen Autoren, also Beiträge in einer Sammlung, welche als Bücher herausgegeben wurden.

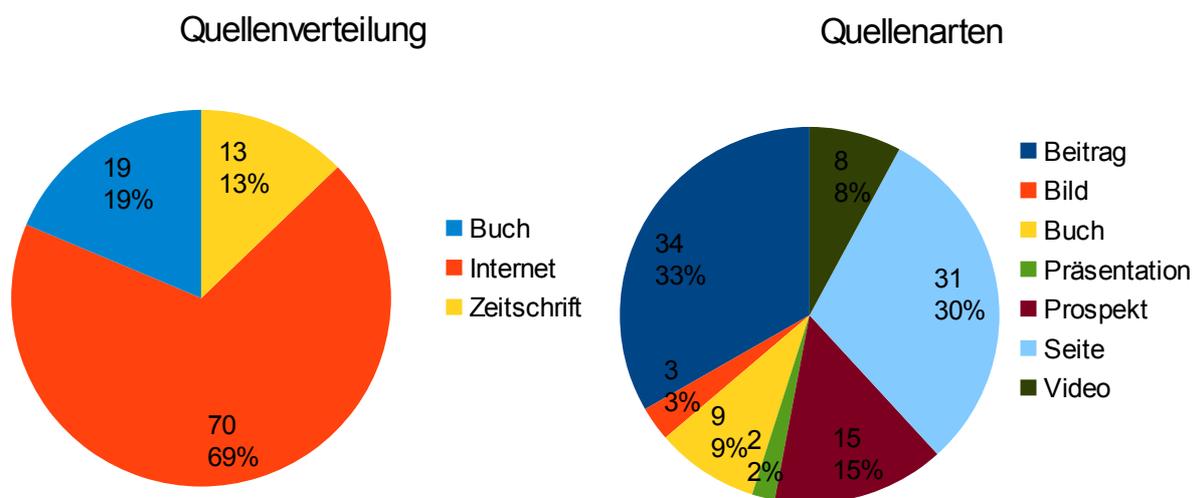


Abbildung 2: Quellenverteilung und Quellenarten
(Quelle: eigene Darstellung)

Die insgesamt 34 Beiträge betreffen aber nicht nur Bücher, sondern sind auch in Zeitschriften sowie Interviews und Erklärungen enthalten.

Zur Erklärung von Sachverhalten, welche nicht in Büchern vorzufinden waren, mussten darüber hinaus Internetseiten herangezogen werden, welche den gewissen Aspekt näher erläutern. Dadurch ergibt sich eine Anzahl von 31 Internetseiten, welche teilweise kombinierbar waren, teilweise aber nur ein Thema für sich behandelten.

Durch die Nutzung von Internetquellen ergibt sich das Problem der Zitierfähigkeit. Zwar werden in der Bachelorarbeit 15 Prospekte bzw. Broschüren zur Verdeutlichung von Sachverhalten als Quelle herangezogen, bei genauer Vorgehensweise von Instandhaltungsarbeiten wird in der Bachelorarbeit aber auch auf acht Videos verwiesen.

Wie bereits geschildert, erläutern die meisten Bücher nur eine theoretische Problemstellung in der Ersatzteillogistik. Eine Weiterführung auf besondere Gebiete wie die Instandhaltung von Flugzeugen ist in der allgemeinen Literatur schwer zu finden und nur in spezieller Fachliteratur zur Luftfahrttechnik (vor allem von Scholz) vorhanden. Die Theorie behandelt hauptsächlich Bestellmengen und Bestellkosten. Da die Luftfahrtindustrie auf sich bewegende Flugzeuge angewiesen ist, spielt die (optimale) Bestellmenge und die Minimierung der Bestellkosten nur eine untergeordnete Rolle.

Aus diesem Grund war es nötig, anhand der Quellen nachzuweisen, dass auf eine Kostenreduzierung verzichtet werden kann, wenn die Ausfallkosten dadurch minimiert werden.

Eine Konzentrierung auf die Verringerung der Zeit ist daher für Fluggesellschaften, die Logistikdienstleister und Wartungsbetriebe von größter Bedeutung. Hier ist eine Differenz in der allgemeinen Theorie in Büchern und der tatsächlichen Praxis bei Fluggesellschaften feststellbar.

3 Logistik

„Zur Logistik gehören alle Tätigkeiten, durch die die raum-zeitliche Gütertransformation und die damit zusammenhängenden Transformationen hinsichtlich der Gütermengen und -sorten, der Güterhandhabungseigenschaften sowie der logistischen Determiniertheit der Güter geplant, gesteuert, realisiert oder kontrolliert werden. Durch das Zusammenwirken dieser Tätigkeiten soll ein Güterfluß [sic!] in Gang gesetzt werden, der einen Lieferpunkt mit einem Empfangspunkt möglichst effizient verbindet.“¹

Das Wort Logistik hat mehrere Bedeutungen. Das altgriechische Wort „λογιστική“ bedeutet praktische Rechenkunst² oder beinhaltet das „Berechnende, Logische und Denkende“. Aus dem französischen kommt das Wort „loger“, „was mit der vorübergehenden Unterbringung von Gästen und Soldaten in einer Wohnstätte übersetzt werden kann“³.

Weiter schreibt Wegner: „Im Bereich des Militärwesens ist der Begriff Logistik seit Mitte des 19. Jahrhunderts gebräuchlich. Der Schweizer Général Jomini leitet den Begriff von dem 'major-général de logis' (Quartiersmeister) ab. Logistik bezog sich auf die Probleme des Transports, der Nachschubversorgung sowie der Steuerung, Bewegung und Unterbringung der Truppen.“⁴

Auf verschiedenen Ebenen und in verschiedenen Etappen vollzog sich die Entwicklung der Logistik und des Logistikmanagements. Die im Militärbereich gewonnenen Logistikerkenntnisse wurden in den USA nach dem Ende des Zweiten Weltkrieges auf die Bereiche der Wirtschaft übertragen. Durch sein 1955 in der Zeitschrift „Naval Research Logistics Quarterly“ veröffentlichten Beitrag prägte Oskar Morgenstern die Entwicklung der Logistik als wissenschaftliche Disziplin. Heute wird seine Formulierung einer Theorie der Logistik allgemein als erster fundierte Beitrag aufgefasst.⁵

1 Ester (1997), S. 121, zit. nach Pfohl (1996), S. 12.

2 Vgl. Gemoll (1966): Griechisch-Deutsches Schul- und Handwörterbuch.

3 Wegner (1996), S. 7.

4 Wegner (1996), S. 7, zit. nach Jomini (1830), S. 74 ff.

5 Vgl. Schuh/Hering/Brunner (2013), S. 3, Vgl. auch Schulte (2008), S. 1.

3.1 Aufgaben und Prozesse

Die Kernaufgaben der Logistik ist die Bereitstellung

- des richtigen Gutes,
- in der richtigen Menge,
- in der richtigen Qualität,
- zur richtigen Zeit,
- am richtigen Ort,
- zum richtigen Preis.

Diese sechs Punkte werden als „*Sechs-R-Regel der Logistik*“ bezeichnet. Erweitert werden können diese Kernaufgaben zu einer „*Sieben-R-Regel*“ mit dem Punkt

- Ressourceneffizienz⁶

Zur Erfüllung dieser Kernaufgaben ist die Durchführung folgender logistischer Kernprozesse nötig:⁷

- Transportieren (Beförderung von Waren mit Hilfe verschiedener Transportmittel)
- Umschlagen (Wechsel von Transportmitteln)
- Kommissionieren (Auflösung von Ladeeinheiten mit anschließender Neuzusammenstellung und Weiterleitung nach Kundenwunsch)
- Verpacken (Bildung einer Packung bzw. eines Packstückes durch Zusammenführen von Packgut und Verpackung zur Handhabung, Schutz und Kennzeichnungen über das verpackte Gut, den Empfangsort sowie den Transportweg)
- Lagern (geplantes Liegen im Materialfluss von Arbeitsgegenständen zur „Überbrückung zeitlicher Differenzen zwischen ankommenden und abgehenden Gütern“ sowie Erfüllung von "Ausgleichsfunktionen hinsichtlich der Dimensionen Zeit, Menge, Raum und Sortiment")
- Disponieren ("mengenmäßige Einteilung von Aufträgen mit aktuellen Leistungsanforderungen und die terminierte Zuweisung zu den verfügbaren Ressourcen")

6 Vgl. Schuh/Hering/Brunner (2013), S. 8.

7 Vgl. Schuh/Hering/Brunner (2013), S. 9-10.

3.2 Logistikbereiche

Unterteilt werden kann die Logistik in folgende Bereiche:⁸

- Beschaffungslogistik („umfasst die wirtschaftliche Versorgung des Unternehmens mit erforderlichen Inputfaktoren, um Produktionsstillstände zu vermeiden bzw. um eine termingerechte Erbringung der betrieblichen Absatzleistung zu gewährleisten“)⁹
- Lagerlogistik („umfasst die Abläufe der Planung, Steuerung und Überwachung der Lager- und Transportvorgänge, wie bspw. Festlegung von Anzahl und Umfang der Lager sowie von Funktionen und Standorte der Lager [optimale Lagerorganisation, Lagerhaltungssysteme, Lagertechnik ...]“)
- Produktionslogistik („umfasst die optimale Gestaltung des Leistungsflusses von der Übernahme der bereitgestellten Produktionsfaktoren bis zur Abgabe der fertiggestellten Produkte an die Distribution. Im Mittelpunkt der Überlegungen stehen Produktionsorganisation, Auftrags- bzw. Terminplanung.“)¹⁰
- Transportlogistik („umfasst die Planung und Durchführung von Maßnahmen zur optimalen Gestaltung des Transportes bei der Wahl der Transportmittel, Transportwege, Beladung und Entladung, Übergabe usw.“)
- Ersatzteillogistik („umfasst sämtliche Maßnahmen zur optimalen Beschaffung und optimalen Gestaltung der Verfügbarkeit von Ersatzteilen“)¹¹
- Distributionslogistik („umfasst die Planung, Steuerung und Überwachung des physischen Warenflusses sowie des damit verbundenen Informationsflusses zwischen der Leistungserbringenden [sic!] Unternehmung und den Leistungsabnehmern [Händler, Letztverbraucher ...]“)¹²
- Entsorgungslogistik („umfasst sämtliche Maßnahmen zur optimalen und kostengünstigen wie umweltschonenden Entsorgung nicht mehr benötigter Stoffe und Substanzen.“)¹³
- Informationslogistik („umfasst die Planung und Durchführung von Maßnahmen zur Gestaltung eines reibungslosen Informationsflusses [bspw. mittels Softwarelösungen wie SAP]“)
- Branchenlogistik (z. B. Automobillogistik, Krankenhauslogistik, Speditionslogistik, Umzugslogistik, Zulieferlogistik)

8 Engelsberger (2004), S. 1.

9 Vgl. auch Schulte (2008), S. 267-268.

10 Vgl. auch Schulte (2008), S. 345.

11 Vgl. auch Schulte (2008), S. 496-497, Vgl. auch Biedermann (1995), S. 5.

12 Vgl. auch Schulte (2008), S. 455.

13 Vgl. auch Schulte (2008), S. 506.

4 Ersatzteillogistik

„Die primäre Aufgabe einer Ersatzteilwirtschaft besteht darin, jene für die Instandhaltung von Anlagen und Betriebsmitteln benötigten Ersatzteile in der erforderlichen Menge und Art beim entsprechenden Bedarfsträger zur rechten Zeit kostenminimal bereitzustellen.“¹⁴

Erweiternd wird gesprochen von der Aufgabe, „die Klärung, Durchführung und Kontrolle aller ersatzteilwirtschaftlichen Teilfunktionen - Bereitstellung, Instandhaltung, Bevorratung, Einsatz und Ausmustern von Reserveteilen -“ zu koordinieren und zu realisieren.¹⁵

In Abbildung 3 „sind die Hauptkomponenten eines Ersatzteilsystems dargestellt. Ausgehend von der Politik und den Zielen, die mit den notwendigen Informationen und den entsprechenden Technologien unter der Einbeziehung von Mensch und Betriebsmittel verwirklicht werden, muss für dieses System ein Ersatzteillager gehalten werden. Dieses wiederum ist in einen Kreislauf (Aufträge- Lieferanten- Lieferung) eingebunden, wobei der Bereich 'Kunden/Anlagen' sowie 'Lieferanten' *intern* oder *extern* gestaltet sein kann.“¹⁶

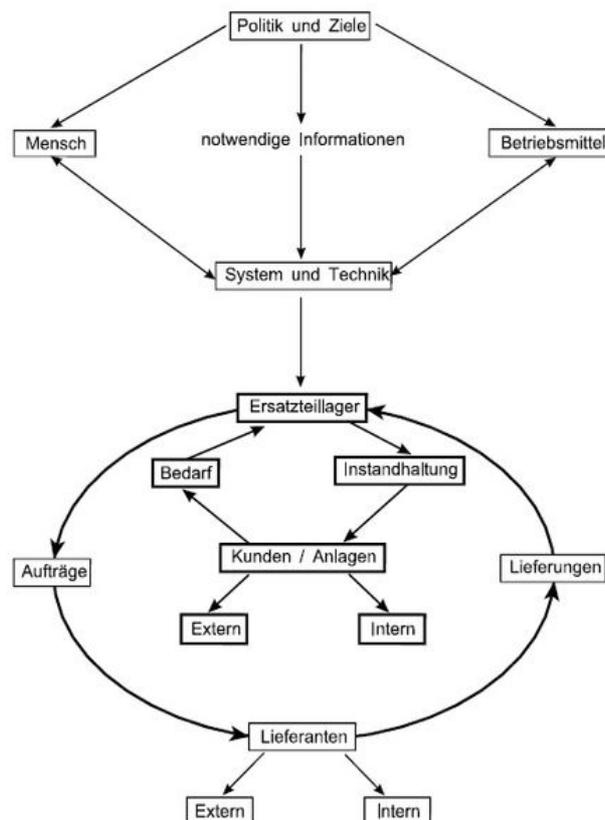


Abbildung 3: Hauptkomponenten eines Ersatzteilsystems
(Quelle: Biedermann [2008], S. 2.)

14 Biedermann (2008), S. 5, Vgl. auch Schuh/Stich/Wienholdt (2013), S. 167.

15 Strumpf (2006), S. 300.

16 Biedermann (2008), S. 2.

4.1 Definition Ersatzteil

Nach DIN 24420 werden Ersatzteile definiert als: „Teile (z. B. auch Einzelteile genannt), Gruppen (z. B. auch Baugruppen und Teilegruppen genannt) oder vollständige Erzeugnisse, die dazu bestimmt sind, beschädigte, verschlissene oder fehlende Teile, Gruppen oder Erzeugnisse zu ersetzen.“¹⁷

Unterschieden wird dabei nach DIN 31051 in:¹⁸

- Reserveteil („Ersatzteil, das einer oder mehreren Anlagen zugeordnet ist, in diesem Sinne nicht selbstständig genutzt und zum Zweck der Instandhaltung disponiert und bereitgehalten wird. Reserveteile können als Einort- oder Mehrortteile ausgeführt sein.“ Diese sind in den meisten Fällen Teile mit sehr hohem Wert und niedriger Bestandsmenge, z. B. Ersatztriebwerke.)
- Verbrauchsteil („Ersatzteil, das sich aufgrund seiner Konzeption bei der Nutzung verzehrt und in der Regel nicht wirtschaftlich instandgesetzt werden kann.“ Beispiele hierfür sind Einweghandschuhe, Farbe und Glühlampen.)
- Kleinteil („Ersatzteil, das allgemein verwendbar, vorwiegend genormt und von geringem Einzelwert ist.“ Beispiele hierfür sind Schrauben und Muttern.)

Einflüsse auf Bestellungen von Ersatzteilen haben nicht nur die bisherige Instandhaltungsstrategie sowie die Anzahl und Nutzungsintensität der Produkte, sondern auch Erfahrungswerte, wie die bisherige Nachfrage nach Ersatzteilen oder Produktausfallkurven ähnlicher Produkte. Letztendlich münden die Daten der Bedarfsmeldungen in eine Bestellung und einer Auslösung der Ersatzteilaufträge.

Zu viel bestellte Ersatzteile führen daher zu Abwertungsbedarf, zu wenig bestellte dagegen zu teuren Sonderanfertigungen. Zur Minimierung der Kosten senden Geräte teilweise automatisch Onlinediagnosen und Verschleißerscheinungen, die in einem Diagnosezentrum gebündelt werden. Zusätzlich werden durch Inspektionen und Altersgrenzen (z. B. bei Schmierstoffen) Ausfallerscheinungen und damit hohe Ersatzkosten durch Miete, Reparatur oder Totalausfall vorgebeugt.¹⁹

17 Ester (1997), S. 118, zit. nach DIN 24420 Teil I/4-1, Vgl. ähnlich Biedermann (2008), S. 3.

18 Vgl. Biedermann (2008), S. 3-4, Vgl. ähnlich Ester (1997), S. 118, zit. nach DIN 31051.

19 Vgl. Schulte (2008), S. 498.

4.2 Lebensphasen

Wie in Abbildung 4 verdeutlicht, lässt sich ein Lebenszyklus von einem Produkt in drei verschiedene Abschnitte unterteilen.

Zeitgleich mit dem Produktionsbeginn des eigentlichen Produktes in der **Einführungsphase** beginnt auch die Ersatzteilproduktion zur Versorgung von Frühausfällen (Vgl. 4.3.2 Arten von Ausfällen). In Ausnahmefällen kann dieser Produktionsstart auch vor dem sogenannten Primärprodukt gefertigt werden, so dass gleichzeitig mit Markteintritt des Primärprodukts Ersatzteile zur Verfügung stehen. Sollte erst mit Verspätung die Ersatzteilproduktion aufgenommen werden, ist die Lebensdauer der einzelnen Komponenten die maximale zeitliche Verzögerung. Direkte Erfahrungswerte aus der Vergangenheit bzgl. des Verbrauchs und Ausfallverhaltens und damit eine genaue Prognose der Ersatzteilmenge, also „das Bemühen, aus der Analyse vergangener und gegenwärtiger Zustände eines Prozesses seine Gesetzmäßigkeit zu gewinnen, die einen Schluss auf zukünftige Ereignisse ermöglichen soll“²⁰, stehen in dieser Phase noch nicht zur Verfügung.²¹

Ein gleitender Übergang findet zwischen der Einführungsphase und der **Konsolidierungsphase** statt, was zur Folge hat, dass das Ende der Einführungsphase und der Beginn der Konsolidierungsphase zeitlich aufeinander fallen. Sie charakterisiert sich durch einen relativ konstanten Grundbestand an Primärprodukten und unterscheidet sich beim Startpunkt der Anwendung in zwei Kriterien.²²

Die Abgrenzung nach einem definierten Zeitraum, z. B. bei Beginn der Einführungsphase oder nach dem ersten Ersatzteilverbrauch, ist die Verwendung von zeitorientierten Kriterien. Sie wird auch die Ex-post-Betrachtung genannt. Mengenorientierte Kriterien sind die bedeutenderen Abgrenzungskriterien. In ihr sind Vergangenheitsdaten, also zurückliegende Verbrauchsverläufe oder Kenntnisse bzgl. Einflussgrößen, in einer bestimmten Menge die Entscheidungsgrundlage. Eine genauere Prognose des Ersatzteilbedarfs, also das Abschätzen der Lebensdauer vom Primärprodukt und somit die benötigte Ersatzteilmenge, kann anhand von Basisinformationen über das Ausfallverhalten der Primärprodukte erstellt werden, da das Informationsangebot bzgl. der Verbrauchs- und Ausfallraten in der Konsolidierungsphase bereits sehr groß ist.²¹

Eine Entscheidung über primärproduktbezogene und ersatzteilbezogene Kriterien, in der

20 Loukmidis/Luczak (2006), S. 253.

21 Vgl. Schuh/Stich/Wienholdt (2013), S. 175.

22 Vgl. Schuh/Stich/Wienholdt (2013), S. 175-176, Vgl. auch Loukmidis/Luczak (2006), S. 254.

eine potentielle Abgrenzung zwischen der Konsolidierungsphase und der Degenerationsphase existiert, findet in der **Degenerationsphase** statt. Das entscheidende Kriterium ist hier die jeweilige Beendigung der Primär- oder Ersatzteilproduktion. Durch eine Substitution von Ersatzteilen oder großen Unterschieden, bedingt durch Nachserienfertigung, kann es neben einem Nachfragerückgang auch zu einer Einstellung dieser Produktion kommen. Grundsätzlich gibt es große Unterschiede bei Nachserienversorgung mit Ersatzteilen zwischen den Primärprodukten. Durch Fehleinschätzungen der benötigten Ersatzteilmenge (Vgl. 4.4 Bedarfsplanung) bzw. Produktionsdauer kann es zu großen monetären Auswirkungen (Totes Kapital) kommen. Die Ersatzteilversorgung zählt deshalb zu den schwierigsten logistischen Planungsaufgaben.²³

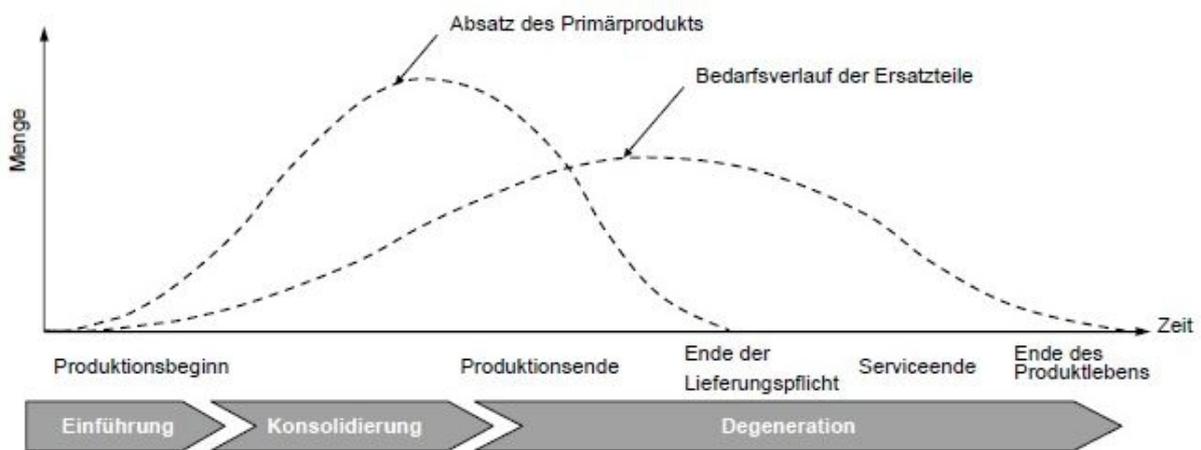


Abbildung 4: Lebenszyklus von Primärprodukt und Ersatzteil

(Quellen: Schuh/Stich/Wienholdt [2013], S. 175, in Anlehnung an Loukmidis/Luczak [2006], S. 254.)

²³ Vgl. Schuh/Stich/Wienholdt (2013), S. 176, Vgl. auch Loukmidis/Luczak (2006), S. 254.

4.3 Instandhaltung

Nach DIN 31051 wird Instandhaltung definiert als: „Maßnahmen zur Bewahrung und Wiederherstellung des Soll-Zustandes sowie zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes von technischen Mitteln eines Systems.“²⁴

Sie wirkt präventiv einem Maschinenausfall und dadurch der Ersatzteilbeschaffung oder gar einer Ersatzbeschaffung von ganzen Maschinen vor.

4.3.1 Aufgaben und Ziele

Die Instandhaltung wird dabei in vier Grundmaßnahmen unterschieden:²⁵

- Wartungen (Maßnahmen dienen „zur Verzögerung des Abbaus des vorhandenen Abnutzungsvorrats“²⁴, also zur Bewahrung des Sollzustandes; dazu zählen z. B. Reinigen, Schmieren und Nachjustieren)
- Inspektionen (helfen bei der „Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes einer Betrachtungseinheit einschließlich der Bestimmung der Ursache der Abnutzung sowie dem Ableiten der notwendigen Konsequenz für eine künftige Nutzung“²⁴, also „ob, wie und warum der Abbau des Nutzungsvorrates fortschreitet“²⁶; dazu zählen z. B. Messen, Prüfen und Diagnostizieren)
- Instandsetzungen („Maßnahmen zur Rückführung einer Betrachtungseinheit in den funktionsfähigen Zustand“²⁴, also die Wiederherstellung des Sollzustandes, ohne technische Verbesserungen; dazu zählen z. B. Austauschen oder Ausbessern)
- Verbesserungen oder auch Schwachstellenbeseitigungen (unterstützen die technische und administrative Betrachtungseinheit in der Weise, dass eine Steigerung der Funktionssicherheit, also das Erreichen einer festgelegten Abnutzungsgrenze, nur noch mit einer Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist, die im Rahmen der geforderten Verfügbarkeit liegt)

Laut Biedermann ist dabei laut DIN 31051 der Abnutzungsvorrat der „Vorrat der möglichen Funktionserfüllung unter festgelegten Bedingungen, der einer Betrachtungseinheit aufgrund der Herstellung oder aufgrund der Wiederherstellung durch Instandsetzung innewohnt“ sowie der Nutzungsvorrat der „Vorrat der bei der Nutzung - bis zum vollständigen Abbau des Abnutzungsvorrats einer Betrachtungseinheit - unter festgelegten Bedingungen erzielbaren Sach-

²⁴ Pawellek (2013), S. 14.

²⁵ Vgl. Pawellek (2013), S. 13-14, Vgl. auch Schuh/Stich/Wienholdt (2013), S. 182, Vgl. ähnlich Biedermann (2008), S. 10-12, zit. nach DIN 31051.

²⁶ Biedermann (2008), S. 10, zit. nach DIN 31051.

und/oder Dienstleistungen“.²⁷

Wie in Abbildung 5 dargestellt, nahm im Laufe der Zeit der Umfang und damit die Ziele der Instandhaltung zu. Bis 1950 war nur die eigentliche Reparatur von Maschinen der Instandhaltungsgrund und wurde als notwendiges Übel ohne Berücksichtigung von Kosten und Rentabilität hingenommen. Mit Zunahme der Aufgaben und Ziele kam es auch zur Entwicklung neuer Instandhaltungsstrategien (Vgl. auch 4.3.3 Instandhaltungsstrategien). Der störungsbedingten Instandhaltung (Breakdown Maintenance), bei der erst bei Stillständen durch Störungen und Defekten eingegriffen wurde, folgte 1951 der Kostenansatz durch vorbeugende Instandhaltung (Preventive Maintenance), welche 1957 durch die verbesserte Instandhaltung (Corrective Maintenance) in Hinblick auf Zuverlässigkeit und Leistungsfähigkeit abgelöst wurde. Es folgte 1960 die vorbeugende Instandhaltung (Maintenance Prevention) zur Gewährleistung einer leichteren Instandhaltbarkeit. Alle drei Instandhaltungskonzepte bildeten daraufhin das „Konzept der produktiven Instandhaltung (Productive Maintenance)“²⁸.

Dass Bediener ihre Maschinen selber instandsetzen können, ist seit 1969 durch die Total Productive Maintenance (TPM) möglich. Inzwischen ist durch politische und soziale Gegebenheiten der Umweltaspekt im Sinne der Nachhaltigkeit hinzugekommen. Dazu zählen neben dem reinen Umweltschutz auch Ressourceneinsparung, weitere Qualitätssteigerungen am Produkt sowie noch leichtere Instandhaltungsfreundlichkeit.²⁹

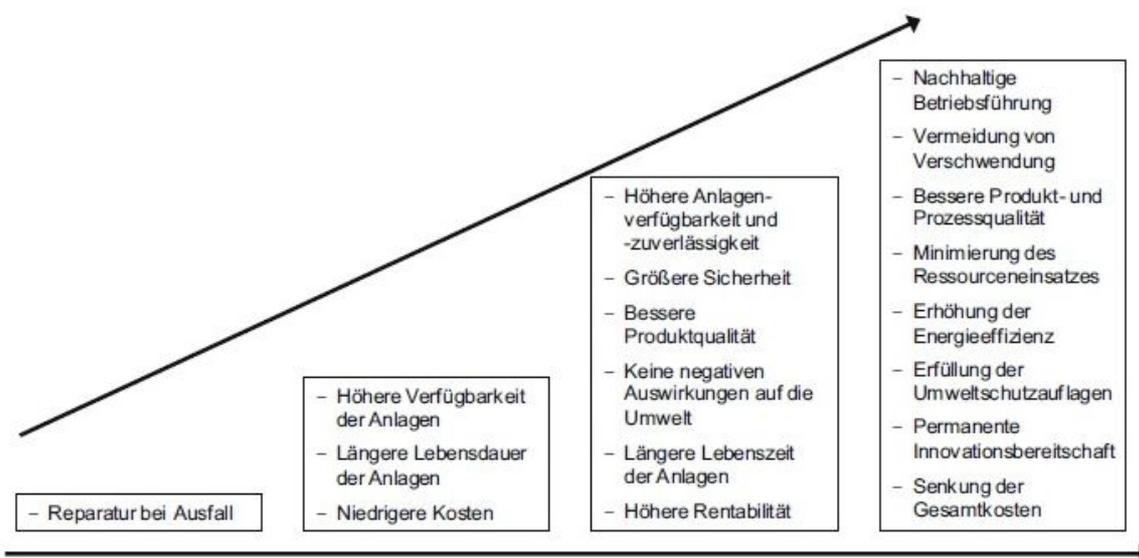


Abbildung 5: Steigende Anforderungen an die Instandhaltung
(Quelle: Pawellek [2013], S. 3.)

27 Biedermann (2008), S. 11.

28 Pawellek (2013), S. 4.

29 Vgl. Pawellek (2013), S. 2-4.

4.3.2 Arten von Ausfällen

Wie in Abbildung 6 dargestellt, unterteilen sich Ausfälle in drei verschiedene Phasen.

Phase A bildet die sogenannten Frühausfälle ab und es ist eine abnehmende Ausfallrate, also eine Zunahme der Zuverlässigkeit über der Zeit zu verzeichnen. Sie wird auch als Phase der Kinderkrankheiten bezeichnet.

Die Zeitspanne B bezeichnet die Zufallsausfälle und „ist gekennzeichnet durch eine etwa gleich bleibende Ausfallrate“. Der überwiegende Bereich der Lebensdauer eines Teils wird in der Praxis von ihr abgedeckt.

Der Bereich C bildet die Phase der Verschleißausfälle, also die Altersausfälle, wider. Da mit zunehmender Betriebszeit und Nutzungsintensität der Verschleiß und damit die Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls immer größer wird, ist sie durch eine steigende Ausfallrate gekennzeichnet. Komplexe Systeme bilden eine zeitlich weiter ausgedehntere Verschleißphase als einfache Bauteile.³⁰

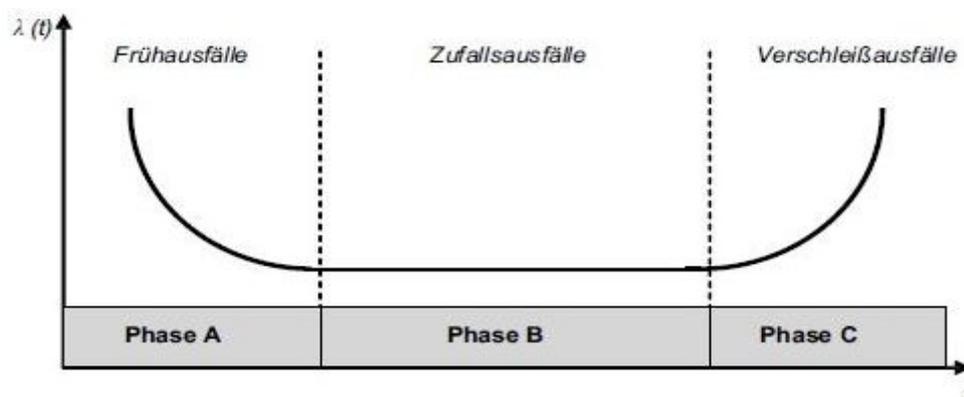


Abbildung 6: Ausfallrate einer komplexen Ausfallverteilung

(Quelle: Schuh/Stich/Wienholdt [2013], S. 173.)

Aufgrund dieser steigenden Verschleißausfälle und den dadurch entstehenden Kosten bei Inspektionen und Überholung (Vgl. 5.3.2 Überholung D-Check) sehen sich viele Billigfluggesellschaften, sogenannte low-cost carriers, gezwungen, ihre Flugzeuge bereits nach ein paar Jahren wieder abzustoßen. Bedingt durch den Kauf von neuen Flugzeugen bei den Herstellern mit großen Mengenrabatten und dem Verfahren des gleich anschließenden Wiederverkaufes an Leasinggesellschaften mit Zurückmietung eben dieser Flugzeuge (Rückmietverkauf oder auch Sale-Lease-Back), haben größere Billigfluggesellschaften einen Kostenvorteil gegenüber normalen Fluggesellschaften oder Konzernen wie der Deutschen Lufthansa AG.³¹

30 Vgl. Biedermann [2008], S. 18, vgl. auch Schuh/Stich/Wienholdt (2013), S. 173.

31 Vgl. Trubbach (2013), S. 9.

4.3.3 Instandhaltungsstrategien

„Instandhaltungsstrategien sind Regeln, die angeben, in welcher zeitlichen Folge an welchem Fertigungssystem oder entsprechendem Untersystem mit welcher Intensität welche Instandhaltungsmaßnahmen durchgeführt werden.“³² Sie sind dadurch Kernpunkt der Instandhaltungstechnischen Überlegungen und können in drei verschiedene Strategien unterteilt werden.³³

Bei der schadensorientierten oder auch ungeplanten Instandhaltung sind die Lagerbestände am geringsten, die Unsicherheit über zukünftige Ersatzteilbedarfe sowie erhöhte Kosten durch unvorhergesehene Stillstände aber am größten. Maschinen und Teile werden nur repariert bzw. instandgesetzt, wenn ein Schaden ohne inhaltliche Vorplanung aufgetreten ist. Sie ist abhängig von der Nutzungsintensität und der Nutzungsdauer. Umgangssprachlich wird sie auch als Reparatur nach Ausfall oder korrektive Wartung genannt.³⁴

Bei der zeitorientierten oder vorbeugend geplanten Instandhaltung (Inspektion), umgangssprachlich auch präventive Wartung genannt, erhöht sich die Planungssicherheit, da nach festen Zeitintervallen (Fixed Time Maintenance - FTM) oder zustandsbedingt (Condition Based Maintenance - CBM) geprüft, getauscht und/oder repariert wird. Sie werden bei sicherheitsgefährdenden Anlagen sowie bei Anlagen mit hoher Automation und damit hohen Ausfallfolgekosten angewandt. Nachteile sind dabei eine evtl. zu geringe Abnutzung von Komponenten, da sie präventiv ausgetauscht werden. Als Beispiele können hier Wartung von Heizungsanlagen oder jährliche Ölwechsel genannt werden.³⁵

Eine Prognose des Ausfallzeitpunktes ist bei der zustandsorientierten oder geplanten wirtschaftlichen Instandhaltung (Überholung), umgangssprachlich auch vorausschauende Wartung genannt, möglich. Dazu werden Teile oder Baugruppen inspiziert oder getauscht, welche unter ein bestimmtes Funktionsniveau gefallen oder ausgefallen sind. Dadurch können Ersatzteilbestellungen rechtzeitig veranlasst werden. Nachteile bei der vorausschauenden Wartung sind die hohe Zeitintensität sowie hohe fachliche Anforderungen an die Instandhalter bzw. Techniker.³⁶ Ein Beispiel für diese Strategie ist der Austausch und die Runderneuerung von Flugzeugreifen nach 150 bis 250 Landungen anhand der Verschleißerscheinungen (verschlissene Längsrillen, Blasenbildung oder Rutschmarkierungen).³⁷

32 Biedermann (2008), S. 19.

33 Vgl. Ester (1997), S. 142, Vgl. auch BITE GmbH (2016).

34 Vgl. Biedermann (2008), S. 19.

35 Vgl. Biedermann (2008), S. 19-20.

36 Vgl. Biedermann (2008), S. 20.

37 Vgl. Scholz (2014), S. 776-777, Vgl. dazu Swiss International Air Lines AG (2015b).

Neben den bereits genannten Instandhaltungsstrategien etablieren sich durch wachsende Aufgaben und Ziele sowie gesellschaftlichen Einfluss (Vgl. 4.3.1 Aufgaben und Ziele) nach und nach neue innovative Strategien. Zum einen handelt es sich hier um die risikobasierte Instandhaltung und zum anderen um die zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung. Beide kommen vor allem bei sehr komplexen Anlagen oder Maschinen zum Einsatz und basieren auf Erfahrungen bezüglich des Verfügbarkeitsverhaltens derer.

Die risikobasierte Instandhaltung (Risk Based Maintenance - RBM) dient, unter der Einhaltung der Sicherheitsvorschriften und des Sicherheitsniveaus, der Reduzierung der Häufigkeit und des Aufwandes in der Wartung und Instandhaltung sowie bei einem potentiellen Anlagenausfall der Ermittlung und Priorisierung der Risiken. Bevorzugt behandelt werden dabei Anlagen oder Maschinen mit dem größten Risiko.

Die RBM ist zusammen mit der sogenannten Fehlermöglichkeits- und Effektanalyse (Failure Mode and Effects Analysis - FMEA)³⁸ Grundlage für die zuverlässigkeitsorientierte Instandhaltung (Reliability Centered Maintenance - RCM), in der die Ermittlung von Funktionsstörungen der einzelnen Komponenten und deren Auswirkungen im Vordergrund steht. Durch dieses Definieren kann ein optimaler Einsatz der verschiedenen Instandhaltungsstrategien an den Anlagentypen erreicht werden.³⁹

Biedermann gibt aufgrund der Vielzahl der Instandhaltungsstrategien daher folgende Einflussgrößen zur Strategiebestimmung an:⁴⁰

- Ausfallverhalten bzw. Informationen über das Ausfallverhalten
- Struktur der maschinellen Ausrüstung
- Anforderungen an die Zuverlässigkeit (Ausfallkosten)
- Informationsmöglichkeiten

38 Vgl. dazu Scholz (2014), S. 710.

39 Vgl. Pawellek (2013, S. 135, Vgl. auch BITE GmbH (2016).

40 Vgl. Biedermann (2008), S. 21.

4.3.4 Ausfallkosten

Um langfristigen Ausfallkosten vorzubeugen, müssen Reparaturersatzteile gelagert werden. Den sich daraus bildenden Lagerungskosten (Vgl. 5.4 Ersatzteilversorgung) stehen Ausfallkosten der betreibenden Fluggesellschaft gegenüber. Zusätzlich zu diesen monetären Kosten kommt bei Flugausfall bei den Fluggästen und Kunden mit Frachtbeiladung ein wahrscheinlicher Verlust an Reputation hinzu. Der in Abbildung 7 dargestellte Zielkonflikt zwischen Bestands- und Fehlmengenkosten ist durch den hohen Wert der Ersatzteile in der Luftfahrtindustrie besonders ausgeprägt.⁴¹

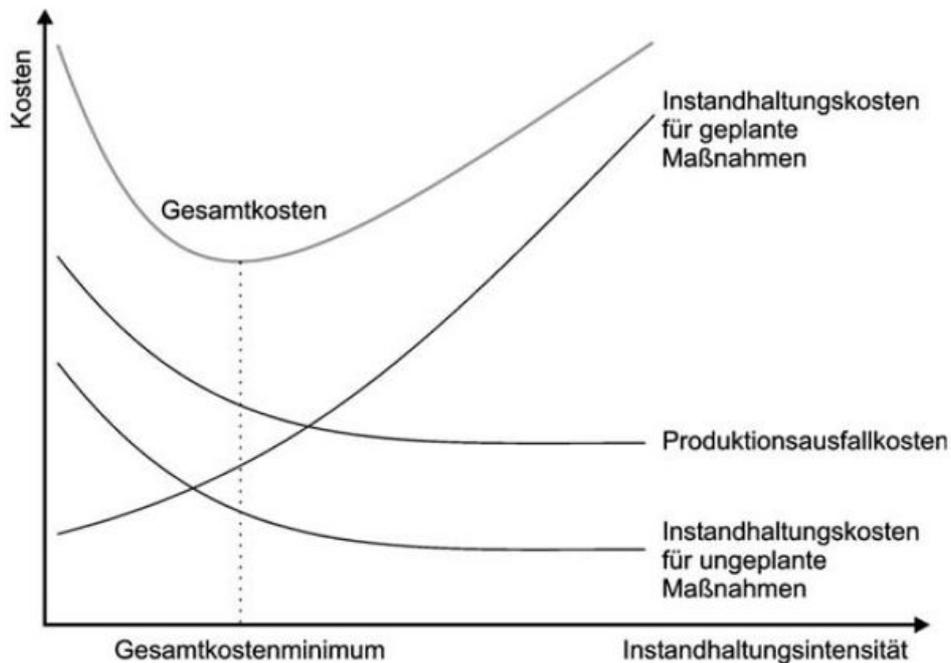


Abbildung 7: Theoretisches Modell zur Ermittlung der optimalen Instandhaltungsintensität
(Quellen: Biedermann [2008], S. 14, in Anlehnung an Palm [1981], S. 258.)

Generell gilt bei Flugzeugen, dass diese nur in der Luft Geld verdienen, respektive indem Transportleistungen von A nach B erbracht werden. Fällt ein Flugzeug aufgrund eines Schadens aus, so muss schnellstmöglich Ersatz geschaffen werden. Ist dies zeitgleich, z. B. weil das Flugzeug planmäßig in die Wartung oder Überholung geht und ein Ersatzflugzeug für die Aufgaben bereitgestellt wird, nicht möglich, muss unverzüglich das Ersatzteil beschafft werden. Dafür werden unter Umständen auch Kurierdienstleistungen per Flugzeug in Kauf genommen. Dies bedeutet: ein technischer Mitarbeiter steigt in ein Flugzeug und fliegt zusammen mit einem Ersatzteil per Linie oder Sondercharter zu dem Kunden. Dazu ist festzustellen: „Die Logistikkosten verlieren gegenüber den anderen Aspekten in den Bereichen an Bedeutung, in denen ein Flugzeugausfall oder die Verlängerung einer Liegezeit droht, da mögliche Ausfallkosten die beeinflussbaren Logistikkosten in der Regel weit übersteigen.“⁴²

41 Vgl. Pfohl/Trumpfheller (2005), S. 41.

42 Friedrich/List (2009), S. 59.

Allgemein lassen sich Ausfallkosten in Industriebetrieben laut Biedermann wie folgt definieren:⁴³

$$\text{Ausfallkosten} = \text{ungenutzte Verbräuche (messbar)} + \text{Erfolgsausfall (kalkulatorisch bzw. teilweise messbar)}$$

Für Flugzeuge ist eine anderweitige Herangehensweise notwendig. Laut Scholz⁴⁴ ist die Kalkulation der Betriebskosten von Flugzeugsystemen, welche auf den direkten Betriebskosten (Direct Operating Costs - DOC) basiert, für Vergleiche und Kostenkalkulationen heranzuziehen. Sie ist wie folgt definiert:

$$C_{\text{DOC,SYS}} = C_{\text{DEP}} + C_{\text{F}} + C_{\text{M}} + C_{\text{DEL}} + C_{\text{SH}}$$

Die einzelnen Bestandteile gliedern sich wie folgt:

- C_{DEP} Abschreibung des Systems (eine Funktion des Systempreises)
- C_{F} Kraftstoffkosten des Systems
- C_{M} direkte Wartungskosten des Systems
- C_{DEL} Verspätungs- und Ausfallkosten, verursacht durch das System
- C_{SH} Kapitalkosten, verursacht durch notwendige Systemersatzteile

Die Bestandteile werden dabei in der Ausarbeitung von Scholz aus dem Jahr 1995 einzeln hergeleitet. Generell lassen sich nur mit großem Aufwand Betriebskosten bei Flugzeugen darstellen. Sie sind zum einen von dem eingesetzten Flugzeugtyp und dessen Anzahl sowie weiteren direkten Kosten durch den Flug (z. B. Lohn- und Treibstoffkosten), als auch durch variable Kosten am Boden, wie verschiedene Landegebühren, abhängig.

Generell wird in Abhängigkeit von Fluggesellschaft und Flugzeugtyp von allgemeinen Betriebskosten pro Stunde und damit gleichzeitig von den Ausfall- bzw. Standkosten zwischen 7.000 - 10.000 Euro ausgegangen. Diese gliedern sich in folgende Anteile: Abschreibungen 21% - 49%, Instandhaltung 10% - 17%, Personalkosten 12% - 17%, Triebwerkskosten 12% - 26% sowie Sonstiges 5% - 30%. Die Gesamtkosten bei einem Ausfall können für Fluglinien dabei wegen wartender Passagiere und Flugzeugersatz auf bis zu 30.000 USD/h steigen.⁴⁵

Letztendlich schlussfolgert Scholz: „Wartungskosten zeigen eine geringe Abhängigkeit von der Flugzeuggröße.“⁴⁶

43 Vgl. Biedermann (2008), S. 27.

44 Vgl. Scholz (2014), S. 713, Vgl. dazu Scholz (1995), S. 51-59.

45 Vgl. Airlines.de (2006), Vgl. McElroy (2006), Vgl. Speel/Eck (2001), S. 34 Vgl. Rupp (2008), S. 1.

46 Scholz (1995), S. 60.

4.4 Bedarfsplanung

Das Ziel der Bedarfsplanung ist die Bestimmung des Materialbedarfs für einen gewissen Planzeitraum. Grundlage für eine optimale Bestellplanung sind derzeitige und vergangene Ist-Verbrauchsdaten oder Planungen über den zukünftigen Ersatzteilbedarf.

Es findet daher eine Unterscheidung in verbrauchs- und programmgebundene Verfahren statt.

Zur Anwendung kommen drei Methoden bei der Bedarfsplanung:

Die **deterministische Bedarfsrechnung**, auch bedarfsgesteuerte Disposition genannt, hat als Hintergrund bisherige Kundenaufträge oder Instandsetzungspläne. Sie orientiert sich an den Instandhaltungsstrategien (Vgl. 4.3.3 Instandhaltungsstrategien) und ist daher programmorientiert. Genutzt wird sie bei hochwertigen Materialien. Jegliche Änderungen am Produkt oder Zeitplan für Herstellung bzw. Beschaffung führt zu großen Unsicherheiten. Die Bedingungen der deterministischen Nachfrage treffen daher nur auf Produktionszwischen- oder Rohstofflager, also Lager mit einer fertigungsorientierten Bestandspolitik zu und nicht auf nachfrageorientierte Ersatzteillager. Sie wird deshalb nur bei vorbeugender Instandhaltung (FTM) angewendet.

Bei der **stochastischen Bedarfsrechnung** sind mathematisch-stochastische Ermittlungen als Ergebnis der vergangenen Bedarfsermittlung die Grundlage. Mit ihr wird der zukünftige Bedarf ermittelt, es werden also Prognosen erstellt. Sie kommt laut Biedermann in der Praxis am häufigsten bei Produkten mit Unsicherheiten bezüglich des Bedarfs vor oder wenn Planungen dessen unwirtschaftlich sind.⁴⁷

Zur stochastischen Bedarfsrechnung zählen folgende quantitative Verfahren:⁴⁸

- zeitreihenanalytische Verfahren, also die „Betrachtung des Ersatzteilverbrauchs (-nachfrage) mit ausschließlichem Bezug auf die Zeit“
- lebensdaueranalytische Verfahren, also die „Betrachtung der Ausfallrate mit ausschließlichem Bezug auf die Zeit (Wahrscheinlichkeitsverteilungen)“
- koeffizientenbasierte Verfahren, mit „Festlegung von Verschleißkoeffizienten unter Betrachtung einer Reihe von Einflussfaktoren“
- kausalanalytische Verfahren, also die „Betrachtung von Ausfallverhalten, Altersstruktur“ des Bestandes an Primärprodukten, „Marktfaktoren, Einsatzbedingungen“

⁴⁷ Vgl. Biedermann (2008), S. 34-36.

⁴⁸ Vgl. Loukmidis/Luczak (2006), S. 260.

Hinzu kommt eine **subjektive Bedarfsrechnung**, bei der persönliche Meinungen der Mitarbeiter im Unternehmen den Ausgangspunkt bilden.

Unabhängig von der Art der Bedarfsermittlung können drei Dispositionsverfahren eingesetzt werden. Die **auftragsgesteuerte Disposition** verursacht im Prinzip keinen Lagerbestand und braucht auch keine Nettobedarfsrechnung, da sie auf der Stücklistenauflösung des Kundenauftrages basiert. Die **plan-** oder **programmgesteuerte Disposition** leitet ihre Bedarfe aus den Instandhaltungsstrategien ab. Notwendig ist hier die regelmäßige Prüfung der Bedarfsanforderungen auf deren Realisierung. Die **verbrauchsgesteuerte Disposition** findet bei regelmäßigem Verbrauch von Bauteilen oder -stoffen Anwendung und wird als Bestellpunkt- oder Bestellrythmusverfahren durchgeführt.

Gemeinsam sind diesen Dispositionsverfahren die sich widersprechenden Zielsetzungen:⁴⁹

- Sicherstellung einer hohen Lieferbereitschaft (Sicherheits- bzw. Mindestbestand)
- geringe Kapitalbindung in den Lagervorräten
- Minimierung der Materialbereitstellungskosten (Beschaffung und Lagerhaltung)

Nachfolgend werden in Abbildung 8 die Einflussgrößen der Bedarfsprognose von Ersatzteilen verdeutlicht.

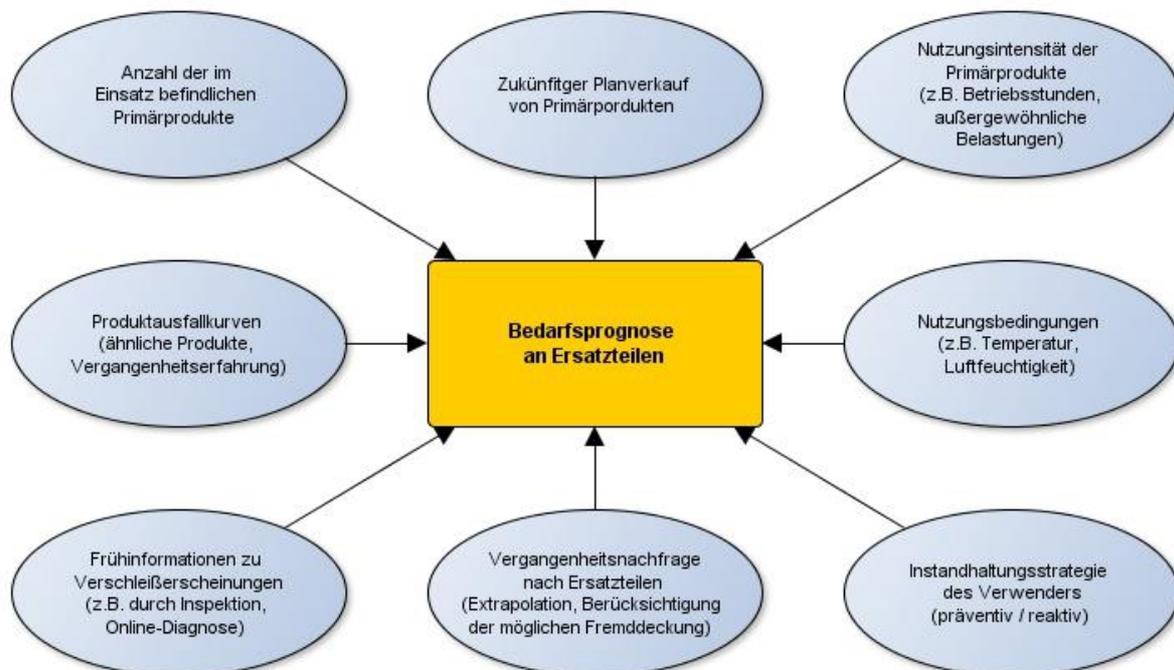


Abbildung 8: Einflussgrößen der Bedarfsprognose von Ersatzteilen

(Quelle: in Anlehnung an Schulte [2008], S. 498, in Anlehnung an Pfohl [1991], S. 1038.)

49 Vgl. Biedermann (2008), S. 36.

4.5 Bestellmengen und Bestellkosten

Eine Aussage über eine gewisse Bestellmenge für Ersatzteile ist schwer möglich. Bei älteren Flugzeugen, wie z. B. der Airbus A310, kann es unter Umständen notwendig sein, die erforderlichen Komponenten selber herzustellen (Vgl. 5.4.1 Reparatur). Zum einen ist es so teilweise günstiger, anstatt es bei dem OEM (Originalhersteller) zu beziehen oder dieses Teil wird von diesen nicht mehr produziert. Neue Verfahren arbeiten dafür mit 3D-Druck. Dadurch entfallen auch Herstellnebenkosten, da für das Werkstück keine Pressen oder Gießformen bereitgestellt werden müssen.⁵⁰

Eine weitere Möglichkeit ist die Inanspruchnahme von gebrauchten, nicht mehr benötigten Komponenten (Vgl. 5.4.3 Gebrauchtmärkte durch Flugzeugrecycling).

In allen Fällen kommen zu den eigentlichen Kosten für die jeweiligen Komponenten noch die Bezugskosten hinzu. Die Kosten für den Erwerb eines Ersatzteils lassen sich wie folgt definieren:

$$\begin{aligned} & \text{Listenverkaufspreis} \\ & - \text{Rabatt} \\ & + \text{Bezugskosten} \\ & = \text{Einstandspreis} \end{aligned}$$

Aufgrund der geringen Anzahl an sich nicht verbrauchenden Teilen, werden bei OEMs oder MRO-Anbietern (Luftfahrzeuginstandhaltungsbetriebe) häufig nur einzelne Bauteile bestellt. Die Problematik einer Kostenreduktion durch Mindestbestellmenge und optimaler Bestellmenge ist im Normalfall nicht gegeben. Anders sieht dies bei Verbrauchsgütern aus. So werden Schmierstoffe aufgrund der bekannten Vorplanung bezüglich Wartungsereignissen und der großen Menge als Sammelbestellung mit dem Ziel einer Rabattierung aufgegeben.

Im Unterschied zur normalen Bestellabwicklung bei der Produktion in Industriebetrieben entsteht bei der Ersatzteilbestellung für MRO-Anbieter bzw. Fluggesellschaften kein oder nur ein sehr gering ausgeprägter Bullwhip-Effekt. Dieser beschreibt das Aufschaukeln von Nachfragemengen durch eine Zunahme an Sicherheitsbeständen entlang der Supply-Chain.⁵¹

Der Grund liegt in der verkürzten Lieferkette von der Herstellung bei einem OEM oder einer Lizenzfertigung bei einem MRO-Dienstleister bis zum Austausch und Einbau in das Fluggerät beim Kunden.

⁵⁰ Vgl. dazu Airbus Group S.A.S. (2014).

⁵¹ Vgl. Schuh/Hering/Brunner (2013), S. 25.

So werden Ersatzteile mitunter von der Herstellung ohne Zwischenhändler direkt zum Kunden geliefert. Gleiches gilt für die Ersatzteillogistik von Reparaturteilen. Vom Ausgangsort im Lager des MRO-Anbieters ist es nur ein kurzer Weg bis zum Flugzeug. Die Airline bestellt ihr benötigtes Ersatzteil nicht auf Vorrat (Vgl. 5.4.2 Lagerung), sondern die Lieferung soll genau dann eintreffen, wenn sie auch gebraucht wird (Just-in-Time). Dabei ist es unabhängig, ob das Ersatzteil als AOG (Flugzeugdefekt), normal oder als DGR (Gefahrgut) deklariert ist. Das neue Ersatzteil wird umgehend eingebaut und gegen das alte, evtl. defekte, Ersatzteil getauscht, welches sich wiederum auf den Weg zum MRO-Dienstleister zur Reparatur macht. So sind im besten Fall ein funktionsfähiges und verbautes Ersatzteil, ein als Ersatz auf Lager liegendes Bauteil und ein sich in Reparatur befindliches vorhanden. Ausgehend von der zu versorgenden Flotte und der in der Bedarfsplanung errechneten Menge des Bedarfes (Vgl. 4.4 Bedarfsplanung) kommt so eine relativ kleine Menge an Teilen zusammen, die durch ständige Reparaturen in dem Ersatzteillpool verbleiben und einen Kreislauf bilden. Vereinzelt kann aus Wettbewerbssicht trotzdem ein hoher Lagerbestand vorhanden sein. Der Wert der verschiedenen Ersatzteile liegt dabei zwischen ein paar Cent und mehreren Millionen USD.⁵²

Für große MRO-Anbieter lohnt sich die Bündelung von Transportwegen. Die Lufthansa Technik Logistik Services GmbH begann 2012 mit der Ausschreibung gebündelter Transporte in drei verschiedene Pakete. Sie lagert damit ihre logistische Fähigkeit zu Dienstleistern aus (Vgl. 6.1 Outsourcing), um günstiger und effizienter zu arbeiten.

Das erste Paket umfasst 40.000 Luftfrachtsendungen nach Nordamerika und zurück. Das zweite Paket, rund 30.000 Sendungen, beinhaltet die Regionen Europa, Mittlerer Osten und Afrika (EMEA) sowie die Region Asien-Pazifik (APAC). Dabei entspricht ein Anteil von 30 % Sendungen aus Deutschland und 70 % sind Sendungen zwischen anderen Ländern, die also Deutschland physisch nicht berühren. In diesem Fall wird vom Streckengeschäft bzw. den Drop Shipments gesprochen. Das zweite Paket umfasst 1.200 verschiedene Strecken mit 76 betroffenen Ländern, 40 verschiedenen Währungen und 307 Land-zu-Land-Beziehungen. Hier entstand durch die hohe Komplexität eine Summe von 1,6 Millionen an Preis- und Informationsfeldern, da alle drei Versorgungsmöglichkeiten von Flugzeugen, also AOG, normal und DGR, jeweils in 400 Beziehungen abgebildet wurden.

Knapp 80.000 Sendungen nach EMEA und APAC wurden ex Nordamerika als drittes Paket ausgeschrieben. Davon entfallen 80 % auf deutsche Exportsendungen und 20 % als Drop Shipments mit insgesamt 112 Land-zu-Land-Beziehungen.⁵³

⁵² Vgl. Behrend (2013), S. 24.

⁵³ Vgl. Jörgl (2015), S. 58-59.

5 MRO-Logistik

„Die Ersatzteillogistik bekommt im Rahmen der Wartung, Reparatur und Überholung (Maintenance, Repair and Overhaul, MRO) von Flugzeugen eine immer größere Bedeutung. Aufgrund von sehr speziellen Anforderungen an die logistischen Leistungen ist die enge Zusammenarbeit von MRO-Anbieter und Logistikdienstleister eine wesentliche Voraussetzung für eine gute Wettbewerbsposition.“⁵⁴ Pfohl und Trumpfheller erweitern und erklären dies: „Denn Flugzeuge sind nur rentabel, wenn sie sich in der Luft befinden.“⁵⁵

Durch den starken Wettbewerb bei der MRO-Logistik und dem Zwang zur Kostenersparnis bildeten sich mehrere Entwicklungen. Es findet eine weitaus komplette Trennung der Technikaktivitäten von dem Kerngeschäft der Fluggesellschaften durch eigenständige Tochtergesellschaften wie der Lufthansa Technik AG oder der Air France Industries KLM Engineering & Maintenance statt, die sich auf diesem umkämpften Markt bewähren müssen. Während die Lufthansa Technik AG ein Portfolio fast der gesamten marktüblichen Flugzeuge im Passagier- und Frachtverkehr anbietet⁵⁶, finden zunehmende Konsolidierungen, Spezialisierungen⁵⁷ und Zertifizierungen⁵⁸ mit Bindung an bestimmte Luftfahrzeuge, Triebwerke oder Versorgungskonzepte statt, „da in diesem ersatzteilintensiven Geschäft signifikante Größenvorteile erreicht werden können“⁴¹. Dadurch findet eine teilweise drastische Einschränkung des Angebotes, wie z. B. der airberlin technik GmbH⁵⁸, SR Technics⁵⁹ (ehemals Swissair technical services) oder die am Flughafen Leipzig/Halle beheimatete und zur Volga-Dnepr-Gruppe gehörende AMTES GmbH⁶⁰ statt.

Für kleinere Flugzeuge hat sich eine ähnliche Spezialisierung herausgebildet. Werden Instandhaltung und MRO-Logistik durch die Lufthansa Technik AG für normale und große Passagiermaschinen vorgenommen, respektive bei der AMTES GmbH für Antonov An-124 Frachtmaschinen, spezialisierten sich z. B. die Jet Aviation AG mit Sitz in Basel, inklusive der Teileverfügbarkeit⁶¹, auf sogenannte Businessflugzeuge. Da dieser Markt hinsichtlich der Flugzeuganzahl relativ übersichtlich ist, werden zusätzlich in direkter Konkurrenz zur Lufthansa Technik AG in Hamburg, auch MRO-Logistik sowie Umbauten bis hin zur VIP-Ausstattung, für größere Flugzeuge angeboten.⁶²

54 Friedrich/List (2009), S. 55, Vgl. dazu Arndt (2003), S. 52-53, Vgl. auch Breuer (1998).

55 Pfohl/Trumpfheller (2005), S. 41.

56 Vgl. Lufthansa Technik AG (2015b), S. 4-7.

57 Vgl. Lufthansa Technik AG (2015d), S. 4-5.

58 Vgl. airberlin technik GmbH (2015).

59 Vgl. SR Technics (2015), S. 5.

60 Vgl. Volga-Dnepr Technics (2015b).

61 Vgl. Jet Aviation AG (2007).

62 Vgl. Jet Aviation AG (2015), S. 4-5.

Dabei wuchs der MRO-Markt von 35 Mrd. USD in 2004 auf über 50 Mrd. USD in 10 Jahren.⁶³

Zur weiteren wirtschaftlichen Entwicklung und Stärkung im Feld der Instandhaltungsbetriebe entstehen zur Zeit Kooperationen mit Wettbewerbern und OEMs bei neuen Flugzeugmustern mit noch nicht ausreichender Stückzahl für einen eigenständigen Servicepool oder Triebwerken (Vgl. *Spairliners* und *N3* in 5.4.1 Reparatur).⁴¹

Neben dieser Kooperation von eigentlichen Konkurrenten in einem eng gesteckten Feld findet ein weiterhin verstärkter Wettbewerb mit anderen MRO-Anbietern oder OEMs statt.⁶⁴

5.1 MRO-Anbieter

Wie nachfolgend aufgelistet, gliedert sich der Markt für Flugzeuginstandhaltungen in drei Bereiche. Dabei bleiben Dienstleister für Hubschrauber und Kleinflugzeuge (z. B. Cessna C-172) sowie leichte Luftsportgeräte mit einer Leermasse von max. 120 kg (Hängegleiter, Motorschirme, Tragschrauber und Ultraleichtflugzeuge) unberücksichtigt.

MRO-Anbieter für Großraumflugzeuge (z. B. Airbus A320)	airberlin technik GmbH	Flughafen Berlin-Tegel
		Flughafen Düsseldorf
		Flughafen München
	Airbus S.A.S.	Hamburg
	AMTES GmbH - Aircraft Maintenance and Engineering Service GmbH	Flughafen Leipzig/Halle
	DC Aviation GmbH	Flughafen Stuttgart
	E.I.S. Aircraft GmbH	Flughafen Düsseldorf
		Flughafen München
	EFW - Elbe Flugzeugwerke GmbH	Flughafen Dresden
	German Aircraft Maintenance GmbH	Flughafen Paderborn/Lippstadt
	HAITEC Aircraft Maintenance GmbH	Flughafen Frankfurt-Hahn
	Lufthansa Technik AG	Flughafen Berlin-Schönefeld
		Flughafen Frankfurt am Main
		Flughafen Hamburg-Fuhlsbüttel
Flughafen München		
Nayak Aircraft Service GmbH	Flughafen Köln/Bonn	

⁶³ Vgl. Leser (2004).

⁶⁴ Vgl. Lufthansa Technik AG (2015d), S. 105, Vgl. auch MRO Network (2015).

	PAD Aviation Technics GmbH	Flughafen Paderborn/Lippstadt
MRO-Anbieter für Regional- sowie Business- und VIP-Flugzeuge	Atlas Air Service GmbH	Flughafen Bremen
		Flughafen Paderborn/Lippstadt
	Contact Air Technik	Flughafen Saarbrücken
	DC Aviation GmbH	Flughafen Stuttgart
	DOTEC GmbH	Flughafen Memmingen
	E.I.S. Aircraft GmbH	Flughafen Mönchengladbach
	HAITEC Aircraft Maintenance GmbH	Flughafen Erfurt
		Flughafen Frankfurt-Hahn
	Lufthansa Bombardier Aviation Services	Flughafen Berlin-Schönefeld
	Lufthansa CityLine GmbH	Flughafen Frankfurt am Main
		Flughafen Köln/Bonn
		Flughafen München
	Lufthansa Technik AG	Flughafen Hamburg-Fuhlsbüttel
RAS - Rheinland Air Service GmbH	Flughafen Mönchengladbach	
RUAG Aerospace Services GmbH	Flughafen Oberpfaffenhofen	
MRO-Anbieter für Triebwerke	Lufthansa Technik AERO Alzey GmbH	Alzey (bei Worms)
	Lufthansa Technik AG	Flughafen Hamburg-Fuhlsbüttel
	MTU Aero Engines AG	München
	MTU Maintenance Berlin-Brandenburg GmbH	Ludwigsfelde (bei Berlin)
	MTU Maintenance Hannover GmbH	Flughafen Hannover
	N3 Engine Overhaul Services GmbH & Co. KG	Arnstadt (bei Erfurt)
	Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG	Dahlewitz (bei Berlin)
Oberursel (im Taunus)		

Bezug nehmend auf die vorhergehende Auflistung ist in Abbildung 9 eine Übersicht über die verschiedenen MRO-Anbieter in Deutschland dargestellt. Die allgemeine Instandhaltung wird in dem Bereich für Großflugzeuge, in der Darstellung als gelbe Quadrate, und für Regional- bzw. Business- und VIP-Flugzeuge, in der Darstellung als rote Dreiecke, unterteilt. Daneben existiert die MRO-Logistik bei Triebwerken, hier als blaue Kreise, dargestellt.

Bei nicht dargestellten Flughäfen, wie z. B. dem Flughafen Nürnberg, werden einerseits die dort ansässigen Fluggesellschaften von anderen Standorten versorgt, andererseits stehen

dort vorhandene Wartungsstationen für Fremdfirmen nicht zur Verfügung. Daraus folgt, dass sämtliche Flughäfen in Deutschland durch die MRO-Dienstleister abgedeckt sind.

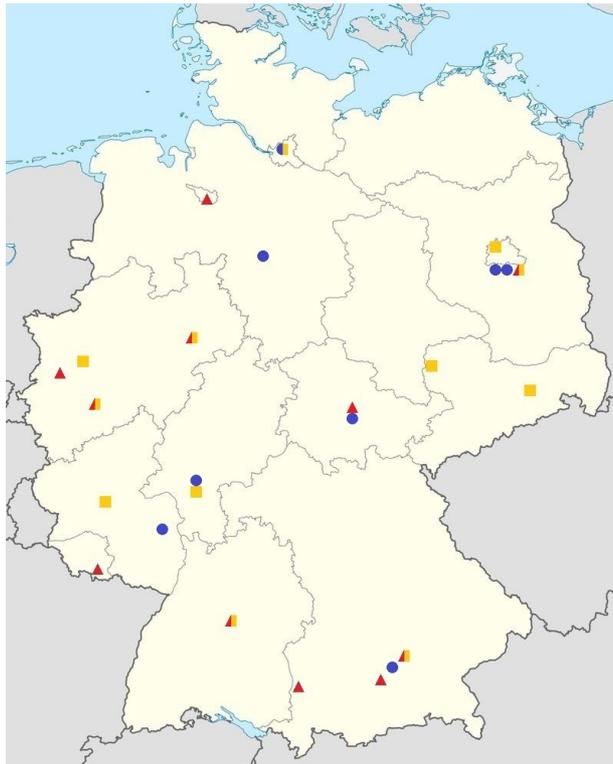


Abbildung 9: MRO-Anbieter in Deutschland
(Quelle: eigene Darstellung)

5.2 MRO-Konzepte

Die sehr hohen Anforderungen an Flugzeugbauteile führen „zu einem erheblichen Prüf- und Kontrollaufwand bei der Herstellung der Bauteile, aber auch bei deren Reparatur, Lagerung und Transport, und in der Folge zu einem relativ hohen Wert der Bauteile.“⁶⁵

Die Versorgung der verschiedenen Fluggesellschaften erfolgt ganz unterschiedlich. In nachfolgender Abbildung 10 werden die unterschiedlichen MRO-Konzepte der Lufthansa Technik AG dargestellt. Alle Konzepte beruhen auf dem Prinzip der Line und Base Maintenance (Vgl. 5.3 Flugzeugwartung in Line und Base Maintenance).

In dem gelb markierten Bereich, dem sogenannten Single Services, werden für die Kunden nur einzelne Komponenten gelagert, getauscht und repariert. Dies umfasst auch die Letter-Checks (A- bis D-Check, Vgl. dazu 5.3.1 Wartung sowie 5.3.2 Überholung), Triebwerksüberholungen sowie Fahrwerke. Der Kunde ist bei Ein- und Ausbau von Komponenten weiterhin auf seine eigenen Techniker angewiesen.⁶⁶

⁶⁵ Vgl. Friedrich/List (2009), S. 58, Vgl. auch Pfohl/Trumpfheller (2005), S. 41.

⁶⁶ Vgl. Lufthansa Technik AG (2015b), S. 3.

Erweitert wird dies in den blau markierten, allumfassenden Konzepten zur Versorgung von Ersatzteilen. Diese sind direkt auf den Kunden zugeschnitten und die Ersatzteilversorgung unterliegt der vollständigen Kontrolle und Verantwortung der Lufthansa Technik AG.⁶⁷



Abbildung 10: MRO-Konzepte Lufthansa Technik

(Quelle: Lufthansa Technik AG [2015b], S. 3.)

Die reine Komponentenversorgung ist bei der Lufthansa Technik AG als das Produkt TCS (bei SR Technics unter dem Begriff Integrated Component Solutions - ICS und bei Air France Industries KLM Engineering & Maintenance als Total Component Care) bekannt. Die darüber hinausgehende Versorgung an verschiedenen Stationen, inklusive der Logistik, ist die Erweiterung TMO. Darauf baut TTS auf (bei SR Technics unter dem Begriff Integrated Airline Solutions - IAS, bei Air France Industries KLM Engineering & Maintenance als Total Aircraft Care und bei airberlin technik als Total Customer Care⁶⁸ bekannt), bei der alle Wartungsdienstleistungen als ein maßgeschneidertes Management der Flotte hinzukommen.

Der starke Wettbewerbsdruck führt bei MRO-Anbietern zusätzlich zur Bildung von Partnerschaften mit Herstellern, Fusionen sowie anderweitigen Betätigungsfeldern. So zählen die Jet Aviation AG mit Sitz in Basel und Israel Aerospace Industries Ltd. aus Israel mit zu den weltweit größten unabhängigen, im Sinne von nicht zu einer Fluggesellschaft zugehörigen, Instandhaltungsbetrieben. IAI entwickelte darüber hinaus bei dem Bau und Ersatzteilhandel von Businessflugzeugen der Gulfstream-Reihe⁶⁹ sowie der Umrüstung von Passagier- in

67 Vgl. Friedrich/List (2009), S. 58

68 Vgl. airberlin technik GmbH (2014).

69 Vgl. Israel Aerospace Industries Ltd. (2013).

Frachtmaschinen ein zusätzliches Geschäftsfeld⁷⁰. Jet Aviation stieg dagegen, neben dem Hauptzweig der MRO-Logistik und des Ersatzteilhandels⁷¹, in den Aus- und Umbau von Flugzeugen sowie in das Geschäftsfeld der FBO (fixed base operator, also der Abfertigung des Fluges sowie der Flugzeugabfertigung) ein.⁷²

Die eigentlichen Kosten für Instandhaltungen, Reparaturen und Überholungen sind bisher noch nicht von der sogenannten „Low-Cost-Entwicklung“ im internationalen Luftverkehr, also der Verdrängung von Großkonzernen durch Billiganbieter wie Ryanair, betroffen. Sie führt aber zu weiteren Kosteneinsparungen bei Nicht-Kernkompetenzen (Vgl. 6.1 Outsourcing).

Die Betriebskosten betragen um die 10 % für die Instandhaltung von Flugzeugen, die sich durch die bestehenden gesetzlichen Dokumentationspflichten, den hohen Wert, Komplexität und Teilevielfalt der Ersatzteile sowie den hohen Instandhaltungskosten bilden.⁷³

5.3 Flugzeugwartung in Line und Base Maintenance

Die EASA (European Aviation Safety Agency) definiert Instandhaltung wie folgt: Die Line Maintenance sollte als jede Instandhaltung verstanden werden, welche vor dem Flug durchgeführt wird, um das Flugzeug für eben diesen herzurichten.⁷⁴

Sie *kann* beinhalten:

- Fehlersuche
- Nachbesserung bzw. Mängelbeseitigung
- Komponentenaustausch, falls benötigt, mit Hilfe externer Prüfeinrichtung. Dazu zählen auch Triebwerke und Propeller.
- Planmäßige Wartungen und/oder Kontrollen einschließlich Sichtkontrollen, die offensichtlich mangelhafte Zustände/Unstimmigkeiten erkennt, aber keine großen weitergehenden Inspektionen erfordern. Dies kann auch die interne Struktur, Systeme und Triebwerke enthalten, welche durch Klappen/Platten/Türen einen Schnellzugriff ermöglichen.
- Kleinere Reparaturen und Änderungen, welche keine umfangreiche Demontage erfordern und mit einfachen Mitteln durchgeführt werden können.

70 Vgl. Israel Aerospace Industries Ltd. (2014), S. 2.

71 Vgl. Jet Aviation AG (2007).

72 Vgl. Jet Aviation AG (2015), S. 28-34, 36-55.

73 Vgl. Rupp (2008), S. 1, Vgl. auch Pfohl/Trumpfheller (2005), S. 41.

74 Vgl. European Aviation Safety Agency (2015), S. 6.

Alle anderen Instandhaltungsarbeiten, welche außerhalb dieser Kriterien fallen, werden als Base Maintenance bezeichnet.⁷⁵

Für den sicheren, pünktlichen und wirtschaftlichen Flugbetrieb ist die technische Wartung absolute Bedingung. „Ausfallzeiten eines Flugzeugs kosten viel Geld und Vertrauen: Neben den Einnahmeverlusten und den weiter laufenden Kapitalkosten droht ein Imageverlust, weil sich Passagiere über kaum etwas mehr ärgern oder ängstigen, als über Verspätungen oder gar ausgefallene Flüge.“⁷⁶

Um das hochkomplexe, aus Millionen mechanischen und elektronischen Komponenten bestehende System, Flugzeug instand zu halten, gibt es einen „wichtigen technischen Service, der sich aus den Bereichen Wartung und Überholung zusammensetzt. Die Wartung unterscheidet sich von der Überholung im Wesentlichen darin, dass beim Wartungs-Check das Flugzeug im normalen Liniendienst bleibt, während bei der umfangreicheren Überholung das Flugzeug vorübergehend aus dem Flugbetrieb genommen wird.“⁷⁷

5.3.1 Wartung

Alle direkt am Flugzeug durchgeführten Reparatur- und Instandhaltungsarbeiten werden Wartung genannt. Dabei wird unterschieden in planbare und akute (also nicht planbare) Wartungsereignisse. Letzteres, direkt auf dem Flughafenvorfeld durchgeführt, dienen der Fehlerbehebung, „die zwingend vor einem weiteren Einsatz des Flugzeugs beseitigt sein müssen“. Im Gegensatz dazu sind planbare Wartungsereignisse bereits Stunden vor Ankunft des Flugzeuges bekannt und werden entweder im Hangar oder auch auf dem Vorfeld erledigt.⁷⁸

„Die Wartung fängt bei dem kleinsten Wartungsereignis, dem Pre-Flight Check, an. Dabei überprüfen die Piloten und Mechaniker das Flugzeug vor jedem Flug. Dieser Check auf von außen sichtbare Beschädigungen oder Lecks dauert circa je nach Muster 15 bis 60 Minuten.

Beim nächstgrößeren Wartungsereignis, dem Ramp-Check, testen Mechaniker einzelne Funktionen des Flugzeugs; sie kontrollieren die Reifen und Bremsen und füllen Öl und Hydraulikflüssigkeit nach. Außerdem erfolgt eine Sichtprüfung des Flugzeuges von außen und in der Kabine. Der Aufwand für diese Überprüfung, die täglich stattfindet, beträgt zwischen sechs und 35 Arbeitsstunden.

75 Vgl. European Aviation Safety Agency (2015), S. 6, Vgl. Swiss International Air Lines AG (2014).

76 Vgl. dazu Frommberg (2016).

77 Vgl. Lufthansa Technik AG (2016a).

78 Vgl. Friedrich/List (2009), S. 57.

Zwischen zehn und 55 Arbeitsstunden ist die Spanne für den wöchentlichen Service-Check, der den Ramp-Check sowie Servicearbeiten wie das Auffüllen von Wasser, Luft und Öl und die umfangreiche Säuberung der Kabine umfasst.⁷⁷

Abgesehen von den Überprüfungen beim Trip-/Pre-Flight-, Ramp- und Service-Check ist der **A-Check** der am häufigsten ausgeführte Check bei Flugzeugen. Er unterscheidet sich anhand der zu bewältigenden Aufgaben in einen 1A- und einen 2A-Check.⁷⁹ Ersterer findet ungefähr alle 250 bis 650 Flugstunden, was in etwa ein bis zwei Monaten entspricht, statt⁸⁰ und kann „meist über Nacht in einem Hangar“⁸¹ durchgeführt werden. Alternativ alle 350 bis 750 Flugstunden durchgeführt, was circa acht bis zwölf Wochen entspricht, wird der 2A-Check. Er benötigt je nach Aufwand zwischen 45 und 260 Arbeitsstunden. „Neben den allgemeinen Kontrollen im Inneren und an der Flugzeughülle umfasst“ der A-Check „Service-Checks sowie Triebwerks- und Funktionskontrollen. Außerdem füllen die Techniker auch hier Betriebsstoffe wie Öl, Wasser und Luft nach und beseitigen Mängel, deren Behebung zurückgestellt wurde, weil sie die Flugsicherheit nicht beeinträchtigt haben. Sind umfangreiche Reparaturen an den Sitzen notwendig, nehmen sie die Mitarbeiter ebenfalls in dieser Intervallprüfung vor.“⁷⁷

In nachfolgender Abbildung 11 ist ein geöffnetes Triebwerk zu sehen. Bei der Triebwerkswartung werden Funktionsstörungen behoben sowie Diagnosen durchgeführt.



Abbildung 11: Triebwerkswartung

(Quelle: eigene Fotografie.)

79 Vgl. SR Technics (2016a).

80 Vgl. Bootz, Mark (2009).

81 Vgl. Aerosecure (2016a).

5.3.2 Überholung

Die teilweise oder auch vollständige Zerlegung eines Flugzeugs wird Überholung genannt. Sie dient der Überprüfung und gegebenenfalls Reparatur von elektronischen sowie mechanischen, also beweglichen, Bauteilen.

Zur Bordelektronik zählen z. B. Beleuchtung und Bordcomputer aber auch Geräte in der Bordküche. Im Gegensatz dazu stehen die durch Fluggerätemechaniker durchgeführten Überholungen an beweglichen Bauteilen wie z. B. Landeklappen und Steuerflächen. Erweitert wird dieses Gebiet um das Feld der Fluggerätebauer, also der Überholung der Struktur eines Flugzeuges.⁸²

Nachfolgend werden alle Überholungen aufgeführt, zu denen das Flugzeug für einen gewissen - längeren - Zeitraum aus dem Dienst genommen wird.

Der **B-Check** ist ein Sondercheck und nur für bestimmte Flugzeugtypen wie die Boeing 737-200 oder Boeing 747-200 notwendig.⁸³ Er findet circa alle 1.000 Flugstunden statt, was in etwa drei bis fünf Monaten entspricht. Er geht als Ergänzung ein wenig tiefer als der A-Check und dauert ungefähr zwölf Stunden.⁸⁰

Der **C-Check** kann bereits als *Major Check* bezeichnet werden, folgt in der Häufigkeit auf den A-Check und kann ähnlich wie dieser wieder unterteilt werden in 1C und 2C.⁷⁹ Ersterer beansprucht circa zwischen 1.500 und 2.000 Arbeitsstunden und benötigt um die fünf Tage in der Wartungshalle. Er findet etwa alle 3.000 Flugstunden statt, was zwischen zwölf und 18 Monaten liegt.⁸⁴ Der 2C-Check kann durchaus 5.000 Arbeitsstunden umfassen⁸⁰ und benötigt daher bis zu zwei Wochen. Der C-Check als komplexe Überprüfung⁸⁵ „umfasst gründliche Kontrollen innen und außen sowie eine intensive Überprüfung von Strukturen (tragende Bauteile an Rumpf und Tragflächen) und Funktionen. Dabei suchen Mitarbeiter zum Beispiel mithilfe von Ultraschallverfahren Risse in kritischen Bauteilen.“⁷⁷

Der **D-Check**, als eigentlicher *Major Check* auch *Heavy Check* genannt, ist tatsächlich eine Generalüberholung von einem Flugzeug. Er findet circa alle 25.000⁸⁶ bis 50.000⁸⁰ Flugstunden statt, was in etwa fünf⁷⁹ bis zehn Jahren oder auch 25 Millionen Kilometern entspricht und dauert ungefähr 1.500 bis 2.000 Arbeitsstunden⁸⁷. Diese Generalüberholung, welche un-

82 Vgl. Friedrich/List (2009), S. 57.

83 Vgl. Aerosecure (2016b).

84 Vgl. Aerosecure (2016c).

85 Vgl. dazu Jones (2014), Vgl. auch HAITEC Aircraft Maintenance GmbH (2014).

86 Vgl. Aerosecure (2016d).

87 Vgl. Lufthansa Technik AG (2016b).

gefähr vier bis sechs Wochen dauert und um die acht bis zehn Millionen US-Dollar kostet⁸⁰, beginnt mit der „Entfernung des Außenlacks. Danach wird die Maschine völlig auseinander genommen und Teil für Teil gründlich untersucht. Die Triebwerke werden abseits gelagert, das Fahrwerk abgenommen und das Flugzeug auf mächtigen Böcken fixiert. Große Teile der äußeren Beplankung werden entfernt, damit Zelle, tragende Struktur und Flügel für die penible Untersuchung frei liegen. Dabei werden Röntgenstrahlen, Wirbelstromsonden und Magnetfeldkontrollen eingesetzt. Diese Prüfungen decken mit größtmöglicher Zuverlässigkeit etwa aufgetretene Materialermüdung, Haarrisse oder sonstige Schäden auf. Bei Korrosionsverdacht [sic!] bei Aluminiumteilen - werden die entsprechenden Teile ersetzt.“³² „Ein Flugzeug durchläuft in seiner Laufbahn mehrere D-Checks und kann nach erfolgreichem Abschluss guten Gewissens als neuwertig bezeichnet werden.“⁸¹

Ein Auslaufmodell ist der **IL-Check** (Intermediate Layover). Dieser, nur für bestimmte Flugzeugtypen wie die Airbus A320- und A340-Familien sowie der Boeing B747-400, vorgesehene Check dauert ungefähr zwei Wochen und findet alle vier bis sechs Jahre statt, also circa in der Mitte zwischen zwei D-Checks oder sechs Jahren bzw. 24.000 Flugstunden.⁸⁸ Er dient vor allem der Flugzeugkosmetik, also der Auffrischung der Kabine und Neulackierung. Daneben werden diverse Bauteile überprüft und neue Technik implementiert. Da die Lebensdauer und Zuverlässigkeit der Systeme immer weiter zunimmt, „ist es möglich, die klassischen Aufgaben des IL-Checks auf mehrere C-Checks oder auch zum Teil auf den nächsten D-Check zu verteilen.“⁸⁷

In nachfolgender Abbildung 12 ist eine Boeing 757-236(SF) zu sehen. Sie wurde am 19.02.1986 mit der MSN 23492 als 89. Boeing 757-200 gebaut.⁸⁹ Anfangs für British Airways mit 2-Klassen-Bestuhlung für 190 Passagiere ab dem 07.03.1986 im Einsatz, wurde sie am 30.09.2001 ausgeflottet, nach Mobile, Alabama⁹⁰ in die USA geflogen und dort als Frachtflugzeug umgerüstet. Ab dem 02.06.2013 war sie für die European Air Transport ab dem Hub in Brüssel tätig, bevor letztendlich mit der Umflottung auf eine deutsche Registrierung und

88 Vgl. SR Technics (2016b).

89 Flugzeuge haben neben der allgemeinen Bezeichnung (hier Boeing 757-200 oder in Kurzform 752 bzw. 75F) noch eine genauere Kennzeichnung, in diesem Fall Boeing 757-236(SF). Boeing bezeichnet den Hersteller, 757 das Modell, -2 die Version, die 36 bedeutet bei Boeing den Erstkunden British Airways und die Endung (SF) meint eine nachträgliche Umrüstung vom Passagierflugzeug zum sogenannten Special Freighter, Vgl. dazu The Airline Codes Web Site (2007) sowie Noordenne (2016). Im Gegensatz dazu bezeichnet Airbus seine Flugzeuge, z. B. Airbus A340-313X, anders. Nach dem Hersteller Airbus folgt die Modellbezeichnung A340, gefolgt von der Version -3. Die nächste Zahl steht für den Triebwerkshersteller, hier 1 für CFM und einer nachfolgenden Triebwerksversion. Letztendlich kommt evtl. am Ende eine Zusatzbezeichnung, hier X für die Langstreckenausführungen, Vgl. dazu Luftfahrt-Bundesamt (2015), S. 10-12.

90 Genau auf diesem Flughafen entsteht zur Zeit auch das amerikanische Werk von Airbus, Vgl. dazu Airbus Group S.A.S. (2016).

Umfirmierung auf die European Air Transport Leipzig GmbH der Umzug des europäischen DHL Hubs zum Flughafen Leipzig/Halle abgeschlossen wurde.

Unter den Tragflächen und am Leitwerk befinden sich Arbeitsbühnen zur Arbeitserleichterung bei der Ausbesserung kleiner Schäden sowie bei der Fehlersuche. Ebenso dienen dazu diverse Leitern und andere Plattformen. Zur Inspektion der Triebwerke wurde die Triebwerksverkleidung, ähnlich wie in Abbildung 11, geöffnet. Bezug nehmend auf das Kapitel 5.3.2 Überholung lässt sich durch diese Untersuchungen in verschiedenen Intervallen die lange Einsatzzeit dieses Flugzeuges von mittlerweile über 30 Jahren erklären.⁹¹



Abbildung 12: Flugzeugwartung im Hangar der European Air Transport Leipzig GmbH
(Quelle: eigene Fotografie.)

91 Planespotters.net (2015).

5.4 Ersatzteilversorgung

Die Ersatzteilversorgung von Fluggesellschaften lässt sich in zwei grundlegende Dinge unterscheiden. Zum einen betrifft dies die reine Reparatur und zum anderen die Lagerung. Dazwischen liegt der Transport (Vgl. 6.3 Transportfähigkeit) von Ersatzteilen.

Eine kostengünstige Möglichkeit besteht auch in der Ersatzteilerzeugung durch Ausschachten von gebrauchten, danach zu verschrottenden, Flugzeugen.

„Die Liberalisierung des internationalen Luftverkehrs, durch die der Eintritt von neuen Anbietern mit deutlich niedrigeren Kostenstrukturen [Anm. d. Verf.: gemeint ist hier der Bereich der Billigfluggesellschaften und der staatlich subventionierten Golf-Airlines] ermöglicht wurde, hat zu einem zunehmend härter werdenden Verdrängungswettbewerb in allen Bereichen der Luftfahrt geführt. Der Aspekt der Kostensenkung ist damit zu einem Ausschlag gebenden Kriterium für die Fremdvergabe von zuvor intern erbrachten Leistungen an Fremdunternehmen geworden.“⁹²

Durch diesen Druck werden viele Bereiche, welche bisher durch die Fluggesellschaften selber erbracht wurden, fremdvergeben (Vgl. 6.1 Outsourcing).

5.4.1 Reparatur

„Unter dem Begriff Reparatur wird die Instandsetzung und Erneuerung von Flugzeugkomponenten zusammengefasst. Flugzeugkomponenten umfassen alle Bauteile, die ausgebaut und ausgetauscht werden können. Dazu zählen z.B. [sic!] Triebwerke, Bremsen, Bordcomputer und sonstige elektronische Teile sowie auch Bordküchen eines Flugzeuges. Die Komponenten werden anschließend vom MRO-Dienstleister oder einem auf bestimmte Komponenten spezialisierten Drittanbieter repariert. Derartige Reparaturen sind überwiegend gut planbar, da in der Regel feste, langfristige Austauschzyklen vereinbart oder vorgegeben sind. Dennoch ist auch die Reparatur von Komponenten bei einer akuten Fehlfunktion oder einem Ausfall kurzfristig einzuplanen. Aufgrund des überwiegend großen Aufwands bei Reparaturarbeiten an Komponenten können diese jedoch selten für den sofortigen Wiedereinbau repariert werden.“⁹³

Der Wert an reparaturfähigen Ersatzteilen bei MRO-Anbietern nimmt von Jahr zu Jahr immer mehr zu. Allein bei der Lufthansa Technik AG lag er 2007 für etwa 420.000 Einzelteile⁴¹ bei

⁹² Spiegel/Götte/Friehmelt (2008), S. 25-26, Vgl. auch Leser (2004).

⁹³ Friedrich/List (2009), S. 57.

knapp 500 Mio. Euro⁹⁴, 2014 bereits bei über einer Milliarde Euro⁹⁵.

Schätzungen gehen von 20 bis 30 Milliarden Euro Wert des weltweiten Ersatzteilbestandes aus. Die zur Lagerung dieser belaufenden Kosten betragen ca. 22 % des Anschaffungswertes. Davon entfallen 50 % auf Kapitalbindung (*Totes Kapital*). Lagerung, Dokumentation, Versicherung sowie Steuern belaufen sich auf 30 % und die restlichen 20 % bilden sich durch Überalterung der Ersatzteile, erneute Zertifizierung, Beschädigung und Diebstahl.

Ein besonderer Stellenwert kommt daher zur Verhinderung eines Teileausfalls einer vorbeugenden Instandhaltung oder entsprechenden Produktgestaltung zu. Durch ihre hohen fixen und variablen Ausfallkosten werden Flugzeugersatzteile daher als „Never-Fails“ gekennzeichnet. Zum einen ist die Minimierung der Ausfallwahrscheinlichkeit, zum anderen die schnelle Ausfallbeseitigung dafür sehr wichtig.⁴¹

Im Idealfall wäre für jede Fluggesellschaft ein Ersatzteillager für jedes Bauteil an ihren Heimatflughafen bzw. Drehkreuz. Die Reparatur von Flugzeugersatzteilen findet meist an diesen zentralisierten Orten statt. Im Falle der Lufthansa Technik AG ist dies, geschichtlich durch die ehemaligen Interkontinentalflüge (Frankfurt -) Hamburg - New York und der für die dafür genutzten Lockheed L-1049 „Super Constellation“ notwendigen Aufbau der Wartungsbasis, Hamburg. Bei Air France KLM Engineering ist es Paris und bei SR Technics Zürich, da beide an den Drehkreuzen der Fluggesellschaften erschaffen wurden.

Erstmal wurde das Konzept der Ersatzteilkooperation bereits kurz nach dem zweiten Weltkrieg von KLM, Sabena und Swissair aufgegriffen. 1960 folgte mit dem International Airlines Technical Pool (IATP) durch Air France, Air India, Alitalia, Japan Airlines, Lufthansa, Quantas und SAS bereits das zweite Ersatzteilpool, dessen Aufgabe es war, flugunfähigen Flugzeugen (Aircraft On Ground - AOG) den Rückflug zur eigenen Basis zu ermöglichen. Demgegenüber steht heute das Konzept des kommerziellen Ersatzteilpools, bei dem ein geschlossener Materialkreislauf den Kunden einen Austausch von Bauteilen innerhalb des Verbundes ermöglicht. Neben einem geringeren Gesamtpreis für die Kunden; da die Fixkosten der Lagerhaltung dadurch auf alle verteilt werden können und eine Mindestmenge an Ersatzteilen nicht mehr vorgehalten werden muss, was mit hohen Kosten verbunden wäre (Vgl. 5.4.2 Lagerung); existiert ebenso der (Wettbewerbs-)Vorteil in der Kooperation mit Komponentenherstellern (OEMs).

Bei weitreichenden globalen Streckennetzen, einer zu kleinen oder aber auch zu großen An-

94 Vgl. Friedrich/List (2009), S. 58, zit. nach Lufthansa Technik AG: Jahresbericht 2007.

95 Vgl. Lufthansa Technik AG (2015d), S. 16.

zahl von Flugzeugtypen lohnt sich die Errichtung eines eigenen Ersatzteillagers aus Kostengründen für die jeweiligen Fluggesellschaften, aber auch für große Instandhaltungsbetriebe selber nicht. Deshalb werden Gemeinschaftsunternehmen (sogenannte Joint Venture, Vgl. 6.2.2 Standortwahl) gegründet.⁹⁶

Im Falle der Airbus A380 entschloss sich die Lufthansa Technik AG zusammen mit Air France KLM Engineering ein solches Gemeinschaftsunternehmen als Poollagerstandort zu gründen. Spairliners, mit Sitz in Hamburg, versorgt daher seit 2008 Drittkunden und die Flotten der beiden Muttergesellschaften aus den Logistikzentren in Frankfurt am Main und Paris mit einer Vielzahl an Ersatzteilen.⁹⁷

Basierend auf dem Erfolg des Projektes bei der Airbus A380 wurde das Angebot der Versorgung von Ersatzteilen von Spairliners um die Embraer E-Jet Flugzeugfamilie (Regionalflugzeuge Embraer E-170 sowie E-175 und E-190 sowie E-195) erweitert.⁹⁸

Diese Vorteile in Effizienz und Kosten sind ausschlaggebend dafür, dass kleinere Fluggesellschaften sich kein eigenes Ersatzteillager zulegen und größere Konzerne, auch wenn sie in ihrer Kernkompetenz konkurrieren, kooperieren.

Dieses Konzept der Kooperation durch Joint Venture ist nicht nur auf die Komponentenversorgung von Flugzeugen, wie Spairliners oder Lufthansa Bombardier Aviation Services, beschränkt, sondern ist auch auf das Gebiet der Triebwerke übertragbar. Hier ist vor allem N3 in Arnstadt bei Erfurt zu nennen, ein Joint Venture zwischen der Lufthansa Technik AG und Rolls-Royce Deutschland.

Zukünftige Entwicklungen im Flugzeugbau aber auch bei der Reparatur von Ersatzteilen gehen in Richtung 3D-Druck. Während ein normaler Tintenstrahl- oder Laserdrucker Farbe auf ein Blatt Papier aufträgt, arbeitet ein 3D-Drucker anders. Erste Versuche auf diesem Gebiet wurden bereits 1983 durch Charles Chuck mit Kunststoffen durchgeführt, bei der verflüssigte Polymere oder Harze in Schichten aufeinander aufgetragen und anschließend durch Bestrahlung mit UV-Licht gehärtet wurden (Stereolithografie). Die so gefertigten Produkte kamen als Modelle oder Prototypen im Maschinenbau zum Einsatz.⁹⁹

Neueste Entwicklungen gehen zum Laserschmelzverfahren, bei dem neben Kunststoffen auch Metallpulver (im Flugzeugbau hauptsächlich Aluminium, Edelstahl und Titan) zum Ein-

96 Vgl. Pfohl/Trumpfheller (2005), S. 41-42.

97 Vgl. Spairliners (2015).

98 Vgl. Spairliners (2014).

99 Vgl. Ponsford/Glass (2014).

satz kommt und die Bauteile in Schichten fertigt (Additive Layer Manufacturing - ALM). Die zuvor an einem Computer erstellten oder eingescannten 3D-Modelle werden aus *einem Guss* erstellt, wo früher bis zu zehn verschiedene Bauteile benötigt wurden. Durch die punktgenaue Fertigung lassen sich bis zu 95 % Material einsparen, da der schichtweise Aufbau bei gleicher Stabilität Strukturen mit Hohlräumen zulässt und keine Ausfräsungen, Bohrungen oder zu viel gegossenes Material um das Werkstück herum mehr notwendig sind. Bei der Konstruktion und der Beschaffenheit wird sich an Vorbildern der Natur, z. B. dem Aufbau einer Seerose für die Struktur einer Flügelklappe, orientiert.¹⁰⁰

Durch den schnellen Druck von Bauteilen ist eine Zeitersparnis von bis zu 70 % und eine Kostenersparnis zwischen 30 % und 80 % bei der Herstellung möglich. So wurde z. B. ein Teil der Treibstoffversorgung bei Airbus von zehn verschiedenen Bauteilen mit einem Druck hergestellt. Eine weitere Anwendung liegt in der Ersatzteilversorgung von älteren Flugzeugen, wie der Airbus A310, bei der einzelne Ersatzteile sowie die Werkzeuge zur Herstellung dieser nicht mehr vorhanden sind.⁵⁰ Bedingt durch die Ersparnis an Material ist auch eine Gewichtersparnis von um die 50 % verbunden. So sind entweder bei gleicher Treibstoffmenge und Reichweite mehr Zuladung an Passagieren und Fracht oder bei gleicher Nutzlast mehr Reichweite möglich.¹⁰¹

5.4.2 Lagerung

Bei der Lagerung von Ersatzteilen gibt es verschiedene Konzepte, die anhand der Lufthansa Technik AG bzw. des Tochterunternehmens der Lufthansa Technik Logistik Services GmbH nun näher erläutert werden. Zum einen existiert das Konzept des Zentrallagers und zum anderen das Konzept des Kundenlagers, auch dezentrale Lagerung genannt.

Das sogenannte Poollager, also das Lagern von Ersatzteilen an einer zentralen Stelle durch einen großen Instandhaltungsbetrieb in Form eines Zentrallagers, ist zwar für die Kunden teurer und mit dem Risiko längerer Transportstrecken verbunden, aber dadurch können diese sich auf ihr Kerngeschäft, das Fliegen bzw. Befördern von Passagieren und Fracht konzentrieren. Die Ersatzteile werden bei diesem Konzept aus Logistikzentren mit Drehkreuzanbindung versorgt. Dadurch ist ein insgesamt geringerer Mindestbestand an Ersatzteilen möglich, es erhöhen sich gleichzeitig aber die Wegezeiten.¹⁰²

Demgegenüber steht die andere Möglichkeit in der Lagerung durch den Kunden selber. Hier

100 Vgl. Kruse (2016), Vgl. Kruse (2015), Vgl. Wyman (2015), S. 2.

101 Vgl. Lufthansa Technik AG (2013).

102 Vgl. Biedermann (2008), S. 125, Vgl. auch Lufthansa Technik Logistik Services GmbH (2015a).

ist der Reparatur- und Instandhaltungsbetrieb nur für die reine Instandhaltung der Bauteile verantwortlich. Lagerhaltung sowie evtl. auch Transport organisiert der Kunde in Abhängigkeit der verschiedenen Konzepte (Vgl. 5 MRO-Logistik Transportkonzepte) selber.¹⁰³ Verwendung findet das dezentrale Lager bei Bauteilen mit hoher Umschlaghäufigkeit. Vorteile zum Zentrallager sind eine kürzere Wege- und Zugriffszeit sowie eine schlankere Verwaltung. Nachteilig wirkt sich dabei der höhere Verwaltungsaufwand, bedingt durch den Aufbau eines eigenen neuen aufwendigen Lagers, aus. Zusätzlich erhöhen sich die Kosten durch einen höheren Gesamtbestand, da getauschte Bauteile in der Zwischenzeit zum Reparaturbetrieb versendet werden und Ersatzteile weiterhin vorliegen müssen.¹⁰⁴

In der Praxis findet meist eine Mischform aus beiden Konzepten statt, da hochwertige Reserve- und Normbauteile (z. B. Sensoren oder Instrumente) zentral gelagert werden sowie Verschleiß- und Verbrauchsmaterialien dezentral (z. B. Räder). Ein großer Nachteil der kompletten Fremdlagerung ist die hohe Abhängigkeit des Kunden durch den MRO-Anbieter, die sich auf Einkaufskonditionen und Betriebssicherheit auswirken kann.¹⁰⁴

Bedingt durch den Zeit- und Kostendruck findet immer mehr Automatisierung bei der Lagerung der Ersatzteile Verwendung. Nach Jahren der manuellen und halbautomatischen Lagerhaltung für Kleinteile (KLT) wurde bei der Lufthansa Technik AG in Hamburg ein vollautomatisches Kleinteilelager eingebaut. Dies ermöglicht nicht nur die Lagerung von bis zu 24.000 Behältern mit 215.000 Kleinteilen (z. B. Schrauben), sondern auch die Konzentration der Mitarbeiter auf deren Kerngeschäft in der Lagerung, der Kommissionierung.¹⁰⁵ Das Prinzip bei diesem Blocklagersystem folgt bei Kleinteilen seit 2015 daher dem „Ware-zum-Mensch-Prinzip“, also der automatischen Auslagerung, während der Kommissionierer seinen festen Arbeitsplatz behält. Dadurch ist nicht nur eine Platzeinsparung von 50 % gegenüber dem alten manuellen und halbautomatischen System möglich, sondern es können in einer Stunde auch bis zu 75 Ein- und/oder 200 Auslagerungen stattfinden.¹⁰⁶

Gegenüber der automatischen Lagerhaltung bei Kleinteilen kann dieses System bei Großteilen, wie z. B. bei Rädern oder ganzen Triebwerken, nicht angewendet werden. Hier wird teilweise weiterhin das manuelle „Mensch-zur-Ware-Prinzip“ genutzt, d. h., der Kommissionierer fährt mit einem Flurfördermittel zu den Bauteilen und holt diese ab. Entwicklungen ermöglichen es aber inzwischen, Teile bis zu einer Größe einer Europalette auch automatisiert ein- und auszulagern. Neben der KLT-Anlage der Lufthansa Technik Logistik Services GmbH

103 Vgl. Lufthansa Technik Logistik Services GmbH (2015c).

104 Vgl. Biedermann (2008), S. 126-127.

105 Vgl. dazu Lufthansa Technik Logistik Services GmbH (2015b).

106 Vgl. Lufthansa Technik AG (2015e), Vgl. dazu. Klug (2010), S. 194.

wurde auch die Triebwerksinstandhaltung der Lufthansa Technik AG damit ausgestattet und versorgt so diese Abteilung mit bis zu 10.000 Triebwerkskomponenten sowie Verbrauchsmaterial.¹⁰⁷

5.4.3 Gebrauchtmarkt durch Flugzeugrecycling

Eine günstige Möglichkeit für Ersatzteilanbieter an elektronische sowie mechanische Bauteile heranzukommen, ist der Gebrauchtmarkt bei Flugzeugverschrottungen.

Bei der Lufthansa, unter der Bezeichnung „2nd Life“ bekannt, kann durch diese Art der Beschaffung dem Kunden eine günstige Möglichkeit der Ersatzteilversorgung angeboten werden. Auch verkürzt sich die Bereitstellung bzw. Bestellung von Komponenten, da nicht mehrere Monate auf die Herstellung gewartet werden muss. Die in Tulsa, Oklahoma in den USA ausgebauten Komponenten werden dafür überprüft sowie gegebenenfalls repariert und anschließend dem Lufthansa Technik Pool zur Verwendung für den Kunden hinzugefügt. Durch die erneute Verwendung lassen sich Ressourcen sparen und durch die fast restlose Ausschachtung des Flugzeuges kann das Aluminium in einem letzten Schritt weiter verwertet werden.¹⁰⁸

Dies geschieht nicht nur mit APUs (Hilfstriebwerken), Instrumenten, Triebwerken, Bremsen und Rädern bzw. ganzen Fahrwerken, sondern auch mit Strukturbauteilen, wie Klappen und Vorflügeln sowie anderen hydraulischen, mechanischen oder pneumatischen Bauteilen.¹⁰⁹ So kommen z. B. bei einer Boeing 747 über 1.000 Komponenten zusammen. Ein durch die Flugzeugverwertung gewonnener, also gebrauchter, Triebwerksgenerator kostet um die 30.000 USD, während er neu zwischen 300.000 und 400.000 USD kosten würde.¹¹⁰

Neben Tulsa durch die Lufthansa werden in den USA hauptsächlich Flugzeugfriedhöfe genutzt, die sich in Gebieten mit trockenem Wüstenklima befinden. Dadurch lassen sich Flugzeuge und deren Teile bei evtl. fehlender Nachfrage so über eine längere Zeit mit stark verringerter bzw. ganz fehlender Korrosion lagern. Zusätzlich nutzen diverse Fluggesellschaften den dort vorhandenen Raum und die guten klimatischen Bedingungen zur Überbrückung saisonaler Schwankungen, wie der auslastungsschwachen Winterflugplanperiode. Eine weitere Aufgabe dieser Flugzeugfriedhöfe ist, dass abgestellte Flugzeuge dort bis zu ihrer endgültigen Abwrackung auch instandgehalten werden, um einen evtl. Einsatz bei der bisherigen

107 Vgl. Behrend (2013), S. 25-26.

108 Vgl. Deutsche Lufthansa AG (2013), Vgl. auch Gründer (2013).

109 Vgl. Lufthansa Technik Component Services (2013).

110 Vgl. Gründer (2013).

Fluggesellschaft oder einen Weiterverkauf zu ermöglichen.

Die Flugzeugfriedhöfe in den USA befinden sich in den Staaten Arizona mit Good Year, Kingman, Marana und Tucson (hauptsächlich militärisch), Kalifornien mit Molave und Victorville sowie in Texas mit Amarillo.

In Europa erfolgen solche Arbeiten fast ausschließlich in Großbritannien auf den Flughäfen in Bournemouth, Kent (Manston) und Southend sowie in Chateau Roux in Frankreich.

In Deutschland werden Konzepte der langfristigen Lagerung von Flugzeugen oder Verwertung nur bedingt verfolgt. 2009 parkte etwa Lufthansa Cargo eines ihrer Flugzeuge¹¹¹ auf dem Flughafen Leipzig/Halle und im Herbst 2012 wurde neben dem Hangar der DHL ein Flugzeug verschrottet¹¹². Davon unberücksichtigt bleibt die Entsorgung der TU-134 der Interflug.¹¹³

Für Regionalflugzeuge der Marke Aerospatiale ATR ist ein Verwertungsstandort der Flughafen Mönchengladbach, falls sich keine Käufer für die gebrauchten ATR der zwei MRO-Dienstleister finden (Vgl. 5 MRO-Logistik MRO-Anbieter für Regional- sowie Business- und VIP-Flugzeuge). Auf dem ehemaligen Flugplatz Ahlhorn befand sich von 2005 bis 2009 eine Flugzeugverwertungsfirma.

Vorhersagen von Airbus deuten auf ein weiteres Wachsen der Flugzeuganzahl. Durch die Verdoppelung der Anzahl von Passagiermaschinen innerhalb von 20 Jahren auf dann 33.600 Stück werden 28.000 neue Flugzeuge gebraucht. Laut Marktforschern werden davon nur 38 % als Ersatz verwendet und somit 11.000 ältere Flugzeuge ausgemustert, respektive dem Ersatzteilhandel zugeführt.¹¹⁴

Für MRO-Anbieter ergibt sich durch die steigende Anzahl weiterhin eine günstige Möglichkeit, an Flugzeugersatzteile zu kommen.

111 Die Lufthansa Cargo MD-11F (MSN 48785) D-ALCE befand sich, bedingt durch den Nachfragerückgang durch die Weltwirtschaftskrise und dadurch ausgelöste Überkapazitäten auf dem Luftfrachtmarkt, von März bis Oktober 2009 „eingemottet“, also sicher für einen längeren Aufenthalt auf der alten Südbahn am Flughafen Leipzig/Halle.

112 Die Air Contractors A300B4-203(F) (MSN 208) EI-OZG wurde durch ein Strukturschaden irreparabel beschädigt, so dass sie im Oktober/November 2012 neben dem Hangar verschrottet wurde.

113 Die Interflug TU-134 (MSN 9350905) DDR-SCF wurde im August 2013 durch ein vom Flughafen Leipzig/Halle beauftragtes Unternehmen verschrottet, da für dieses Flugzeugmodell keine Ersatzteile mehr benötigt wurden und außerdem der Verfall im Inneren des Flugzeuges zu weit fortgeschritten war, als dass das Flugzeug eine anderweitige Verwendung (Vgl. dazu die am Flughafen Leipzig/Halle ausgestellte Interflug/Deutsche Lufthansa [Ost] IL-18W [MSN 180001905] DM-STA und die als Restaurant in Leipzig genutzte Interflug IL-62M [MSN 31402] DDR-SEF), z. B. als Ausstellungsstück, gefunden hätte.

114 Vgl. Ginten/Hegmann (2015).

5.5 Ausstattung von VIP-Ausführungen

Wie bereits in Kapitel 5 MRO-Logistik angedeutet, hat sich für die bisherigen MRO-Dienstleister neben den fünf Geschäftsbereichen Wartung, Überholung, Geräte, Trieb- sowie Fahrwerke (bei der Lufthansa Technik AG), also dem Ersatzteilgeschäft bzw. der Komponentenversorgung sowie der Überholung von Flugzeugen, ein sechstes Geschäftsfeld herausgebildet. Dieser Geschäftsbereich bietet für die jeweiligen Kunden Komplettausstattungen an und in einem Flugzeug an, die sowohl auf das Flugzeug, als auch auf die jeweiligen Kunden oder dem Auftraggeber maßgeschneidert sind.¹¹⁵

Das Geschäftsfeld dieser sogenannten „VIP & Executive Jet Solutions“ reicht dabei von Flugzeugen der Größe einer Cessna Citation oder einer Gulfstream bis zu einer Boeing 747. Es belegt also neben Business-Jets auch Flugzeuge der Mittel- und Langstrecke.

Für letztere sind für Ausstattung und Umbauten in den Flugzeugen durchschnittlich bis zu zwei Jahre veranschlagt. In diesem Zeitraum ist der Bereich in einem Flugzeughangar komplett belegt. Auf Grund der Größe diverser Anbieter und ihrer Gebäude können teilweise bis zu drei Flugzeuge individuell ihre Sonderanfertigung erhalten.¹¹⁶

Bei der Lufthansa Technik AG arbeiten auf diesem Gebiet etwa 1.600 Mitarbeiter. Der größte Teil davon fällt auf den Hauptsitz in Hamburg. Hier beschäftigt der Bereich „Completion Center“, also die tatsächliche Umrüstung des Flugzeuges und die Werkstätten zur Herstellung der Möbel, rund 600 Mitarbeiter. Im Bereich VIP-Wartung sind es circa noch 550 Mitarbeiter, die sich um die Ersatzteilversorgung, ähnlich wie bei Fluggesellschaften, kümmern. Daneben existiert in Tulsa in den USA mit über 300 Mitarbeitern der Bereich „BizJet International Sales & Support“, welcher auf und für den amerikanischen Kontinent die Ausstattung und Betreuung von VIP- und größeren Geschäftsflugzeugen bearbeitet.¹¹⁷ So konnten allein bei der Lufthansa Technik AG in mehreren Jahrzehnten bereits über 80 Umbauten an Flugzeugen abgeschlossen werden. Hauptabnehmer für Großraumflugzeuge sind neben arabischen Scheichs zunehmend auch asiatische Kunden.

Neben diesem „Privatkundengeschäft“, welches auch die Dimension eines VVIP, also einer „Very Very Important Person“, annehmen kann, erledigen die Anbieter Umbauten von Regierungsmaschinen oder Sonderanfertigungen, wie dem Flugzeugteleskop „SOFIA“.¹¹⁸

115 Vgl. Friedrich/List (2009), S. 66-67.

116 Vgl. auch Jet Aviation AG (2015), S. 6-7.

117 Vgl. Lufthansa Technik AG (2015d), S. 4.

118 Vgl. Steinke, Sebastian (2015), Vgl. auch Twickel (2016).

6 Problemstellung

Für das Aufzeigen von Lösungen der Ersatzteillogistik in der Luftfahrtindustrie wird nun von einem praktischen Problem der Beförderung von Flugzeugkomponenten vom Ersatzteillager zum Standort des Flugzeuges bzw. seiner Wartungsbasis eingegangen.

Dabei wird unterschieden in Normalfälle, in denen das Flugzeug planmäßig zu einem Check angemeldet ist und bei dem regulär einzelne Bauteile planmäßig getauscht werden sowie in Spezialfälle. Diese können sowohl Expresssendungen für normale Ersatzteile (AOG) umfassen, als auch Sendungen, die selber Gefahrgut sind. Eine Kombination aus diesen beiden ist ebenso möglich.

6.1 Outsourcing

Der Begriff Outsourcing als Kunstwort setzt sich aus den englischen Wörtern „outside“, „resource“ und „using“ zusammen, was im deutschen „Nutzung externer Ressourcen“ bedeutet. Davon wird gesprochen, „sobald physische oder administrative Logistikaktivitäten, die von einem Unternehmen in der Regel nicht als Prozesse mit Kernkompetenzen gesehen werden, an einen entsprechend spezialisierten und qualifizierten Logistikdienstleister übertragen und im weiteren Verlauf der Geschäftsbeziehungen von diesem gegen entsprechende Vergütung erbracht werden“¹¹⁹. Kurzgefasst handelt es sich „beim Outsourcing also um einen Übergang der Leistungen von der internen zur externen Inanspruchnahme“¹²⁰.

Die Vergabe der entsprechenden Dienstleistungen unterteilt sich dabei in sechs Phasen (Vgl. 4.5 Bestellmengen und Bestellkosten):¹²¹

1. Erarbeitung eines Gesamtkonzeptes für die auszulagernden Prozesse
2. Ermittlung des Leistungsbedarfes für Prozesse und deren Zielsetzungen
3. Festlegung der „Zielkriterien für die Vergabe der Dienstleistung an das zukünftige Partnerunternehmen“
4. Ausschreibung
5. Überprüfung der Angebote und Auswertung nach den Zielkriterien
6. Vertragsverhandlungen über Leistungsvergütung mit dem zukünftigen Kooperationspartner sowie Festlegung interner Kontrollmechanismen zur Leistungserbringung

119 Schuh/Stich/Kompa (2013), S. 133.

120 Spiegel/Götte/Friehmelt (2008), S. 23.

121 Schuh/Stich/Kompa (2013), S. 134.

Wie in den bisherigen Kapiteln angemerkt, ist der ausschlaggebende Punkt für Outsourcing bei Fluggesellschaften die Kostensenkung. Dabei werden Unternehmensbereiche in Nicht-Kernkompetenzen zu Dienstleistern bzw. anderen Unternehmen ausgelagert oder verkauft. Dies geht oft mit dem Komplettübergang der Bereiche, also inklusive Infrastruktur, Anlagen und Mitarbeiter, einher. Betroffen ist dabei nicht nur der Bereich der Instandhaltung und Ersatzteillogistik, sondern auch andere Bereiche. Hierzu zählen z. B. bei British Airways das Passagier-Managementsystem (seit 1997 bei Amadeus)¹²² sowie bei der Lufthansa die gesamte IT-Abwicklung (seit 2015 durch IBM), Immobilienverwaltung (seit 2004 durch SPIE), Catering (seit 1966 durch die Lufthansa Tochter LSG Sky Chefs), ULD-Management (seit 2007 bei dem Joint Venture Jettainer GmbH) sowie andere Bereiche wie das Kreditkarten- und Retailgeschäft.¹²³

Dabei kommen verschiedene Dimensionen des Outsourcing in Betracht:¹²⁴

- **Finanzielle Abhängigkeit**
 - Internes Outsourcing (Übernahme von Leistungen durch ein eigenes Tochterunternehmen, z. B. Lufthansa und Lufthansa Technik AG)
 - Joint Venture (Gründung eines gemeinsamen Unternehmens von zwei Wettbewerbern, z. B. AeroLogic als Kooperation zwischen Lufthansa Cargo und DHL Express)
 - Externes Outsourcing (vollkommene Eigenständigkeit, z. B. Triebwerkshersteller)
- **Standort des Outsourcing-Partners**
 - Onsite (Ansiedlung auf eigenem Firmengelände)
 - Onshore (Ansiedlung in unmittelbarer Nähe)
 - Nearshore (Auslagerung in weiter entfernte Gebiete, z. B. telefonische Kundenbetreuung bei der „Lufthansa InTouch“ aus dem türkischen Istanbul)
 - Offshore (Betreuung u. a. aus Asien, z. B. LH Systems aus Indien)
- **Anzahl externer Dienstleister**
 - Single Sourcing (Auslagerung an ein Unternehmen, z. B. Passagier-Managementsystem Amadeus)
 - Multi Sourcing (Auslagerung an diverse Unternehmen, z. B. Wartung von Flugzeugen bei eigenständigen Tochterunternehmen der Lufthansa Technik AG in Malta, Philippinen, Shannon und Shenzhen)

122 Vgl. Spiegel/Götte/Friehmelt (2008), S. 26.

123 Vgl. Spiegel/Götte/Friehmelt (2008), S. 31, 33-34, in Anlehnung an Droege (2006), S. 9, Vgl. auch Leser (2004).

124 Vgl. Spiegel/Götte/Friehmelt (2008), S. 29, in Anlehnung an Jouanne-Diedrich (2004), S. 127.

- Leistungsumfang
 - Selektives Outsourcing, nur ein Teil wird ausgelagert
 - Totales Outsourcing, der komplette Bereich wird fremdvergeben

Innerhalb des Outsourcing kann durch Auslagerung in Länder mit günstigeren Arbeits-, Lohn- und Klimabedingungen weiter gespart werden (Vgl. 6.2.3 Standortfaktoren).

Durch das Outsourcing und der damit verbundenen Kompetenzsteigerungen sowie Spezialisierungen wuchs der Bereich MRO von 35 Mrd. USD in 2004 auf 50 Mrd. USD innerhalb von zehn Jahren an. Großkonzerne, die alle Dienstleistungen der Luftfahrtbranche ohne Fremdvergabe selber erbrachten, gibt es inzwischen nicht mehr.¹²⁵

Werden Dienstleistungen fremdvergeben, sind neben dem eigentlichen Hersteller oder MRO-Anbieter noch andere Parteien, also Logistikdienstleister, betroffen. Dabei wächst von Zeit zu Zeit der Aufgabenumfang der Logistikdienstleister. War in der Vergangenheit der Spediteur nur für den reinen physischen Transport zuständig, übernimmt er heute teilweise die gesamte logistische Abwicklung als Mehrwertleistung, die sogenannten Value Added Services.

First Party Logistics

Aus Sicht eines Anbieters von Ersatzteilen in der Luftfahrt, also MRO-Anbieter und OEMs, ist die eigene Herstellung und der Transport innerhalb des Unternehmens in Eigenleistung ein First Party (1PL). Dies deckt auch die reine Erstellung von Wartungs- und Überholungsleistungen ab.¹²⁶

Second Party Logistics

Differenziert wird von diesen Tätigkeiten bei den 2PL, also den Second Partys. Während die Lufthansa selber davon ausgeht, dass diese ihre Kunden abbilden¹²⁶, ist im eigentlichen Sinn der Logistik der 2PL ein Spediteur, der die Komponenten befördert, umschlägt und/oder lagert. Dazu kommen einige Zusatzleistungen wie die Kommissionierung oder das Verpacken.¹²⁷

¹²⁵ Leser (2004).

¹²⁶ Vgl. Speel/Eck (2001), S. 34.

¹²⁷ Vgl. Schuh/Stich/Kompa (2013), S. 122.

Third Party Logistics

„3PL = Third Party Logistics Provider sind unternehmensexterne Logistikdienstleister, deren Kernkompetenz die Übernahme von Transport und Lagerung von ihren Kunden ist. Im Unterschied zu 4PL und Application Service Provider (ASP) besitzen 3PL-Dienstleister eigene Assets im Bereich der klassischen Prozesse Transport, Umschlag und Lagerung. 4PL-Anbieter haben demnach keine eigenen LKW und Lagerhallen, sondern stellen nur ihr Know-how zur Verfügung (z. B.: Fuhrparkmanagement).“¹²⁸ Der 3PL erweitert die 2PL effizient auf die Kundenwünsche abgestimmte Produktion, Montage und Logistikdienstleistungen.¹²⁹ Demgegenüber bezeichnet die Lufthansa selber ihre bisherigen Logistikdienstleister als 3PL.¹²⁶

Fourth Party Logistics

„4PL = Fourth-Party-Logistics beschreibt in der Logistik einen Dienstleister, der keine eigenen Assets, also keine eigenen Fahrzeuge, Lagerhallen oder anderweitige logistische Ausrüstungen besitzt oder im expeditionellen Sinne hiermit handelt, aber die Koordination und Zusammenfassung von Dienstleistungsangeboten verschiedener Logistikdienstleister übernimmt.“¹²⁸ Wichtig hierbei sind die Bündelungen und das Management der Logistikdienstleistungen, unabhängig ob physisch oder digital.¹²⁹ Der 4PL erstellt also eine Gesamtlösung für den Kunden, hier die Lufthansa Technik AG bzw. der Lufthansa Technik Logistik Service GmbH. Dabei ist zu beachten, dass für den Kunden ein Ansprechpartner als Berater eingesetzt wird. Dieser fungiert als Key-Account-Manager als Schnittstelle zwischen dem Kunden und dem Logistikanbieter (One Face to the Customer).¹³⁰ Die bei den Ausschreibungsrunden jeweils erfolgreichen Logistikanbieter (Vgl. 4.5 Bestellmengen und Bestellkosten) treten der Lufthansa gegenüber als 4PL auf.¹²⁶

6.1.1 Make-or-buy-Analyse

Für eine Entscheidung, ob etwas in Eigenleistung erbracht wird oder der Prozess ausgegliedert, also erkaufte wird, muss zuerst eine Fluggesellschaft wissen, ob sie ihre Ersatzteile selber von einem MRO-Dienstleister bzw. dem OEM besorgen möchte oder diese teilweise selber herstellen bzw. organisieren will. Nachgerückt bei Fremdvergabe steht die Frage der Lagerhaltung, also soll ein eigenes Lager von eingekauften Komponenten erstellt werden oder soll dies zentral bei dem MRO-Anbieter in einem Ersatzteillager erfolgen. Zu guter Letzt

128 Behrend (2013), S. 25.

129 Vgl. Schuh/Stich/Kompa (2013), S. 123-124.

130 Vgl. Speel/Eck (2001), S. 35.

wird das Problem des tatsächlichen Transportes geklärt. Werden die eigenen Ersatzteile eigenständig befördert oder werden sie durch Drittfirmen transportiert bzw. komplett logistisch abgewickelt.

Die Frage lautet also, konzentriert sich die Fluggesellschaft auf ihre Kernkompetenz, der Beförderung von Passagieren und/oder von Fracht, oder leistet sie sich eine eigene Technikabteilung mit evtl. zusätzlichem Ersatzteillager (Vgl. 5.4.1 Reparatur).

Im Vordergrund stehen dabei drei wichtige Aspekte, die in Vergleichen gegen die Eigenleistung abgewogen werden:

- Kosten; also ist der Einkauf der gesamten Ersatzteillogistik bzw. ein Teil dessen günstiger?
- Qualität; kann dieser Fremdanbieter die erforderliche Logistik und evtl. technische Instandhaltung bzw. Reparaturen besser bewerkstelligen?
- Termine; wie lange braucht bei Fremdvergabe das Ersatzteil zum Flugzeug?

Daneben existieren weitere Kriterien, die für die Entscheidungsfindung notwendig sind. Sie unterteilen sich in interne Kriterien:

- „Aufbau, Erhaltung von eigenem Know-how und Wissen
- Bestehende Kapazitäten und deren Auslastung
- Fähigkeiten und Potential der eigenen Mitarbeitenden
- Investitionsbedarf für neue Mitarbeitende, Betriebs- und Transportmittel
- Strategische Bedeutung des Artikels“¹³¹

sowie in externe Kriterien:

- „Abhängigkeit vom Lieferanten
- Finanzielle Situation des Lieferanten
- Image und Innovationspotential des Lieferanten
- Termintreue und Flexibilität des Lieferanten
- Vertrauenswürdigkeit des Lieferanten im Umgang mit Daten und Informationen“¹³¹

Bei der Entscheidung für eine Fremdvergabe oder Eigenleistung kann es zu einem Kompromiss kommen, bei dem entweder mit dem Originalhersteller oder mit Wettbewerbern Kooperationen, also Joint-Venture gegründet werden (Vgl. 5.4.1 Reparatur und 6.2.2 Standortwahl).

¹³¹ Vgl. Mathar/Scheuring (2012), S. 66.

6.1.2 Entscheidungsbaum

In Abbildung 13 sind die Einflussgrößen für die Make-or-Buy-Entscheidung dargestellt. Ausgangspunkt dafür ist die strategische Bedeutung des Artikels in Bezug auf die eigenen Kernkompetenzen. Obwohl Mathar und Scheuring in ihrer Darstellung mehr auf Industrieunternehmen eingehen, lassen sich die Entscheidungen auf Fluggesellschaften übertragen. Dabei ist die Fremdversorgung für unkritische Standard- und Hebelprodukte sowie die Eigenleistung bei Produkten mit hohem strategischen Inhalt und Engpassartikeln vorzuziehen. Im Gegensatz zu Industriebetrieben spielt in der Luftfahrt bei Eigenleistung die kritische Menge nur eine untergeordnete Rolle (Vgl. 6.2.2 Standortwahl).¹³²

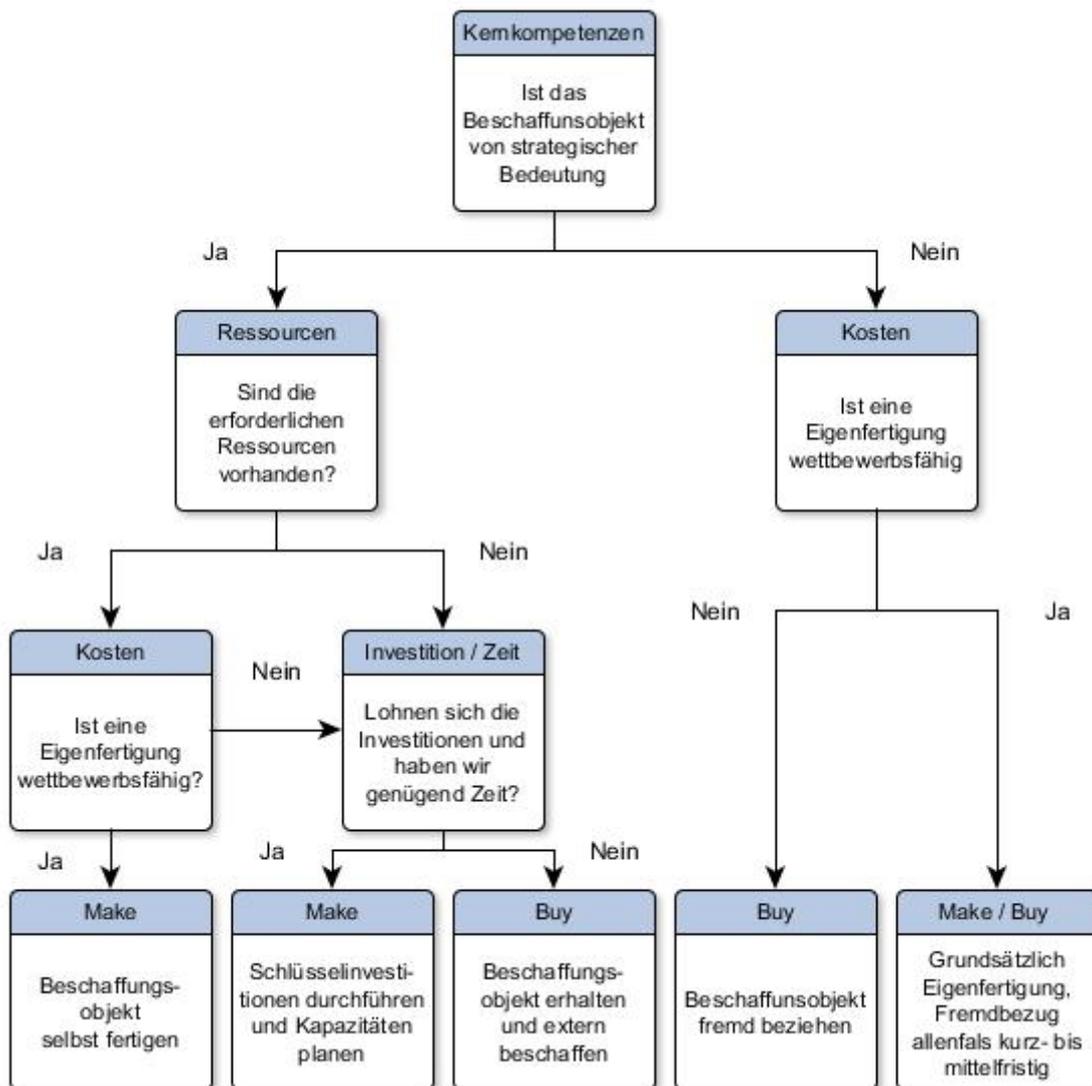


Abbildung 13: Entscheidungsbaum Make-or-Buy

(Quelle: in Anlehnung an Mathar/Scheuring [2012], S. 67.

¹³² Vgl. Mathar/Scheuring (2012), S. 66-67.

6.2 Standortauswahl

Für die Standortauswahl eines Ersatzteillagers muss als erstes neben den Instandhaltungsstrategien auch die Größe der zu versorgenden potentiellen Flotte sowie die Transportdauer vom Zentrallager, welches meistens die Reparaturshops beinhaltet, als auch die Transportzeit vom neuen Regionallager zum Kunden abgeschätzt werden.

Die Zeiten spielen vor allem für Lieferungen in Fällen des AOG eine Rolle.¹³³ Daneben sind Lieferungen mit DGR nicht an jeden Ort möglich. Abhilfe schafft hier nur bedingt ein Kurier, der ein Ersatzteil die ganze Zeit bis zum Bestimmungsort begleitet (On-board Courier).¹³⁰

6.2.1 Definition Standort

Allgemein wird der Standort definiert als ein „vom Menschen für bestimmte Nutzungen ausgewählter Platz bzw. Raumstelle, an denen unterschiedliche wirtschaftliche, soziale und/oder politische Gruppen im Raum agieren“ im Bezug auf die allgemeine Geografie. Daneben definiert die Wirtschaftsgeografie einen äußeren Standort als geografischen „Ort, an dem ein Wirtschaftsbetrieb aktiv ist, d. h. Güter erstellt oder verwertet“ werden sowie als einen innerbetrieblichen Standort, als „räumliche Lage der einzelnen Teile einer Unternehmung, eines Betriebs bzw. einer Abteilung zueinander und ihre möglichst optimale Zuordnung.“¹³⁴

Der äußere und der innere Standort müssen dabei tatsächlich nicht am selben Ort sein. So ist z. B. Airbus als OEM mit seinem Ersatzteillager neben dem Gelände der Lufthansa Technik AG am Flughafen Hamburg-Fuhlsbüttel angesiedelt, während der eigentliche Produktionsstandort, also der äußere Standort, am Flughafen Hamburg-Finkenwerder, demzufolge am anderen Ende der Stadt angesiedelt ist.

Ähnliches gilt für die Lufthansa Technik Gruppe, welche neben ihrem Sitz in Hamburg noch viele weitere Standorte auf der Welt hat. Zentral werden daher in Hamburg die Ersatzteile repariert und gelagert. Abgesehen von einzelnen Regionallagern in Fort Lauderdale und in Singapur sowie dem (kleineren) Außenlager am Flughafen Frankfurt am Main werden bedingt durch hocheffiziente und komplexe Logistiknetzwerke auf der ganzen Welt die Kunden aus dem Zentrallager in Hamburg beliefert und/oder die Ersatzteile auch an diversen Wartungsstandorten auf der ganzen Welt eingebaut.

¹³³ Vgl. Arndt (2003), S. 53.

¹³⁴ Springer Gabler Verlag (Hrsg.) (o.J.).

6.2.2 Standortwahl

Wichtig ist hier eine gewisse Größe, also eine *kritische Masse*, ab der es sich lohnt, ein eigenes Ersatzteillager zu errichten. Für Standardflugzeuge, wie die Airbus A320 oder die Boeing 737, haben größere Fluggesellschaften an ihren Wartungsstandorten für häufig getauschte Komponenten (Schnelldreher) eigene kleine Lager errichtet.

In Abbildung 14 sind die weltweiten Standorte der Lufthansa Technik Gruppe dargestellt. Um in dem starken Wettbewerbsfeld zu bestehen, müssen neben eigenen Töchtern auch Kooperationen geschlossen werden.¹³⁵ Eine Expansion darf diesbezüglich auch nicht nur auf den Heimatstandort beschränkt sein, sondern umfasst die ganze Welt. Zur Lufthansa Technik Gruppe gehören 31 technische Instandhaltungsbetriebe sowie direkte und indirekte Beteiligungen an 53 Gesellschaften. 2014 kamen ein Standort für Flugzeugüberholungen in Puerto Rico und eine Niederlassung für die Lufthansa Technik Logistik Services in Shenzhen hinzu.¹³⁶

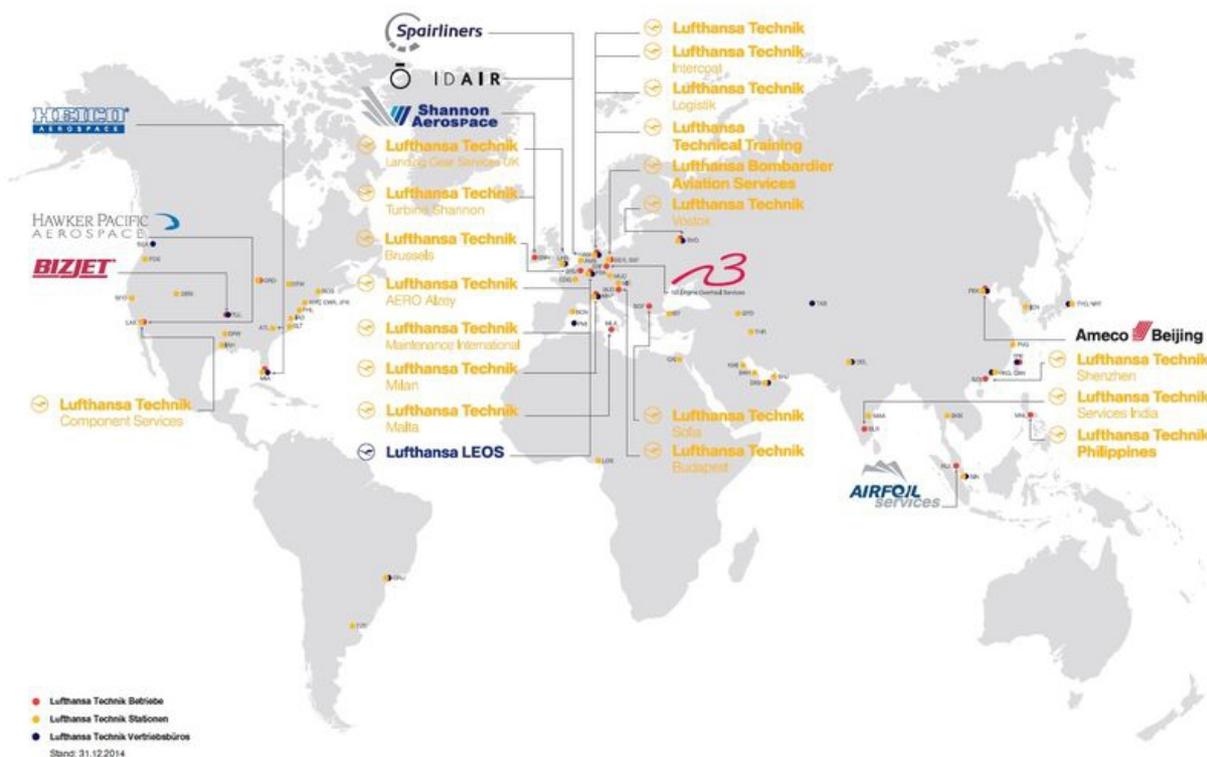


Abbildung 14: Standorte Lufthansa Technik Gruppe

(Quelle: Lufthansa Technik AG [2015d], S. 6.)

Ein ähnliches Bild ergibt sich auch bei den Standorten von Air France KLM Engineering & Maintenance¹³⁷ sowie beim größten unabhängigen MRO-Anbieter SR Technics.¹³⁸

¹³⁵ Vgl. Pieringer (2006).

¹³⁶ Vgl. Lufthansa Technik AG (2015d), S. 6-8.

¹³⁷ Vgl. Air France Industries KLM Engineering & Maintenance (2015), S. 3-4.

¹³⁸ Vgl. SR Technics (2015), S. 6.

6.2.3 Standortfaktoren

Generell entstehen aus Kostengründen Standorte an Orten mit geringeren Personalkosten. So lagerte selbst die Lufthansa Technik AG einen Teil ihrer Arbeiten durch Zukauf von Unternehmen oder Neugründungen in andere Länder aus. Als Beispiel seien hier die Niederlassungen in Malta zur Wartung oder das Logistikzentrum in Singapur genannt (Vgl. 5.4.2 Lagerung).

Daneben werden für eine erfolgreiche Expansion auch neue Standorte in den betreffenden Regionen gesucht. Neben dem amerikanischen Markt mit Puerto Rico hat die Lufthansa Technik AG im chinesischen Shenzhen ein Standort aufgebaut. Bei beiden fällt das hohe Kundenpotential mit den wirtschaftlichen Bedingungen durch Lohnkosten zusammen.

Zur Errichtungen von Standorten im Osten Deutschlands helfen Programme des Bundes. Diese geben Beratung bei der Standortsuche und der Gewinnung von Arbeitskräften. Die Errichtung von Niederlassungen wird dabei durch Zuschüsse, Darlehen oder Fördermittel gestützt.¹³⁹

So ist neben ersten Standorten für Triebwerkshersteller bei Berlin auch seit 2007 Erfurt dazu gekommen. Günstige Förderbedingungen und ein besseres Lohnverhältnis als an den bisherigen Standorten bei Frankfurt, Hamburg oder München begünstigten diese Entscheidung der Errichtung eines Joint Ventures von Lufthansa Technik AG und Rolls-Royce.

6.3 Transportfähigkeit

Der Transport von Ersatzteilen unterliegt einigen Bedingungen. Selbst die eigentliche Größe kann zu Komplikationen führen. Daneben wird bei der Logistik in Gefährlichkeit (Vgl. 6.3.2 Unterteilung nach Gefährlichkeit) und Zeit (Vgl. 5.4.1 Reparatur) unterschieden.

Allen Komponenten gemein ist, dass sie alleine, gebündelt oder mit anderen Versandgütern zusammen, versendet werden. In der Luftfahrt werden dafür ULD (Luffrachtcontainer) genutzt. Standardmäßig haben diese Maße von 88 x 125 Zoll (223,5 x 317,5 cm) und kommen als Container oder als Blech bzw. Palette vor.

Wie in Abbildung 15 zu sehen ist, werden ULD in diversen Formen gefertigt, um sie in verschiedenen Flugzeugen transportieren zu können oder sie zu kombinieren. In einer Boeing

¹³⁹ GTAI (o. J.).

757F werden z. B. 15 AAA-Container quer hintereinander gestellt. In einer Airbus A300 passen dagegen 21 AAC-Container hinein, davon 18 für längs. Die sogenannten „Charlies“ sind an einer Seite abgerundet und passen sich so dem Flugzeugrumpf an. Sie sind auch in einer Boeing 757F transportierbar. Beide Flugzeuge können neben den Containern auch Bleche bzw. Paletten (in diesen Fall PAG) transportieren. Die ULD werden mit Hilfe von sogenannten „locks“ am Flugzeugboden befestigt.

Befördert werden ULD an Flughäfen auf Anhängern, sogenannte „Dollys“. Diese werden zwischen Flugzeug und Be- bzw. Entladungsort (Frachtterminal oder Deck) von Schlepperfahrzeugen gezogen.¹⁴⁰



Abbildung 15: ULD-Buffer auf dem Vorfeld des DHL Hub Leipzig

(Quelle: eigene Fotografie.)

Für größere Flugzeugtypen wie die Boeing 747 oder 777 gibt es andere ULD mit leicht größeren Maßen. Die ULD sind dabei für das Hauptdeck im Einsatz. Kleinere Container werden in das „lower deck“ verladen. Ist nicht genügend Raum für Container im Bauch des Flugzeuges vorhanden, wird vom „belly-compartment“ gesprochen. Dort werden zu transportierende Gegenstände lose verladen. Als Beispiel fungiert hier neben der Boeing 757F der klassische Urlaubsflieger Boeing 737, in der die Koffer lose in den Bauch verladen werden.

140 Vgl. Ottermann (2012), S. 24.

Für die normalen Luftfrachtcontainer wird bei der Verladung auf spezielle Hilfsmittel zurückgegriffen. Die ULD werden von den Dollies auf ein Highloader geschoben. Der erste Teil davon ist mit einer Hubeinrichtung ausgestattet, so dass die ULD auf die Ladehöhe des jeweiligen Flugzeuges gefahren werden können. Letztendlich werden die ULD durch die Cargo-Door (also die Frachtluke) in das Frachtabteil befördert. Die Ladeluke ist dabei nur wenige Zentimeter größer als der ULD selber. Ähnlich geschieht dies auch im lower-deck mit den kleineren Containern. Koffer und andere lose Sendungen werden dagegen mit Hilfe eines Förderbandes¹⁴¹ (zu erkennen im Bildhintergrund) in einer Höhe circa 2,50 m verladen.¹⁴²



Abbildung 16: Highloader

(Quelle: eigene Fotografie.)

Die Tür bei der Airbus A300 und Boeing 757F hat dabei ungefähr eine Höhe von 2,10 m. So begrenzt sich auch das zu verschickende Ersatzteil auf eine maximale Höhe von zwei Metern und eine Breite von drei Metern. In der Länge ist es möglich, dass Positionen selber freigelassen werden können, das Packstück auf dem Blech also über den Bereich des ULD hinausragen kann. Dies trifft z. B. bei dem Versand von Rotorblättern für Hubschrauber zu.

¹⁴¹ Vgl. Ottermann (2012), S. 24-25.

¹⁴² Vgl. Ottermann (2012), S. 34.

6.3.1 Unterteilung nach Größe

Wie im vorangegangenen Kapitel angesprochen, spielt die Größe eines Packstückes bei der Beförderung eine wichtige Rolle. Zu unterteilen sind dabei Klein- und Großteile, von denen noch einmal die Triebwerke speziell erfasst werden.

Kleinteile

Kleinteile sind alle Güter, die bequem per Hand von einer Position zu einer anderen Position befördert werden können. Dazu zählen z. B. Schrauben oder andere kleine Komponenten. Sie werden in einem Lager in Kleinladungsträgern (KLT) zusammengefasst. Ihre Stückzahl ist durch ihre Größe dabei schwer zu überblicken, so dass diese IT-gestützt erfasst und kommissioniert werden.

In der Versandlogistik kommen Kleinteile als Pakete vor. Sie werden beim Transport mit Frachtflugzeugen in ULD gestapelt. Ein typisch beladener ULD von der Größe eines AAC kann dadurch um die 2.000 kg wiegen.

Diese Komponenten erfordern meistens eine Umverpackung, um sie beim Transport besser zu kennzeichnen und um sie bequem verladen zu können.

Großteile

Großteile fangen bei Maßen einer Palette oder Gitterbox an.¹⁴³ Diese sind per Hand aus Gründen der Abmessungen oder des Gewichtes nicht mehr handhabbar. Zur Verladung oder bodengebundenem Transport werden Hubwagen und Stapler verwendet. In einigen Ausnahmefällen, bedingt durch zu große Abmessungen und/oder Gewicht werden sie auch von Kränen bewegt.

Sie werden meistens mit einem eigenen Ladungsträger versendet. Flugzeugreifen werden z. B. auf Paletten fixiert, während Flugzeugbremsen in eigens für den Transport angefertigte Behälter versendet werden.

Großteile begrenzen sich in ihrer Größe durch die Spezifizierungen bzw. Besonderheiten der Transportmittel, z. B. bei Flugzeugen. Sie müssen als Ersatzteile so beschaffen sein, dass ein problemloser Versand möglich ist.

¹⁴³ Vgl. Klug (2010), S. 150.

Triebwerke

Triebwerke sind die Motoren eines Flugzeuges. Sie müssen sich genauso wie alle anderen Komponenten einer regelmäßigen Inspektion unterziehen. Während vor jedem Flug ein Pilot kurz die Triebwerke auf äußere Beschädigungen überprüft (Vgl. 5.3.1 Wartung), ist für eine tiefer gehende Überprüfung ein Triebwerkswechsel nötig.¹⁴⁴ Hierzu werden die Triebwerke von der Triebwerksgondel (Aufhängung des Triebwerkes an den Tragflächen) genommen und in eine dafür vorgesehene Transporteinrichtung verbracht.

Wie in Abbildung 17 gezeigt, werden für kurzfristige Inspektionen bzw. einem Triebwerkstausch Ersatztriebwerke bereitgestellt. Die Menge ist dabei abhängig von den zur Inspektion gesendeten Triebwerken. Da Triebwerke eigene hochkomplexe Systeme sind und von darauf spezialisierten MRO-Betrieben, z. B. MTU in Hannover und N3 bei Erfurt, gewartet werden, müssen diese zu den Anbietern transportiert werden.



Abbildung 17: Flugzeugwartung mit ausgebauten Ersatztriebwerken

(Quelle: eigene Fotografie.)

Dies erfolgt im Normalfall mit LKW. Bei großen Triebwerken, wie dem derzeit stärksten Triebwerk GE Aviation GE90-115B mit 514 kN Schub für die Boeing 777 (zum Vergleich, ein

¹⁴⁴ Vgl. dazu Swiss International Air Lines AG (2015a).

normales CFM 56 für eine Airbus A320 oder Boeing 737 erzeugt um die 110 kN Schub) ist bedingt durch seine Größe nur noch schwer transportierbar. In Einzelfällen werden deswegen Flugzeuge gechartert oder es wird in Frachtflugzeugen transportiert. Die Fluggesellschaften transportieren ihre Triebwerke in so einem Fall im Frachtraum für sich selber. Eine andere Vorgehensweise, z. B. bei Quantas, war der Transport am Rumpf als „fünftes“ Triebwerk an einer Boeing 747.

Das fertig ausgebaute Triebwerk wird zusammen mit der Transporteinrichtung, dargestellt in Abbildung 18, bei dem MRO-Dienstleister entladen. Es folgt eine Vorkontrolle, ehe es nach Kundenwunsch auseinandergenommen wird. Der Grad der Inspektion ist zwischen Kunden und Dienstleister abgesprochen und richtet sich nach dem Alter und der Beschädigung im oder am Triebwerk. Es folgt die evtl. Reparatur der Bauteile, bis hin zu einer einzelnen Triebwerksschaufel, deren Zusammenbau und einer Funktionsüberprüfung in einem Teststand.¹⁴⁵



*Abbildung 18: Triebwerk ausgebaut und in Transporteinrichtung
(Quelle: eigene Fotografie.)*

Die Betriebskosten für ein Triebwerk gliedern sich laut Rupp dabei in Abschreibung/Finanzierung mit 35 %, Instandhaltung 31 % und Treibstoffverbrauch 34 %.¹⁴⁶

Gegenüber einem Flugzeug haben Triebwerke demzufolge einen ungefähr dreifachen Anteil an den laufenden Betriebskosten.

Die Ersatzteillogistik für Triebwerke ist so vergleichbar mit dem des ganzen Flugzeugs.

¹⁴⁵ Vgl. MTU Aero Engines AG (2013).

¹⁴⁶ Vgl. Rupp (2008), S. 1.

6.3.2 Unterteilung nach Gefährlichkeit

Neben der Größe ist die Zusammensetzung eines Bauteils von entscheidender Bedeutung. Gefahrgüter, wie Öle oder Sauerstoffgeneratoren, brauchen nicht nur eine gesonderte Transportorganisation, sondern belasten den logistischen Ablauf mit zusätzlichen Kosten.

Ungefährliche Ersatzteile haben die leichteste Organisationsstufe. Sie können mit einfachen Mitteln vom Lagerort zum Kunden, respektive zurückgeschickt werden.

Zu beachten sind hier nur der Bedarfszeitpunkt, also ob es eine normale Sendung oder AOG ist, und die Größe des Bauteils.

Bei **Gefahrgut** kommen zusätzlich noch Bestimmungen zur Abwicklung, Handhabung, Organisation, Sicherung und Verpackung hinzu. Sie dürfen aber grundsätzlich mit zur normalen Fracht geladen werden und sind, mit Ausnahme von CAO, auch in Passagiermaschinen erlaubt.

Nicht erlaubt sind dagegen die Gefahrgutklassen 1 (Explosivstoffe), 2.3 (giftige Gase), 6.2 (infektiöse Stoffe, Ausnahme UN 3373) und 7 (radioaktive Stoffe).

Als Gefahrgut können dabei verschiedene Ersatzteile für Flugzeuge bezeichnet werden. Beispiele für typische Flugzeugkomponenten sind hier Gasflaschen (Gase - auch durch Druck), Notrutschen (explosiv durch Auslöseeinrichtung), Sauerstoffgeneratoren (brandfördernd) und Schmierstoffe (brennbar).¹⁴⁷

Dabei beschränkt die Anzahl an Gefahrgut sich selber in den Gefahrgutregularien. So ist pro Container nur eine bestimmte Menge erlaubt, ein bestimmter Abstand zueinander sowie eine Höchstmenge an beförderten Gefahrgut im gesamten Flugzeug.

In Abbildung 19 dargestellt ist **Gefahrgut mit Zusatz Cargo Aircraft Only**. „Sind Gefahrgüter aufgrund ihrer Gefährlichkeit für Passagierflugzeuge nicht erlaubt, oder überschreiten sie die für diese Flugzeugtypen erlaubte Maximalmenge, ist der Transport nur in einem Frachtflugzeug gestattet. Dann müssen die Frachtstücke zusätzlich mit diesem Kennzeichen versehen werden.“¹⁴⁸

Beispielsweise dürfen Gefahrgüter, wie Sauerstoffgeneratoren (DGR CAO, UN 3356, DGR-Klasse 5.1 oxidierend wirkender Stoff) für bei einem Druckabfall automatisch herunterfallen-

¹⁴⁷ Vgl. DHL Express (2014).

¹⁴⁸ Kesten (2013): Gefahrgut in der Luft. Abfertigungskennzeichen CAO.

de Atemmasken, obwohl in jedem Flugzeug bereits standardmäßig eingebaut, nicht als normale Fracht in einem Passagierflugzeug transportiert werden. Diese dürfen wegen ihrer brandfördernden Eigenschaft als chemischer Sauerstoff¹⁴⁹ über den Luftweg nur in Frachtmaschinen befördert werden.¹⁵⁰



Abbildung 19: Cargo Aircraft Only

(Quelle: Kesten [2013]: Abfertigungskennzeichen CAO.)

Die gleiche Einschränkung gilt für den Transport von Lithiumbatterien.¹⁵¹ Durch Vorfälle während des Fluges gab es in der Vergangenheit diverse Abstürze. Weiterhin kam es bei der Boeing 787 durch Probleme mit den Flugzeugbatterien zu diversen Schwelbränden.

149 Vgl. Scholz (2014), S. 793.

150 ICAO (2010), S. 3.

151 Vgl. Lufthansa Cargo AG (2015): Einschränkungen für den Transport von Lithiumbatterien, Vgl. auch ICAO (2015).

7 Praxisbeispiele

Bezug nehmend auf die Erläuterungen im sechsten Kapitel werden diese anhand von Beispielen verdeutlicht. Dabei wird unabhängig von dem eigentlichen Bauteil auf beide Zeitbestimmungen, also ob es eine AOG ist oder nicht, eingegangen.

Die angenommenen zu versendenden Komponenten sind:

- Ersatzrad für Bugfahrwerk an einer Airbus A320 (30x8.8-R15), Spezifikationen: 77 x 23 cm und 100 kg, auf Europalette verzurrt
- Hydraulikschlauch, Spezifikationen: 100 x 1 cm und 0,5 kg (leer)
- Notausstiegszeichen, Spezifikationen: 30 x 10 cm und 0,2 kg, mit Umverpackung
- Sauerstoffgenerator, Spezifikationen: 50 x 15 cm und 2,0 kg, Gefahrgut (DGR CAO, UN 3356, DGR-Klasse 5.1 oxidierend wirkender Stoff), mit Umverpackung

Bei den Flugverbindungen wird auf den Flugplan der DHL¹⁵² sowie den Flugplänen für Fracht und Passagiere der Lufthansa¹⁵³ zurückgegriffen.

Versandort ist HAM (Flughafen Hamburg-Fuhlsbüttel) mit den Bestimmungsorten FRA (Flughafen Frankfurt am Main) in Deutschland sowie DXB (Flughafen Dubai), HKG (Flughafen Hong Kong) und SOF (Flughafen Sofia) im Ausland. Transitort für Verbindungen mit DHL ist LEJ (Flughafen Leipzig/Halle) oder CGN (Flughafen Köln/Bonn).

Womöglich vorhandene echte Praxisprobleme bei der Verzollung (weil Verzollungsagent am anderen Flughafen sitzt), Gefahrgutabwicklung (Empfangsstation darf bzw. kann kein DGR abfertigen) oder Transportmitnahme (Weiterflug des Bauteils nicht möglich, da Flugzeug bereits voll ausgelastet) bleiben in diesem Fall aufgrund der Komplexität unberücksichtigt.

Für die Verbindung von Hamburg nach Frankfurt (Vgl. Anhang 4: Berechnung der Transportdauer HAM → FRA) ergibt sich eine Vorlaufzeit von 11,5 Stunden. Dies bedeutet, dass der Auftrag an die Lufthansa Technik AG zum Versand eines Bauteils ungefähr einen halben Tag vorher abgesendet werden muss. Bedingt durch die Möglichkeit des Straßentransportes ist der Auslösezeitpunkt und die damit verbundene Ankunft des Bauteils relativ variabel. Durch die Flexibilität des Transportes sowie des Transporters ist die Instandhaltung, auch in Notfällen, nicht auf größere Vorlaufzeiten angewiesen. Die Sendungen können aufgrund der Kombinierbarkeit und gleicher Transportbedingungen gebündelt auf einer Palette geliefert werden.

152 Vgl. DHL Aviation (2016).

153 Vgl. Lufthansa Cargo AG (2016), Vgl. auch Deutsche Lufthansa AG (2016).

Im Falle des benötigten Ersatzteiles in Dubai (Vgl. Anhang 5: Berechnung der Transportdauer HAM → DXB) variiert die benötigte Vorlaufzeit in Abhängigkeit vom zu befördernden Produkt. Bedingt durch das Beförderungsverbot von Sauerstoffgeneratoren auf Passagierflugzeugen muss diese Komponente einen anderen Lieferweg vollziehen. Die reine Transportdauer beträgt bei dem Gefahrgut 28 Stunden, also etwas mehr als einen kompletten Tag. Für die anderen Bauteile werden nur 21,5 Stunden benötigt. Dabei ist zu beachten, dass in beiden Fällen ein Flugplan zur Benutzung hinterlegt ist. Sollte der Auftrag bereits eine Minute nach der entsprechenden Vorlaufzeit eingehen (11,5 Stunden von Auftragsauslösung bis Eintreffen am Flughafen Frankfurt am Main), um das Flugzeug rechtzeitig zu erreichen, ist bei nur einem täglichen Flug ein kompletter Tag verpasst. Das Bauteil müsste einen Tag am Flughafen auf den nächsten Flug warten und steht deshalb nicht mehr rechtzeitig am Bestimmungsort zur Verfügung (Worst-Case). In diesen Fällen könnte auf Flüge von anderen Fluggesellschaften bzw. Dienstleistern ausgewichen werden. Bei dem Ziel Dubai würde eine Verbindung von Emirates genutzt werden. Auf Grund der hohen Komplexität der MRO-Logistik bzw. des logistischen IT-Systems (Vgl. Ausschreibung von Logistikpaketen in 4.5 Bestellmengen und Bestellkosten) wird im Regelfall versucht, nur eine Relation bzw. ein Dienstleister zu implementieren. Bei nur einer täglichen oder gar selteneren Flugverbindung wird eine höhere Komplexität in Kauf genommen.

Bedingt durch das Flugangebot der Lufthansa nach Hong Kong durch Airbus A380 ist eine mehrtägige Direktlieferung ab Frankfurt nicht möglich. Der Grund hierfür ist durch eine zu einem normalen Flugzeug gestiegene Sitzplatzkapazität durch zwei Passagierdecks. Die theoretisch doppelte Anzahl von Sitzplätzen auf der selben Grundfläche lässt keinen weiteren freien Stauraum im Gepäckabteil zu. Die Logistik allgemein ist auf Frachtverbindungen bzw. möglichen Beiladungen in Passagiermaschinen angewiesen. Durch diese Einschränkung steht nur eine mehrwöchige Verbindung statt einer täglichen zur Verfügung. Daneben existiert - in diesem Beispiel - eine weitere Möglichkeit der Verbindung durch DHL. So kann bei beiden Verbindungen eine Lieferzeit von 30,5 bis 33 Stunden eingehalten werden (Vgl. Anhang 6: Berechnung der Transportdauer HAM → HKG). Die Problematik eines erhöhten Risikos für zu spät an dem Startflughafen gelieferte Komponenten besteht auch in diesem Fall.

Im Gegensatz zu den internationalen Verbindungen nach Dubai und Hong Kong ist die europäische Verbindung durch drei Möglichkeiten relativ gut abgedeckt. Die zwei Flugverbindungen davon sind innerhalb von 17 bis 17,5 Stunden erledigt. Aufgrund des Gefahrgutes und dem Einsatz von Passagiermaschinen wird neben dieser Verbindung mit Passagierflugzeugen auch eine Frachtverbindung durch DHL genutzt. Beide sind aber auf ihre Zeiten angewiesen, so dass auch hier ein zu spät kommen dramatische Auswirkungen hätte. Daneben

steht innerhalb Europas auch die Erledigung von Transportleistungen durch Transportunternehmen zur Verfügung. Durch die Bindung an den Straßenverlauf und die geringere Geschwindigkeit erhöht sich aber die Transportdauer auf 28 Stunden (Vgl. Anhang 7: Berechnung der Transportdauer HAM → SOF).

Bedingt durch die hohe Lieferzeit von ein bis anderthalb Tagen und das potentielle Risiko des verpassten Fluges, sind häufig verwendete Komponenten in einem Außenlager vorhanden. Im Falle von DXB kann neben dem Hauptlager in Hamburg (evtl. sind auch vorhandene Teile in einem kleinen Nebenlager in Frankfurt am Main vorrätig) auch das Regionallager für den asiatisch-pazifischen Raum in Singapur genutzt werden. Es entstehen Synergieeffekte bei der Nutzung mehrerer Lager. Gleiches gilt für Versorgungen nach Hong Kong.

Generell gilt, dass bei Implementierungen von neuen Kundenrelationen ein Dienstleister die kompletten Spezifikationen abbilden soll. Der Dienstleister muss neben normaler Fracht auch schnelle AOG-Sendungen und Gefahrgut abwickeln können. Das führt zu gleichen Bedingungen bei der Datenpflege im IT-System und besserer Kontrolle der Möglichkeiten.

Bei Vertragsverhandlungen werden, wie im Beispiel Dubai mit Emirates erwähnt, mehrere Flüge von verschiedenen Fluggesellschaften genutzt. Dies soll wenig angeflogene Verbindungen am Tag stärken. Zum einen bekommt der Kunde so eine bessere Versorgung angeboten, zum anderen kann bei einem verpassten Flug der unmittelbar nächste genommen werden.

Im Vordergrund liegen dabei immer die Versorgungszeiten. Die eigentlichen Preise für den Transport treten in den Hintergrund (Vgl. 4.3.4 Ausfallkosten).

8 Schlussfolgerung

Zusammenfassend kann davon ausgegangen werden, dass in Zukunft eine immer weiter voranschreitende Konsolidierung bei den MRO-Anbietern stattfindet. Kleinere Anbieter werden es immer schwerer haben sich in dem hart umkämpften Ersatzteilmarkt zu behaupten. Dies verursacht teils ein Verschwinden von Anbietern, teils werden aber auch Kooperationen von MRO-Dienstleistern mit OEMs oder untereinander beschlossen. Hier sei als Beispiel das in Hamburg sitzende Unternehmen Spairliners genannt, welches die Ersatzteilversorgung von der Airbus A380 zur Aufgabe hat.

Die Anbieter konzentrieren sich bei den Flugzeugen und ihrer Wartung durch Lizenzierungen auf immer speziellere Typen, wie z. B. der Airbus A320 Familie. Der Grund liegt in der hohen Komplexität eines Flugzeugsystems, das mit dem Aufbau, aber vor allem den Sicherheitsanforderungen wie bei einem Auto nicht verglichen werden kann. Aus diesem Grund existieren auch im Vergleich zur Automobilindustrie nicht so viele „Flugzeugwerkstätten“.

Diese Sicherheitsanforderungen in der Flugzeugindustrie verlangen diesbezüglich eine steti-ge Wartung von Flugzeugen. So werden Flugzeuge nicht nur oberflächlich kontrolliert, sondern in speziellen Rhythmen teilweise komplett auseinander gebaut. Dabei wird jede einzel-ne Komponente - bis hin zu einzelnen Schrauben - inspiziert, repariert oder getauscht.

Durch Wartungen, Inspektionen und Überholungen kann ein Flugzeug mehrere Jahrzehnte genutzt werden. Eine Altersangabe eines Flugzeuges sagt demzufolge über den Zustand dessen nichts aus. Dabei ist jedoch zu beachten, dass mit zunehmendem Alter bzw. Nut-zungsintensität der Verschleiß sich erhöht und damit die Kosten steigen.

Ein Ausweg wird bei älteren wartungsintensiven Flugzeugen daher im Verkauf dieser ge-sucht. Teilweise erfolgt der Verkauf des Flugzeuges in Einzelteilen, d. h., es wird ausge-schlachtet und die gewonnenen Komponenten nach Prüfung und evtl. Reparatur dem Er-satzteilstaatspool zugeführt.

Die reine Instandhaltung von Flugzeugen ist für den Betrieb einer Fluggesellschaft überle-benswichtig. Ausfälle schlagen nicht nur monetär für Ersatzflugzeuge zu buche, sondern ha-ben auch einen negativen Einfluss auf die Reputation einer Fluggesellschaft.

Andererseits werden neben der reinen Tätigkeit als Instandhaltungsbetrieb auch andere Ge-schäftsfelder (weiter)entwickelt. Als Beispiel lassen sich hier die Ausstattung von VIP- und Geschäftsflugzeugen nennen, zu der auch Regierungsflugzeuge gehören.

Der wachsende Markt in Asien und den arabischen Ländern gibt daher nicht nur großen Wartungsbasen ein Absatzpotential, sondern fördert den - hochpreisigen - Umbau von Privatflugzeugen bis zu der Größe eines Jumbojets.

Zukünftig werden aufgrund von Einsparungen in Gewicht und Kosten neue Verfahren wie der 3D-Druck in die Instandhaltung integriert. Eine vielfach verbesserte Konstruktion im Aufbau sowie eine dadurch erzielte Gewichtsersparnis lassen so ganze Ersatzteilproduktionen direkt bei dem MRO-Anbieter entstehen. Der 3D-Druck ergänzt dabei den Handel mit Gebrauchteilen, vollständig ersetzen kann dieser den Handel mit gebrauchten Bauteilen oder der Neuproduktion dieser aber nicht.

Bedingt durch den hohen Wettbewerbsdruck findet bei Fluggesellschaften und MRO-Anbietern eine zunehmende Tendenz zum Outsourcing nicht relevanter Geschäftsfelder statt. Diese neugegründeten (Technik)Gesellschaften fungieren dabei entweder als Töchter oder als komplett eigenständige Betriebe auf dem Weltmarkt.

Innerhalb dieser Gesellschaften wird versucht durch Kosteneinsparung mit Hilfe neuer IT-Systeme und Automatisierung, also der Umstellung von manueller (Lager)Arbeit auf automatisierte, weiter profitabel zu sein. Der Trend geht dabei in die (komplette) Ausschreibung ganzer Logistikpakete, also der technischen bzw. systembedingten Abwicklung von der Bestellung bis zum Transport der Komponenten anhand vorher definierter Bedingungen.

Eine weitere Entwicklung vollzog sich in der Vergangenheit durch Errichtung von Wartungsstationen in Regionen mit günstigeren Personalkosten. Ein Beispiel dafür sind der Bau von Standorten der Triebwerkswartung bei Berlin und Erfurt. Überdeckt und erweitert wird dieser Faktor von der Ansiedlung ganzer Drehkreuze in bisher nicht instandhaltungstechnischen Schwerpunktregionen. Durch die Ansiedlung von dem Europadrehkreuz der DHL am Flughafen Leipzig/Halle und der Stationierung mehrere Frachtflugzeuge vom Typ Antonov An-124 konnten daher an diesem Flughafen mehrere Wartungsstandorte gegründet werden.

Anhangsverzeichnis

Anhang 1: Zertifikat AMTES GmbH 1.....	65
Anhang 2: Zertifikat AMTES GmbH 2.....	66
Anhang 3: Zertifikat Volga-Dnepr Technics GmbH.....	67
Anhang 4: Berechnung der Transportdauer HAM → FRA.....	68
Anhang 5: Berechnung der Transportdauer HAM → DXB.....	69
Anhang 6: Berechnung der Transportdauer HAM → HKG.....	70
Anhang 7: Berechnung der Transportdauer HAM → SOF.....	71



Ц 21.1
Форма F-1

МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ
INTERSTATE AVIATION COMMITTEE

АВИАЦИОННЫЙ РЕГИСТР
AVIATION REGISTER

СЕРТИФИКАТ
РЕМОНТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
OVERHAUL AND REPAIR STATION
CERTIFICATE

№ СПР- 106

НАСТОЯЩИЙ СЕРТИФИКАТ ВЫДАН
This Certificate issued to

Aircraft Maintenance and Engineering Service GmbH
Towerstraße 1, 04435 Schkeuditz, Germany

УДОСТОВЕРЯЕТСЯ, ЧТО ДЕРЖАТЕЛЬ НАСТОЯЩЕГО СЕРТИФИКАТА СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ АВИАЦИОННЫХ ПРАВИЛ, ЧАСТЬ 145, И ОДОБРЕН В КАЧЕСТВЕ РЕМОНТНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПО ТИПАМ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ И ВИДАМ РАБОТ, УКАЗАННЫМ В ПРИЛАГАЕМОМ ПЕРЕЧНЕ, КОТОРЫЙ ЯВЛЯЕТСЯ НЕОТЪЕМЛЕМОЙ ЧАСТЬЮ НАСТОЯЩЕГО СЕРТИФИКАТА.

It is hereby certified that the Holder of this Certificate complies with Aviation Regulations, Part 145, and is approved as an Overhaul and Repair Station dealing with works and types of aeronautical products specified in the attached List which is an integral part of this Certificate.

ДАННЫЙ СЕРТИФИКАТ ДЕЙСТВУЕТ, ПОКА ОН НЕ БУДЕТ ОТМЕНЕН, ЗАМЕНЕН, ПРИОСТАНОВЛЕН ИЛИ ОТОЗВАН.

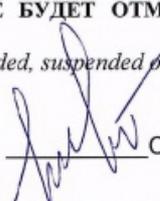
This Certificate shall remain valid unless surrendered, superseded, suspended or revoked.

ДАТА И МЕСТО ВЫДАЧИ
DATE AND PLACE OF ISSUANCE

24 августа 2015 г.
24 August 2015

г. Москва, Россия
Moscow, Russia




С.П. Инструментов
S.P. Instrumentov
ПОДПИСЬ SIGNATURE

Заместитель Председателя –
Руководитель службы сертификации и
аккредитации организаций

*Vice Chairman – Head of Service for
organisations certification and accreditation*

ДОЛЖНОСТЬ TITLE

Anhang 1: Zertifikat AMTES GmbH 1

(Quelle: Volga-Dnepr Technics (2015b), S.1.)



МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ
INTERSTATE AVIATION COMMITTEE

АВИАЦИОННЫЙ РЕГИСТР
AVIATION REGISTER

ПЕРЕЧЕНЬ РАЗРЕШЕННЫХ РАБОТ
LIST of APPROVED WORKS

(ПРИЛОЖЕНИЕ К СЕРТИФИКАТУ № СПР-106 от 24 августа 2015 г.)
(ATTACHMENT to CERTIFICATE No. СРР-106 issued 24.08.2015)

Тип авиационной техники <i>Aeronautical product type</i>	Вид работ <i>Work content</i>	Срок действия <i>Effective till</i>
Самолеты Ан-124-100	Выполнение доработок по сервисным бюллетеням	до 24 августа 2017 г.

Дата
Date
« 24 » августа 2015 г.

Подпись
Signature

С.П. Инструментов

Должность

Заместитель Председателя –
Руководитель службы сертификации и
аккредитации организаций



**GENEHMIGUNG ALS INSTANDHALTUNGSBETRIEB
GENEHMIGUNGSVERZEICHNIS**

MAINTENANCE ORGANISATION APPROVAL SCHEDULE

Aktenzeichen: DE.145.0468
Reference:
Volga-Dnepr Technics GmbH

Betrieb: Industriestraße 56
Organisation: 04435 Schkeuditz

KLASSE CLASS	KATEGORIE RATING	EINSCHRÄNKUNGEN LIMITATION	„BASE“ BASE	„LINE“ LINE
LUFTFAHRZEUGE AIRCRAFT	A1 FLUGZEUGE ÜBER 5700 KG AEROPLANES ABOVE 5700 KG	BOEING 747-200/300 BOEING 747-200/300	NEIN/NO	JA/YES
		BOEING 747-400 BOEING 747-400	NEIN/NO	JA/YES

Dieses Genehmigungsverzeichnis ist auf die im Abschnitt „Genehmigungsumfang“ des genehmigten Instandhaltungsbetriebshandbuchs aufgeführten Erzeugnisse, Teile und Ausrüstungen sowie Tätigkeiten beschränkt.

This approval schedule is limited to those products, parts and appliances and to the activities specified in the scope of work section of the approved maintenance organisation exposition.

Referenz des Instandhaltungsbetriebshandbuchs: Maintenance Organisation Exposition
Maintenance Organisation Exposition reference:

Datum der Erstaussstellung: 01.12.2011
Date of original issue:

Datum der letzten genehmigten Revision: 01.12.2011
Date of last revision approved:

Revisions-Nr.: 0
Revision No:



LUFTFAHRT-BUNDESAMT
Im Auftrag
p.p.

Unterschrift: (Matzky)
Signed:

Berechnung der Transportdauer von HAM nach FRA

Entfernung	ca. 520 km
Nationale Beförderung durch Transportunternehmen mit Kleintransporter	
Mitnahme aller Ersatzteile möglich, da für die kurze Entfernung keine Passagiermaschine notwendig ist und auf Straßentransport zurückgegriffen wird	
Vorbereitung bei Lufthansa Technik (Auftragsannahme, Auslagerung, Kommissionierung und Bereitstellung)	4 Stunden
Vor- und Nachlauf (Bereitstellung Transporter, Be- und Entladung)	je 1 Stunde
Fahrdauer	5,5 Stunden
Gesamtdauer	11,5 Stunden

Anhang 4: Berechnung der Transportdauer HAM → FRA

(Quelle: eigene Berechnung)

Berechnung der Transportdauer von HAM nach DXB

Internationale Beförderung durch Flugverbindung(en)		
Stückelung bei der Mitnahme der Ersatzteile nötig, da der Sauerstoffgenerator nicht auf Passagiermaschinen befördert werden darf		
Lufthansa für normale Fracht	Vorbereitung bei Lufthansa Technik (Auftragsannahme, Auslagerung, Kommissionierung und Bereitstellung)	4 Stunden
	Vor- und Nachlauf (Bereitstellung Transporter, Be- und Entladung)	je 1 Stunde
	Fahrdauer nach FRA	5,5 Stunden
	Annahme und Vorbereitung für den Flug FRA - DXB	1,5 Stunden ¹⁵⁴
	Flug (bei Abflug 14:05 Uhr mit LH)	6,5 Stunden
	Vorbereitung zur Abholung	2 Stunden
	Gesamtdauer	21,5 Stunden
DHL für Gefahrgut	Vorbereitung bei Lufthansa Technik (Auftragsannahme, Auslagerung, Kommissionierung und Bereitstellung)	4 Stunden
	Vor- und Nachlauf (Bereitstellung Transporter, Be- und Entladung)	je 1 Stunde
	Fahrdauer nach FRA	5,5 Stunden
	Annahme und Vorbereitung bei DHL für den Flug FRA - LEJ - DXB	2 Stunden
	1. Flug (Ankunft 23:53 Uhr)	1 Stunde
	Umlade- bzw. Transitzeit	5,5 Stunden
	2. Flug (Abflug 05:20 Uhr)	6 Stunden
	Vorbereitung zur Abholung	2 Stunden
Gesamtdauer	28 Stunden	

Anhang 5: Berechnung der Transportdauer HAM → DXB

(Quelle: eigene Berechnung)

¹⁵⁴ Vgl. Lufthansa Cargo AG (o. J.).

Berechnung der Transportdauer von HAM nach HKG

Internationale Beförderung durch Flugverbindung(en)		
wahrscheinlichste Frachtbeförderung per Frachtflugzeug, da FRA - HKG von der Lufthansa mit Airbus A380 geflogen wird und bedingt durch die hohe Passagierkapazität kaum freier Frachtraum verfügbar ist		
Lufthansa Cargo	Vorbereitung bei Lufthansa Technik (Auftragsannahme, Auslagerung, Kommissionierung und Bereitstellung)	4 Stunden
	Vor- und Nachlauf (Bereitstellung Transporter, Be- und Entladung)	je 1 Stunde
	Fahrdauer nach FRA	5,5 Stunden
	Annahme und Vorbereitung für den Flug FRA - HKG	1,5 Stunden
	Flugdauer mit Zwischenlandung	15,5 Stunden
	Vorbereitung zur Abholung	2 Stunden
	Gesamtdauer	30,5 Stunden
alternative Verbindung mit DHL	Vorbereitung bei Lufthansa Technik (Auftragsannahme, Auslagerung, Kommissionierung und Bereitstellung)	4 Stunden
	Vor- und Nachlauf (Bereitstellung Transporter, Be- und Entladung)	je 1 Stunde
	Fahrdauer nach FRA	5,5 Stunden
	Annahme und Vorbereitung bei DHL für den Flug FRA - LEJ - HKG	2 Stunden
	1. Flug (Ankunft 23:53 Uhr)	1 Stunde
	Umlade- bzw. Transitzeit	5,5 Stunden
	2. Flug (Abflug 05:25 Uhr)	11 Stunden
	Vorbereitung zur Abholung	2 Stunden
	Gesamtdauer	33 Stunden

Anhang 6: Berechnung der Transportdauer HAM → HKG

(Quelle: eigene Berechnung)

Berechnung der Transportdauer von HAM nach SOF

Internationale Beförderung durch Flugverbindung oder alternativ durch Transportunternehmen mit Kleintransporter (Entfernung ca. 1.950 km)		
Stückelung bei der Mitnahme der Ersatzteile auf Flügen nötig, da der Sauerstoffgenerator nicht auf Passagiermaschinen befördert werden darf		
Lufthansa für normale Fracht	Vorbereitung bei Lufthansa Technik (Auftragsannahme, Auslagerung, Kommissionierung und Bereitstellung)	4 Stunden
	Vor- und Nachlauf (Bereitstellung Transporter, Be- und Entladung)	je 1 Stunde
	Fahrdauer nach FRA	5,5 Stunden
	Annahme und Vorbereitung für den Flug FRA - SOF	1,5 Stunden
	Flug	2,5 Stunden
	Vorbereitung zur Abholung	2 Stunden
	Gesamtdauer	17,5 Stunden
DHL für Gefahrgut	Vorbereitung bei Lufthansa Technik (Auftragsannahme, Auslagerung, Kommissionierung und Bereitstellung)	4 Stunden
	Vor- und Nachlauf (Bereitstellung Transporter, Be- und Entladung)	je 1 Stunde
	Fahrdauer nach CGN	4,5 Stunden
	Annahme und Vorbereitung bei DHL für den Flug CGN - SOF	2 Stunden
	Flug	2,5 Stunden
	Vorbereitung zur Abholung	2 Stunden
	Gesamtdauer	17 Stunden
alternative Verbindung mit Kleintransporter	Vorbereitung bei Lufthansa Technik (Auftragsannahme, Auslagerung, Kommissionierung und Bereitstellung)	4 Stunden
	Vor- und Nachlauf (Bereitstellung Transporter, Be- und Entladung)	je 1 Stunde
	Fahrdauer nach SOF	22 Stunden
	Gesamtdauer	28 Stunden

Anhang 7: Berechnung der Transportdauer HAM → SOF

(Quelle: eigene Berechnung)

Literaturverzeichnis

- Aerosecure (Hrsg.) (2016a): Aerosecure Airline Lexikon. Wartung: A-Check, <http://www.aerosecure.de/lexikon/wartung-a-check.php>, Abruf am 15.02.2016.
- Aerosecure (Hrsg.) (2016b): Aerosecure Airline Lexikon. Wartung: B-Check, <http://www.aerosecure.de/lexikon/wartung-b-check.php>, Abruf am 15.02.2016.
- Aerosecure (Hrsg.) (2016c): Aerosecure Airline Lexikon. Wartung: C-Check, <http://www.aerosecure.de/lexikon/wartung-c-check.php>, Abruf am 15.02.2016.
- Aerosecure (Hrsg.) (2016d): Aerosecure Airline Lexikon. Wartung: D-Check, <http://www.aerosecure.de/lexikon/wartung-d-check.php>, Abruf am 15.02.2016.
- airberlin technik GmbH (Hrsg.) (2015): Bescheinigung der Genehmigung als Instandhaltungsbetrieb, <http://www.airberlin-technik.com/dms/technik/approvals/abt-part-145-maintenance-organisation-approval-certificate-schedule-lba-de-145-0142/abt-DE%20145%201042-Urkunde-Rev-26.pdf>, Abruf am 07.12.2015.
- airberlin technik GmbH (Hrsg.) (2014): Total Customer Care. http://www.airberlin-technik.com/dms/technik/services/total-customer-care/total_customer_care/total_customer_care.pdf, Abruf am 07.12.2015.
- Airbus Group S.A.S. (Hrsg.) (2016): Airbus in the US. Airbus Assembly line Mobile, <http://www.airbus.com/company/americas/us/alabama/>, Abruf am 17.02.2016.
- Airbus Group S.A.S. (Hrsg.) (2014): Airbus 3D Printing technology transformation underway, <https://www.youtube.com/watch?v=Cy3V3KR1LWc>, Abruf am 08.03.2016.
- Air France Industries KLM Engineering & Maintenance (Hrsg.) (2015): Adaptive Line Maintenance Solutions, http://www.afiklmem.com/AFIKLMEM/pdf/line_maintenance_winter2015.pdf, Abruf am 09.03.2016.
- Airliners.de (Hrsg.) (2006): Was kostet eigentlich ein Flug?, <http://forum.airliners.de/topic/32856-was-kostet-eigentlich-ein-flug/>, Abruf am 09.03.2016.
- Arndt, Eckhard-Herbert (2003): Lufthansa Technik Logistik sorgt dafür, dass die Flugzeuge keine 'Stehzeuge' werden. Von Kopf bis Fuß auf Abflug eingestellt. In: FM Fracht + Materialfluß, H. 2, S. 52-53.
- Behrend, Hans-Joachim (2013): Logistik in der Flugzeugwartung Teileverfügbarkeit ist das A und O. In: EML Einkauf/Materialwirtschaft/Logistik, H. 09/2013, S. 24-27.
- Biedermann, Hubert (2008): Ersatzteilmanagement. Effiziente Ersatzteillogistik für Industrieunternehmen. 2. Aufl.. Berlin/Heidelberg.
- BITE GmbH (Hrsg.) (2016): DIN 31051 - Instandhaltungsstrategien auf einen Blick, <https://www.b-ite.de/unternehmensberatung/din-31051-instandhaltungsstrategien.html>, Abruf am 28.02.2016.
- Bootz, Mark (2009): Flugzeugwartung. <http://www.erklaert.de/flughafen/flugzeugwartung>, Abruf am 09.12.2015.
- Breuer, Jochen (1998): Logistik für Unternehmen der Luft- und Raumfahrtindustrie Lufthansa-Töchter bündeln ihre Stärken. In: DVZ Deutsche Logistik-Zeitung, Nr. 051.
- Deutsche Lufthansa AG (Hrsg.) (2016): Flugplan zum Download. Sommer 2016, http://dl-oim.de/download/LH_Timetable_de_2016.pdf, Abruf am 16.03.2016.
- Deutsche Lufthansa AG (Hrsg.) (2013): Zweites Leben für Flugzeug-Komponenten, <https://www.lufthansagroup.com/de/verantwortung/aktuelle-nachrichten/stichwort-der-woche/view/archive/2013/november/26/article/2691.html>, Abruf am 06.03.2016.
- DHL Aviation (Hrsg.) (2016): Network Info. Schedules, <https://aviationcargo.dhl.com/aviation-cargo>, Abruf am 16.03.2016.
- DHL Express (Hrsg.) (2014): Gefahrguttransport mit DHL Express, <http://www.dhl.de/content/dam/dhlde/downloads/express/produkte-und-anleitungen/dhl-merkblatt-gefahren-gut-versand-102014.pdf>, Abruf am 17.03.2016.
- Engelsberger, Eva-Maria (2004): Logistik & Transportwesen, <http://www.handelsakademie.at/fileadmin/DAM/Gegenstandsportale/HAK/Dateien/BW/Logistik.pdf>, Abruf am 07.02.2016.

- Ester, Birgit (1997): Benchmarks für die Ersatzteillogistik. Benchmarkingformen, Vorgehensweise, Prozesse und Kennzahlen. Berlin (zugl. Dissertation Technische Hochschule Darmstadt 1996). In: Pfohl, Hans-Christian (Hrsg.) (1997): Unternehmensführung und Logistik. Bd. 13. Berlin.
- European Aviation Safety Agency (Hrsg.) (2015): Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Annex II (PART-145) to Regulation (EU) No 1321/20141, <http://easa.europa.eu/system/files/dfu/Annex%20II%20to%20Decision%202015-029-R%20-%20%28AMC-GM%20Part-145%29.pdf>, Abruf am 22.02.2016.
- Friedrich, Sebastian/List, Stefanie (2009): Supply Chain Kooperation in der Ersatzteillogistik für die Luftfahrt. In: Voss, Stefan/Pahl, Julia/Schwarze, Silvia (Hrsg.) (2009): Logistik Management. Systeme, Methoden, Integration. Berlin/Heidelberg.
- Frommberg, Laura (2016): Chronik des Eurowings-Fehlstarts. Pannen und Verspätungen, <http://www.aerotelegraph.com/chronik-des-fehlstarts-eurowings-pannen-verspaetungen>, Abruf am 22.02.2016.
- Gemoll, Wilhelm (1966): Griechisch-Deutsches Schul- und Handwörterbuch. München/Wien.
- Ginten, Ernsta August/Hegmann, Gerhard (2015): In dieser Wüste liegt der Friedhof der Jumbojets, <http://www.welt.de/wirtschaft/article139647481/In-dieser-Wueste-liegt-der-Friedhof-der-Jumbojets.html>, Abruf am 11.03.2016.
- Gründer, Matthias (2013): Verwerten statt Verschrotten. Lufthansa Technik schlachtet Flugzeuge für Ersatzteile aus. In: Flug Revue, H. 01/2014.
- GTAI Germany Trade and Invest - Gesellschaft für Außenwirtschaft und Standortmarketing mbH (Hrsg.) (o. J.): Standort-Argumente. Attraktive Fördermittel, <http://www.powerhouse-eastern-germany.de/PEG/Navigation/DE/Themen/Standortvorteile/foerdermittel.html>, Abruf am 17.03.2016.
- HAITEC Aircraft Maintenance GmbH (2014): HAITEC First Boeing 777 C-Check, <https://www.youtube.com/watch?v=ktByJd55MDk>, Abruf am 07.03.2016.
- ICAO - International Civil Aviation Organization (Hrsg.) (2015): Dangerous Goods Panel (DGP) twenty-fifth meeting. Deletion of section II provisions for lithium Ion (UN 3480) and lithium metal (UN 3090) battery shipments. Montréal.
- ICAO - International Civil Aviation Organization (Hrsg.) (2010): Dangerous Goods Panel (DGP) meeting of the working group of the whole. Propesed changes to packaging instructions 65 for UN 3356, Oxygen Generator, chemical, Abu Dhabi.
- Israel Aerospace Industries Ltd. (Hrsg.) (2014): MRO Support Capabilities, http://www.iai.co.il/Sip_Storage//FILES/3/41053.pdf, Abruf am 01.03.2016.
- Israel Aerospace Industries Ltd. (Hrsg.) (2013): Commercial Aircraft. Business Jets International Programs, <http://www.iai.co.il/2013/36626-en/BusinessAreas.aspx>, Abruf am 04.03.2016.
- Jet Aviation AG (2015): Global Network & Capabilities Guide, <http://www.jetaviation.com/download/3626>, Abruf am 01.03.2016.
- Jet Aviation AG (2007): Capabilit List Basel, <http://www2.anac.gov.br/certificacao/AvGeral/CHE-Adendos/Ad-002607-RA.pdf>, Abruf am 01.03.2016.
- Jones, Ash (2014): British Airways Maintenance Glasgow: Time Lapse C-Check, <https://www.youtube.com/watch?v=Sn4ENIq1RDw>, Abruf am 07.03.2016.
- Jörgl, Thilo (2015): Von Hamburg um den Globus. In: Logistik Heute, H. 06/2015, S. 58.
- Kesten, Bernd (2013): Gefahrgut in der Luft. Abfertigungskennzeichen, <http://www.gefahrgut-heute.de/iata/abfertigung.html>, Abruf am 03.02.2016.
- Klug, Florian (2010): Logistikmanagement in der Automobilindustrie. Grundlagen der Logistik im Automobilbau. Berlin/Heidelberg.
- Kruse, Gunnar (2016): Airbus startet Produktion von Bauteilen aus 3D-Druckern, <http://www.airliners.de/airbus-produktion-bauteilen-3d-druckern/37672>, Abruf am 08.03.2016.
- Kruse, Gunnar (2015): Airbus bereitet Flugzeugteilen aus dem 3D-Drucker den Weg, <http://www.airliners.de/airbus-flugzeugteilen-3d-drucker-weg/36505>, Abruf am 08.03.2016.
- Leser, Stefan (2004): Alles muss raus. Outsourcing-Ketten in Transportwirtschaft und Luft-

- fahrt. In: DVZ Deutsche Logistik-Zeitung, Nr. 130.
- Loukmidis, Georgios/Luczak, Holger (2006): Lebenszyklusorientierte Planungsstrategien für den Ersatzteilbedarf. In: Barkawi, Karim/Baader, Andreas/Montanus, Sven (Hrsg.) (2006): Erfolgreich mit After Sales Services. Geschäftsstrategien für Servicemanagement und Ersatzteillistik. Berlin/Heidelberg.
- Luffahrt-Bundesamt (Hrsg.) (2015): Blaues Buch. Flugzeuge über 2 Tonnen, https://www2.lba.de/data/bb/Blaues_Buch/02_lfz_ue_2t.pdf, Abruf am 17.02.2016.
- Lufthansa Cargo AG (Hrsg.) (o. J.): Produkte & Industrien. td.Flash, https://lufthansa-cargo.com/de_DE/products-industries/express/tdflash, Abruf am 16.03.2016.
- Lufthansa Cargo AG (Hrsg.) (2016): Netzwerk. Schedule & Routings, https://lufthansa-cargo.com/de_DE/network/schedule-routings, Abruf am 16.03.2016.
- Lufthansa Cargo AG (Hrsg.) (2015): Einschränkungen für den Transport von Lithiumbatterien, https://lufthansa-cargo.com/documents/20184/34637/Tabelle_DE_02.pdf, Abruf am 03.02.2016.
- Lufthansa Technik AG (Hrsg.) (2016a): Geschäftsfelder: Wartung, <http://www.lufthansa-technik.com/de/maintenance>, Abruf am 11.02.2016.
- Lufthansa Technik AG (Hrsg.) (2016b): Instandhaltung bei Lufthansa Technik, <http://www.lufthansa-technik.com/de/aircraft-maintenance>, Abruf am 15.02.2016.
- Lufthansa Technik AG (Hrsg.) (2016c): Germany Station Capability List, <http://www.lufthansa-technik.com/documents/100446/101431/Capability+List+German+Stations.pdf>, Abruf am 11.02.2016.
- Lufthansa Technik AG (Hrsg.) (2016d): Price List German Stations, <http://www.lufthansa-technik.com/documents/100446/101431/Pricelist+German+Stations+2014.pdf>, Abruf am 11.02.2016.
- Lufthansa Technik AG (Hrsg.) (2015a): Engine Parts & Accessories Repair - EPAR. EPAR Capabilities & Prices, http://www.lufthansa-technik-epar.com/catalog200X/engine_pdf.php, Abruf am 09.12.2015.
- Lufthansa Technik AG (Hrsg.) (2015b): Lufthansa Technik Group capabilities. Brochure: Capabilities at a glance, <http://www.lufthansa-technik.com/documents/100446/114768/Brochure+Capabilities+Lufthansa+Technik+Group.pdf>, Abruf am 09.12.2015.
- Lufthansa Technik AG (Hrsg.) (2015c): Winter Season 2015 Station Capability List, <http://www.lufthansa-technik.com/documents/100446/101431/LH+Station+Capability+List.pdf>, Abruf am 11.02.2016.
- Lufthansa Technik AG (Hrsg.) (2015d): Jahresbericht 2014, <https://www.lufthansa-technik.com/documents/100446/101423/Jahresbericht+2014>, Abruf am 15.02.2016.
- Lufthansa Technik AG (Hrsg.) (2015e): Investition in Standortlogistik. Automatisches Blocklagersystem AutoStore, https://www.lufthansa-technik.com/de/press-releases-content/-/asset_publisher/9Mf5/content/id/1681351, Abruf am 07.03.2016.
- Lufthansa Technik AG (Hrsg.) (2013): Kleine Teile mit großer Wirkung. Neue Verfahren zur Verbesserung der Shop Replaceable Units, <http://www.lufthansa-technik.com/de/airtech>, Abruf am 08.03.2016.
- Lufthansa Technik AG (Hrsg.) (2010): Brochure Airbus A380. Services for the A380 - The future is here, <http://www.lufthansa-technik.com/documents/100446/101447/Brochure+Airbus+A380/>, Abruf am 19.02.2016.
- Lufthansa Technik Component Services (Hrsg.) (2013): Aircraft Tear Down. Providing components with a 2nd life, <http://www.lht-component-services.com/aircraft-tear-down>, Abruf am 06.03.2016.
- Lufthansa Technik Logistik Services GmbH (Hrsg.) (2015a): Lagerhaltung. central.store, http://www.ltls.aero/documents/11920/1746338/central_store_PDF_17.09.15.pdf, Abruf am 06.03.2016.
- Lufthansa Technik Logistik Services GmbH (Hrsg.) (2015b): Lufthansa Technik AutoStore, <https://www.youtube.com/watch?v=U5Rn3p-zpkA>, Abruf am 06.03.2016.
- Lufthansa Technik Logistik Services GmbH (Hrsg.) (2015c): Lagerhaltung. on-site.store, http://www.ltls.aero/documents/11920/1746338/20150917_on-site_pdf.pdf, Abruf am

- 06.03.2016.
- Mathar, Hans-Joachim/Scheuring, Johannes (2012): Unternehmenslogistik. Grundlagen für die betriebliche Praxis mit zahlreichen Beispielen, Repetitionsfragen und Antworten. 2. Aufl.. Zürich.
- McElroy, Paul (2006): Maintaining a winner. Next-Generation 737 offers airlines flexibility from the ground up, http://www.boeing.com/news/frontiers/archive/2006/may/i_ca1.html, Abruf am 09.03.2016.
- MRO Network (Hrsg.) (2015): A year in review: MRO in 2015, <http://mro-network.com/analysis/2015/12/year-review-mro-2015/6390?page=show>, Abruf am 22.03.2016.
- MTU Aero Engines AG (Hrsg.) (2013): MTU Maintenance in Hannover - deutsch, <https://www.youtube.com/watch?v=9jnG7LUZpQQ>, Abruf am 17.03.2016.
- Noordenne, Marcel van (2016): MvN's Boeing 757 Website. Boeing 757-200 Specifications, <http://www.b757.info/boeing-757-200-specifications/>, Abruf am 17.02.2016.
- Ottermann, Hartwig (2012): Analyse von Ladevorgängen als Bestandteil der Flugzeugabfertigung. Hamburg (zugl. Projekt Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg 2012).
- Pawellek, Günther (2013): Integrierte Instandhaltung und Ersatzteillogistik. Vorgehensweisen, Methoden, Tools. Berlin/Heidelberg.
- Pfohl, Hans-Christian/Trumpfheller, Michael (2005): Stellenwert der Ersatzteillogistik in der Luftfahrt. In: thema Forschung, H. 03/2005, S. 40-44.
- Pieringer, Matthias (2006): MRO-Anbieter müssen umdenken. In: Logistik Heute, H. 01/2006, S. 20.
- Planespotters.net (Hrsg.) (2015): D-ALEH EAT Leipzig Boeing 757-236(SF) - cn 23492/89, <https://www.planespotters.net/airframe/Boeing/757/23492/D-ALEH-EAT-Leipzig>, Abruf am 19.02.2016.
- Ponsford, Matthew/Glass, Nick (2014): The night I invented 3D printing, <http://edition.cnn.com/2014/02/13/tech/innovation/the-night-i-invented-3d-printing-chuck-hall>, Abruf am 08.03.2016.
- Rupp, Olaf (2008): Instandhaltungskosten bei zivilen Strahltriebwerken, <http://www.hs-augsburg.de/~horschem/medium/flugzeug/InstandhaltungskostenStrahltriebwerkeMTU.pdf>, Abruf am 17.03.2016.
- Scholz, Dieter (2014): Kapitel 7: Flugzeugsysteme. In: Rossow, Cord-Christian/Wolf, Klaus/Horst, Peter (Hrsg.) (2014): Handbuch der Luftfahrzeugtechnik. München
- Scholz, Dieter (1995): Betriebskostenschätzung von Flugzeugsystemen als Beitrag zur Entwurfsoptimierung. In: Bürgener, G. (Hrsg.) (1995): Jahrbuch 1995 - Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress. S. 50-61. Bonn.
- Schuh, Günther/Hering, Niklas/Brunner, André (2013): Einführung in das Logistikmanagement. In: Schuh, Günther/Stich, Volker (Hrsg.) (2013): Logistikmanagement. Handbuch Produktion und Management 6. 2. Aufl.. Berlin/Heidelberg.
- Schuh, Günther/Stich, Volker/Kompa, Stefan (2013): Distributionslogistik. In: Schuh, Günther/Stich, Volker (Hrsg.) (2013): Logistikmanagement. Handbuch Produktion und Management 6. 2. Aufl.. Berlin/Heidelberg.
- Schuh, Günther/Stich, Volker/Wienholdt, Henrik (2013): Ersatzteillogistik. In: Schuh, Günther/Stich, Volker (Hrsg.) (2013): Logistikmanagement. Handbuch Produktion und Management 6. 2. Aufl.. Berlin/Heidelberg.
- Schulte, Christof (2008): Logistik. Wege zur Optimierung der Supply Chain. 5. Aufl. München.
- Spairliners (Hrsg.) (2015): Capability list A380, <http://www.spairliners.com/wp-content/uploads/2015/12/Ejet-CAPA-LIST.pdf>, Abruf am 19.02.2016.
- Spairliners (Hrsg.) (2014): Company history, <http://www.spairliners.com/about-us/at-a-glance>, Abruf am 19.02.2016.
- Speel, Maik/Eck, Robert (2001): Neues Zeitalter. 4PL in der Aviation-Industrie. In: Logistik Heute, H. 11/2001, S. 34-35.
- Spiegel, Hildburg/Götte, Sascha/Friehmelt, Holger (2008): Aspekte der Unternehmensfüh-

- Partnership Supply Chain in der Luftfahrt. München/Mering.
 Springer Gabler Verlag (Hrsg.) (o. J.): Gabler Wirtschaftslexikon. Stichwort: Standort, <http://wirtschaftslexikon.gabler.de/Archiv/55249/standort-v6.html>, Abruf am 15.03.2016.
- SR Technics (Hrsg.) (2016a): SR Technics Glossary, <http://www.srtechnics.com/cms/index.asp?TopicID=214>, Abruf am 15.02.2016.
- SR Technics (Hrsg.) (2016b): IL-Check for A320, <http://www.srtechnics.com/cms/index.asp?TopicID=595>, Abruf am 15.02.2016.
- SR Technics (Hrsg.) (2015): Brochure Aircraft Services, http://www.srtechnics.com/datas/docs/SRTechnics_AircraftServices.pdf, Abruf am 21.02.2016.
- Steinke, Sebastian (2015): Neuer Jumbo wird zum Super-Privatjet. Lufthansa Technik übergibt erste 747-8 der VIP-Ausführung, <http://www.flugrevue.de/zivilluftfahrt/flugzeuge/lufthansa-technik-uebergibt-erste-747-8-der-vip-ausfuehrung/650360>, Abruf am 16.03.2016.
- Steinke, Sebastian (2014): Japanische Presse zitiert aus Untersuchungsbericht. 787-Batterieprobleme: Japaner tippen auf zu kalte Temperaturen, <http://www.flugrevue.de/flugzeugbau/systeme/787-batterieprobleme-japaner-tippen-auf-zu-kalte-temperaturen/585562>, Abruf am 17.03.2016.
- Strumpf, Robert (2006): Outsourcing der globalen After-Sales-Logistik - Trend mit Nutzen oder Risiko?. In: Barkawi, Karim/Baader, Andreas/Montanus, Sven (Hrsg.) (2006): Erfolgreich mit After Sales Services. Geschäftsstrategien für Servicemanagement und Ersatzteillogistik. Berlin/Heidelberg.
- Swiss International Air Lines AG (Hrsg.) (2015a): SWISS Technical Division - aircraft engines, <https://www.youtube.com/watch?v=Y2DGcPC2Y10>, Abruf am 07.03.2016.
- Swiss International Air Lines AG (Hrsg.) (2015b): SWISS Technical Division - Changing an A330 wheel, <https://www.youtube.com/watch?v=jLqZT3T5zXI>, Abruf am 07.03.2016.
- Swiss International Air Lines AG (Hrsg.) (2014): A Day at Line Maintenance, https://www.youtube.com/watch?v=OkG_NvNuaws, Abruf am 07.03.2016.
- The Airline Codes Web Site (Hrsg.) (2007): Boeing Customer Codes, <http://www.airlinecodes.co.uk/boeing.asp>, Abruf am 17.02.2016
- Trubbach, Niels (2013): Analysis: Ryanair and other low-cost carriers eliminate rivals with unique fleet strategy, https://www.ch-aviation.com/static/blog/lccfleets/leasingstudie_final.pdf, Abruf am 25.02.2016.
- Twickel, Christoph (2016): Ganz schön abgehoben. In: Die Zeit, Nr. 05/2016, <http://www.zeit.de/2016/05/lufthansa-technik-hamburger-flughafen-umbau/>, Abruf am 16.03.2016.
- Volga-Dnepr Technics (Hrsg.) (2015a): Volga-Dnepr Technics GmbH, <http://www.vd-technics.com/en/mro/gmbh/>, Abruf am 09.12.2015.
- Volga-Dnepr Technics (Hrsg.) (2015b): AR-145 Certificate Extends AMTES GmbH Capabilities in AN-124 Maintenance, http://www.vd-technics.com/en/media/press_releases/464/, Abruf am 09.12.2015.
- Wegner, Ullrich (1996): Einführung in das Logistik-Management. Prozesse, Strukturen, Anwendungen. Wiesbaden.
- Wyman, Oliver (2015): MRO Survey 2015, <http://www.oliverwyman.de/content/dam/oliver-wyman/global/en/2015/apr/MRO-Survey-2015-digital.pdf>, 2015, Abruf am 09.12.2015.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Veröffentlichungen stammen, sind als solche kenntlich gemacht. Diese Arbeit lag in gleicher oder ähnlicher Weise noch keiner Prüfungsbehörde vor und wurde bisher noch nicht veröffentlicht.

Leipzig, 28.03.2016

Sascha Bischoffberger