



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Diplomarbeitspräsentation



Fachbereich Fahrzeugtechnik und Flugzeugbau

Direct Operating Costs of Aircraft Fuel Systems

In Zusammenarbeit mit: Airbus UK Limited, Bristol

Verfasser: Markus Rehsöft

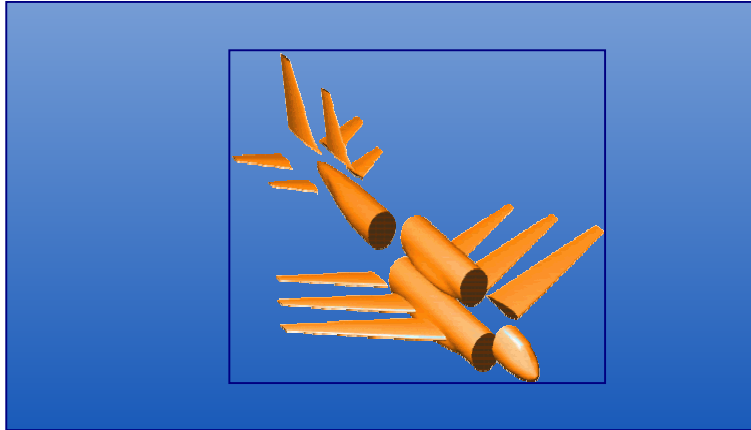
1. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Dieter Scholz, MSME
2. Prüfer: Prof. Dr.-Ing. Michael Seibel

1. Einleitung
2. Kostenstruktur eines Flugzeugs
3. DOC_{SYS} - Direct Operating Costs for Aircraft Systems
4. Treibstoffsystem eines Langstreckenflugzeugs mit zwei Triebwerken
5. Berechnung der direkten Betriebskosten eines Treibstoffsystems und Diskussion der Ergebnisse



1. Cost Efficient Aircraft Study

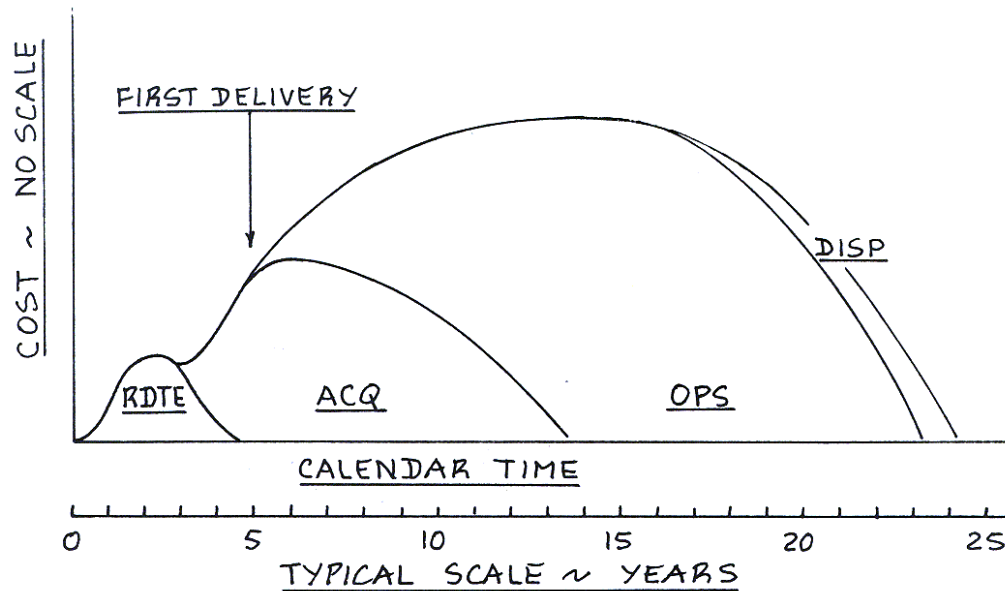
- Welcher Zusammenhang besteht zwischen Flugzeugkomponenten und Kosten für Hersteller wie auch für Betreiber von Flugzeugen?



- Antwort:
 - Identifizierung der hauptsächlichlichen Kostenverursacher von heute und wie diese sich vielleicht in Zukunft ändern werden



2.1 Lebenszykluskosten eines Flugzeugprogramms



- Lebenszykluskosten setzen sich zusammen aus:
 - Kosten für Entwicklung (RDTE)
 - Kosten für Produktion (ACQ)
 - Kosten für Betrieb (OPS)
 - Kosten für Verschrottung (DISP)

2.2 Betriebskosten eines Flugzeugs

$$\textit{Operating Costs} = \textit{Direct Operating Costs} + \textit{Indirect Operating Costs}$$

- Direkte Betriebskosten setzen sich zusammen aus:
 - Preisabhängige Kosten
 - Abschreibung
 - Zinsen
 - Versicherung
 - Flugbedingte Kosten
 - Treibstoffkosten
 - Landegebühren
 - Kosten für Cockpitbesatzung
 - Kosten für Kabinenbesatzung
 - Wartungskosten



3. DOC_{SYS} - Direct Operating Costs for Aircraft Systems

- DOC_{SYS} unterteilt die direkten Betriebskosten eines Flugzeugsystems in drei Hauptbestandteile
 - Abschreibung
 - Treibstoffkosten
 - Wartungskosten



3. DOC_{SYS} - Direct Operating Costs for Aircraft Systems

- Folgende systemspezifische Parameter sind zur Berechnung dieser Kosten notwendig:
 - Preis
 - Gewicht und Leistungsverbrauch
 - Direkte Wartungskosten
- Folgende flugzeugspezifische Parameter sind zur Berechnung dieser Kosten notwendig:
 - Spezifischer Treibstoffverbrauch
 - Gleitzahl
 - Flugzeit
 - Bahnneigungswinkel
 - Abschreibungszeitraum
 - Treibstoffpreis
 - Anzahl der Flüge pro Jahr
 - MTOW & MZFW



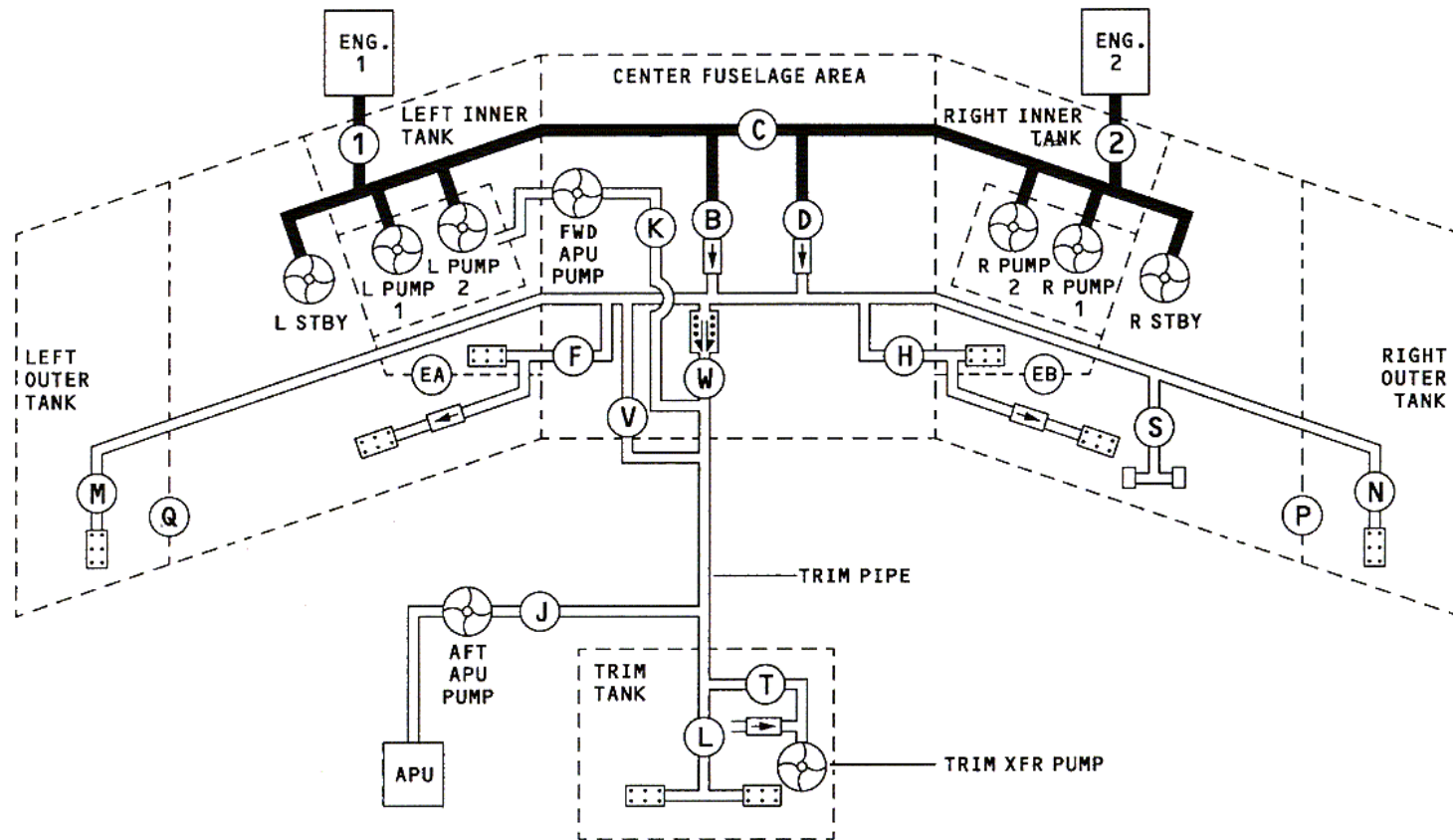
4. Treibstoffsystem eines Langstreckenflugzeugs

- Flugzeugsysteme sind generell definiert als “...eine Anordnung von in Wechselbeziehung stehenden Komponenten, um eine spezifische Funktion in einem Flugzeug zu erfüllen.”
- Die Hauptfunktionen eines Treibstoffsystems für ein Langstreckenflugzeug sind:
 - Bevorratung der für den Flug benötigten Treibstoffmenge
 - Versorgung der Triebwerke und der APU mit Treibstoff
 - Kontrolle des Flugzeugschwerpunkts
 - Entlastung des Tragflächenbiegemoments



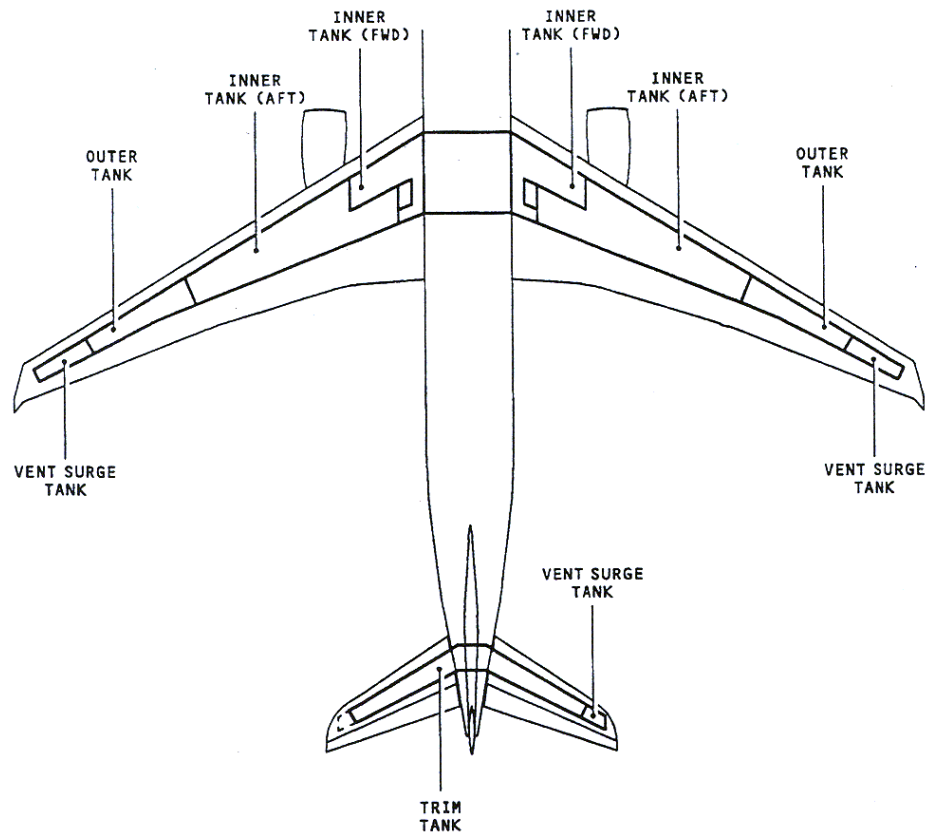
4. Treibstoffsystem eines Langstreckenflugzeugs

- Welche Komponenten sind notwendig um diese Funktionen zu erfüllen?



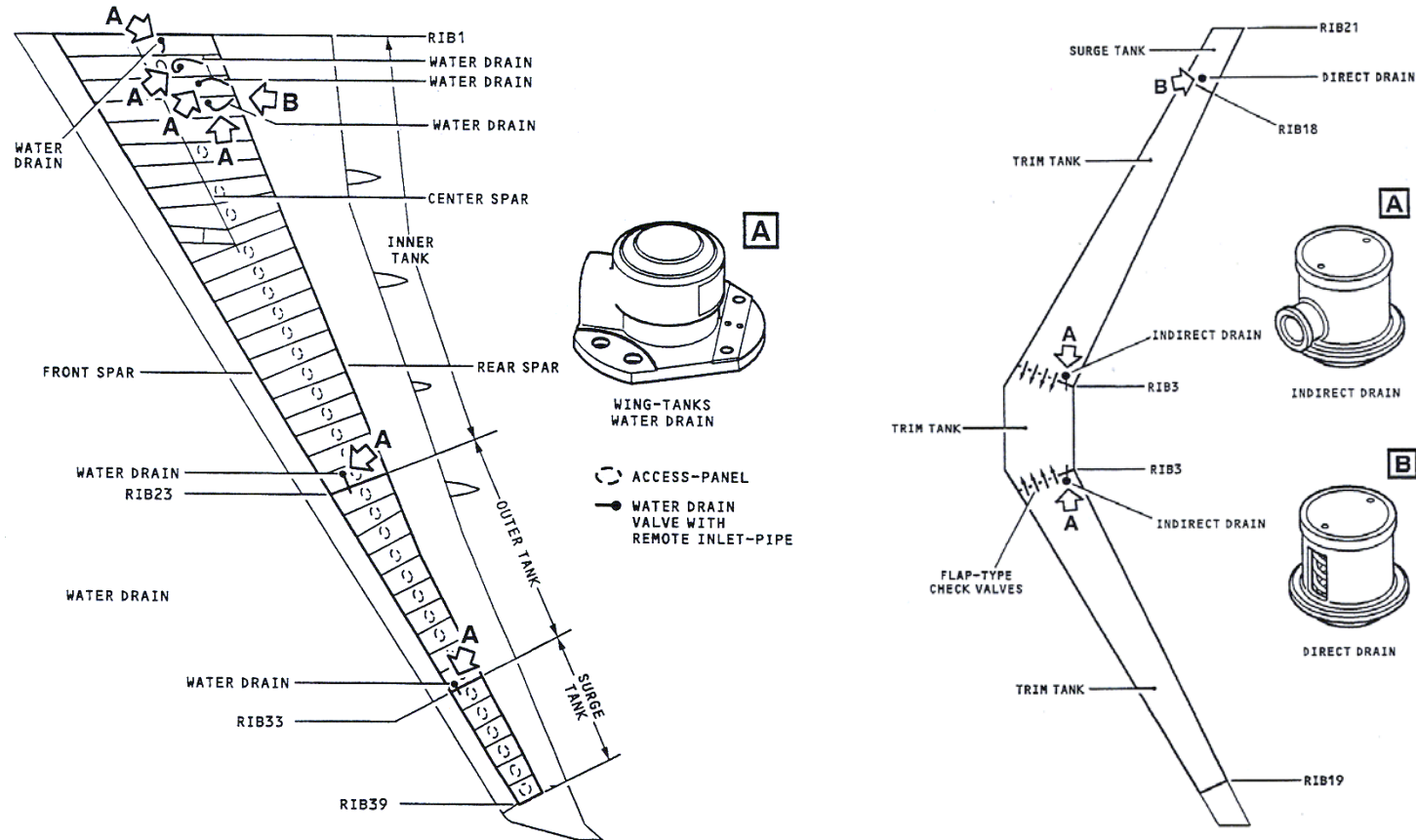
4. Treibstoffbevorratung

- Treibstoff wird in äusseren und inneren Flügeltanks sowie in einem Trimtank im Höhenleitwerk mitgeführt



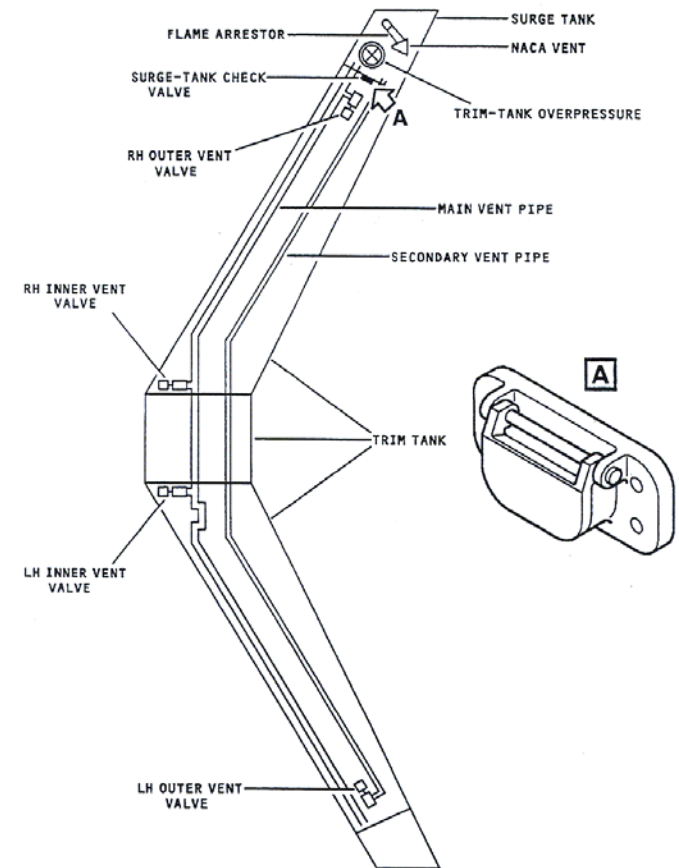
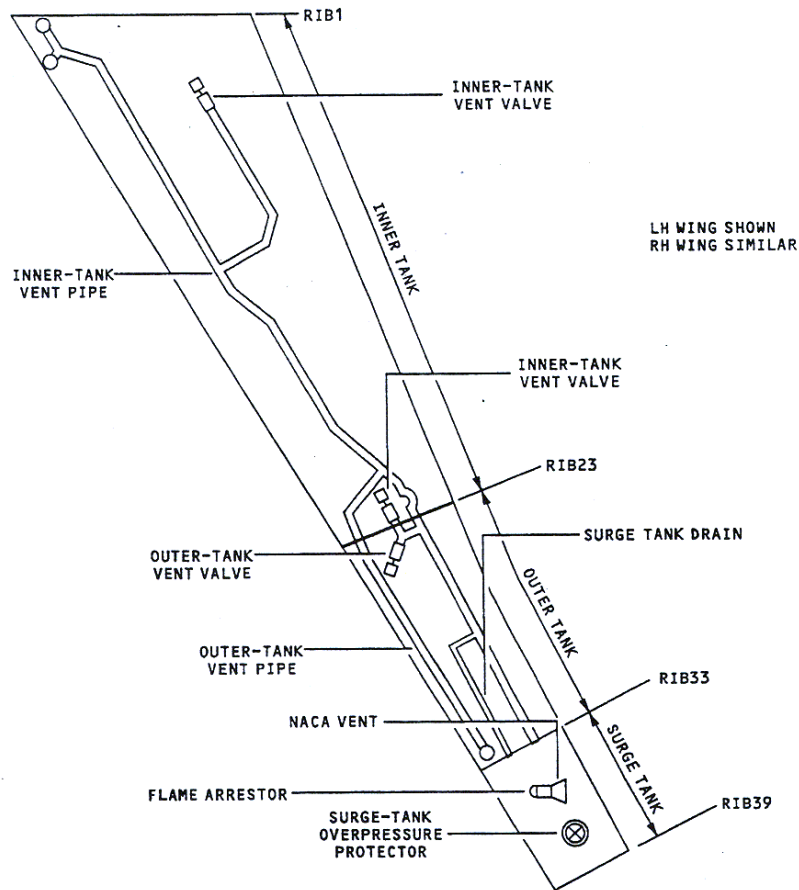
4. Treibstoffbevorratung

- Diverse Ablassventile sind notwendig, um Wasser oder verbliebenen Treibstoff aus den Tanks zu entfernen



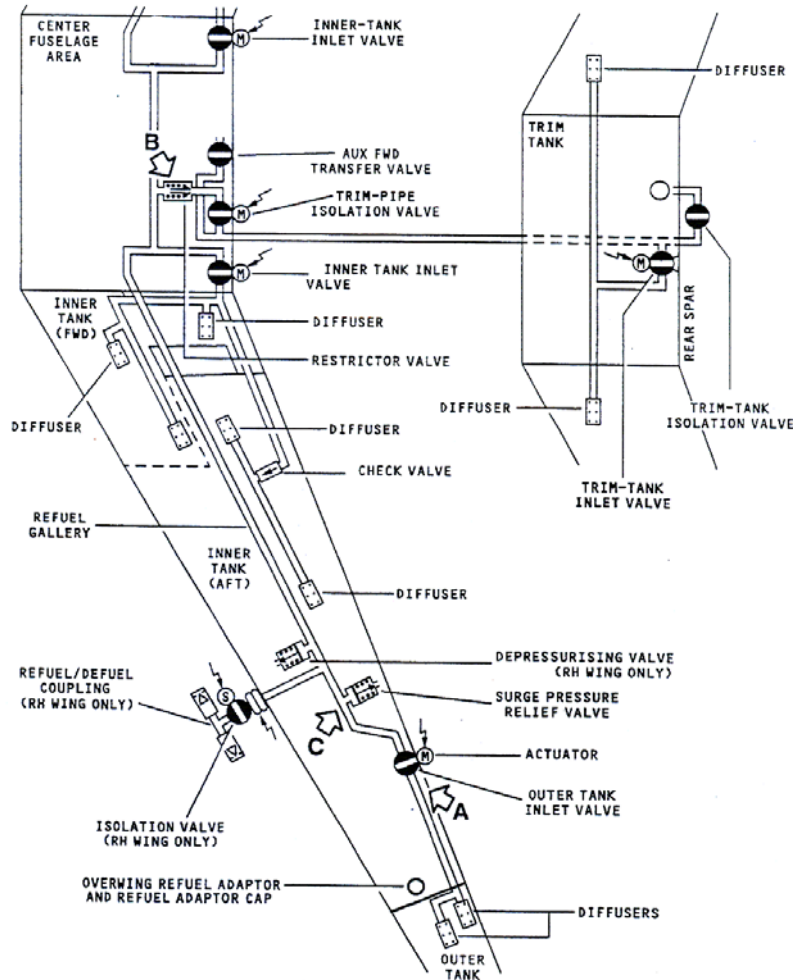
4. Treibstoffbevorratung

- Diverse Rohrleitungen und Ventile sind notwendig, um eine Ventilation der Luft in den Tanks zu gewährleisten



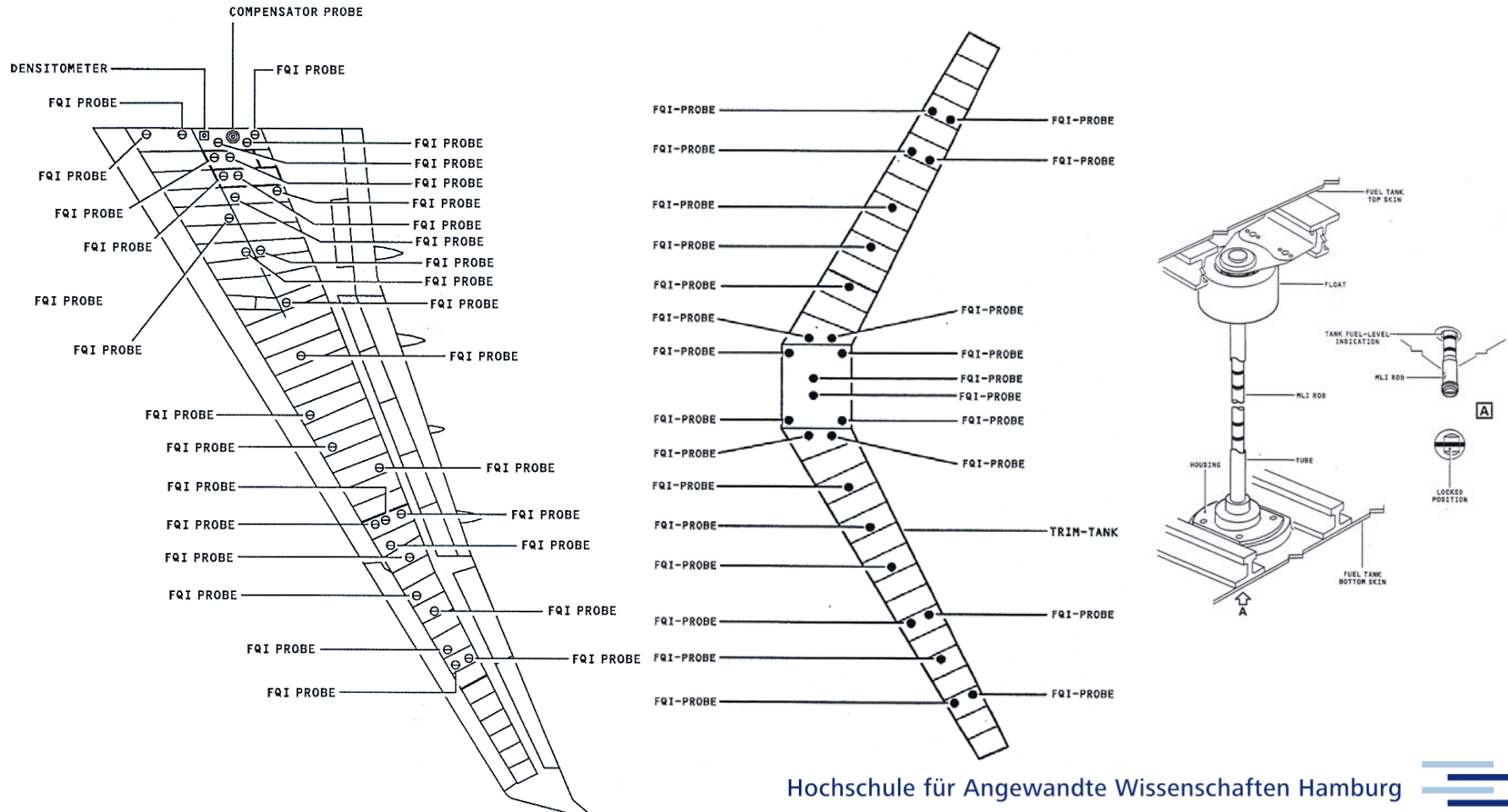
4. Treibstoffbevorratung

- Ein Be- und Enttankungssystem ist notwendig, um den Treibstofffluss in und aus dem Flugzeug zu kontrollieren



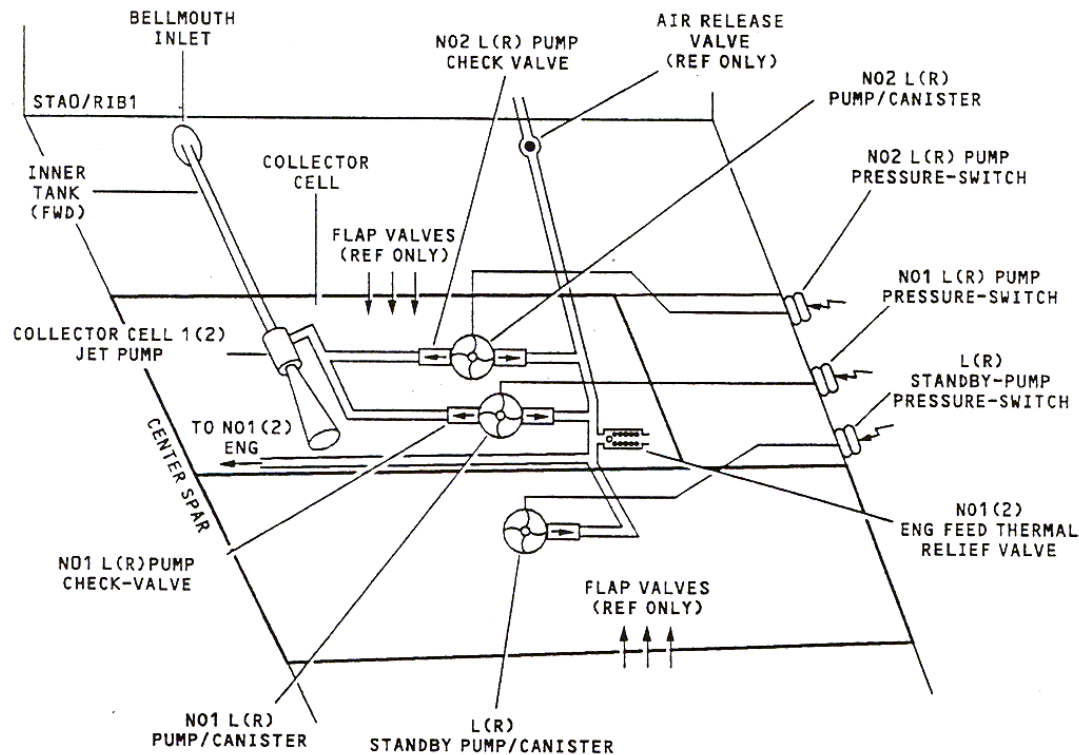
4. Treibstoffbevorratung

- Ein Messsystem ist notwendig, um Informationen über die noch brauchbare Treibstoffmenge zu liefern



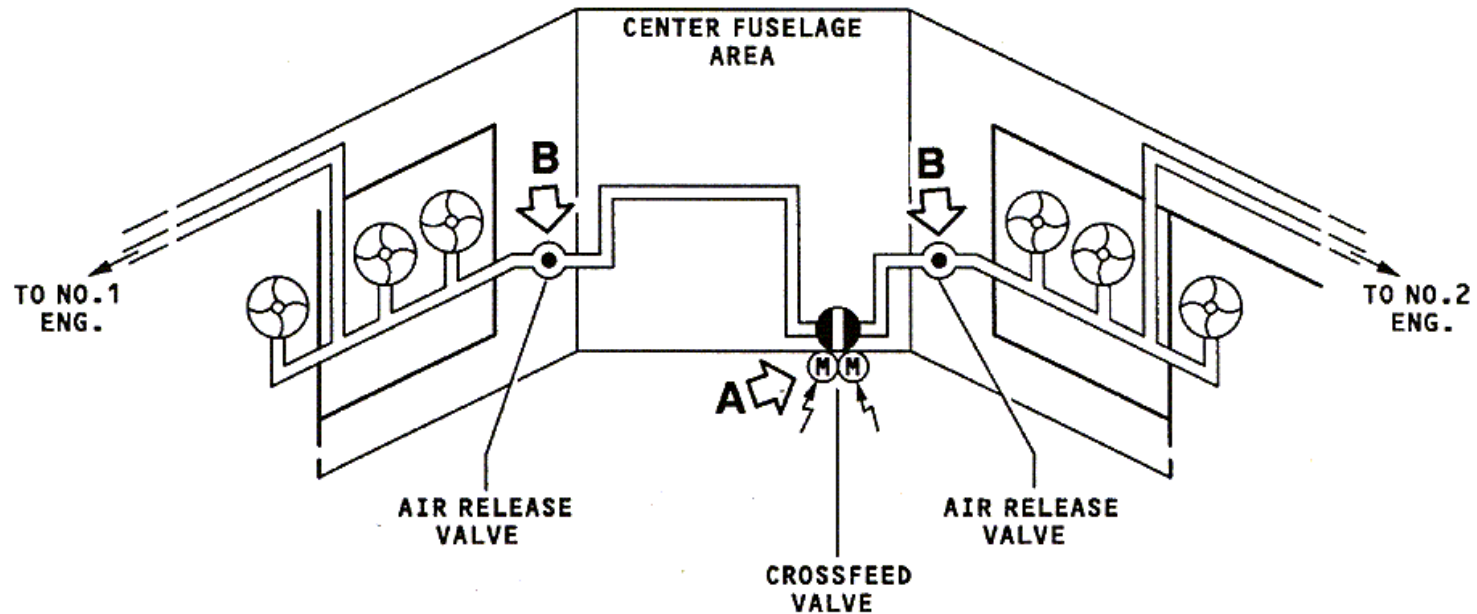
4. Triebwerksversorgung

- Jedes Triebwerk wird von zwei Hauptpumpen versorgt, die in Sammelzellen installiert sind
- Jedes Triebwerk verfügt über eine Hilfspumpe



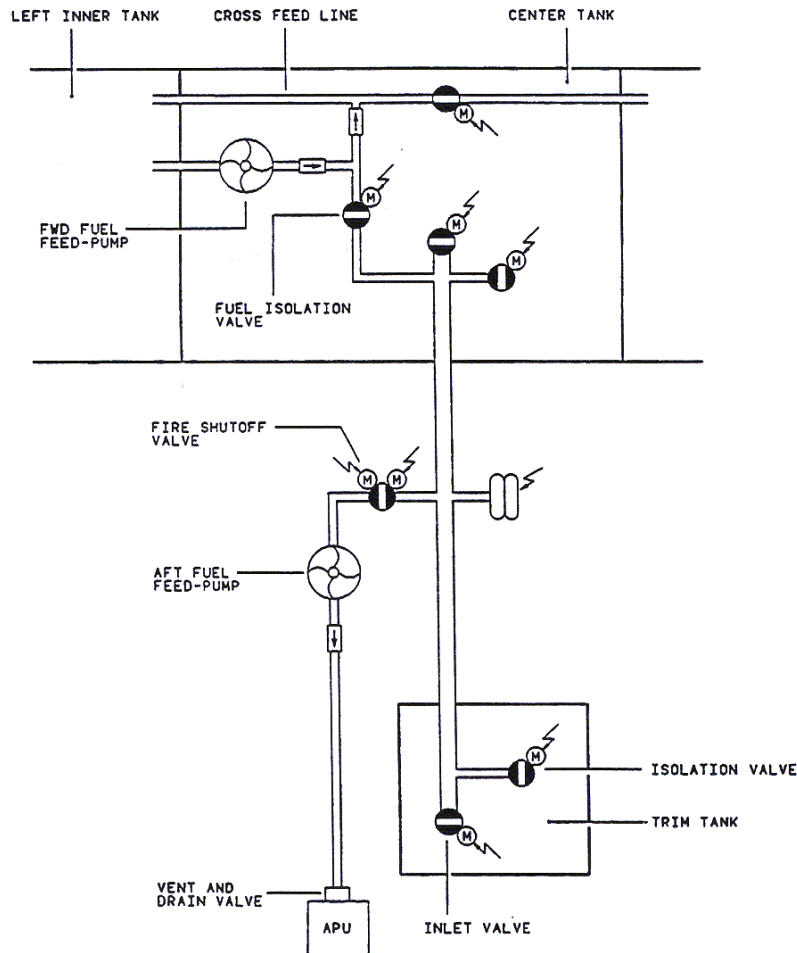
4. Triebwerksversorgung

- Ein Crossfeed System versorgt im Notfall ein Triebwerk mit dem gesamten Treibstoff



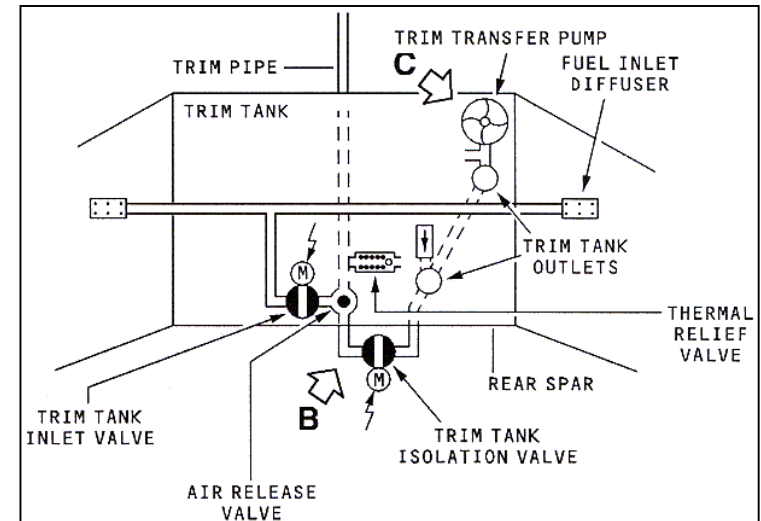
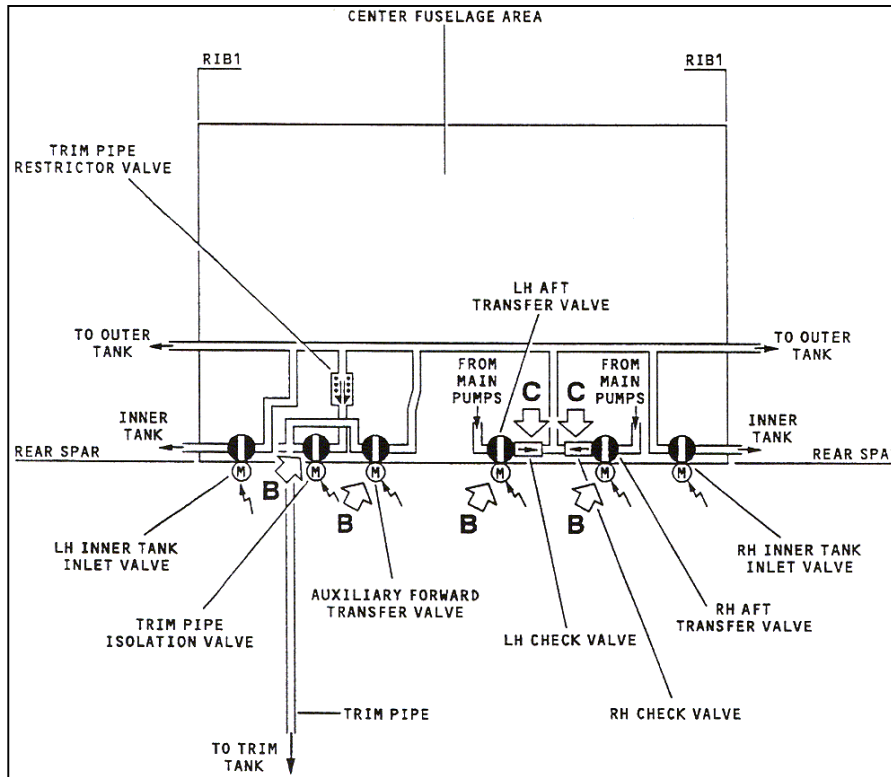
4. Versorgung der APU

- Zwei Pumpen und verschiedene Ventile gewährleisten die Versorgung der APU mit Treibstoff



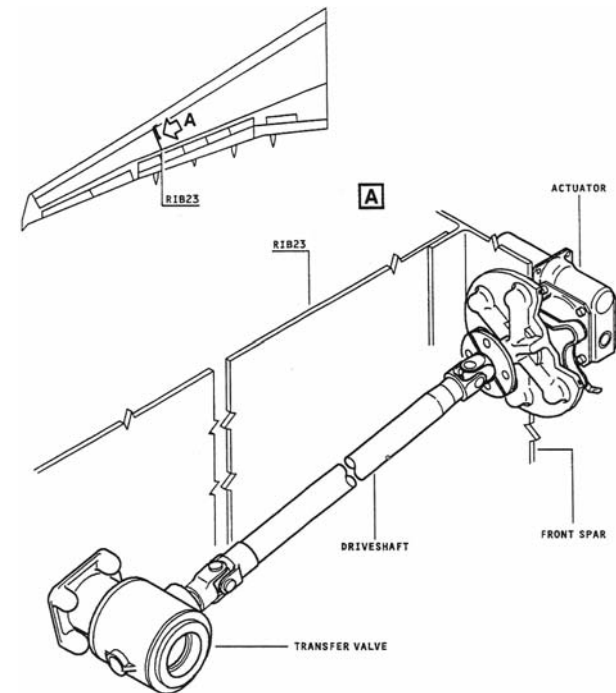
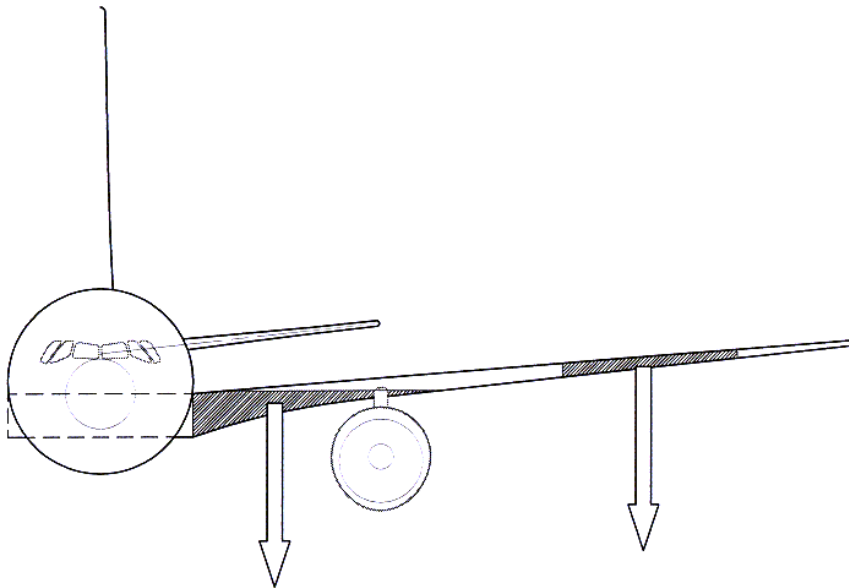
4. Schwerpunktskontrolle

- Diverse Ventile und Rohre verbinden die Flügeltanks mit dem Trimmtank



4. Entlastung des Tragflächenbiegemoments

- Jeweils ein Ventil verbindet den äusseren mit dem inneren Flügeltank
- Der äussere Tank wird in Intervallen per Schwerkraft entleert



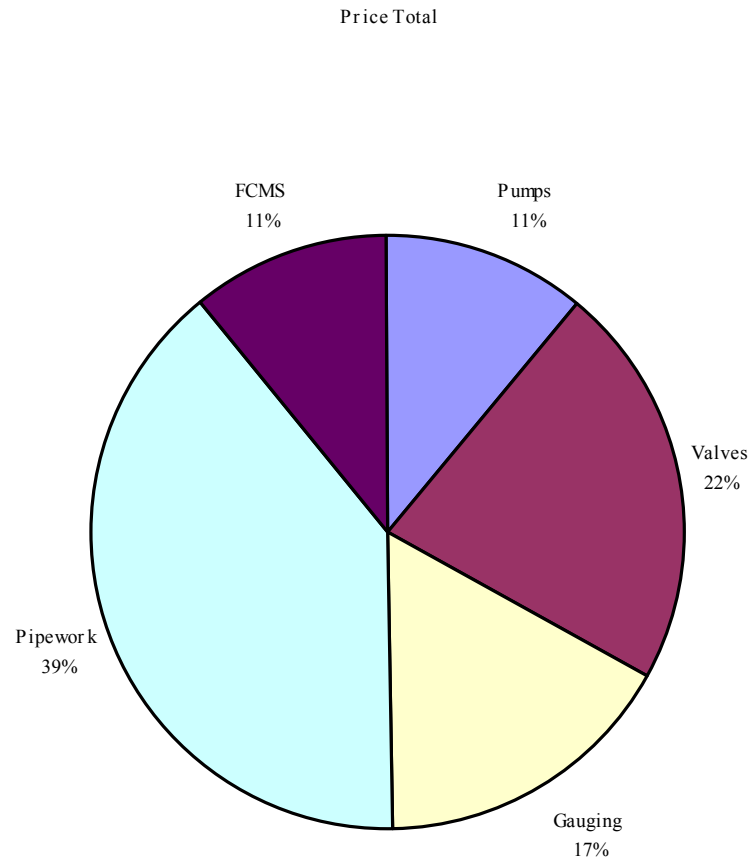
4. Treibstoffsystem eines Langstreckenflugzeugs

- Diese Systemarchitektur beinhaltet:
 - 13 Pumpen
 - 74 Ventile
 - 124 Messsonden
 - 278 kg Rohre und Rohrverbindungen
 - 2 Fuel Control and Monitoring Computers



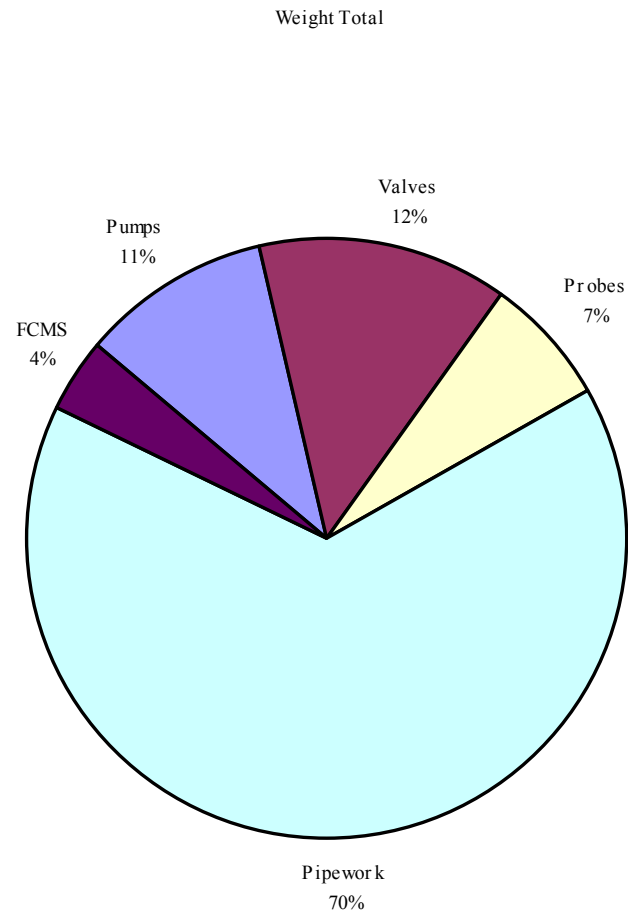
4. Systemspezifische Parameter

- Preis:



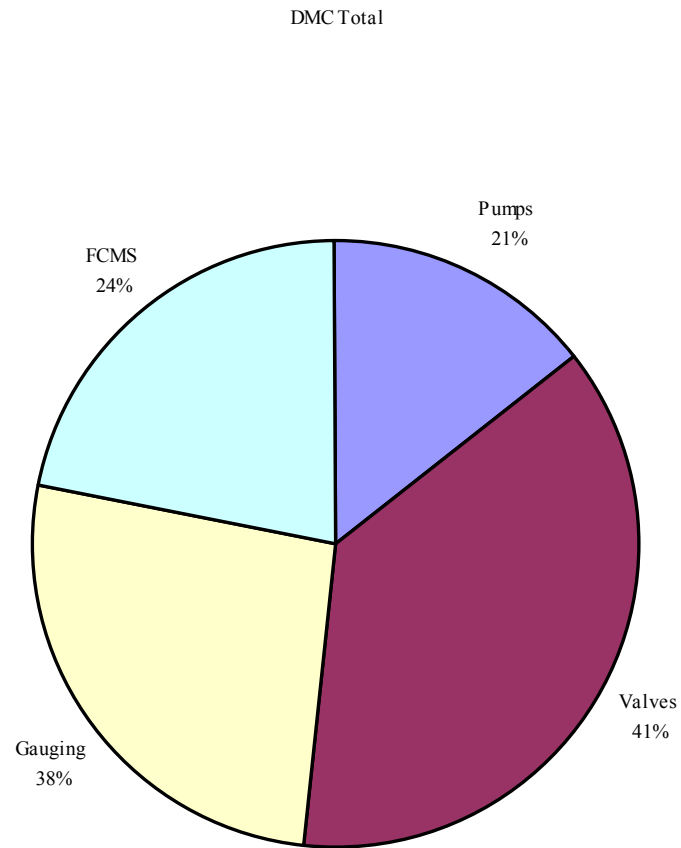
4. Systemspezifische Parameter

- Gewicht:



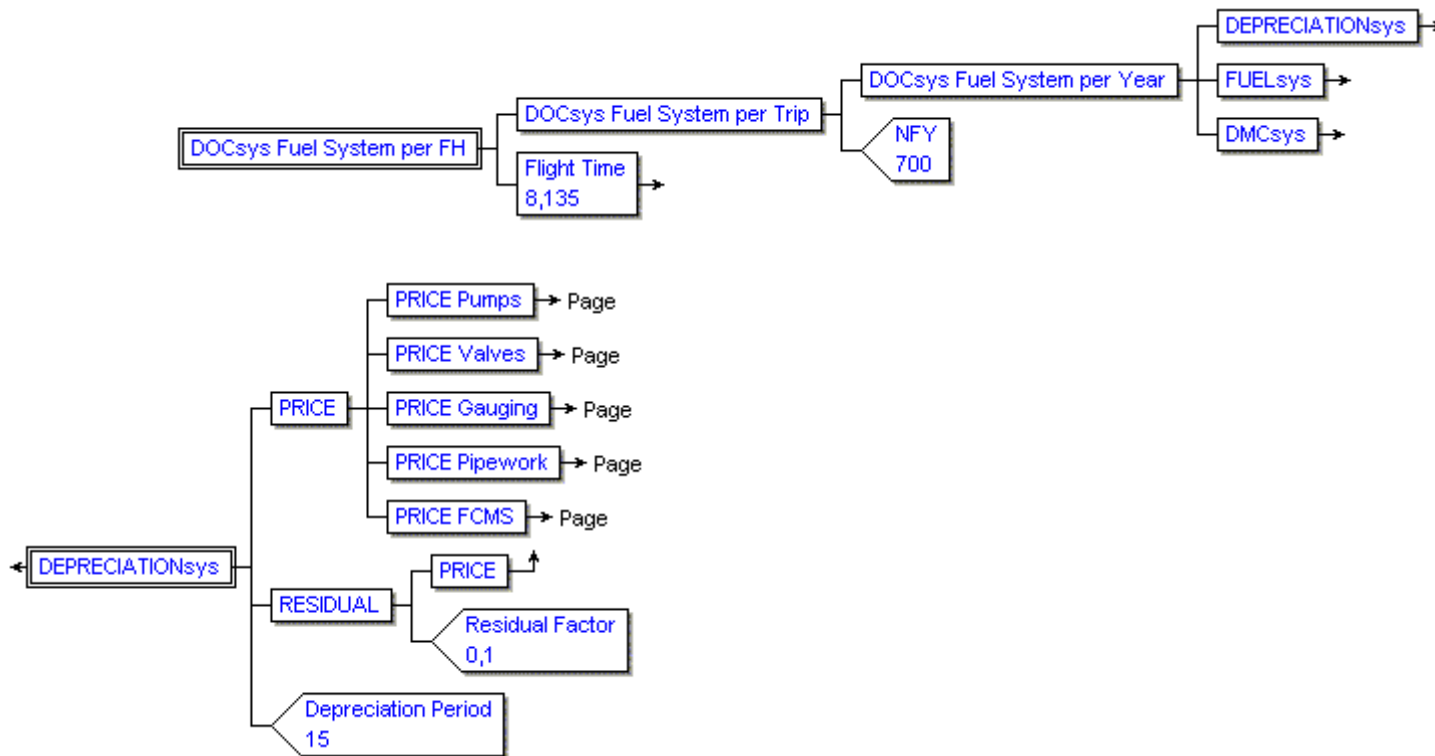
4. Systemspezifische Parameter

- Wartungskosten:



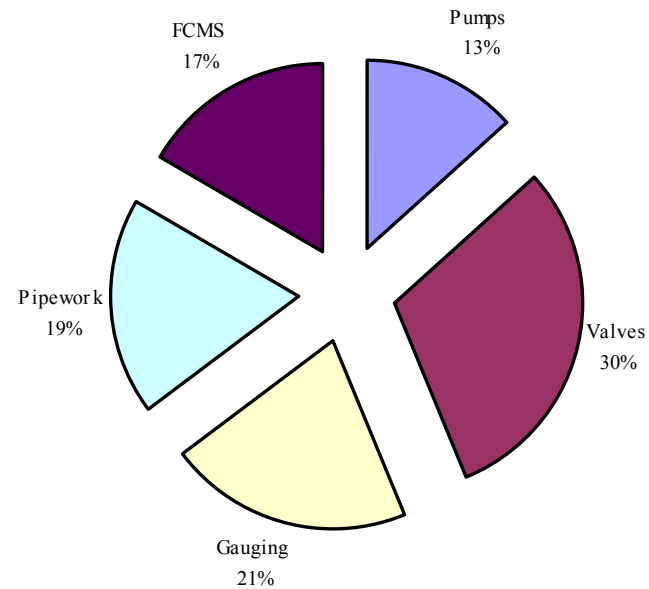
5. Anwendung der DOC_{SYS} -Formeln in Verbindung mit DecisionPro™

- Die Formeln von DOC_{SYS} wurden in einer “Baumstruktur” mittels des Analysetools DecisionPro™ programmiert
- Eine solche Baumstruktur gibt eine gute Übersicht, kann leicht erstellt und modifiziert werden



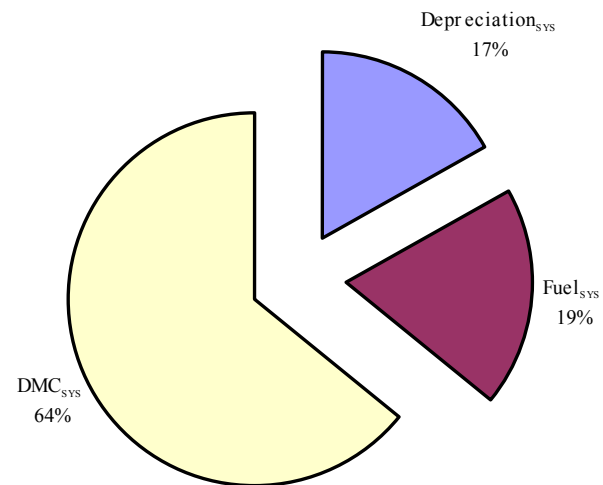
5. DOC der einzelnen Komponentengruppen

DOC by Component Groups

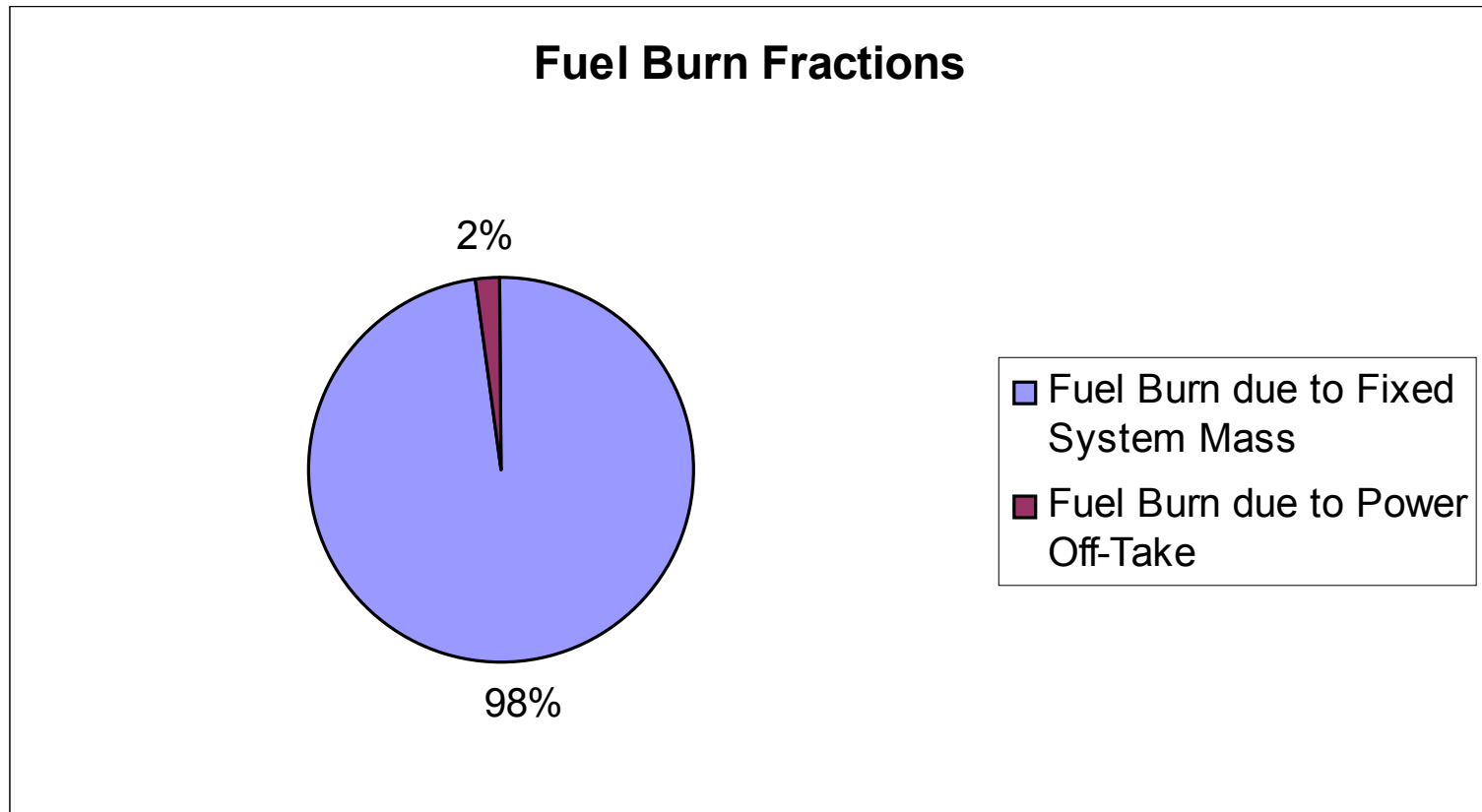


5. DOC_{SYS}-Hauptbestandteile

DOC Fractions

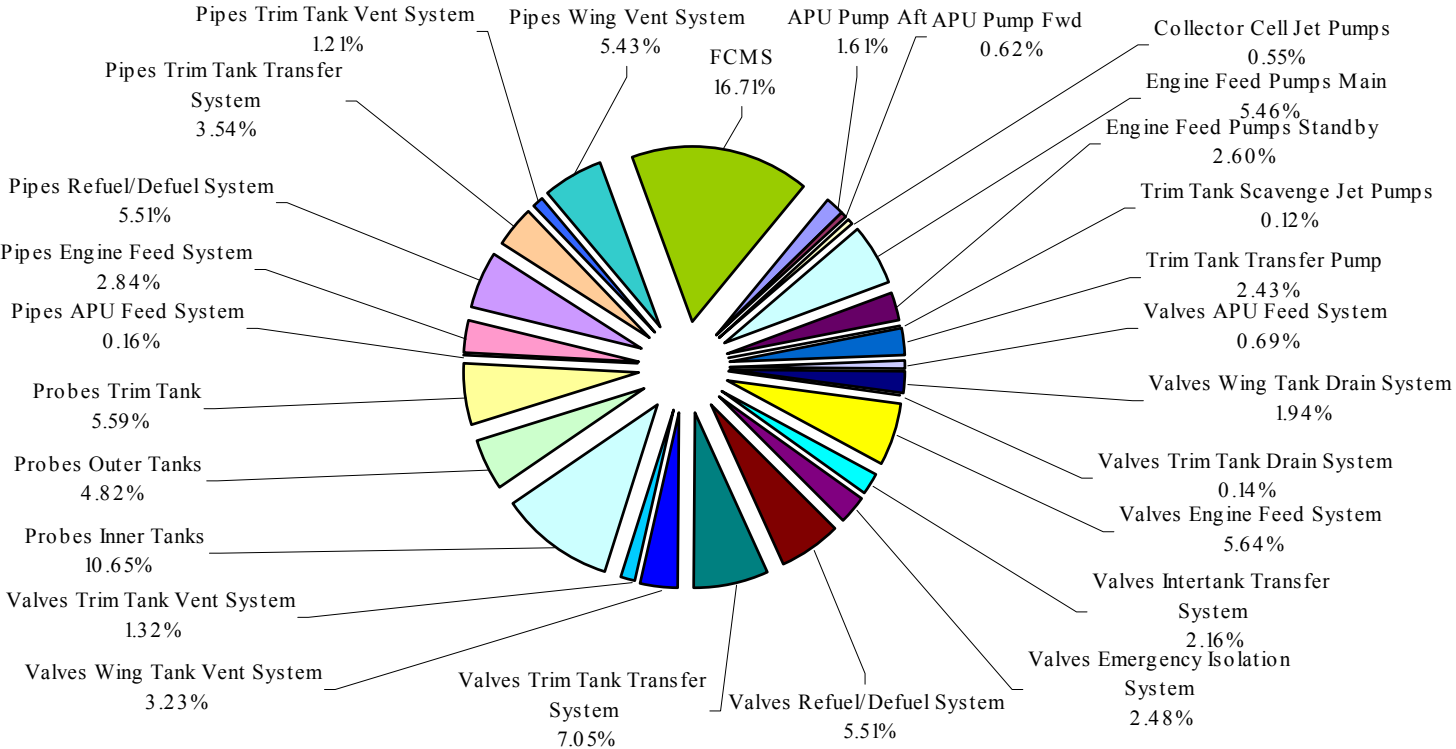


5. Aufteilung der Treibstoffkosten



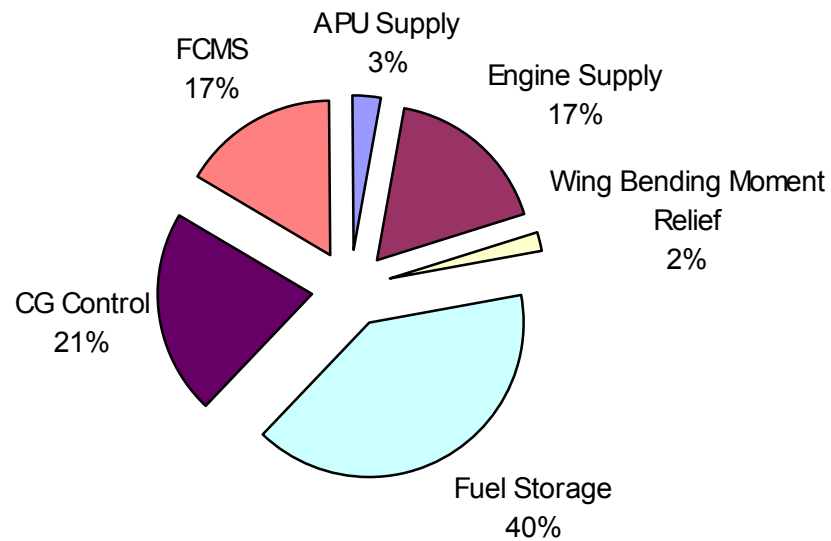
5. DOC der einzelnen Komponenten

DOC by Components



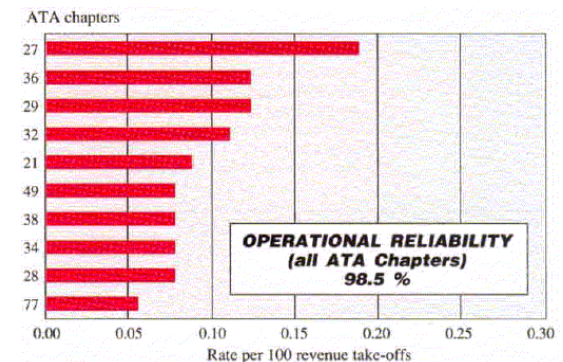
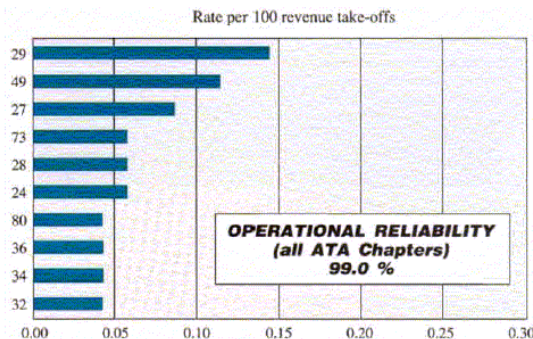
5. DOC der einzelnen Funktionen

DOC by Fuel System Functions



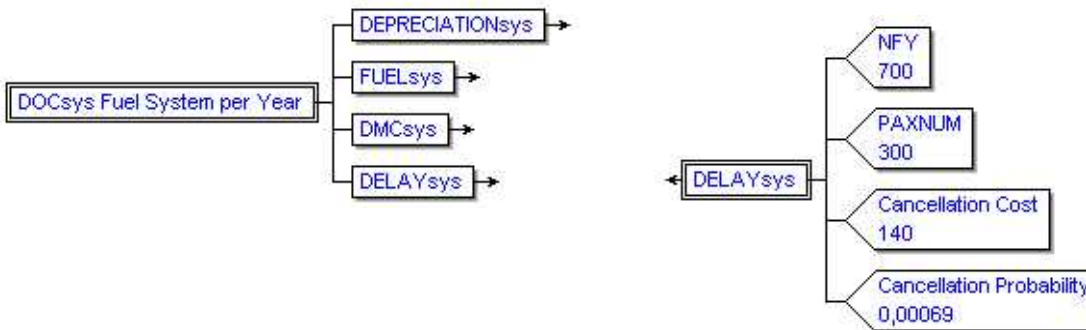
5. Weitere Kosten, die berücksichtigt werden können

- Eine erweiterte Definition von DOC_{SYS} berücksichtigt Kosten durch
 - Ersatzteilbevorratung (ist im Rahmen dieser Diplomarbeit nicht weiter verfolgt worden)
 - Kosten durch Flugverzögerungen oder -ausfällen aufgrund des zu untersuchenden Systems
- Diese DOC hängen von Parametern wie Ausfallwahrscheinlichkeiten aufgrund eines Systems und den damit verbundenen Kosten ab
- Beide Werte variieren jedoch stark von Betreiber zu Betreiber

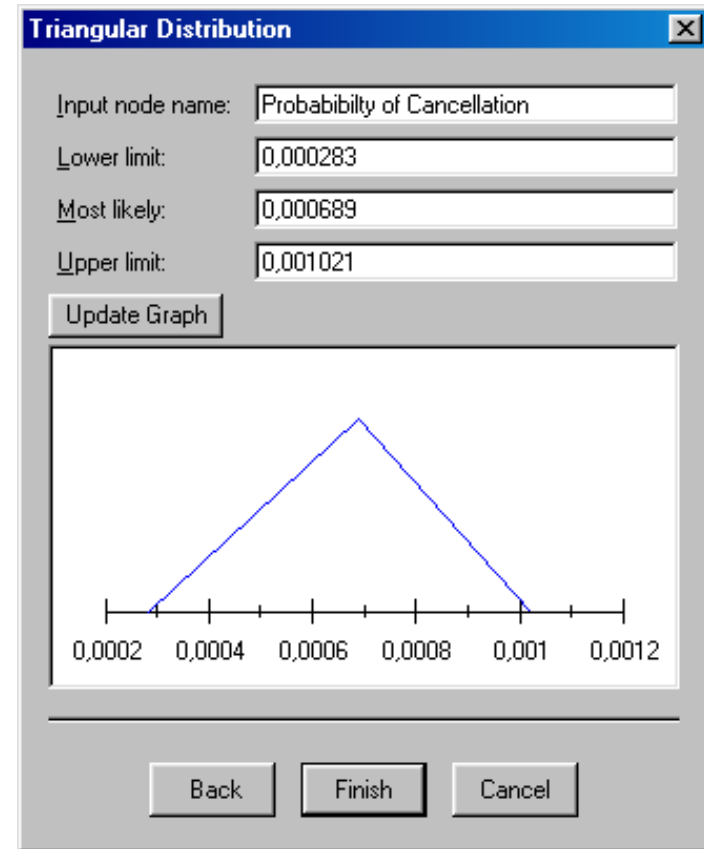
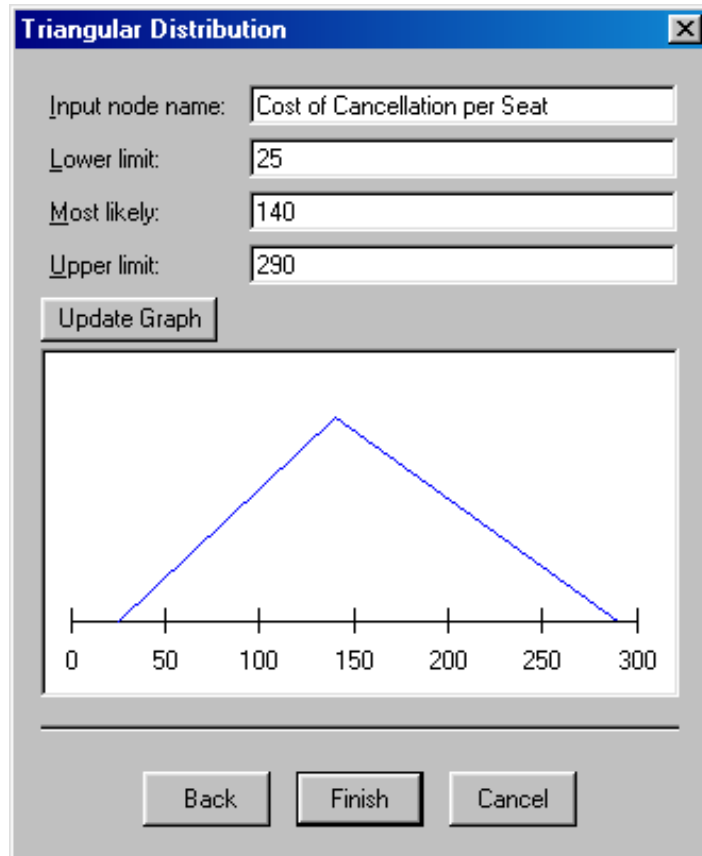


5. DecisionPro™ & Monte-Carlo-Simulation

- DecisionPro™ stellt die sog. Monte-Carlo-Simulation zur Verfügung, um den Einfluss einer Variablen mit bestimmten Grenzen und deren Eintrittswahrscheinlichkeiten zu untersuchen

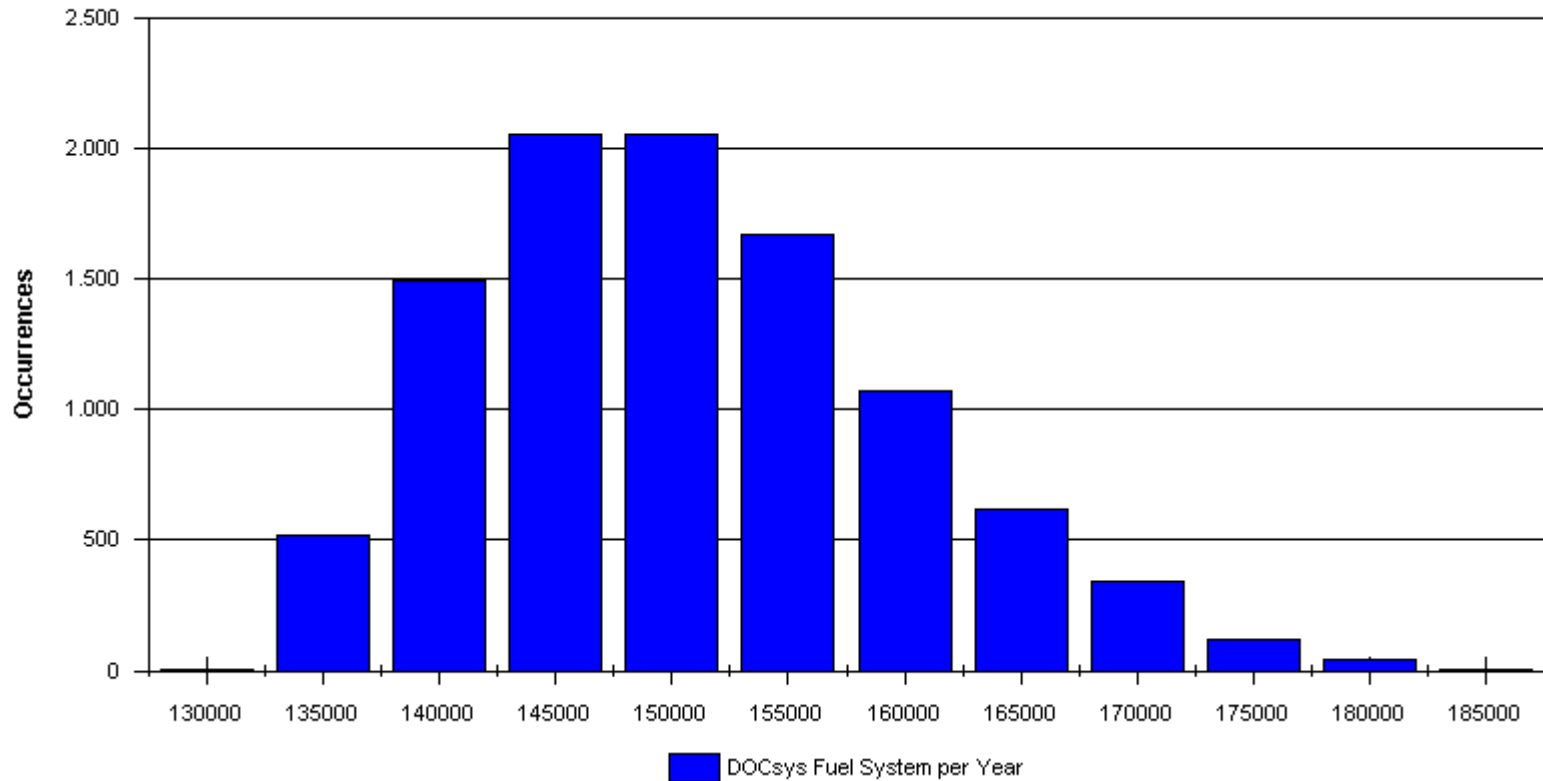


5. Bestimmung der Grenzen der Variablen



5. Ergebnisverteilung nach 10.000 Rechnungen

Frequency Distribution



5. Wahrscheinlichkeitsverteilung nach 10.000 Rechnungen

