

BETRIEBSKOSTENBERECHNUNG FÜR KABINENSYSTEME

J. Lemke
DaimlerChrysler AG, Forschung und Technologie
Goldsteinstraße 235, 60528 Frankfurt am Main

1. EINLEITUNG

Die Berechnung der Betriebskosten (Direct Operating Cost, DOC) zur Bewertung im Flugzeugentwurf erfolgt traditionell mit Hilfe von etablierten DOC-Methoden für das ganze Flugzeug. Auf der Ebene einzelner Flugzeugsysteme wurden dagegen vor allem nicht monetäre Bewertungen durchgeführt. Im Rahmen der diesem Beitrag zugrundeliegenden Diplomarbeit „Betriebskostenberechnung für Kabinensysteme“, die im Auftrag der DaimlerChrysler AG / Forschung und Technologie in Zusammenarbeit mit der EADS Airbus GmbH erstellt wurde, untersucht Möglichkeiten der Berechnung von Betriebskosten. Untersuchungsgegenstand sind dabei solche Betriebskosten, die durch Kabinensysteme verursacht werden. Betriebskosten wurden beispielhaft für Passagiersitze berechnet. Dazu wurden die Sitze nach Economy-, Business- und First-Class-Sitzen gegliedert und für Kurz-, Mittel- und Langstreckenflugzeuge getrennt betrachtet. Weiterhin wurden Betriebskosten für verschiedene Unterhaltungssysteme ermittelt und ausgewertet. Zum Abschluss wurden in einer Betrachtung die ermittelten Betriebskosten von Unterhaltungssystemen mit dem Ticketpreis und der erforderlichen Passagierauslastung des Flugzeugs verknüpft.

1.1. Direkte Betriebskosten (Direct Operating Cost, DOC)

Es existieren DOC-Methoden von Flugzeugherstellern, Flugzeugbetreibern und Vereinigungen, z.B. Air Transport Association (ATA), National Aeronautics and Space Administration (NASA), American Airlines, Deutsche Lufthansa, Airbus Industrie, Boeing, Association of European Airlines, Fokker (nach [1]). So unterschiedlich die Methoden im einzelnen sind, berechnen sie alle die direkten Betriebskosten eines Flugzeugs aus verschiedenen Kostenelementen (nach [1]):

- Abschreibung (depreciation),
- Zinsen (interest),
- Versicherung (insurance),
- Kraftstoff (fuel),
- Wartung (maintenance),
- Besatzung (crew; Cockpit und Kabine),
- Gebühren (fees and charges; Flugsicherungs-, Lande-, Abfertigungsgebühren).

1.2. Die Methode DOCsys zur Berechnung von Betriebskosten von Flugzeugsystemen

Die Methode DOCsys wurde von D. Scholz in [2] dargestellt. Sie liegt als Programm „DOCSYS“ vor (BILD 1) und wurde bereits bei verschiedenen Bewertungen angewendet. Direkte Betriebskosten von Flugzeugsystemen werden von DOCsys pro Flugzeug und Jahr berechnet. Dabei werden von den Kostenfaktoren der konventionellen DOC-Methoden für das Gesamtflugzeug nur die benutzt, die das System beeinflusst. Hat eine Systemveränderung auch Auswirkungen auf andere Flugzeugsysteme, so müssen diese bei der Betrachtung der Betriebskosten mit herangezogen werden. Zusätzlich zu den Faktoren der konventionellen DOC-Methoden, bietet DOCsys die Möglichkeit, zwei weitere Kostenfaktoren zu betrachten, dieses sind:

- Kosten für die Ersatzteilbevorratung und
- Kosten für Abflugverspätungen und Flugabsagen.

Diese beiden Kostenfaktoren zählen nicht zu den direkten Betriebskosten, doch sie werden durch Flugzeugsysteme stark beeinflusst. TAB 1 vergleicht Kostenfaktoren konventioneller DOC-Methoden mit denen die von DOCSYS berücksichtigt werden.

TAB 1. Gegenüberstellung der Kostenfaktoren von DOCsys und von traditionellen DOC-Methoden

Kostenfaktoren traditioneller DOC-Methoden	Von DOCsys berücksichtigte Kostenfaktoren
Abschreibung Kraftstoff Wartung Zinsen Versicherung Cockpitbesatzung Kabinenbesatzung Landegebühren Flugsicherungsgebühren Abfertigungsgebühren	Abschreibung Kraftstoff Wartung Ersatzteilbevorratung Abflugverspätungen und Flugabsagen

Kosten der Cockpit- und Kabinenbesatzung werden nicht von DOCsys berücksichtigt, da diese konstant bleiben, solange sich die Anzahl der Besatzung nicht aufgrund eines Systems ändert. Schulungskosten für Besatzung oder Wartungspersonal werden ebenso wie bei konventionellen DOC-Methoden nicht von DOCsys betrachtet ([2]).

Kosten für Versicherung eines Flugzeuges beruhen auf dem Preis für das gesamte Flugzeug. Versicherungskosten machen pro Flugzeug und Jahr durchschnittlich zwischen 0,5% und 3% des Flugzeugpreises aus und sind von den jeweiligen Versicherungspolices abhängig, daher werden sie bei der DOCsys-Methode vernachlässigt ([2]).

Kosten aus Lande-, Abfertigungs- und Flugsicherungsgebühren werden auf das Abfluggewicht erhoben. Geht man davon aus, dass durch jede Gewichtseinsparung die Nutzlast erhöht wird und man dadurch mehr Passagiere, Fracht oder Treibstoff befördert, so ändert sich somit das Abfluggewicht nicht.

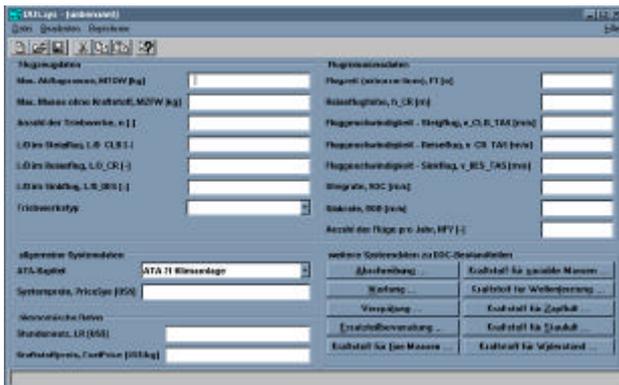


BILD 1. Benutzeroberfläche von "DOCsys"

Zur Berechnung der direkten Betriebskosten von Flugzeugsystemen mittels DOCsys sind diverse Eingangsparameter notwendig, welche die verschiedenen Kostenelemente unterschiedlich beeinflussen. Die Eingangsparameter können grob unterschieden werden in:

- systemspezifische Parameter, z.B. Systempreis, Systemmasse, elektrische Leistung, Wartungsstunden, Redundanzgrad,
- flugzeugspezifische Parameter, z.B. maximale Abflugmasse (MTOW), maximale Masse ohne Kraftstoff (MZFW),
- Flugmissionsdaten, z.B. Flugzeit, Reiseflughöhe,
- ökonomische Daten, z.B. Stundensatz, Kraftstoffpreis.

Während systemspezifische Parameter für jedes Flugzeugsystem getrennt betrachtet werden müssen, simulieren die anderen Parameter die Umgebung, in der das jeweilige System installiert ist. Flugzeugtypen, Flugmissionsdaten und ökonomische Modelle müssen einmal definiert werden und können dann für verschiedene Betrachtungen angewendet werden.

2. BETRIEBSKOSTENBERECHNUNG FÜR PASSAGIERSITZE

2.1. Allgemeine Hintergründe

Luffahrtsgesellschaften unterteilen Flugzeuge in mehrere Klassen, die durch unterschiedliche Ausstattung und unterschiedlichen Service gekennzeichnet sind. Am

einfachsten ausgeführt ist die sog. Economy-Class, darauf folgt die Business-Class und die First-Class. Viele Fluggesellschaften teilen die Klassen weiter auf (z.B. Premium-Economy-Class).

Entsprechend der Klasse sind (meistens) die Sitze beschaffen: Die einfachste Ausrüstung findet man in der Economy-Class, bei der die Sitzabstände und die Sitzfläche am kleinsten sind und in der Regel keine elektrische Verstellung vorhanden ist. Jedoch geht der Trend dahin, bereits hier die Sitze mit Bildschirmen auszustatten. In vielen Langstreckenflugzeugen ist dieses bereits Standard.

Um eine nähere Betrachtung über spezielle Sitzmodelle anzuschließen, ist eine genauere Datenbasis notwendig, die für diese Arbeit nicht vorhanden war. Dieses ist dadurch begründet, dass Passagiersitze sog. „Kundenkaufteile“ (buyers furnished equipment, BFE) sind bei denen der Flugzeughersteller nicht immer genaue systemspezifische Werte besitzt. Außerdem ist der Markt der Kabineneinrichtung umkämpft, daher waren Sitzhersteller nicht bereit, genauere Daten zu liefern.

In dieser Arbeit wurden Sitze betrachtet, die alle elementaren Bestandteile von Passagiersitzen enthalten. Dabei wurden die einzelnen Sitzgruppen (Einzel-, Doppel-, Dreier- und Vierersitzgruppe) auf einen einzelnen Sitzplatz reduziert, um die Menge der Eingangsparameter zu reduzieren, welche nicht im notwendigen Umfang für eine genauere Betrachtung vorlagen.

2.2. Betrachtung der Kostenelemente

2.2.1. Kraftstoffkosten

Zur Berechnung der Kraftstoffkosten für Passagiersitze wurden die DOCsys-Berechnungskriterien Systemgewicht und elektr. Leistung berücksichtigt. Das Sitzgewicht wurde durch verschiedene Wiegunen von Sitzen ermittelt. Der elektrische Verbrauch bei Sitzen wurde anhand von Höchstwerten unter der Annahme von acht Verstellungen pro Stunde abgeschätzt. Sitze mit permanent betriebener Massagefunktion wurden nicht berücksichtigt. Bei der Berechnung der Kraftstoffkosten für die elektr. Leistung stellte sich heraus, dass diese für die betrachtete Anzahl an Schaltvorgängen vernachlässigbar sind.

2.2.2. Abschreibung

Die Kosten für einzelne Sitze wurden aus verschiedenen Quellen ermittelt und daraus einen Trend abgeleitet. Es wurde ein Nutzungszeitraum von fünf Jahren mit einem Restwert von 10 % zugrundegelegt. Dabei wurde berücksichtigt, dass Sitze alle drei Jahre konstruktiv verändert werden, z.B. durch neue Polsterung, modifizierte Rückenlehnen oder Einbau von InSeatVideo. Um diese laufenden Modifikationen zu berücksichtigen, bildet die Annahme eines kompletten Sitzwechsels nach fünf Jahren eine gute Näherung. Zusätzlich wurde der Sitzbezug separat berücksichtigt. Die Nutzungszeit für diesen wurde deutlich geringer angesetzt, da die Bezüge

durch den optischen Eindruck zum Erscheinungsbild der Fluggesellschaft beitragen. Daher wurde eine Nutzungszeit von 1,5 Jahren ohne Restwert angesetzt.

2.2.3. Wartungskosten

Wartungskosten wurden als Komplettbetrag in US-\$ pro Flugstunde ermittelt. Dabei wurden Struktur, Polsterung und Tablett berücksichtigt. Es wurde davon ausgegangen, dass die Sitze in gleichen Intervallen gewartet werden, welche unter den durchschnittlichen ungeplanten Austauschintervallen (Mean Time Between Unscheduled Removals, *MTBUR*) liegen. Per Definition sind das z.T. indirekte Wartungskosten, da die Intervalle durch eine Fluggesellschaft definiert wurden. Sitzhersteller verkaufen ihre Sitze im allgemeinen als wartungsfrei, es werden jedoch normalerweise keine Garantien auf Wartungskosten und *MTBURs* gegeben. Es fallen jedoch häufig kleinere Reparaturen vor allem Fußstützen, Armlehnen, Tablett und andere bewegliche Teile an. Da diese Ausfälle vom Umgang des jeweiligen Passagiers abhängen können Sitzhersteller sie sicherlich nur schwer abschätzen, daher werden zusätzliche Wartungskosten von Fluggesellschaften akzeptiert. Da der Sitzbezug zum Erscheinungsbild beiträgt, zählt dessen Reinigung eher zu den indirekten Wartungskosten und ist von dem jeweiligen Bezugsstoff und der Farbe des Sitzes abhängig. Trotzdem wurden diese Kosten berücksichtigt, weil diese einen beträchtlichen Anteil an den Wartungskosten darstellen. Es wurde eine Reinigung alle 400 Flugstunden angenommen.

2.2.4. Kosten für Abflugverspätungen und Flugabsagen

Kosten für Abflugverspätungen und Flugabsagen werden statistisch ermittelt. DOCsys besitzt eine integrierte Datenbasis zur Abschätzung des Niveaus der Verzögerungs- bzw. Stornierungsrate, außerdem Gleichungen zur Bestimmung der Kosten. Die Kosten spielen bei Passagiersitzen jedoch eine untergeordnete Rolle. Solange der Flug nicht zu 100 % ausgelastet ist, wird ein defekter Sitz „geblockt“, um keine Abflugverspätung hinzunehmen. Eine Betrachtung von Verspätungsereignissen zeigte die Hauptursachen für Verspätungen: dieses sind gelöste Schrauben und Bolzen, gebrochene Strukturteile oder defekte Gurte. Bei der Kostenermittlung wurden Verspätungen von bis zu 30 Minuten berücksichtigt.

2.2.5. Kosten für die Ersatzteilbevorratung

Da keine genaueren Daten von Sitzherstellern zu ermitteln waren, wurde vereinfacht ein kompletter Passagiersitz faktorisiert betrachtet und nicht auf die Summe der einzelnen Komponenten heruntergebrochen. Da einige Eingangsparameter für alle Sitze normiert wurden, bestimmt das Preisniveau des Sitzes auch die Kosten für die Ersatzteilbevorratung.

2.3. Auswertung der Ergebnisse

In BILD 2 sind die direkten Betriebskosten der einzelnen Sitztypen dargestellt, dabei fallen zunächst die hohen Kosten der First-Class-Sitze auf. Am geringsten sind die Kosten zwischen den Economy-Class-Sitzen in Kurz- und Mittelstrecke, was am geringfügig höheren Gewicht und identischen Abschreibungskosten liegt. Auf der Langstrecke verursacht die jährliche Nutzung erheblich höhere Kraftstoff- und Wartungskosten.

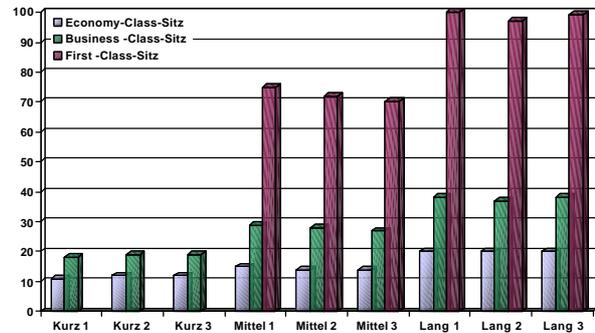


BILD 2. Direkte Betriebskosten von Passagiersitzen in verschiedenen Einsatzgebieten

Während in der Economy-Class die Wartungskosten im Vordergrund stehen und Kosten für Abflugverzögerungen und für die Ersatzteilbevorratung vernachlässigbar sind (BILD 3), gewinnen bei First- und Business-Class-Sitzen die Kraftstoffkosten an Bedeutung.

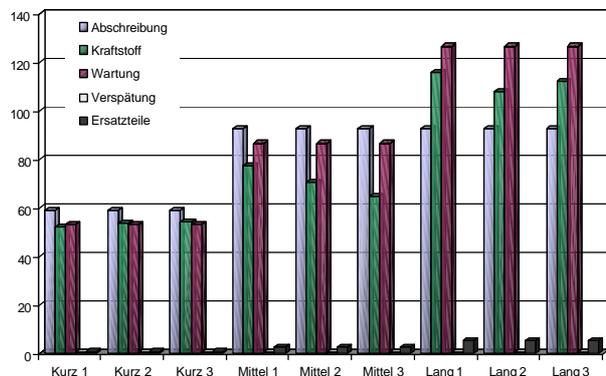


BILD 3. Kostenelemente Economy-Class-Sitze

In der Business-Class haben die Abschreibungskosten vor den Kraftstoff- und Wartungskosten den größten Anteil, was am erheblich gestiegenen Anschaffungspreis liegt. Kosten für Abflugverspätungen und Ersatzteilbevorratung sind auch hier zweitrangig (BILD 4).

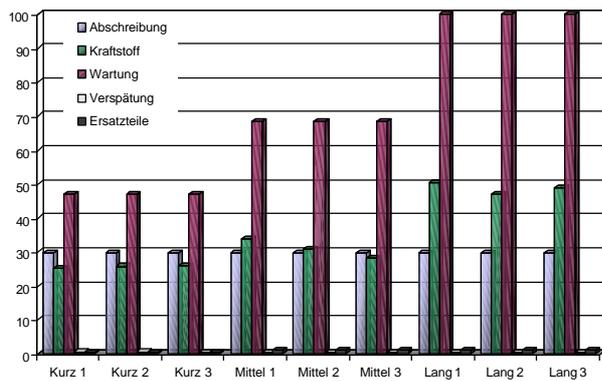


BILD 4. Kostenelemente Business-Class-Sitze

Da First-Class-Sitze in der Anschaffung sehr kostenintensiv sind, ist es erstaunlich, dass die Kraftstoffkosten die Abschreibungs- und Wartungskosten überragen. Dieses wird durch das hohe Sitzgewicht verursacht (BILD 5).

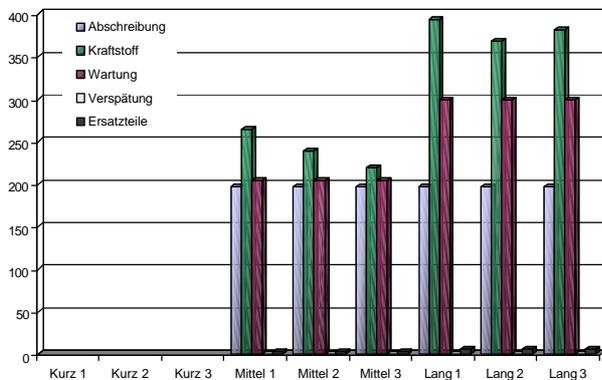


BILD 5. Kostenelemente First-Class-Sitze

3. BETRIEBSKOSTENBERECHNUNG FÜR „IN FLIGHT ENTERTAINMENT SYSTEME“

3.1. Allgemeine Hintergründe

Neben Unterbringung und Schutz der Passagiere, zählt deren Unterhaltung zu den wichtigen Funktionen der Kabinensysteme. Die Art der Unterhaltung der Passagiere dient den Fluggesellschaften dazu, sich zu differenzieren. Dieses wird in der Entwicklung der Unterhaltungssysteme deutlich: während Flugzeuge in den siebziger Jahren mit Audioanlagen ausgestattet waren, ist auf Langstreckenflügen heute Video im Sitz Standard. Die Trends sind Videospiele und „Video on demand“, d.h. individuelle Spielfilme beginnen von jedem Passagier frei wählbar beginnen.

Die Systemzentrale, das „Head End“, befindet sich im allgemeinen hinter dem Flugdeck, wo Videorecorder, bzw. Computer installiert sind. Außerdem existiert ein Netzwerk, welches aus der gesamten Verteilung vom „Head End“ bis zum Sitz besteht. Im Sitz befinden sich die Komponenten für Anzeige und Bedienung sowie Controller.

Die Berechnung der Betriebskosten wurde auf ein Langstreckenflugzeug, mit einer Missionslänge von 8,5 Flugstunden normiert. Es wird angenommen, dass dieses Flugzeug komplett in allen Klassen mit den jeweiligen Unterhaltungssystemen ausgerüstet ist. Der für dieser Arbeit angenommene Aufbau der Systeme trägt den unterschiedlichen Komponenten Rechnung.

Es wurde in sitzbezogene und nichtsitzebezogene Komponenten unterschieden. Bei den sitzbezogenen Komponenten handelt es sich um alle Teile, die hinter dem „Head End“ liegen. Die Teilung war vorzunehmen, da sich der Anteil der sitzbezogenen Komponenten mit der Anzahl der Passagiere, die an das betreffende System angeschlossen sind, verändert, während die Komponenten des „Head End“ konstant bleiben.

3.2. Betrachtung der Kostenelemente

Die Grundlage für die Betrachtung der Unterhaltungssysteme bildet eine Untersuchung für den Vergleich verschiedener Systemgewichte. Darin wurden weiterhin die Komponenten aufgeschlüsselt. Aus diesen Angaben wurden Verteilungsschlüssel erarbeitet, welche die sitzbezogenen Komponenten berücksichtigen. Basierend auf diesen Schlüsseln wurden Komponentengewichte für die einzelnen Bestandteile ermittelt. Weiterhin wurden Leistungsaufnahmen der einzelnen Komponenten abgeschätzt.

Bei der Abschreibung wurde ein Abschreibungszeitraum von 6 Jahren mit einem Wiederverkaufswert von 20 % des Anschaffungswertes vorausgesetzt. Dieses beruht auf der Annahme, dass eine Fluggesellschaft die neuesten Systeme einrüstet.

Die Kosten für Abflugverzögerungen und Flugstornierungen der einzelnen Systeme wurden durch Verspätungsraten aus einer Statistik von Flugunregelmäßigkeiten der letzten zweieinhalb Jahren ermittelt.

Auf der Zusammenstellung aufbauend, wurden aus MTBURs und Reparaturaufwand direkte Wartungskosten und Ersatzteilbevorratungskosten für jede Komponente einzeln abgeschätzt. Der getroffene Ansatz geht von komplett wartungsfreien Systemen aus, weil die Systeme über eine eigene Fehlerkontrolle verfügen, welche fehlerhafte Komponenten analysiert und dem Bordrechner meldet. Die Kosten für Ersatzteile wurden als Faktor vom Anschaffungspreis bestimmt. Ein Ersatzteilkostenfaktor berücksichtigt, außerdem dass Ersatzteile teurer als Neugeräte sind. Ein Ersatzteilverhältnissfaktor dient zur Abschätzung des Anteils, der für die Reparatur benötigten Ersatzteile von den Einzelkomponenten.

Die Kosten für Abflugverspätungen und Flugstornierung machen an den gesamten Betriebskosten weniger als 1% aus. Dieses liegt an der geringen Anzahl der technisch begründeten Verspätungen.

3.3. Auswertung der Ergebnisse

Die direkten Betriebskosten der Unterhaltungssysteme (BILD 6) wurden, anders als bei den Passagiersitzen, auf Basis der Summe der Einzelkomponenten berechnet. Daher konnten die Kostentreiber genauer fokussiert werden.

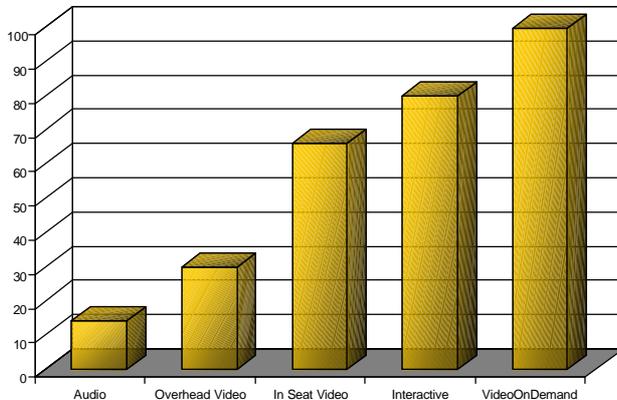


BILD 6. Direkte Betriebskosten von Unterhaltungssystemen

Beim Vergleich der Betriebskosten von „Head End“ und der Vernetzung/Sitze (BILD 7) wird deutlich, dass die meisten Kosten bei den Systemen nicht am „Head End“, sondern bei der Verteilung in der Kabine entstehen. Dort sind die Kostentreiber die Komponenten im Sitz: Controller, LCD-Bildschirm und Bedienungselemente. Hier entstehen erhebliche Kosten durch den Reparaturstundenaufwand, welcher durch die Anzahl der Sitzplätze, die als Multiplikator wirkt, erheblich erhöht. Bei den Komponenten im „Head End“ werden die Wartungskosten in der Hauptsache durch die Ersatzteilpreise erzeugt.

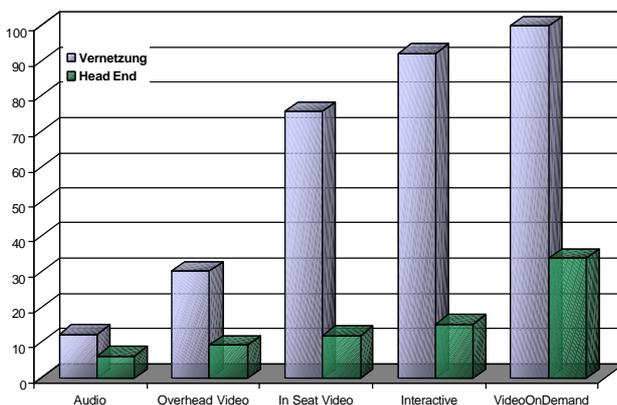


BILD 7. Vergleich "Head End" - Vernetzung/Sitze

BILD 8 zeigt die einzelnen Kostenelemente. Die Kostenverteilung ist bei den einzelnen Unterhaltungssystemen weitgehend ähnlich. Die Wartungskosten besitzen den größten Anteil an den direkten Betriebskosten. Durch geringe *MTBUR* reagieren Aufwände durch die einzelnen Wartungsereignisse sehr sensibel. Die Kraftstoffkosten haben einen sehr untergeordneten Einfluss. Dieses wird bei der Betrachtung der einzelnen Komponenten erkennbar, denn die elektronischen Geräte haben einen sehr

hohes Preis/Gewichts-Verhältnis. Da sich der Einfluss der Anschaffungskosten auch bei den Ersatzteilen wieder spiegelt sind die Wartungskosten entsprechend hoch. Die relativ kurze Nutzungsdauer ist für die Höhe der Abschreibungskosten verantwortlich. Die Ersatzteilbevorratungskosten gewinnen an Bedeutung, sie bezeichnen die Kapitalverzinsung der Ersatzteile. Die Kosten für Abflugverzögerungen sind hier bei allen Systemen zu vernachlässigen.

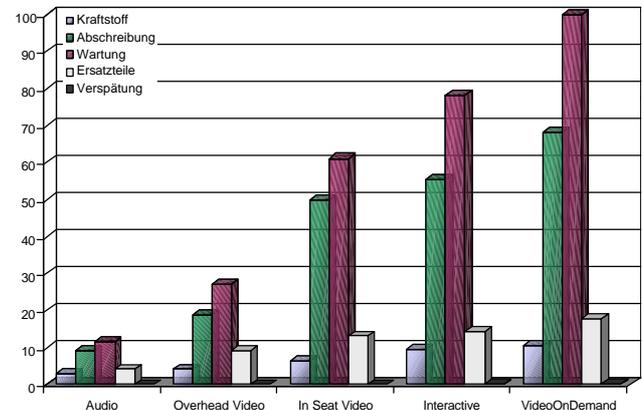


BILD 8. Darstellung der Kostenelemente

3.4. Kosten-Nutzen Betrachtung für Unterhaltungssysteme

Für die In Flight Entertainment Systeme wurde eine "Kosten-Nutzenbetrachtung" durchgeführt. Angesichts der erheblichen Anschaffungs- und Betriebskosten dieser Systeme sollte dabei eine Messgröße gefunden werden, die in einer einfachen Form darüber Auskunft gibt, wie Betriebskosten in der Größenordnung von mehreren Mio. US-\$ pro Jahr wieder erwirtschaftet werden können. Im Internet wurden dazu Preise verschiedenen Fluggesellschaften für First-, Business- und Economy-Class- Tickets ab ihren jeweiligen Heimatflughäfen zu ausgewählten Zielflughäfen ermittelt:

- Lufthansa (Frankfurt am Main / D),
- British Airways (London / GB),
- Air France (Paris / F),
- American Airlines (Dallas / USA),
- Qantas (Sydney / AUS),
- Iberia (Madrid / E),
- LanChile (Santiago de Chile / CHI).

Die Flugpreise für einzelnen Passagierklassen wurden über der Entfernung aufgetragen und daraus eine lineare Funktion der einzelnen Ticketpreise ermittelt, BILD 9 zeigt die Ergebnisse.

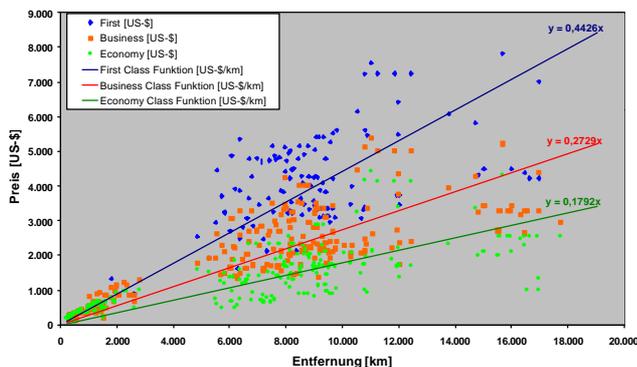


BILD 9. Flugpreise über der Reichweite

Für die betrachtete Flugmission (8,5 Flugstunden) wurde eine Entfernung von 7.650 km definiert. Als Kabinenlayout wurde das Standardlayout eines Langstreckenflugzeuges gewählt:

- First- Class: 24 Passagiere,
- Business- Class: 42 Passagiere,
- Economy- Class: 314 Passagiere.

Die Berechnung der jährlichen Einnahmen lässt sich durch eine Gleichung ausdrücken:

$$E = NFY \cdot$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{AUS}_{\text{First}} \cdot \text{Pax}_{\text{First}} \cdot \text{Preis}_{\text{First}} \\ + \text{AUS}_{\text{Business}} \cdot \text{Pax}_{\text{Business}} \cdot \text{Preis}_{\text{Business}} \\ + \text{AUS}_{\text{Economy}} \cdot \text{Pax}_{\text{Economy}} \cdot \text{Preis}_{\text{Economy}} \end{array} \right)$$

mit:

- E jährli. Einnahmen aus der Flugmission,
- NFY Anzahl der Flüge pro Jahr (550 Flüge),
- AUS Auslastung der jeweiligen Klasse,
- Pax Max. mögliche Passagiere der jeweiligen Klasse,
- $Preis$ Ticketpreis in der jeweiligen Klasse.

Es wird nun angenommen, dass die Unterhaltungssysteme alleine durch zusätzliche Passagiere in der Economy Klasse finanziert werden sollen. Anstelle der jährlichen Einnahmen E werden die direkten Betriebskosten DOC eingesetzt. Dadurch vereinfacht sich die Gleichung und ergibt umgestellt nach der Auslastung AUS :

$$AUS = \frac{DOC}{NFY \cdot \text{Pax}_{\text{Economy}} \cdot \text{Preis}_{\text{Economy}}}$$

Anhand der Gleichung wurde die Auslastung abgeschätzt, die benötigt wird, um die Systeme ohne Mehraufwand einsetzen zu können. Die Ungenauigkeit dieser Abschätzung besteht darin, dass einige zusätzliche Kostenelemente, die durch die zusätzlichen Passagiere entstehen, vernachlässigt werden:

- Kraftstoffkosten durch das Mehrgewicht der zusätzlichen Passagiere (und deren Gepäck),
- Kosten für die Mehrleistung der Kabinensysteme (z.B. Klimaanlage) durch zusätzliche Passagiere,
- Kosten für zusätzliche Mahlzeiten,
- Kosten für den gestiegenen Verwaltungsaufwand (z.B.

durch Buchungen).

Die Auslastung kann nun in Mehrpassagieren ausgedrückt werden (TAB 2). Wie man erkennt, ist die benötigte zusätzliche Auslastung nicht sehr hoch. Auf das vorgegebene Standardlayout bezogen, ermöglichen drei Passagiere in der Economy Klasse pro Flug die Finanzierung für ein Video On Demand- System im gesamten Flugzeug. Diese Betrachtung berücksichtigt jedoch nur die Systemkosten mit den oben dargestellten Annahmen, zusätzlich müssen Lizenzrechte für Filme und Videospiele hinzugerechnet werden.

TAB 2. Mehrpassagiere in der Economy Klasse zur Finanzierung der direkten Betriebskosten von Unterhaltungssystemen.

Unterhaltungssystem	Mehrpasagiere
Audio	0,3
Overhead Video	0,7
In Seat Video	1,6
Interactive	2,0
Video On Demand	2,5

4. SCHLUSSBEMERKUNG

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Betriebskosten von Passagiersitzen und Unterhaltungssystemen. Bei letzteren wird über den Flugscheinpreis der Bezug zur notwendigen Passagierauslastung vorgestellt, was eine Kostendarstellung in einer leichter einschätzbaren Größe ermöglicht. Die Arbeit hat damit gezeigt, dass eine Bewertung von Kabinensystemen durch eine monetäre Betrachtung mittels Betriebskostenberechnung mit relativ wenigen Eingangsparametern möglich ist.

Der Autor dankt allen, die ihn bei der Ermittlung der Daten unterstützt haben. Besonderer Dank geht an die Betreuer Herr Mauritz von der DaimlerChrysler Forschung, sowie Herr Prof. Dr. Scholz von der Fachhochschule Hamburg.

5. LITERATURVERZEICHNIS

- [1] SCHOLZ, D.: *Flugzeugentwurf, Vorlesungsskript*, Hamburg: Fachhochschule Hamburg, 2000
- [2] SCHOLZ, D.: *DOC_{SYS} - A Method to Evaluate Aircraft Systems*, Neu Wulmsdorf: Applied Science, 1999