

Flugzeug-Recycling – Neue Ansätze zur Rohstoffrückgewinnung –

Sebastian Jeanvré

| | | |
|----|------------------------------------|-----|
| 1. | Einführung Flugzeugrecycling..... | 457 |
| 2. | Wertstoffe in Altflugzeugen..... | 460 |
| 3. | Aufbereitung der Altflugzeuge..... | 462 |
| 4. | Projekte..... | 465 |
| 5. | Rücknahmesysteme..... | 466 |
| 6. | Zusammenfassung und Fazit..... | 467 |
| 7. | Quellen..... | 468 |

1. Einführung Flugzeugrecycling

Die Geschichte der Motorflugzeuge begann mit den Brüdern Wilbur und Orville Wright bei einem 12 Sekunden Jungfernflug am 17. Dezember 1903. Die Entwicklung der Strahltriebwerkgetriebenen Flugzeuge folgte erst 36 Jahre später als am 27. August 1939 Erich Warsitz die Heinkel He 178 zu ihren sechs minütigem Jungfernflug startete. Im Mai 1952 setzte die British Overseas Airways Corporation (heute British Airways) eine Havilland DH 106 Comet für den Linienflug von London nach Johannesburg ein. Die Comet war das erste in Serie gebaute Düsenverkehrsflugzeug und die eingesetzte Maschine halbierte nahezu die vorherige Streckenzeit mit einer Geschwindigkeit von 800 km/h. Im Gegensatz zu den Kolbenmotor getriebenen Propellermaschinen war sie für die hohe Geschwindigkeit vibrationsarm und ruhig. Im Jahr 1958 stellte Pan American World Airways eine vierstrahlige Boeing 707 für die transatlantische Verbindung von New York und Paris in den Dienst. Die Ausrüstung der Flugzeuge mit Strahltriebwerken hat den Reiseboom der sechziger Jahre ausgelöst, weil das Fliegen durch die drastische Zunahme der Fluggesellschaften einen Preisverfall zur Folge hatte und somit großen Bevölkerungsschichten zugänglich gemacht wurde. [1]

Das bedeutet, dass nach der ersten industriellen Serienfertigung mittlerweile sechzig Jahre vergangen sind und jedes Jahr eine Vielzahl von Flugzeugen außer Dienst gestellt wird. Dabei ist zu bedenken, dass gerade in der Luftfahrt eine vielschichtige Entwicklung, bezogen auf leichtere und belastbare Verbundmaterialien, stattfindet. Der Verbund Flugzeug mit seinen enthaltenen Sekundärrohstoffen wird jedes Jahr komplexer und leichter. Dies wird als innovativer Ansatz gesehen, durch Nutzung von Sekundärrohstoffquellen in der Nische der Altflugzeuge einen Beitrag zum Ziel einer langfristig gesicherten Rohstoffversorgung bei gleichzeitig erheblich reduziertem Energieaufwand in der Industrie zu leisten.

Airbus prognostiziert weltweit 24.262 neu produzierte Passagiermaschinen in dem Zeitraum von 2009 bis 2028 (Bild 1). In dem avisierten Zeitraum von fast zwanzig Jahren werden rund 6.500 Passagiermaschinen, mit mehr als 100 Sitzen, außer Dienst gestellt. [2]

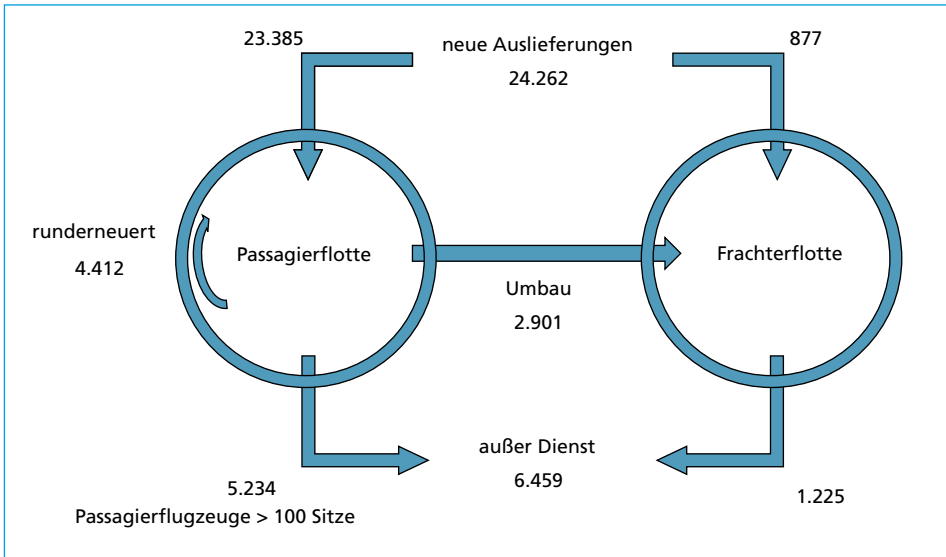


Bild 1: Darstellung des Potentials außer Dienst gestellter Flugzeuge 2009 bis 2028

Quelle: Global Market Forecast 2009-2028, Airbus

Eine Schätzung von Boeing bestätigt diese Aussage. Das Unternehmen prognostiziert, dass in dem Zeitraum von 2009-2028 etwa 8.500 kommerzielle Flugzeuge außer Dienst gestellt werden [3]. Daraus resultieren im Mittel etwa 400 bis 450 Flugzeugstilllegungen pro Jahr (mit über 100 Passagiersitzen). Zuzüglich der dargestellten Flugzeuge der *Narrow*¹- und *Wide Bodie*²-Klasse mit mehr als 100 Sitzplätzen ist noch ein erheblicher Anteil Regional-Jets, Sport- und Militärmaschinen zu erwarten.

Es stellt sich die Frage, warum in den nächsten Jahren so viele Flugzeuge außer Dienst gestellt werden. Das verbaute Material korrodiert mit der Zeit naturgemäß an irreparablen Stellen wie z.B. an der Flügelwurzel. Außerdem werden die zunehmend verschärften behördlichen Auflagen nicht mehr eingehalten. So verbraucht die betriebene veraltete Flotte mit der Zeit wesentlich mehr Treibstoff und ist wesentlich lauter als die neu entwickelten geräuscharmeren Turbinen. Die wesentlichste Größe sind aber die steigenden Betriebskosten für die erforderlichen Wartungsarbeiten, die durch das höhere Dienstalder ausgelöst werden.

Ein Passagierflugzeug ist im Mittel zwischen zwanzig und dreißig Jahre im Dienst. Nach dieser Betriebszeit wird aus wirtschaftlichen Gründen entschieden, ob es sich rechnet das Flugzeug zu einem Frachter umzubauen oder es komplett in ein Schwellenland zu verkaufen wo es als Linienflugzeug weiter verwendet wird.

Eine andere alternative wäre die Hochwertteile meist bietend zu verkaufen, das Flugzeug stillzulegen und den Rest der Zelle in die stoffliche Verwertung zu geben. Im Jahr 2006 gab es dafür einen ersten Ansatz durch das *Project for Advanced Management of End-of-Life Aircraft* kurz PAMELA Projekt. Das gegründete Airbus Projekt entwickelte beispielhaft die Mittel und Zerlegeprozesse, die für das Recycling von Flugzeugen notwendig sind. Bild 2

¹ Narrow Bodie: Ist ein Verkehrsflugzeug mit einem Rumpfdurchmesser von 3 – 4 Metern und einem Durchgang.

² Wide Bodie: Ist ein Verkehrsflugzeug mit einem Rumpfdurchmesser mit mehr als 5 Metern und mind. zwei Durchgängen.

[4] zeigt die Entscheidungsmatrix eines Flugzeug-Lebenszyklus aus diesem Projekt – zum einen die Entscheidung über die Entnahme von Bauteilen und zum anderen die Entscheidung, das Flugzeug zurückzubauen.

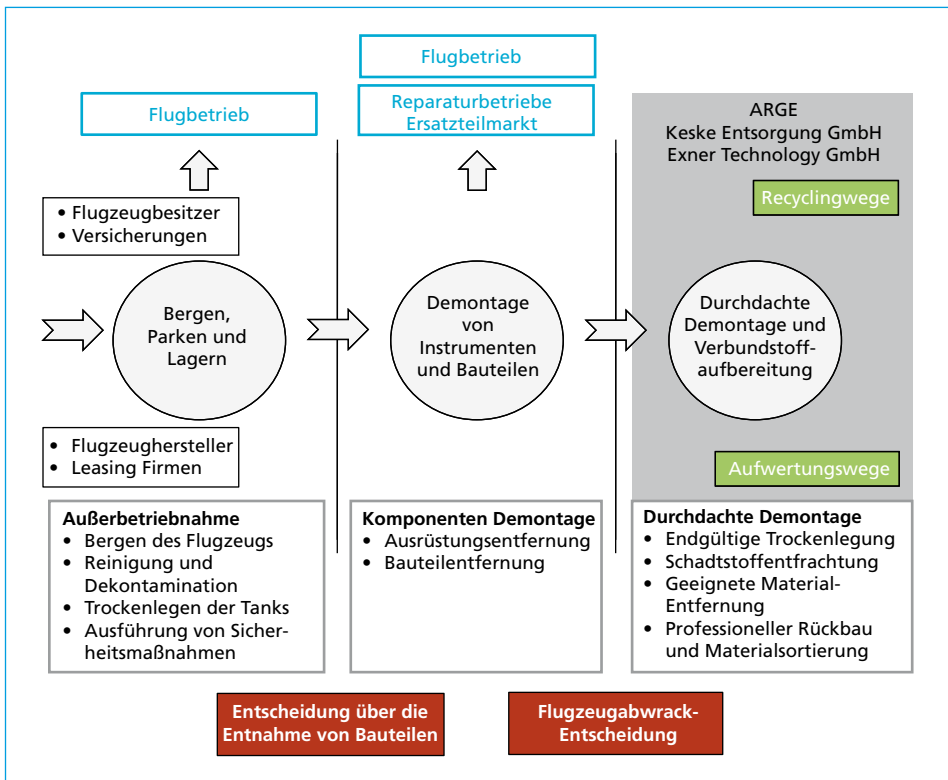


Bild 2: Entscheidungsmatrix

Um die veraltete Flotte flugfähig zu halten, gibt es einen weltweiten sehr gut funktionierenden Handel mit Ersatzteilen. Da es bei vielen Komponenten keine neuen Bauteile für Reparaturen zu kaufen gibt, bleibt der Flugzeugwartungsindustrie nur der Weg über die Runderneuerung der Hochwertteile. In diesem Bereich bewegt sich auch die größte Wertigkeit an einem Flugzeug. Im Bereich des Komponentenausbaus (Turbinen, Fahrwerk, Avionik, Systembauteile usw.) hat z.B. eine Boeing 747 einen Wert von etwa 2-3 Millionen Euro (je nach Laufstunden der Komponenten), der Schrottwert liegt dabei bei 60.000-100.000 Euro. Durch diesen Unterschied der Wertigkeit ist es naheliegend ein ganzheitliches Abnahmesystem für Altflugzeuge anzubieten, um auch an den gewünschten Sekundärrohstoffstrom zu gelangen.

Das Zusammenspiel der einzelnen Gewerke im Bereich des Altflugzeugrecyclings ist in Bild 3 dargestellt. Die wesentlichste Rolle vor der Außerdienststellung, hat die Behörde, die für die Luftsicherheitsgesetze verantwortlich ist. Diese muss sicherstellen, dass der Ausbau der Ersatzteile und der Ersatzteilhandel nach dem geltenden Recht stattfindet. In der Bundesrepublik Deutschland ist die zuständige Behörde das Luftfahrt Bundesamt (LBA) und in Europa die Europäische Agentur für Flugsicherheit (EASA). Die Voraussetzungen für den Ausbau der Komponenten sind in der EASA Part 145, Zulassung als Wartungsbetrieb, beschrieben.

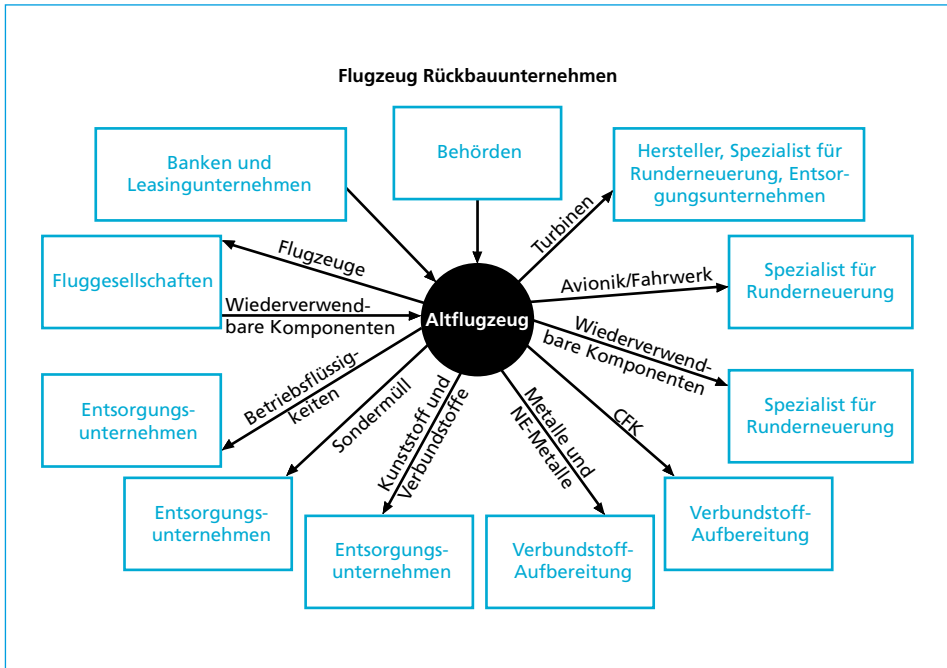


Bild 3: Schematische Darstellung des Zusammenspiels beim Rückbau von Altflugzeugen

Eine weitere Hilfestellung bietet die *Best Management Practice for Management of Used Aircraft Parts and Assemblies*, kurz BMP Guide 2.0 der Aircraft Fleet Recycling Association (AFRA) aus Washington. Die AFRA ist ein weltweiter Branchenverband, der mit seinen fast sechzig Mitgliedern die Regeln für den Rückbau von Altflugzeugen entwickelt. Die Mitglieder kommen aus dem Bereich Vermarktung, Instandhaltung, Demontage und Recycling.

2. Wertstoffe in Altflugzeugen

Durch die knapper werdenden Rohstoffe und die damit verbundenen Risiken hinsichtlich der industriellen Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland erlangt Recycling nicht nur aus ökologischer sondern auch aus ökonomischer Hinsicht zunehmend eine strategische Bedeutung. In diesem Zusammenhang wird es auch zu einer Verschärfung der Rohstoff-situation an den Märkten kommen.

Die Ergebnisse des *PAMELA Projekts* dokumentieren das Potential des Flugzeugrecyclings. Der ausgemusterte Airbus 300 wiegt 106 Tonnen zum Start des Projektes. Von diesem Gewicht werden 18 Tonnen aus der Trockenlegung abgezogen, die nicht in die Gesamtbewertung einfließen (Wasser, Abwasser, Kerosin aus den Flügeltanks). Daher wird von einer Ausgangsmasse von 88 Tonnen ausgegangen. Nach dem Ausbau der z.Z. nicht rückführbaren Materialien aus dem Kunststoff-Interieur-Bereich von 13,5 Tonnen hat das Asset noch ein Gewicht von 61 Tonnen. Diese ausgebauten Hochwertteile von 13,5 Tonnen sind weiterzuverwendende Komponenten, die auf die 61 Tonnen zuzurechnen sind. Das sind dann in Summe 74,5 Tonnen und 85% der Ausgangsmasse die in die Weiter- und Wiederverwendung gehen. Die graphische Darstellung der Massenbilanz ist in Bild 4 aufgezeigt.

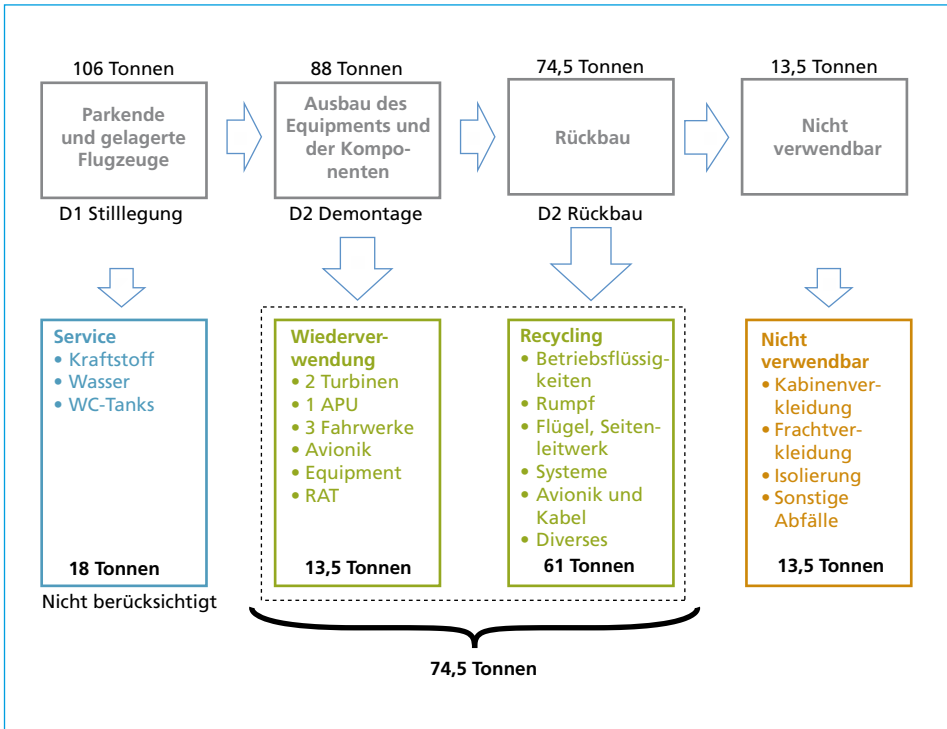


Bild 4: Entfrachtung Airbus 300 PAMELA Projekt

Das Flugzeug kann sowohl als fliegendes Ersatzteillager, aber auch als wertvoller Nischenlieferant für Sekundärrohstoffe angesehen werden. Im Rahmen des *PAMELA* Projektes wurde beispielhaft das Materiallager an einem Airbus 300 B4 aufgezeigt. In Bild 5 ist zu erkennen, dass der wesentliche Anteil aus Nichteisenmetallen und Stahl besteht.

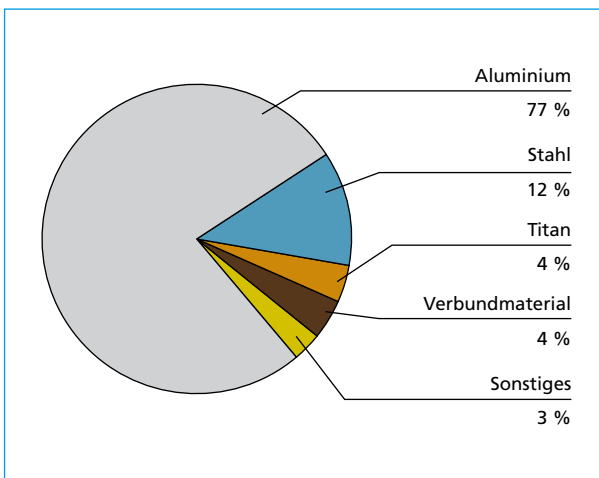


Bild 5:

Materiallager A300B4 PAMELA

3. Aufbereitung der Altflugzeuge

Der überwiegende Anteil der Altflugzeuge wird heute nicht recycelt, sondern aus klimatischen Gründen wie z.B. der niedrigen Luftfeuchtigkeit, zum größten Teil in den Wüstengebieten Nordamerikas auf sog. *Flugzeugfriedhöfen* abgestellt. Die Flugzeuge dienen dort als Ersatzteillager. Der größte Anteil der in den Flugzeugen verbauten Stoffe, wird derzeit nicht genutzt. Hierbei handelt es sich vor allem, wie im vorherigen Kapitel beschrieben, um Nichteisenmetalle, die meist als Verbundstoffe in den Flugzeugstrukturen verbaut sind. Ein wesentlicher Anteil an nicht mehr flugtauglichen Fluggeräten steht darüber hinaus weltweit am Rande von Flugplätzen und kann somit ebenfalls nicht in vorhandene Recyclingsysteme überführt werden. Dies birgt ein besonderes Marktpotenzial, welches durch einen mobilen und modularen Recyclingansatz erschlossen werden kann.

Insgesamt besteht die dringende Notwendigkeit an Prozessinnovationen, um die vorliegenden Recyclingpotenziale (Flugzeug als *fliegende Rohstoffquelle*) nutzen zu können. Vorrangiges technisches Arbeitsziel ist es, eine international flexibel einzusetzende mobile Zerreiß-Einheit für das primäre Zerlegen von großen Flugzeugstrukturen zu schaffen. Diese mobile Einheit soll, in Standard-Container verstaubt werden, sodass ein kostengünstiger Transport über die bereits vorhandenen weltweiten Logistiksysteme (Bahn, Schiff, LKW) möglich wird. Mit der mobilen Einheit wird somit das Zerlegen eines Flugzeugs an nahezu jedem Standort weltweit zu marktfähigen Konditionen möglich. Die teilzerlegten Flugzeuge können so ebenfalls über Standard-Logistiksysteme nach Deutschland transportiert werden und dort dem vorhandenen Recyclingprozess zugeführt werden.

Eine solche Einheit ist derzeit weltweit noch nicht am Markt verfügbar und stellt somit eine wesentliche Innovation in der Vorbereitung eines Marktes für Flugzeugrecycling dar. Sie ermöglicht den wirtschaftlichen Transport von Altflugzeugteilen hin zum Recyclingstandort, um so in der Kombination mit klassischem Industrierecycling die Rohstoffrückgewinnung aus ausgedienten Flugzeugen wirtschaftliche möglich zu machen.

Eine Aufschlüsselung der Rohstoffe und die Zuordnung in bestehende oder zu adaptierende Aufbereitungs- und Verwertungswege stellt dabei ein weiteres Innovationspotential dar. Hier gilt es, die jeweils individuellen Einsatzgebiete der rückgewonnenen Materialien (z.B. spezieller Aluminiumlegierungen oder andere Verbundstoffe) zielgerichtet zu erschließen. Für einige interessante Sekundärrohstoffe können durch gezielte Maßnahmen bei der Zerlegung und der Stoffstromsteuerung evtl. noch effizientere Verwertungskreisläufe entwickelt werden.

Die gegründete ARGE bietet ein ganzheitliches Abnahmesystem für Altflugzeuge. Die bestehende Arbeitsgemeinschaft verfügt über ein Netzwerk und ein Aufbereitungsverfahren, welches sich ganzheitlich mit dem Rückbau und der Aufbereitung von Altflugzeugen auseinandersetzt. Bild 6 zeigt die Struktur und das Dienstleistungsspektrum der beiden Unternehmungen Exner Technology GmbH und der Keske Entsorgung GmbH. Das Projektmanagement zur Vorbereitung von weltweiten Rückbauprojekten mit der gesetzeskonformen Schadstoffentfrachtung, der Vorzerkleinerung und der Vorsortierung liegt bei der Keske Entsorgung GmbH.

Die konventionelle mechanische Aufbereitung wird von der Exner Technology GmbH übernommen. Der Schwerpunkt des Leistungsprozesses liegt hierbei in der trockenen mechanischen Aufbereitung und Aufkonzentrierung der Sekundärrohstoffe aus Verbundwerkstoffen mit einem bestimmten Ne-Metall Anteil.

Da die Flugzeuge am Ende ihrer Lebensdauer häufig im extremen Low-Cost-Bereich betrieben werden, kommt es immer wieder auch zur Stilllegung von Flugzeugen aufgrund

von Insolvenzen der jeweiligen Betreiber. Im Normalfall wird der Wartungsbetrieb oder das Rückbauunternehmen von dem Besitzer der Flugzeugzelle beauftragt den Rückbau durchzuführen. Der Besitzer ist in der Regel eine Fluggesellschaft, eine Leasinggesellschaft oder eine Bank. Nach Beauftragung des Kunden wird eine zertifizierte Hochwertteilengewinnung nach den gesetzlichen Anforderungen durchgeführt. Wenn die Hochwertteilengewinnung der wiederverwendbaren Komponenten wie z.B. die Turbinen, Avionik, Fahrwerk, Systembauteile usw. abgeschlossen ist, findet eine Übergabe der Komponenten an die Spezialisten für Runderneuerung der Luftfahrzeug-Instandhaltung, Maintenance, Repair und Overhaul (MRO) statt. Die Restzelle wird an das Entsorgungsunternehmen bzw. an den Verbundstoffaufbereiter übergeben.

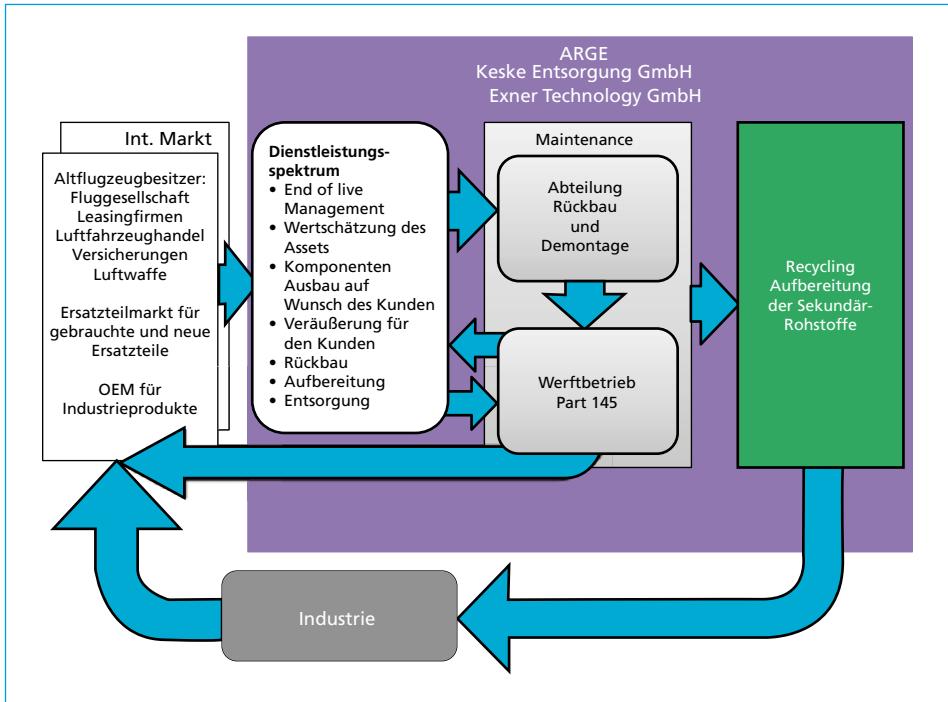


Bild 6: Konzept Altflugzeugrecycling

Bevor die Sekundärrohstoffe sortenrein aufkonzentriert werden können, muss als erstes eine Trockenlegung der drei Kerosintanks durchgeführt werden. Diese Tanks befinden sich in den Flügeln und zwischen den Flügelwurzeln des Flugzeugs. Zu diesem Verfahrensschritt gehören auch die Entlastung und Trockenlegung der druckbelasteten Hydraulik- und Sauerstoffsysteme.

Nach der Trockenlegung muss eine Belüftung der Tanks und eine Explosionsmessung durchgeführt werden. Anschließend können die nächsten Schritte der Schadstoffentfrachtung durchgeführt werden. Es werden die pyrotechnischen und druckbelasteten Sicherheitseinrichtungen sowie die Rauchmelder, die über Ionisation arbeiten, entfernt. Die Komponenten werden fachmännisch bei Spezialisten für radioaktive Stoffe entsorgt. Im zweiten Schritt werden die Sitze und das Interieur Vorort ausgebaut. Das Flugzeug wird für diesen Prozessschritt aufgebockt, damit die drei Fahrwerke ausgebaut werden können.

Im letzten Schritt wird das Flugzeug durch ein Vorbehandlungsverfahren mit einem Mobilbagger und einer Schrottschere vorzerkleinert um das Material transportfähig zu machen. Damit optimiert man die Schüttdichte für den Transport mittels See- oder Abrollcontainer in die Aufbereitungsanlage.

Die Aufbereitung eines Verbundstoffs ist ähnlich wie bei der Erzaufbereitung. Bevor Materialien separiert werden können, muss der Verbund so gut wie möglich aufgeschlossen und die Fremdanhaftungen entfrachtet werden. Das primäre Ziel ist hierbei die Vorbereitung zu einer hochwertigen stofflichen und energetischen Verwertung der komplexen Verbundeingangsmaterialien in sortenreine Konzentrate.

Der Aufschluss und die Zerkleinerung erfolgt im ersten Schritt über eine Vorzerkleinerungsstufe mit einem langsam laufenden Shredder. In dem zweiten Schritt wird über diverse Zerkleinerungsstufen das Material hinsichtlich der Stückgröße bearbeitet. Durch den anschließenden Mahlprozess wird eine definierte Korngröße geschaffen und die spezifische Oberfläche vergrößert, damit die nächsten Prozessstufen angewandt werden können.

Im nächsten Schritt folgt die Klassierung der Sekundärrohstoffe über die geometrischen und physikalischen Stoffeigenschaften. Wie durch eine Siebklassierung mit dem Vibrationsieb. In dem anschließenden Prozessschritten werden die verschiedenen physikalischen Materialeigenschaften genutzt. Dabei erfolgt der Einsatz von Wirbelstromscheidern, elektrostatische Scheider und Setztischen. So werden sortenreinen Konzentrate hergestellt.

Je nach Abnahmekriterien und Qualitätsanforderung der Produkte werden die Sekundärrohstoffe in dem Prozess an verschiedenen Punkten ausgeschleust. Im Rahmen der Aufbereitung am Standort Deutschland, werden die unterschiedlichen Wertstoffe getrennt. Dies sind v.a. Aluminium, Stahl, Titan, Kupfer und Kohlefaserverbundstoffe aus dem Altflugzeug. Wichtig hierbei sind auch die Avionik-Bauteile, die als Elektronikschrott zahlreiche hochwertige Materialien (etwa Gold, Silber, Platin usw.) enthalten. Das Verfahrensbild ist in Bild 7 aufgezeigt.

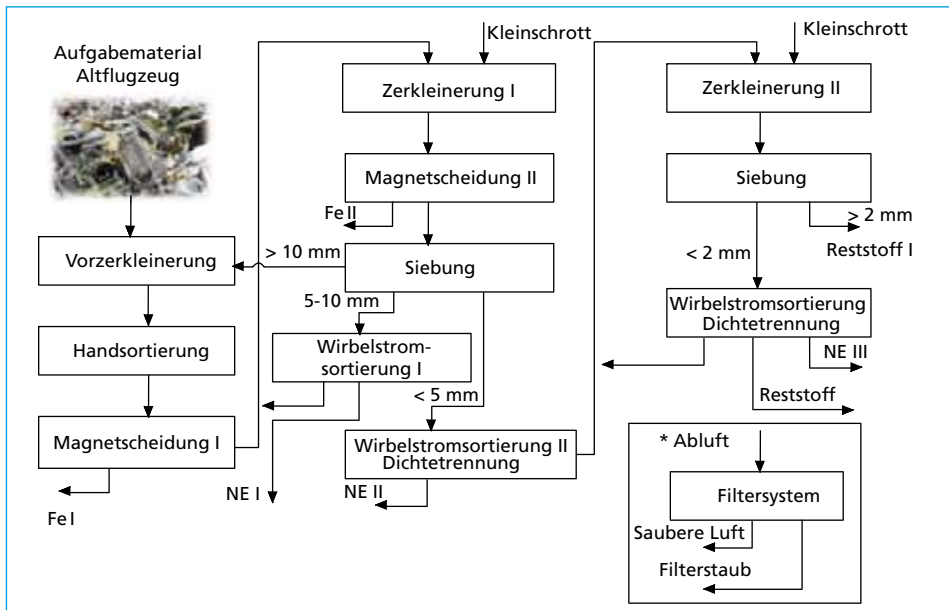


Bild 7: Aufbereitungsprozess Exner Technology GmbH

4. Projekte

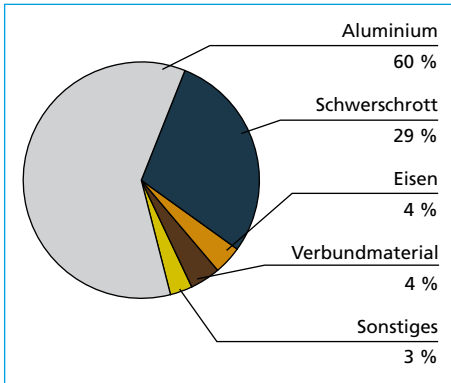


Bild 8: Materiallager Piper

Das folgende Kapitel beschreibt Beispiele für realisierte Projekte zur Veranschaulichung der Vorgehensweise beim Flugzeugrecycling. Im April 2010 wurde ein erstes zweimotoriges Geschäftsflugzeug, eine Piper PA 31 mit 2,2 Tonnen, von der Keske Entsorgung GmbH zurückgebaut und recycelt. Bild 8 zeigt die prozentuale Zusammensetzung des beispielhaften Labormaßstabs einer zwei Tonnen Maschine.

Im März 2011 wurde in Zusammenarbeit mit dem Wartungsteam des Marinefliegergeschwaders 3 *Graf Zeppelin* ein Flugzeug namens Brequet Atlantic zurückgebaut und recycelt. Bestimmte Segmente der 25 Tonnen Maschine gingen in die Marineflieger

Lehrsammlung nach Nordholz, mit dem Rest des Altflugzeugs wurden erste repräsentative Aufbereitungsmöglichkeiten, wie die Vorzerkleinerungsschritte, in Bild 9 dargestellt, durchgeführt.



Bild 9: Rückbau Brequet Atlantic

Im Oktober 2011 wurde das Unternehmen beauftragt zwei Maschinen Typ Boeing 737-300 am Kuala Lumpur International Airport (KLIA) in Malaysia zurückzubauen. Die Hochwertteilegewinnung wurde vom Auftraggeber übernommen. Anschließend wurde die

Restzelle zum Verschrotten übergeben und das vorzerkleinerte Material zur Aufbereitung nach Deutschland überführt. Die folgenden Bilder zeigen die einzelnen Arbeitsstufen des internationalen Projektes.

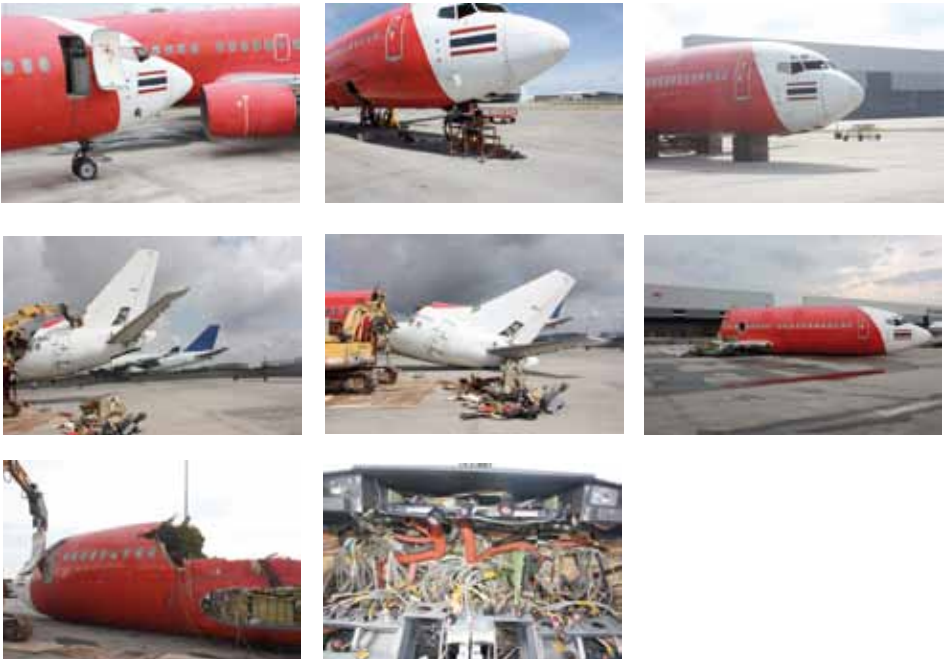


Bild 10: Rückbauprojekt Kuala Lumpur

5. Rücknahmesysteme

Im Zuge der Neuregelung der Produkthaftungsvorschriften auf EU-Ebene ist mittelfristig davon auszugehen, dass auch die Luftfahrt verstärkt verpflichtet wird, die Produkte beim Hersteller zurückzuführen und in einen geordneten Recyclingprozess zu überführen.

Bei Kraftfahrzeugen bereits gilt in Europa bzw. der Bundesrepublik Deutschland die Altfahrzeugverordnung, die vorschreibt, dass bis zum Jahr 2015 eine 80 % Recyclingquote, eine 85 % Verwertungsquote und eine 5%ige energetische Verwertung gewährleistet sein muss. Im Jahr 2015 werden diese Werte noch einmal angehoben [AltfahrzeugV].

Bei Schiffen beschloss die Internationale Seeschiffahrts-Organisation (IMO) der UNO, eine Konvention für das Recycling von Schiffen. Sie soll von den Mitgliedsstaaten ratifiziert werden und 2013 in Kraft treten. Die Konvention soll klare Anforderungen für Hersteller, Eigner und Recyclingunternehmen vorgeben. Für Schiffe mit mehr als 500 Bruttotonnen wurde erstmalig eine Schadstoffliste (Inventory of Hazardous Materials) entwickelt, die von einer Art Schiffs-TÜV zertifiziert ist (wie z.B. die Bureau Veritas oder der Germanische Lloyd). Aus dieser Liste lässt sich ein gesetzeskonformer und umweltgerechter Rückbau der Schiffe vornehmen. Diese Konvention betrifft nach Aussage von dem Unternehmen E.R. Schifffahrt rund 50.000 Schiffe weltweit. Der wesentlichste Punkt ist aber, dass Schiffe nur noch abgewrackt werden dürfen, die gemäß der Vorgabe zertifiziert sind.

Bei Flugzeugen ist es fraglich, ob sich durch die EASA ein Gesetz zur Rücknahme von Altflugzeugen weltweit durchsetzen lässt, weil es sich bei dem Großraumflugzeug-Markt um einen Oligopol und einen wesentlich kleineren Massenanteil handelt. Das Flugzeugrecycling ist mit der geringen Masse der Sekundärrohstoffe derzeit eine klassische Nische.

Wenn die veröffentlichten Werte von Boeing und Airbus herangezogen werden bedeutet das, dass etwa 60 Tonnen Verbundstoff (Aluminium, Titan, Kupfer, Kunststoff, Elektroschrott und Sonstiges) pro Flugzeug mit über 100 Sitzen bei einer Größe von 425 Flugzeugen pro Jahr zur Verfügung ständen. Das ergibt geschätzt etwa 25.500 Tonnen/Jahr Verbundmaterial, welches in den nächsten 20 Jahren weltweit für die stoffliche Verwertung zur Verfügung stände. Davon wären dann etwa 77 % Aluminium mit zwei bestimmten Aluminiumlegierungen enthalten, was bedeutet, dass etwa 20.000 Tonnen/Jahr Aluminium bei einer sauberen Aufbereitung wieder in die stoffliche Verwertung gebracht werden könnten.

Die derzeitige Tendenz der beiden größten Passagierflugzeughersteller durch Mitarbeit bei dem 2006 gegründeten PAMELA Projekt von Airbus und der im gleichen Jahr gegründeten AFRA von Boeing zeigt, dass sich Hersteller intensiv mit dem Thema Altflugzeugrecycling auseinandersetzen. Außerdem ist 2011 auch der brasilianische Flugzeughersteller Embraer der AFRA beigetreten.

Diese Entwicklung zeigt, dass der Trend zu einer intensiven Entwicklung eines umweltgerechten Verfahrens für die Rücknahme von Altflugzeugen intensiv verfolgt wird, um auch das ökologische Image der Hersteller zu wahren. Ein Rücknahmesystem für Altflugzeuge ist aber nur möglich wenn ein ganzheitliches Abnahmesystem besteht.

6. Zusammenfassung und Fazit

Das Recycling ist heute noch sehr unzureichend in den unterschiedlichen Lebenszyklusphasen von Flugzeugen verankert. Aufgrund der Langlebigkeit von Flugzeugen bei einer (Lebenserwartung von dreißig Jahren und mehr) fand bisher in der Entwicklung von Flugzeugen kaum eine Berücksichtigung der Recyclingfähigkeit der verbauten Materialien statt. Dies macht den Verbund Altflugzeug aus Aufbereitungssicht sehr komplex.

Aufgrund der z.T. bereits ausgelaufenen Flugzeugprogramme ist für einige Modelle bereits ein Engpass bei der Verfügbarkeit von Ersatzteilen der Originalhersteller entstanden. Diese Entwicklung bietet ein großes Potential für den Rückbau von Altflugzeugen. Aufgrund der bestehenden Hemmnisse ist in Deutschland bislang kein Markt für das Flugzeugrecycling entstanden. Die Verbundpartner sind sich einig, dass dennoch große Marktchancen bestehen. Ziel dieser Unternehmung ist die Demonstration einer mobilen Einheit zur Vorort-Zerkleinerung und zur Vorbereitung der späteren Gewinnung der Sekundärrohstoffe sowie deren Integration in einer auf den Weltmarkt ausgerichteten und verfügbaren Logistik- und Verwertungskette.

Das Flugzeugrecycling muss als ein ganzheitliches Projektgeschäft gesehen werden, dass nur auf Basis einer Komplettdienstleistung wirtschaftlich erfolgreich ist. Dies bezieht sich auf die gesamte Dienstleistung des Rückbaus, da sich der Massenstrom sonst sehr schwierig in die richtige Verwertungsrichtung lenken lässt. Desweiteren ist hinzuzufügen, dass sich das Recycling durch den logistischen Aufwand erst ab einer ungefähren Größe einer Boeing 747, mit einem ungefähren Leergewicht von 162 Tonnen, wirtschaftlich darstellen lässt, da in der stofflichen Verwertung vom abgesetzten bzw. aufbereiteten Material ausgegangen werden muss.

Außerdem müsste eine, aus dem Schiff- oder Automobilbau, vergleichbare Stoffliste durch die Hersteller zur Verfügung gestellt werden, aus der ersichtlich ist welche Materialien und Verbundstoffen verbaut wurden. Erst mit dieser Kenntnis wird ein sachgerechter Rückbau von Flugzeugen ermöglicht.

Das vorgestellte Flugzeug-Recycling steht in Bezug zu den förderpolitischen Zielen des nationalen Förderprogramms Ressourceneffizienz. Der Schwerpunkt liegt in der Erschließung und Nutzbarmachung neuer Sekundärrohstoff-Quellen aus Altflugzeugen. Durch die mobile Einheit wird der Zugang zu diesen Rohstoffen aus Altflugzeugen leichter ermöglicht und so die Rohstoffeffizienz der Luftfahrtindustrie verbessert. Das Projekt ist damit auch als vorbereitender Baustein für die zukünftige Integration des Recyclingprozesses und der vorhandenen Kapazitäten im Industrierecycling in das Produktionssystem der deutschen Luftfahrtindustrie zu sehen.

7. Quellen

- [1] Littek, F.: Fluggesellschaften und Linienflugzeuge, Verlag Mittler und Sohn GmbH, 2001
- [2] Airbus: Global Market Forecast 2009-2028
- [3] Carberry, W.: Airplane Recycling Efforts Benefit Boeing Operators. Commercial Aeromagazin Boeing
- [4] PAMELA, Training Kit
- [5] PAMELA-Life, Main project results, GDDI-PR0704380-v24

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Recycling und Rohstoffe – Band 5

Karl J. Thomé-Kozmiensky, Daniel Goldmann.

– Neuruppin: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky, 2012

ISBN 978-3-935317-81-8

ISBN 978-3-935317-81-8 TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky

Copyright: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky

Alle Rechte vorbehalten

Verlag: TK Verlag Karl Thomé-Kozmiensky • Neuruppin 2012

Redaktion und Lektorat: Professor Dr.-Ing. habil. Dr. h. c. Karl J. Thomé-Kozmiensky,

Dr.-Ing. Stephanie Thiel, M.Sc. Elisabeth Thomé-Kozmiensky

Erfassung und Layout: Janin Burbott, Petra Dittmann, Sandra Peters,

Martina Ringgenberg, Ginette Teske

Druck: Mediengruppe Universal Grafische Betriebe München GmbH, München

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Sollte in diesem Werk direkt oder indirekt auf Gesetze, Vorschriften oder Richtlinien, z.B. DIN, VDI, VDE, VGB Bezug genommen oder aus ihnen zitiert worden sein, so kann der Verlag keine Gewähr für Richtigkeit, Vollständigkeit oder Aktualität übernehmen. Es empfiehlt sich, gegebenenfalls für die eigenen Arbeiten die vollständigen Vorschriften oder Richtlinien in der jeweils gültigen Fassung hinzuzuziehen.