DGLR-2006-156

Erstellen einer Bewertungsmethode zur Analyse neuer Technologien beim Bau und Einsatz einer Flugzeugflotte

von Tanja Becker
Diplomarbeit an der Hochschule Bremen
in Zusammenarbeit mit der Airbus Deutschland GmbH

1. Einführung

Die internationale Luftfahrt befindet sich in einem Zeitalter nachhaltigen Wachstums. Im Rahmen dieser Entwicklung ist es von essentieller Bedeutung für die Wettbewerbsfähigkeit eine Flugreise preiswerter, umweltschonender, leiser und sicherer[1] zu gestalten. Um sich diesem Ziel zu nähern, stehen verschiedene Themengebiete im Diskussionsmittelpunkt der Luftfahrtbranche. Nicht nur eine bessere Triebwerks- und Lärmemission, sondern auch eine erhöhte Sicherheit sind für die Luftfahrzeuge der Verkehrsluftfahrt in Zukunft maßgebend. Darüber hinaus muss die Beständigkeit des Luftverkehrssystems im Ganzen, sowie dessen Kapazität erhöht werden. Diese Ziele können nur durch eine gesteigerte Wettbewerbsfähigkeit innerhalb der Luftfahrtindustrie erreicht werden. Dies betrifft vor allem die Hersteller von Verkehrsflugzeugen und ihre Zulieferer.

Die letzten Jahrzehnte sind von einem gesteigerten Wettbewerb im internationalen Flugzeugbau geprägt. Nicht nur die Konkurrenz unter den Herstellern von Flugzeugen, die im Liniendienst von Luftverkehrsgesellschaften eingesetzt werden, hat diesen Wettbewerb verschärft. Zusammenschlüsse oder die Geschäftsaufgabe von kleineren Herstellern waren ebenfalls die Folge. Die zu erfüllenden Wünsche der Kunden des Marktes beschränkten sich früher auf die Schnelligkeit, die Reichweite und die Reiseflughöhe der Flugzeuge[2], jedoch haben sich diese mit den Jahren gewandelt. Inzwischen müssen die Hersteller von Verkehrsflugzeugen immer mehr den Anforderungen an Umwelt, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit (s. oben) erfüllen. Aus diesem Grund müssen viele Aspekte gleichzeitig an ein Optimum herangeführt werden, was den Anspruch an die Entwicklung vergrößert. Das komplexe System der zivilen Verkehrsluftfahrt besteht aus vielen Interessenvertretern (Stakeholdern). In der Verkehrsluftfahrt unterliegt ein produzierendes Unternehmen auf der einen Seite bestimmten Restriktionen, die sein Handeln einschränken (z.B. Umwelteinfluss: Emission). Um auf der anderen Seite dem Unternehmensziel der Gewinnmaximierung nachzukommen, ist es essentiell notwendig, individuelle Anforderungen der Stakeholder zu erfüllen. Das Unternehmen strebt mit diesen Maßnahmen die Stärkung des Absatzes und seiner Marktanteile an. In der Erfüllung dieser Forderungen liegt die besondere Aufgabe für die

[1] Vgl. EU Rahmenprogramm, 2002, S.1.

[2] Vgl. Europäische Kommission, 2001, S. 8.

Luftfahrtindustrie. Aber gerade dieser Industriezweig hat einen entscheidenden Nachteil. Neue Projekte haben eine sehr große Vorlaufzeit und gehen zumeist mit einem erheblichen Kapitalaufwand einher.[3] Allein in Europa werden 15% des Umsatzes der Luftfahrtindustrie, was über neun Milliarden Euro pro Jahr entspricht, in Forschung und Entwicklung investiert.[4]

Neue Technologien, welche zur Erfüllung der Bedürfnisse der Stakeholder benötigt werden, bedürfen demnach eines hohen finanziellen und zeitlichen Aufwands.

Aus diesem Grund muss das elementare Ziel der herstellenden Luftfahrtindustrie sein, die für den Fortschritt bedeutendsten Technologien in angemessener Zeit herauszufiltern und zu bewerten, um so z.B. den wirtschaftlichen und zeitlichen Aufwand zu verringern. Diese Anforderung treibt den scharfen Wettbewerb im modernen Flugzeugbau voran. Ressourcen, wie Personal, Zeit oder Finanzen, sind in vielerlei Hinsicht beschränkt. Der Hersteller hat aus diesem Grund ein vitales Interesse daran neue Technologien, welche für möglichst viele Stakeholder des Systems Luftverkehr lohnenswert sind, zu unterschützen, um zum einen seine Marktposition auszubauen und zum anderen das gesamte System der Luftfahrt für die Zukunft zu stärken.

Die Definition einer Technologie ist in diesem Rahmen sehr weitreichend. Es werden alle Änderungen, die den Erreichungsgrad für die visionären Ziele der Verkehrsluftfahrt erfüllen, als Technologie verstanden. Sie stellen auf diese Weise grundsätzlich eine Änderung des bisher vorherrschenden Zustandes dar. Die Modifikation kann z.B. in den Bereichen Design, Herstellung, Material oder ähnlichem liegen, die zum Vorteil für die Stakeholder abgewandelt wird.

[3] Vgl. Europäische Kommission, 2001, S. 10.

[4] Vgl. ebenda.

Aufgrund der Fülle von neuen Technologien und dem angesprochenen Bedarf der Bewertung wird in der vorliegenden Ausarbeitung die Methode der Abschätzung neuer Technologien im Airbus Konzern weiter entwickelt. Die Cost / Benefit Analysis Methode (CBA) dient als Basis für die Erweiterung. In diesem Verfahren werden die Stakeholder Hersteller und Betreiber betriebswirtschaftlich erfasst und die Wirkung einer Technologie auf diese Stakeholder quantifiziert.

2. Allgemeine Bewertungsmethoden

Bei der Entscheidung für und wider eine neue Technologie handelt es sich in den meisten Fällen um eine Investition. Eine Investition kann man als „die Umsetzung und Bindung von Kapital in Vermögensgegenstände“[5] beschreiben, welche die Produktion und/oder den Absatz eines Unternehmens verbessern soll. Damit sind die Entscheidungen für eine Investition oftmals zukunftsweisend für Unternehmen und müssen aus diesem Grund nachvollziehbar und plausibel sein. Häufig spielen zeitliche Vorgaben eine wichtige Rolle in der Entscheidungsfindung. Alle zur Verfügung stehenden Alternativen müssen hierbei überprüft werden. Um die Alternative auszuwählen, die dem Unternehmen den größten Erfolg verspricht, benötigt der Investor Bewertungsmethoden zur Entscheidungsfindung, diese müssen dem Projektziel angepasst sein.

Um eine Entscheidung hinsichtlich einer Investition zu treffen existieren für den privaten und unternehmerischen Gebrauch verschiedene Methoden. Im privaten Umfeld kann eine solche Entscheidung bereits durch die Nutzung der Punktbewertung oder den paarweisen Vergleich erreicht werden, jedoch müssen in Unternehmen vorwiegend betriebswirtschaftliche Methoden

[5] Bartzsch, 2001, S. 501.

Anwendung finden. Hier wird anhand von betriebswirtschaftlichen Messgrößen eine Entscheidung hinsichtlich einer Investitionsalternative gebildet. Da es sich bei neuen Technologien um Investitionen für die Zukunft handelt, werden Investitionsrechnungsmethoden verwendet. Es werden hier statische und dynamische Modelle unterschieden. Die statischen Modelle zeichnen sich durch ihre Einfachheit und Übersichtlichkeit aus. Jedoch werden bei diesen nur fiktive Repräsentativperioden während der Gesamtlaufzeit des Projektes betrachtet und auch nur eine beschränkte Zahl von Bewertungsparametern herangezogen. Die Kosten- und Gewinnvergleichsrechnung können für die statischen Modelle genannt werden. Die Kostenvergleichsrechnung betrachtet als einziges Kriterium die Kosten einer neuen Investition und vergleicht diese mit der bestehenden Situation. Die Kostendeckung der einzelnen Investitionsalternativen wird bei dieser Bewertung außen vor gelassen. An diesen Nachteil knüpft die Gewinnvergleichsrechnung an, hier wird die Kostendeckung durch die erbrachten Umsatzerlöse einbezogen, jedoch nur in der Repräsentativperiode anstelle einer Betrachtung über die Gesamtlaufzeit.

Dem gegenüber stehen die dynamischen Verfahren. Sie betrachten die gesamte Projektlaufzeit und können somit Langzeiteffekte, wie Zinsen, in die Bewertung einfließen lassen. Bei den dynamischen Verfahren stehen die interne Zinsfußmethode und die Kapitalwertmethode im Vordergrund. Der interne Zinsfuß wird mathematisch für die jeweiligen Projektlaufzeiten berechnet. Neben den Vorteilen der dynamischen Rechnung ergeben sich jedoch ebenfalls Nachteile durch eine Mehrdeutigkeit der Ergebnisse oder bei der Betrachtung von Sachinvestitionen. Bei der modellkonformeren Kapitalwertmethode, welche die gleiche mathematische Basis wie die interne Zinsfußmethode hat, werden diese Nachteile ausgeschlossen. Jedoch bleibt bei der Kapitalwertmethode die Frage der maximal möglichen Verzinsung bei einem positiven Kapitelwert offen.

Nach einer Bewertung der einzelnen Investitionsrechnungsmethoden zeigt sich, dass die Kapitalwertmethode die für den Nutzer vorteilhafteste Entscheidungsvariante ist.

3. Anwendung der Bewertung

Durch die Auswahl der Bewertungsmethode ist zwar schon ein großer Schritt zur erfolgreichen Entscheidung genommen, jedoch müssen darüber hinaus Systemgrenzen festgelegt werden. Keine Methode ermöglicht es dem Investor ein reales Szenario zu bewerten. Die Festlegung von Systemgrenzen ermöglicht es, sich dieser Realität anzunähern. Diese Systemgrenzen gilt es an dieser Stelle nicht nur stetig zu erweitern, sondern auch flexibel gegenüber dem betrachteten System zu gestalten. Nur so wird gewährleistet, dass sich ein überzeugendes Ergebnis für die Entscheidung ergibt. Die angesprochenen Systemgrenzen betrachten nicht nur die Berechnungsmethode der Investitionsrechnung, sondern auch wirtschaftliche Gesichtspunkte.

Zur Festlegung der Systemgrenzen in dem speziellen Fall der Technologiebewertung in der Luftfahrt wurde die im Konzern vorherrschende Methode analysiert und die notwendigen Erweiterungen einbezogen.

Für die in die Rechnung eingehenden Zahlungsströme kann es sich hier nur um Prognosen handeln und es wird sich bei den ökonomischen Parametern vorwiegend auf deutsche Rahmenbedingungen beschränkt. Viele dieser Parameter sind starken zeitlichen Schwankungen unterworfen und können oftmals nur einen

Durchschnittswert über dem Betrachtungszeitraum darstellen. Um das Risiko einer Fehleinschätzung zu minimieren, wird die Technologie nicht als vollständig neues Geschäftsmodell betrachtet (business case), sondern in ein bestehendes Szenario implementiert. Die Auswirkung dieser auf die gesamte Flugzeugflotte ist durch die Bildung von Differenzwerten zu prüfen. Durch die Technologie nicht beeinflusste Größen kürzen sich bei einem solchen Verfahren heraus.

Zu Beginn der Technologiebewertung wurde sich im Airbus Konzern zunächst auf den Betreiber der Flugzeuge beschränkt. Es wurden die Kosten des Betreibers betrachtet und ein Kostenelement herausgegriffen: hier die direkten Betriebskosten. Aus diesem Grund ist das DOC (DOC: direct operating costs) Verfahren per Definition eine Kostenvergleichsrechnung. Durch die Festlegung einzelner Flugzeugparameter und den Kostenparametern werden schließlich in Summe die direkten Betriebkosten gebildet. Das Ergebnis dieses Verfahrens ist die Auswahl der kostengünstigsten Technologie für den Betreiber. Es wird durch das Angebot einer kostengünstigen Alternative auf dem Markt auch ein Wettbewerbsvorteil für den Hersteller suggeriert. Da das DOC Verfahren eine statische Investitionsrechnungsmethode darstellt, ergeben sich die damit verbundenen Nachteile, wie die Betrachtung einer fiktiven Repräsentativperiode und der Ausschluss von Langzeiteffekten.

Die Lösung für dieses Problem liegt in der Nutzung einer dynamischen Berechnungsmethode. Die Cost / Benefit Analysis Methode (CBA Methode) ist das von Airbus favorisierte Verfahren. Die Vorteile der dynamischen Rechnung werden hier genutzt und zum ersten Mal wird auch der Hersteller der Flugzeuge in die Bewertung einbezogen. Die Berücksichtigung von Langzeiteffekten, wie sich ändernde Wartungsintervalle oder ein sich wandelnder Flugzeugrestwert seien hier nur als Beispiele angeführt.

Für die CBA Methode müssen zunächst die zu betrachtenden Stakeholder festgelegt werden, diese sind durch die Definition der Systemgrenzen der Hersteller und der Betreiber der Flugzeuge. In einem nächsten Schritt müssen alle Eingangsparameter für die Methode definiert werden. Erst nachdem dies abgeschlossen ist, können die beiden für die Bewertung wichtigen Szenarien gebildet werden.

Zunächst wird das Referenzszenario beschrieben. Hierfür werden zunächst die Kosten und Erträge jeder einzelnen Projektperiode aufgelistet und daraus schließlich der jährliche Cash Flow (CF), dass heißt die Summe aus den Kosten und Gewinnen, gebildet. Aus diesen einzelnen Cash Flows kann dann die gewünschte Bewertungsgröße mathematisch berechnet werden. In diesem Fall der CBA Methode ist es der interne Zinsfuß. Neben dem Referenzszenario muss ebenfalls das Technologieszenario gebildet werden. Im ersten Schritt muss dazu die Technologiewirkung definiert und in Parametern, die in die CBA Methode einfließen können, festgehalten werden.

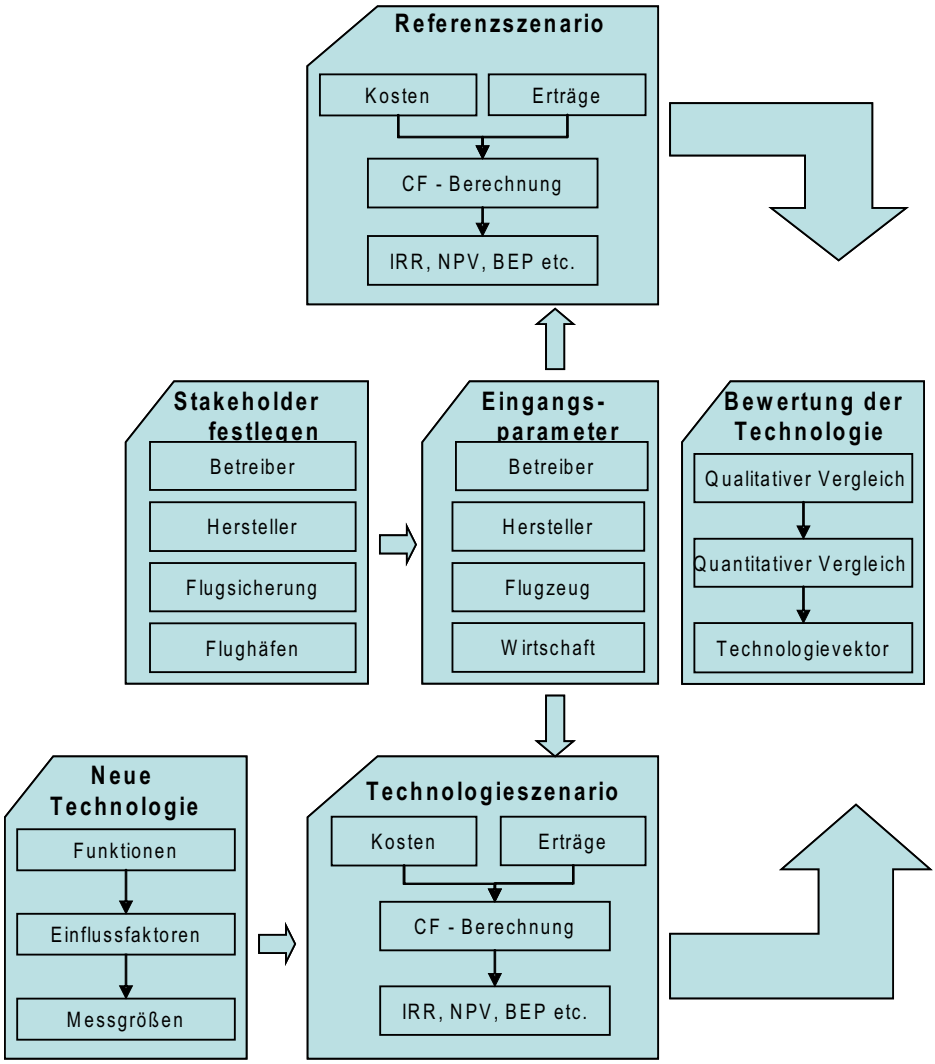

Bild 1: Prinzipskizze der CBA Methode

Erst der Vergleich der beiden Szenarien, Referenz- und Technologieszenario, ist die Technologiebewertung. Die Änderung des Bewertungsparameters durch die Implementierung der Technologie steht im Mittelpunkt der Bewertung. Damit sind nur die Deltawerte der Szenarien von Bedeutung und nicht der Absolutwert der gesamten Investition. Die Deltawerte der Bewertungsgröße für Hersteller und Betreiber des Flugzeuges werden in einem Technologievektor zusammengefasst. Der Technologievektor ist das eigentliche Ergebnis der CBA Methode. An ihm können die positiven und negativen Effekte einer Technologie visualisiert werden und der Investor kann seine Entscheidung für eine Alternative anhand der Lage des Vektors treffen.

Zusammenfassend ist das Gesamtergebnis des CBA Verfahrens die Betrachtung einer neuen Technologie in einem dynamischen Umfeld unter Einbezug einer Vielzahl von Parametern. Visualisiert wird dieses Ergebnis anhand des Technologievektors.

Trotz Vorteilhaftigkeit der dynamischen Investitionsrechnung ergeben sich Nachteile. Zum einen begründen sich diese Nachteile in der Nutzung des internen Zinsfuß als Bewertungsparameter, zum anderen in der Betrachtung nur eines Flugzeuges auf der Betreiberseite.

Durch die Erweiterungen im Rahmen der Ausarbeitung der Diplomarbeit wurde genannten Kritikpunkten entgegengewirkt.

Auf den Nachteilen basierend, wurde in einem ersten Schritt der Einsatz einer gesamten Flugzeugflotte auf Betreiberseite simuliert. Damit werden alle vom Hersteller produzierten Flugzeuge in den operativen Dienst übernommen. Es ergeben sich somit zeitlich versetzte Einzel – CFs die finanzmathematisch zum Flotten CF zusammengefügt werden. Die Umsetzung dieser Erweiterung ist Grundvoraussetzung für die Einführung des Kapitalwertes als Bewertungsparameter. Denn nur durch ein identisches Investitionsvolumen auf Hersteller und Betreiberseite ist die Nebenbedingung für die Nutzung der Kapitalwertmethode gegeben.

Darüber hinaus werden einzelne Parameter der CBA Methode untersucht und gegebenenfalls abgewandelt. Z.B. wurde der Sitzladefaktor über die einzelne Betriebsjahre auf Grundlage einer Statistik eskaliert und an die einzelnen Sitzplatzkategorien im Flugzeug (Economy Class, Business Class) angepasst.

Des Weiteren wurde die Definition einer fiktiven Airline durch den Nutzer des entstandenen Arbeitsprogramms ermöglicht, um so auf spezielle Kunden eingehen zu können. Hierzu kann der Nutzer des Arbeitsprogramms in jedem Betriebsjahr eine Anzahl von gekauften Flugzeugen festlegen, die in den operativen Dienst übernommen werden. Der Einfluss einer Technologie wird anschließend wieder in einem Technologievektor ausgedrückt, der jedoch jetzt das Delta NPV (Net Present Value) betrachtet.

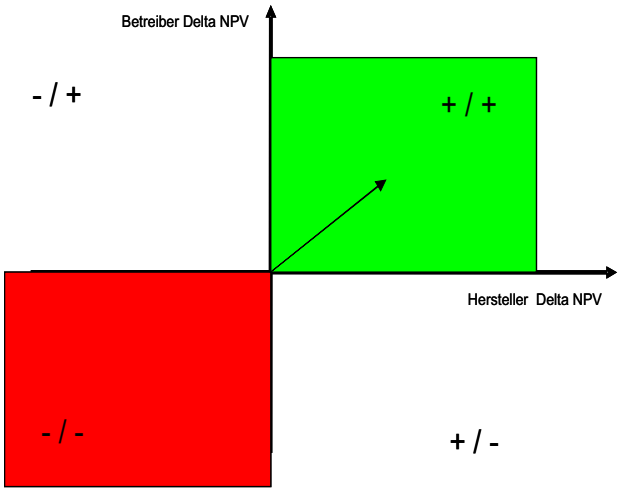

Bild 2: Technologievektor im Vektordiagramm

Neben der Berechnung des Technologievektors kann der Nutzer der erweiterten CBA Methode Sensitivitäten aller einzelnen Technologieparameter berechnen (Sensitivitätsanalyse). Das bedeutet, dass jedem Technologieparameter ein Variationsraum zugesprochen werden muss. Eine Systemkomponente als Technologieparameter könnte damit nicht die prognostizierten 500kg wiegen, sondern eventuell auch nur 300kg oder 800kg. Diese Grenzwerte fließen nacheinander in die CBA Methode ein. Das Ergebnis der Analyse ist die Untersuchung der Wirkung einzelner Technologieparameter und ihrem Einfluss auf die Bewertungsgröße. Damit werden die Technologieparameter herausgefiltert denen der Investor eine besondere Aufmerksamkeit widmen muss, um erwartete Ergebnisse für die zukünftige Technologie sicher zu stellen.

Durch die Erweiterungen erfüllt die CBA Methode alle geforderten Kriterien der Investitionsrechnung und ermöglicht eine einheitlichere Sichtweise der Wirkung einer neuen Technologie auf Hersteller und Betreiberseite.

Zum täglichen Gebrauch der Methode wird hierfür ein Arbeitsprogramm verwendet, welches auf den vorher angesprochenen Systemgrenzen beruht.

4. Resümee

Die Anforderungen, welche eine Investitionsrechnungsmethode in diesem konkreten Fall erfüllen muss, werden durch die Erweiterungen in der Ausarbeitung erreicht. Jedoch muss erwähnt werden, dass es sich bei der angewendeten Methode der Wirtschaftlichkeitsrechnung allgemein, um ein Modell handelt, welches es ermöglicht, die realen Vorgänge mittels einer Berechnung abzubilden. Für die CBA Methode als dynamische Investitionsrechnung gelten dementsprechend identische nicht reale Rahmenbedingungen. An dieser Stelle sei beispielsweise auf die Nutzung des Modells des vollkommenen Kapitalmarktes hingewiesen.

Über Jahrzehnte hat sich die Bewertung im Airbus Konzern weiterentwickelt. Es sind alte Berechnungsmethoden überarbeitet und neue Möglichkeiten zur Bewertung entstanden. Die Methode zur Erfassung der für die Berechnung wichtigen Daten (Ein- und Auszahlungen, Eskalationen etc.) der Stakeholder hat sich ebenfalls gewandelt, was zu zunehmend realistischeren Berechnungen führt. Jedoch muss nochmals darauf hingewiesen werden, dass es sich bei allen in den CF (damit auch der CBA Methode) eingehenden Daten um teilweise zukünftige Annahmen handelt, die mit unterschiedlichen Eintrittswahrscheinlichkeiten belegt sind. Gerade die Parameter auf Seiten des Betreibers können nur Annäherungen darstellen. Aus diesem Grund wird sich zur Nutzung zusätzlicher Modelle, wie z.B. der hier angewandten Restwertbetrachtung, entschieden. Oftmals müssen vergleichsweise alte Daten Anwendung finden, da neue Statistiken nicht verfügbar sind.

Aus den eben genannten Gründen ist der Auswertung der Ergebnisse des verfügbaren Arbeitsprogramms, sowie allen weiteren Bewertungsmethoden, eine besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Bei jeder Neuimplementierung sollte die Wirkung der Technologie noch einmal genau geprüft und die Berechnung der Daten hinterfragt werden. Da es sich bei der Bewertung einer neuen Technologie nicht um die Erstellung bzw. Bewertung eines gesamten business case handelt, sondern um eine Differenzbetrachtung, können mögliche Schätzfehler der Eingangsgrößen minimiert werden. Das entstehende Delta ist hier die entscheidende Größe und nicht der Absolutwert der Bewertungsgröße, wie z.B. der Kapitalwert. Nichts desto trotz müssen die Parameter, auf die eine Technologie wirkt, aufmerksam betrachtet werden, da sich hier mögliche Schätzfehler auf die Deltawerte auswirken können. Die angesprochene Sensitivitätsanalyse kann zu realistischen Abschätzungen der Parametereinflüsse verhelfen und stellt damit eine deutliche Verbesserung für die Bewertungsmethode dar.

Neben den Punkten, die das allgemeine Berechnungsverfahren betreffen, muss auf die in der Arbeit notwendigen Systemgrenzen hingewiesen werden. Eine Betrachtung deutscher Rahmenbedingungen, sowie traditioneller Luftverkehrsgesellschaften stellt im internationalen System des Luftverkehrs und dem Vordringen von Low-Cost-Airlines eine Einschränkung in der Bewertung dar. Die Vernachlässigung von anderen Stakeholdern neben Hersteller und Betreiber ist ein weiterer Aspekt, der bei der Bewertung von bestimmten Technologien, um die Wirkung dieser realistisch darzustellen, missachtet werden muss.

Eine letzte kritische Bemerkung richtet sich an die in die Bewertung einfließenden Parameter. In den meisten Fällen handelt es sich um reine Geldwerte (außer der flugzeugspezifischen Parameter). Gerade bei zukunftsweisenden Projekten erscheinen zusätzliche Aspekte von entscheidender Bedeutung. Die Betrachtung von ökologischen

Gesichtspunkten, wie Emissionssenkung oder Lärmbelastung, sowie Added Values[6] kann hier zu den entscheidenden Argumenten führen, welche für die Nutzung der neuen Technologie sprechen.

Trotz der angebrachten Kritikpunkte ist die CBA Methode und die erbrachten Erweiterungen der richtige Ansatz, um eine Technologie zu bewerten und schließt die Lücken für die Anwendung der dynamischen Investitionsrechnung. Hier wird das Flugzeug als Einheit betrachtet. Das Modell erfüllt durch die erbrachten Erweiterungen die methodischen Kriterien der Wirtschaftlichkeitsrechnung. Besondere Aufmerksamkeit muss zukünftig eher auf die Eingangsgrößen und die Berechnung der Ein- und Auszahlungsströme selbst gerichtet werden.

Die CBA Methode sollte kommuniziert werden, wodurch die Akzeptanz dieser Verfahren verstärkt werden kann. Das Einbringen einer neuen Technologie ist nicht nur ein wichtiger Schritt in die Zukunft eines Unternehmens, sondern erhöht für ein Unternehmen auch dessen Konkurrenzfähigkeit. Durch die genannte Bewertungsmethode kann man sich an den Bedürfnissen des Marktes orientieren. Der Fokus von Airbus auf solche Methoden ist unter anderem ein Grund, warum das Unternehmen so stark am Markt agieren kann.

4. Literaturverzeichnis

Bartzsch, Wolf H: Betriebswirtschaft für Ingenieure, 7. Aufl., Berlin/Offenbach, 2001

Europäische Kommission: European Aeronautics – A Vision for 2020, Belgien, 2001

EU Rahmenprogramm für Forschung, technologische Entwicklung und Demonstration: Bündelung und Integration der Forschung der Europäischen Gemeinschaft – Arbeitsprogramm 2002 – 2006, 2002

Weitere Quellen sind der gleichnamigen Diplomarbeit zu entnehmen.

[6] Deutsch: zusätzlicher Nutzen – entspricht dem extra Nutzen der z.B. für den Betreiber durch ein verbessertes Bordentertainment entsteht.