



Deutsche Gesellschaft
für Luft- und Raumfahrt
Lilienthal-Oberth e.V.



ROYAL
AERONAUTICAL
SOCIETY
HAMBURG BRANCH e.V.



Verein Deutscher Ingenieure
Hamburger Bezirksverein e.V.
Arbeitskreis Luft- und Raumfahrt

Ein Vortrag der DGLR in Kooperation mit VDI und RAeS

Kraftstoffbedarfsplanung für einen Langstreckenflug aus Sicht der Besatzung

Dipl.-Ing. Claus Cordes, Flugkapitän

Zeit: **Donnerstag, 18. Dezember 2014, 18:00 Uhr**

Ort: **HAW Hamburg**

Berliner Tor 5

(Neubau), Hörsaal 01.12



Bedienung einer Lufthansa Lockheed L 1049 G "Super Constellation" (1955-1967) Foto: Deutsche Lufthansa AG / CH0312-25-3
Nur für redaktionelle Zwecke / For editorial purposes only

Bei der Festlegung der Kraftstoffmenge, die auf einem Langstreckenflug mitgeführt werden soll, sind viele Punkte zu beachten. Die Vorgaben der Luftfahrtbehörden beschreiben nur die vom jeweiligen Umfeld unabhängige Mindestmenge. Tatsächlich sind aber viele Aspekte zu berücksichtigen, wie z.B. das Wetter auf der Strecke oder am Zielort, die Verkehrslage am Abflug- oder Zielflughafen, besondere technische Gegebenheiten am Flugzeug (die evtl. den Kraftstoffverbrauch erhöhen), Anschlussverbindungen der Passagiere, flugmechanische Gegebenheiten (Kraftstoffbedarf für zusätzlich mitgeführten Kraftstoff oder die maximale Landemasse) und der Unterschied im Kraftstoffpreis zwischen Abflugort und Zielort. Der Vortrag beschreibt die gesetzlichen Regeln und die grundsätzliche Vorgehensweise von Besatzungen bei der Festsetzung der mitgeführten Kraftstoffmenge und zeigt das Spannungsfeld auf, in dem dabei nach verschiedenen Prioritäten Abwägungen vorgenommen werden müssen.

Download from:
<http://hamburg.dgflr.de>

Kraftstoffbedarfsplanung für einen Langstreckenflug aus Sicht der Besatzung

Zusammenfassung des Vortrages von **Claus Cordes** im Rahmen der Vortragsreihe von DGLR, VDI, RAeS und HAW Hamburg am 18. Dezember 2014 in den Räumen der HAW Hamburg.

Kurzreferat

Bei der Festlegung der Kraftstoffmenge, die auf einem Langstreckenflug mitgeführt werden soll, sind viele Punkte zu beachten. Die Vorgaben der Luftfahrtbehörden beschreiben nur die vom jeweiligen Umfeld unabhängige Mindestmenge. Tatsächlich sind aber viele Aspekte zu berücksichtigen, wie z.B. das Wetter auf der Strecke und am Zielort, die Verkehrslage am Abflug- oder Zielflughafen, besondere technische Gegebenheiten am Flugzeug (die evtl. den Kraftstoffverbrauch erhöhen), Anschlussverbindungen der Passagiere, flugmechanische Gegebenheiten (Kraftstoffbedarf für zusätzlich mitgeführten Kraftstoff oder die maximale Landemasse) und der Unterschied im Kraftstoffpreis zwischen Abflugort und Zielort. Der Vortrag beschreibt die gesetzlichen Regeln und die grundsätzliche Vorgehensweise von Besatzungen bei der Festsetzung der mitgeführten Kraftstoffmenge und zeigt das Spannungsfeld auf, in dem dabei nach verschiedenen Prioritäten Abwägungen vorgenommen werden müssen.

1 Einleitung

Der Kraftstoffbedarfsplanung für einen Langstreckenflug kommt eine erhebliche, auch wirtschaftliche Bedeutung zu. Dabei hat die Gewährleistung einer sicheren Flugdurchführung immer absolute Priorität. Bei der durch die Besatzung festzulegenden Menge, die beim Start an Bord sein soll, spielen aber viele, teils gegensätzliche Forderungen eine Rolle. Der Vortrag beleuchtet das Spannungsfeld und die sich zum Teil widersprechenden Anforderungen an die Brennstoffplanung, die erfüllt werden müssen.

2 Das Spannungsfeld

Kraftstoff bedeutet Zeit. Zeit, in der das Flugzeug in der Luft gehalten werden kann, sei es, um die eigentliche Flugaufgabe zu lösen, um auf Unregelmäßigkeiten zu reagieren, oder um das Flugzeug beim Auftreten schwerwiegender technischer Probleme auf eine sichere Landung vorzubereiten. Aber Kraftstoff bedeutet auch Kosten. Je mehr Kraftstoff getankt wird, desto höher ist der Kraftstoffverbrauch. Zudem werden alle Bauteile des Flugzeuges durch die höhere Gesamtmasse stärker belastet. Das Spannungsfeld aus verfügbarer Flugzeit und Kosten zeigt Bild 1.

Preisentwicklung des Kerosins: Seit 2001 hat sich der Preis für Kerosin etwa verfünffacht (Bild 2).



Bild 1: Spannungsfeld aus verfügbarer Flugzeit und Kosten

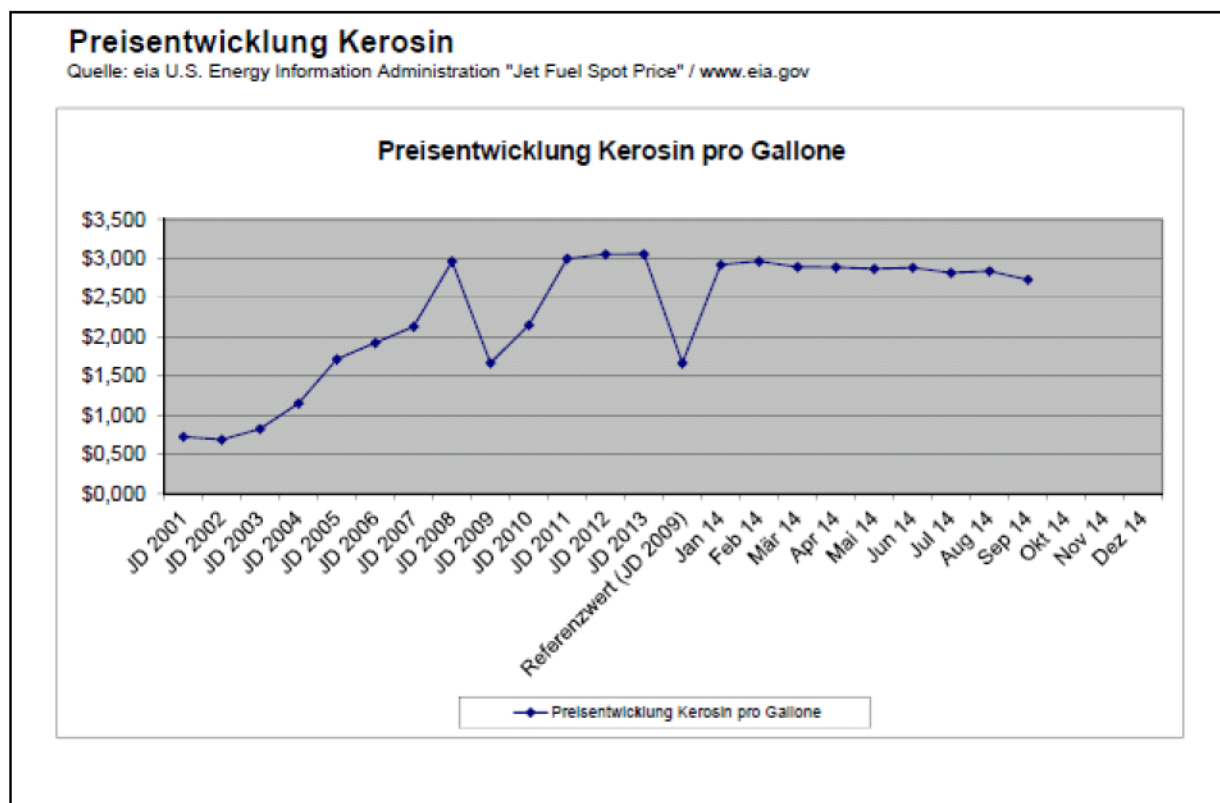


Bild 2: Preisentwicklung des Kerosins

Die Kosten für Treibstoff machen heute etwa 25 % ... 30 % der Betriebskosten für Fluggesellschaften aus.

3 Gesetzliche Forderungen

Die Anforderungen an die mitzuführende Treibstoffmenge sind in der EU OPS 1 in Abschnitt D "Operational Procedures" festgelegt (siehe Anhang). OPS 1.255 bestimmt,

- dass die Fluglinie entsprechende Verfahren festlegen muss, die gewährleisten, dass alle Flüge ausreichend Kraftstoff mitführen, um die Flugplanaufgabe sicher zu erfüllen und darüber hinaus Abweichungen davon abzudecken.
- dass realistische Angaben über den Verbrauch zugrunde gelegt werden müssen, die entweder auf den Angaben des Herstellers beruhen oder aus einem eigenen Kraftstoffverbrauchsverfolgungsprogramm der Fluglinie stammen.
- dass die zu erwartenden Massen für einen Flug zugrunde gelegt werden.
- dass die zu erwartenden Wetterbedingungen für die Flugstrecke und die Flughäfen zugrunde gelegt werden.
- dass die gültigen Flugsicherungsverfahren und etwaige Sonderbedingungen zugrunde gelegt werden.
- dass die Mindestbetankungsmenge sich aus folgenden Einzelmengen zusammensetzt (Bild 3 und Bild 4):
 - + *taxi fuel*
 - + *trip fuel*
 - + *reserve fuel*:
 - *contingency fuel*,
 - *alternate fuel*,
 - *final reserve fuel*,
 - *additional fuel*
 - + Darüber hinaus kann die Besatzung *extra fuel* mitführen.

Die Originalvorschrift kann im Internet eingesehen werden. Die Vorschriften sind permanent im Umbruch von JAR-OPS, auf EU-OPS und auf EASA-OPS. Im Anhang ist die hier zitierte Vorschrift EU-OPS von 2008 mit "OPS 1.255 Fuel policy" abgelegt. Darüber hinaus enthält der Anhang auch die EU-OPS von 2012 mit "CAT.OP.MPA.150 Fuel policy". Die Gliederung des Kraftstoffs oben entspricht "CAT.OP.MPA.150".

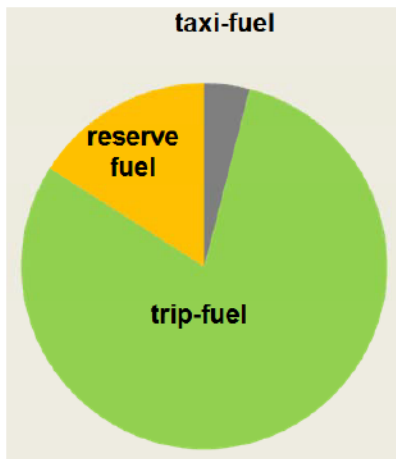


Bild 3: Zusammensetzung des Mindestkraftstoffbedarfs (*minimum fuel*).

Die Bedeutung der oben verwendeten **Begriffe** im Einzelnen:

Gültige Verfahren der Fluggesellschaft: Diese werden im OM – A (Operations Manual, Part A) festgelegt.

Kraftstoffverbrauchsverfolgungsprogramm: Die Fluggesellschaften fertigen genaue Aufzeichnungen über den Verbrauch jedes einzelnen Flugzeuges an, die den Flugplanungsprogrammen zugrunde liegen.

Zu erwartende Massen: Zum Zeitpunkt der Erstellung des Flugdurchführungsplanes wird aus den aktuellen Buchungszahlen und / oder der zu erwartenden Frachtmenge die Leertankmasse (Zero Fuel Weight, ZFW) bestimmt, die der Kraftstoffbedarfsermittlung zugrunde gelegt wird.



Bild 4: Zusammensetzung des Reservekraftstoffs (*reserve fuel*): *contingency fuel*, *alternate fuel*, *final reserve fuel*, *additional fuel*. Weiterhin kann es notwendig werden *extra fuel* und/oder *ballast fuel* mitzunehmen.

Zu erwartende Wetterbedingungen: Die allgemeinen Wetterbedingungen (Flughafenvorhersagen) und die Bedingungen auf der Strecke werden durch die World Area Forecast Centers (WAFC) in London oder Washington bereit gestellt. Die Werte werden für den Zeitraum, zu dem das Flugzeug eine Position und Höhe voraussichtlich erreichen wird, prognostiziert und bei der Erstellung des Flugdurchführungsplanes zugrunde gelegt (Bild 5).

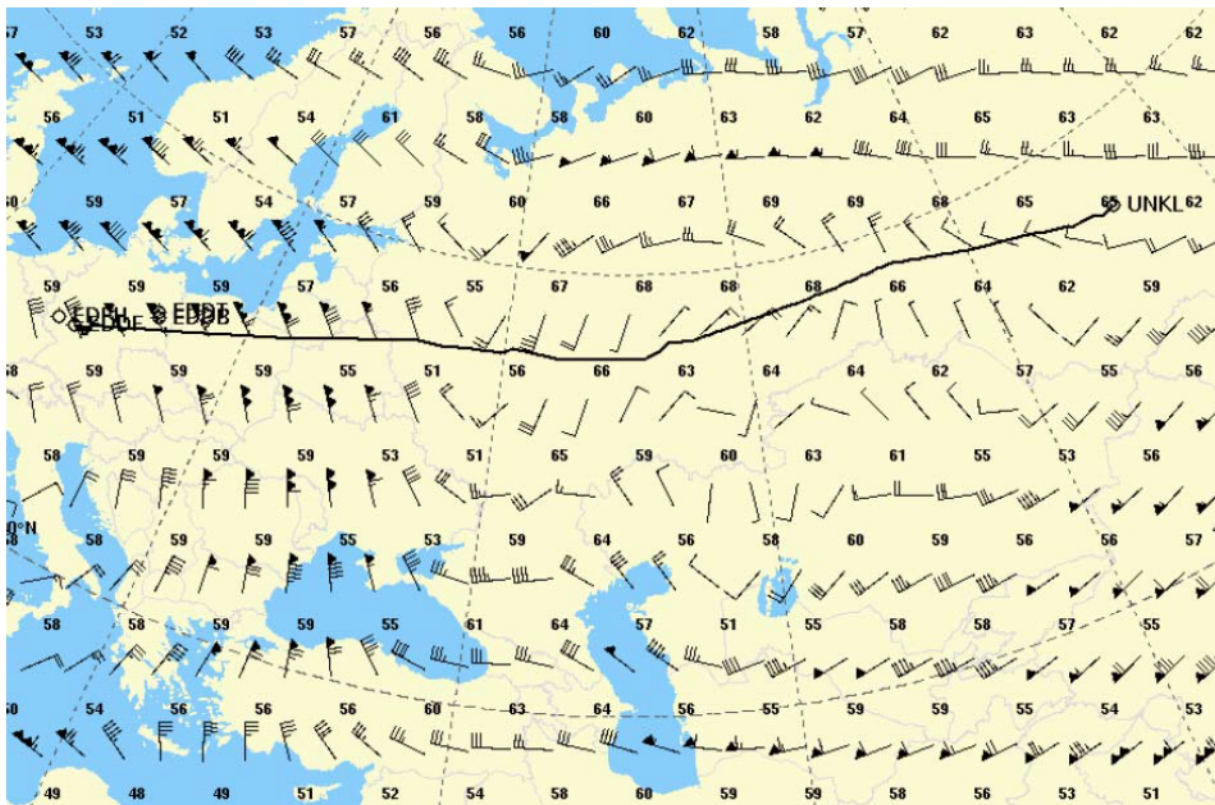


Bild 5: Kraftstoffbedarfsplanung unter Berücksichtigung der erwartenden Wetterbedingungen

Flugsicherungsverfahren: Abweichend von den Standardverfahren können für bestimmte Streckenabschnitte Beschränkungen oder Sonderbedingungen erlassen werden, die bei der Erstellung des Flugdurchführungsplanes ebenfalls berücksichtigt werden müssen.

Die Bedeutung der **Teilkraftstoffmengen** im Einzelnen:

Taxi fuel: Kraftstoff zum Anlassen der Motoren, zum Rollen zur Startbahn und zum Betrieb des Bodenhilfsaggregates (Auxiliary Power Unit, APU).

Trip fuel: Kraftstoff für den Start, den Steigflug auf Reiseflughöhe, Steigflüge auf eine andere (höhere) Reiseflughöhe, den Sinkflug, den Anflug und die Landung.

Reserve fuel: Der Reservekraftstoff setzt sich aus mehreren Einzelmengen zusammen:

Contingency fuel: 5 % (gegebenenfalls auch nur 3 %) des trip fuel, mindestens aber für 5 Minuten Warteflug, um unerwartete Veränderungen während des Reisefluges (Wind, Flughöhe, Umwege) abzudecken.

Alternate fuel: Kraftstoff für den Flug zu einem Ausweichflughafen inkl. Steigflug, Reiseflug, Anflug und Landung. Sind für einen Flug zwei Ausweichflughäfen vorgeschrieben, ist die größere der Einzelmengen heranzuziehen.

Final reserve fuel: Flug für 30 Minuten Warteflug am Ausweichflughafen in einer Höhe von 1500 ft über Grund. Ist vorhersehbar, dass diese Restmenge unterschritten werden wird, muss Luftnotlage erklärt werden.

Additional fuel: Wird evtl. durch die Betriebsart nötig (z. B. ETOPS Flüge)

Extra fuel: Die Mitnahme von zusätzlichem Kraftstoff für erwartete Verzögerungen liegt im Ermessen der Besatzung. Die Mitnahme von extra-fuel kann u. U. die Nutzlast beschränken.

Ballast fuel: Bei Überführungsflügen kann die Mitnahme von ballast fuel erforderlich sein, um die zulässigen Grenzen der Schwerpunktage einzuhalten.

Die Mindestkraftstoffmenge (*minimum fuel*), die beim Start (nach dem Rollen) an Bord sein muss, setzt sich aus *trip fuel* und *reserve fuel* zusammen.

4 Betrachtung der Treibstoffmengen im Nutzlast – Reichweiten – Diagramm

Die betrachtete Problematik tritt bei hohen Nutzlasten auf. Die Summe aus Maximum Zero Fuel Weight (MZFV) und Reservekraftstoff darf schon im Planungsstadium das MLW nicht überschreiten. Bei hohen Reservekraftstoffmengen, wie sie z. B. notwendig werden, wenn der Ausweichflughafen weit vom Zielflughafen entfernt liegt, steht für den *trip fuel* weniger Kapazität zur Verfügung. Dadurch kann z.B. auch die mögliche Menge für *extra fuel* eingeschränkt werden. U. U. muss dann die Nutzlast reduziert werden. Eine Beschränkung der Treibstoffmenge aus Gründen der Tankkapazität kommt in der Praxis fast nie vor.

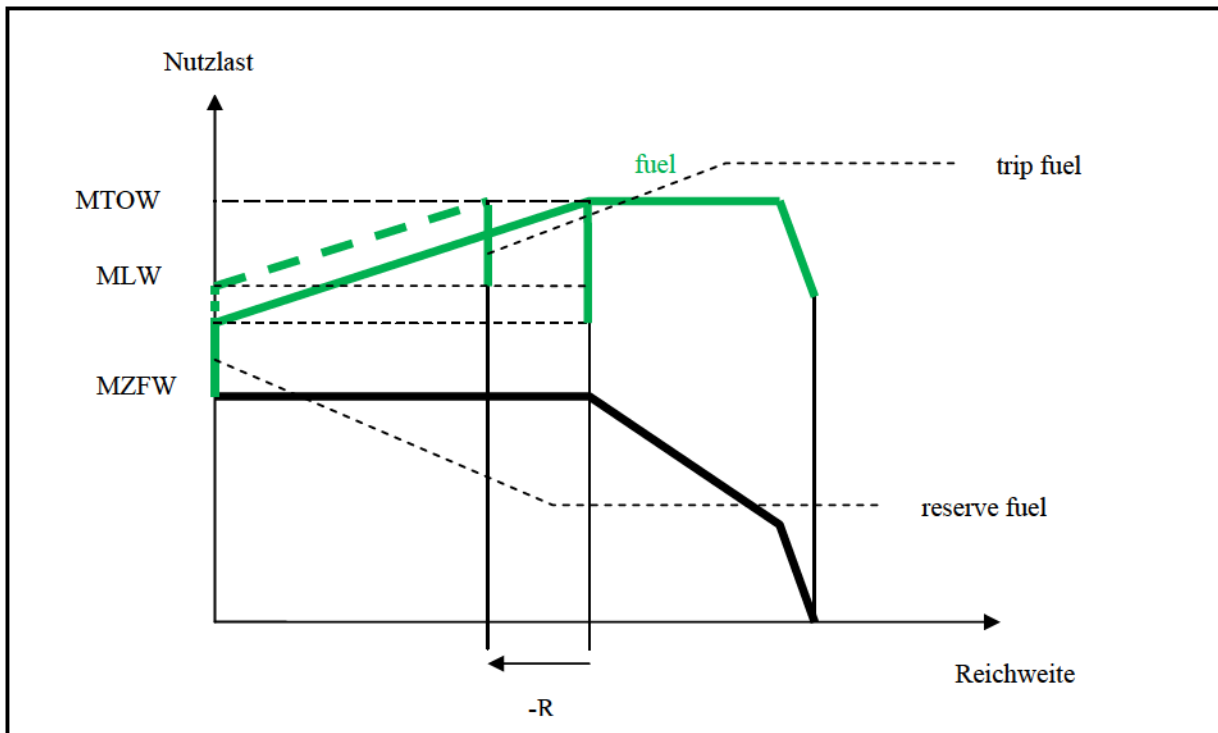


Bild 6: Das erweiterte Nutzlast-Reichweitendiagramm

Zu weiteren Einschränkungen der Kraftstoffmenge, die mitgeführt werden kann, kann es kommen, wenn das Take Off Weight (TOW) und das Landing Weight (LW) aus Flugleistungsgründen eingeschränkt werden müssen. Dies kann der Fall sein bei

- kurzen Pisten,
- nassen oder kontaminierten Pisten,
- warmen und hoch gelegenen (hot and high) Flugplätzen,
- Hindernissen im Abflugsektor.

5 Unwägbarkeiten bei der Flugvorbereitung

Zum Zeitpunkt der Flugvorbereitung sind folgende **Größen nur näherungsweise bekannt**, die eine Festlegung der Betankungsmenge erschweren, wenn der Abflug aus Leistungsgründen limitiert ist (Bild 7):

- Zu erwartendes Zero Fuel Weight (**ZFW**) gegeben durch Anzahl der Passagiere und Menge der Fracht. Wenn auf *extra fuel* verzichtet wird, kann bei nennenswerter Überschreitung des geplanten ZFW ein Nachtanken notwendig werden.
- Beim Start zu erwartendes **Platzwetter**. Luftdruck, Lufttemperatur und Wind sind zwischen dem Zeitpunkt der Festlegung der Kraftstoffmenge und dem Start laufenden Änderungen unterworfen.
- **Verkehrsaufkommen** und damit Wartezeit an der Piste

Hier kann nur ein gerüttelt Maß Erfahrung seitens der Besatzung weiterhelfen. Unterstützung kann die Statistik leisten, wenn für einen bestimmten Flug die Erfahrungen der Vergangenheit aus einer größeren Anzahl von Flügen aufbereitet sind. Präzise Vorhersagen werden jedoch nahezu unmöglich, wenn sich schnelle Wetteränderungen ergeben.

Die Schwierigkeit wird sichtbar, wenn man annimmt, dass die Rollzeiten vor dem Start je nach Verkehrslage zwischen 10 und 45 Minuten variieren können. Im Winter, wenn an den Startbahnköpfen enteist wird, ist eine Vorhersage auch nur sehr schwer möglich.

MATOW < MTOW
MALW < MLW

kurze Piste



nasse oder kontaminierte Piste

MATOW < MTOW
MALW < MLW

hohe, warme Plätze



Hindernisse im An- oder Abflug

Bild 7: Nur näherungsweise bekannt: Die zu erwartende Leertankmasse (Zero Fuel Weight, ZFW) sowie der Zustand einer kurzen Piste, die möglicherweise nass oder kontaminiert sein kann. Dies führt zur Absenkung der zulässigen Abflug- und Landemassen.

6 Unwägbarkeiten bei der Betrachtung des Streckenfluges

Die Vorhersagen für Wind und Temperatur sind heute sehr gut. Häufig kommt es bei Langstreckenflügen zu Abweichungen der Flugzeit von unter 5 Minuten. Problematisch kann es werden, wenn der Streckenflug nicht in der gewünschten Höhe oder mit der gewünschten Geschwindigkeit durchgeführt werden kann. Abweichungen in der Flughöhe von bis zu 4000 ft führen zu erheblichen Veränderungen des Treibstoffverbrauches. Wenn sich dann auch noch eine ungünstigere Windkomponente einstellt, sind die Streckenreserven

(*contingency fuel*) schnell aufgebraucht. In einigen Ländern kommt es auch kurzzeitig zu Sperrungen von Teilen des Luftraumes für militärische Übungen.

7 Unwägbarkeiten bei der Auswahl und beim Anflug des Ausweichflughafens

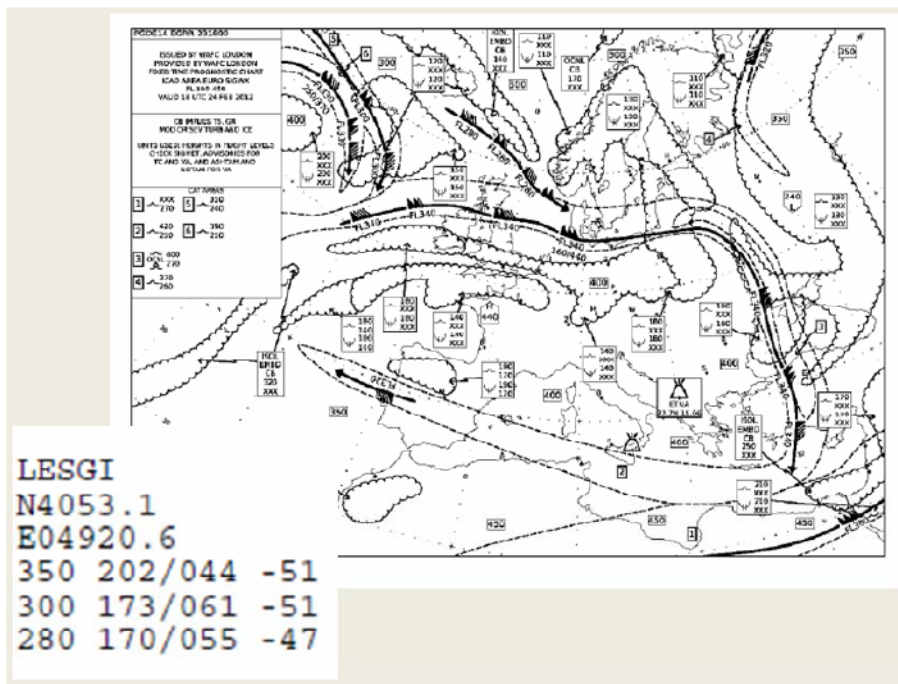
Der bei der Flugwegplanung angenommene Flugweg zum Ausweichflughafen beruht auf den veröffentlichten Streckenführungen. Wenn es aber zu Ausweichflügen in größerer Zahl zu dem gewählten Ausweichflughafen kommt, steigt die Verkehrsdichte dort überproportional stark an. Mit weiteren Verzögerungen ist dann zu rechnen, die absolut unplanbar sind. Je näher der Ausweichflughafen am Zielflughafen liegt, desto größer sind die Abweichungen prozentual. Die Mengen für den *alternate fuel* nach Newark bei Zielflughafen New York JFK sind rein theoretische Werte, die dann, wenn ein Ausweichen schon bei der Planung als mögliches Szenario erscheint, völlig unbrauchbar sind.

8 Unwägbarkeiten bezüglich des Wetters am Zielort

Wettervorhersagen müssen sich nicht bestätigen. Dies gilt insbesondere für Wetterentwicklungen hoher Dynamik und hier insbesondere für Gewitterlagen. Dabei ist zu bedenken, dass bei einem Ultra-Langstreckenflug die Treibstoffmenge bis zu 15 Stunden vor der Landung am Zielflughafen festgelegt werden muss. Insbesondere Gewitter können den Verkehrsfluss am Zielflughafen auch dann nachhaltig stören, wenn sie nur im Großraum des Flughafens auftreten, wo sie ganze Anflugsektoren beeinflussen können. Auch Erscheinungen wie Windscherungen sind dann zu erwarten.

Ist eine Ankunft in den frühen Morgenstunden des Folgetages geplant, kann es gerade in Mitteleuropa bei entsprechend niedriger Differenz zwischen Temperatur und Taupunkt zur Ausbildung von Strahlungsnebel kommen. Die Dichte des Nebels in Bezug auf die Notwendigkeit Low Visibility Operation (LVO) anzuwenden, ist nicht mit der wünschenswerten Genauigkeit prognostizierbar.

Besonders schwierig ist es für Dispatcher und Besatzungen, mit den in Vorhersagen gebräuchlichen Zeitgruppen "tempo, gradu und prob xx" umzugehen. Diese Schlüssel beschreiben sich zwischenzeitlich (tempo) oder allmählich (gradu) ändernde Wetterbedingungen, die mit einer Wahrscheinlichkeit (probability) angekündigt werden (Bild 8).



SIGMETs:

RJJJ FUKUOKA FIR / MACH AIRSPACE
 WS SIGMET J05 VALID 140845/141245 RJTD- RJJJ FUKUOKA FIR
 SEV TURB FCST WI N4200 E16500 - N3930 E15610 - N3750
 E15630 - N4020 E16500 - N4200 E16500 FL300/350 MOV ENE
 60KT INTSF=

WS SIGMET H03 VALID 140800/141200 RJTD- RJJJ FUKUOKA FIR
 FRQ TS FCST WI N2700 E13030 - N2900 E13130 - N2800
 E12720 - N2640 E12630 - N2700 E13030 MOV ENE 20KT
 INTSF=

UHHH Khabarovsk FIR
 WS SIGMET 1 VALID 141005/141405 UHHH- UHHH Khabarovsk FIR
 EMBD TS OBS AND FCST S OF N54 N OF N48 W OF E136 TOP
 FL330 MOV E 10KMH NC=

Destination:

UNKL/KJA Krasnoyarsk/Yemelyanovo
 SA 141000 25004G07MPS 210V280 9999 SCT040CB BKN240 29/10 Q1004
 NOSIG
 RMK QFE728 29////65=
 FT 140752 1409/1509 22005MPS 9999 SCT030CB BKN100
 TEMPO 1409/1418 VRB18MPS 1000 TSGRRA SQ=

Destination Alternates:

UNNT/OVB Novosibirsk/Tolmachevo
 SA 141000 24004MPS CAVOK 21/05 Q1008 NOSIG
 RMK QFE746/0995 25090070=
 FT 140730 1409/1509 28009G15MPS CAVOK=

Bild 8: Unwägbarkeiten durch das Wetter.

9 Unwägbarkeiten des Betriebsablaufes

Die enge Verzahnung von Flugplänen insbesondere für Fluggesellschaften, die aus zentralen Verkehrsknotenpunkten heraus operieren und ein ausgeklügeltes System von Umsteigeverbindungen anbieten (müssen), erhöht die Sensibilität des gesamten Betriebes gegenüber Störungen und damit verbundenen Verzögerungen. Die Sicherstellung einer zugesagten Anschlussverbindung ist für den Passagier ein zentrales Erfolgs- oder Misserfolgserlebnis. Müssen Umbuchungen auf andere Flüge, Flüge mit anderen Fluggesellschaften oder gar Entschädigungsleistungen gezahlt werden, entstehen direkt und durch den Arbeitsaufwand erhebliche Kosten.

Die Möglichkeiten, im Reiseflug Zeit aufzuholen, sind ausgesprochen eingeschränkt. Eine Erhöhung der Reiseflugmachzahl von M 0,84 auf M 0,86 entspricht einer Erhöhung von etwas über 2 Prozent, was bei einer Flugzeit von 10 Stunden einen Zeitgewinn von 12 Minuten erbringt. Der Preis in Form von Mehrverbrauch, der dafür gezahlt werden muss, ist unverhältnismäßig hoch und setzt voraus, dass die dafür benötigten Kraftstoffmengen überhaupt mitgeführt werden. Alleine ein wieder auszuladender Koffer oder die Wartezeit auf ein anderes zurückstoßendes Flugzeug inklusive Anlassverfahren und Vorbereitung zum Abrollen können eine Verzögerung von 10 Minuten ... 15 Minuten auslösen, die kaum je wieder aufzuholen ist (Bild 9).



Bild 9: Unwägbarkeiten durch Betriebsabläufe.

10 Ablauf der Flugplanung

Der Dispatcher oder Flight Operations Officer beginnt einige Stunden vor dem Abflug mit der Planung des Fluges. Dabei sind das Flugzeug, die zu erwartende Nutzlast und die Streckenführung unter Berücksichtigung der Verkehrs- und Wetterlage die Ausgangsbedingungen. Zum Briefing wird das gesamte Paket der Flugvorbereitung (Flugdurchführungsplan, Wetterdaten, NOTAMs, technischer Bordbericht) der Besatzung elektronisch oder als Ausdruck zur Verfügung gestellt. Nach Prüfung der Unterlagen und Beurteilung der Gesamtlage wird die zu tankende Menge von der Besatzung festgelegt, wobei der Kapitän natürlich das letzte Wort hat.

Es soll nun der Versuch unternommen werden, die Betrachtungen einer Besatzung bei der Entscheidungsfindung nachzuvollziehen.

Als erstes wird in der Regel der **technische Bordbericht betrachtet**. Sind dort akzeptable Mängel aufgeführt, die den Verbrauch beeinflussen, wird unmittelbar überprüft, ob diese *performance penalties* bei der Bestimmung der Mindestkraftstoffmenge berücksichtigt worden sind.

Danach findet eine **Überprüfung** der Eckdaten des **Flugdurchführungsplanes** statt (Bild 10). Insbesondere ist dabei von Interesse, ob die Flugplanzeiten bei der zu erwartenden Flugzeit eingehalten werden, bzw. mit welcher Geschwindigkeit der Flugdurchführungsplan berechnet wurde. Ist "Luft" im Plan, oder besteht quasi von Anfang an Zeitdruck? Bei der Betrachtung des Streckenverlaufes wird auf Gebiete vorhergesagter Turbulenz und auf Veränderungen des Windes mit der Flughöhe geachtet, da keinesfalls sichergestellt ist, dass die aus Gründen der Gesamtmasse und gewählten Fluggeschwindigkeit optimale Flughöhe auch freigegeben wird. Insbesondere zu Verkehrsspitzenzeiten wie tagsüber auf dem Nordatlantik in Westrichtung oder nachts in Ostrichtung kann es zu Abweichungen kommen. Das Ausmaß der Beachtung des Wetters am Ziel- und Ausweichflughafen wechselt stark mit vorhergesagtem Wetter. Ist schlicht schönes Wetter vorhergesagt, wird lediglich überprüft, ob die erwartete Landerichtung mit der im Flugdurchführungsplan zugrunde gelegten übereinstimmt. Lediglich die erwartete Verkehrslage ist dann noch von Interesse. Sollte der Ausweichflughafen weit entfernt vom Zielflughafen liegen, steht also eine große Menge *alternate fuel* zur Verfügung, ist die Verkehrslage am Zielflughafen weniger bedeutend, denn dann ist es statthaft und üblich, den für den Flug zum Ausweichflughafen vorgesehenen Treibstoff auch im Warteflug am Zielflughafen zu verbrauchen. Allerdings beraubt man sich damit der Möglichkeit, den Ausweichflughafen noch erreichen zu können. Ist die Wettervorhersage nicht günstig, ist noch zu unterscheiden, ob sie dauernd ungünstig ist, wie z. B. bei starken Seitenwinden, oder ob es zu zwischenzeitlichen dafür kürzeren Einschränkungen kommen kann. Insbesondere bei Gewitterlagen ist es extrem schwer, eine Prognose abzugeben, da eine Verlagerung einer Gewitterzelle um wenige Meilen eine völlig andere Situation erzeugen kann. Ist nicht auszuschließen, dass der Zielflughafen nicht angeflogen werden kann, ist zu berücksichtigen, dass dann auch an infrage kommenden Ausweichflughäfen ein erhebliches, zusätzliches Verkehrsaufkommen entsteht. Der im Flugdurchführungsplan ausgewiesene *alternate fuel* ist dann mit Sicherheit nicht ausreichend. Solange man jedoch davon ausgehen kann, dass nicht mehrere ungünstige Bedingungen gleichzeitig auftreten, versucht man, die verschiedenen Möglichkeiten mit einer Menge *extra fuel* abzudecken. Das kann auch bedeuten, dass man einen hohen *alternate fuel* als stille Reserve betrachtet. Allerdings ist es nicht im Sinne der Regeln, diese Menge schon auf der Flugstrecke einzusetzen.

Deswegen wird der **Kraftstoffverbrauch auch im Reiseflug regelmäßig überprüft**, wie der Verbrauch sich gegenüber Plan entwickelt. Dazu ist der an regelmäßig eingeplanten Checkpunkten erforderliche Mindestkraftstoff im Flugdurchführungsplan aufgeführt, der sich aus dem *trip fuel* für die restliche Flugstrecke, dem *alternate fuel* und *final reserve fuel* zusammensetzt. Lediglich der *contingency fuel* darf dabei schon verbraucht sein, wobei die Ursache des Verbrauches klar zu identifizieren sein sollte. Wird der oben beschriebene Mindestwert für Restkraftstoff unterschritten, muss der Flug abgebrochen werden, bzw. darf nur zu einem näher gelegenen neuen Zielflughafen fortgesetzt werden. Nur wenn der Kommandant sicherstellt und entscheidet, dass der ursprüngliche Zielflughafen sicher erreicht werden kann, darf der Flug dorthin fortgesetzt werden.

All diese Gedankengänge könnten erheblich verkürzt oder vereinfacht werden, **wenn sehr viel mehr als Mindestkraftstoff getankt würde**. Manchmal ist das aber gar nicht möglich, ohne die Nutzlast und damit die Einnahmen aus dem Flug zu reduzieren. Aber auch, wenn die Mitnahme möglich ist, steigt der Verbrauch durch die Mitnahme von *extra fuel* erheblich an. Als Daumenregel für einen Flug von etwa 10 Stunden kann man annehmen, dass fast die Hälfte des *extra fuel* allein durch dessen Mitnahme auf der Strecke verbraucht wird. Soll also am Zielflughafen eine halbe Stunde *extra fuel* verfügbar sein, muss Kraftstoff für fast eine Stunde mehr mitgenommen werden. Für einen A380 würde das z. B. bedeuten, dass für die Mitnahme von 10000 kg *extra fuel* auch im günstigsten Fall, dass er nicht gebraucht wird, ein Mehrverbrauch von etwa 4000 kg akzeptiert wird, was die Bilanz des Fluges mit ca. 3000 € belastet.

Die Entscheidung, die am Ende der Betrachtungen steht, ist dann in der Regel irreversibel, da **Nachtanken** immer mit Zeitverlust und erheblichem Sicherheitsaufwand verbunden ist, wenn Passagiere schon an Bord sind. **Enttanken** ist ebenfalls sehr aufwändig, und der enttante Treibstoff muss entsorgt werden.

Apr 11 2011 12:45		LH8274/11/DKR/VCP/				Page 1	
--- OFP produced at 11.04.2011/12:45 UTC ---							
OFP	LH8274/11	11APR	GOOY/ DKR	SBKP/ VCP	FMS		
3/0/1	DALCN (103.0)		1130/1142	1750/1810	COST INDEX	30	
			EST 1435/1447	2055/2115	ROUTE	E/MTT/R	
			CTOT	....	TTL DIST	2906	
ATS C/S	.....		ACT	..../....	SPEED	VRBL	
			TKOF	ALTN	.....	AVGE WC	M004
	LOAD	ZFW	ADDFU	LW	TOW	ZFW CG	TOW CG
EST	91923	206883	OL	MAL	222941	284800	
PLN	91923	206883	OL	PLN	218558	271959	23.080P
ACT	.....	.....	TOF	.....	.....	.....PC	.....PC

DEP ATIS: .../....Z:							

Bild 10: Überprüfung des Flugdurchführungsplanes

11 Was wünschen sich Piloten?

Belastbare Vorhersagen! Während die Vorhersagen über Wind und Wetter inzwischen eine recht hohe Genauigkeit erreicht haben, sind die über die Verkehrslage auf der Strecke oder am

Zielflughafen noch nicht verlässlich genug. Das liegt auch an dem erheblichen Einfluss von nicht oder kaum erfassbaren Störgrößen.

Es wird also auch in absehbarer Zukunft immer noch stark von der Erfahrung und vom Temperament der individuellen Besatzungen, speziell aber der Kapitäne abhängen, nach welchem Grundmuster getankt wird. Das Gefühl, dass es beim "Sprit knapp wird", ist eine Erfahrung, die man nicht machen muss. Sollte es aber doch einmal dazu kommen, ist frühzeitiges und konsequentes Gegensteuern zwingend erforderlich, auch wenn es dann auf jeden Fall teuer wird.

12 Zusammenfassung

Die Festlegung der Kraftstoffmenge für einen Langstreckenflug findet in jedem Fall im Spannungsfeld aus Sicherheit der Erreichung des Zielflughafens und damit der Erfüllung der Flugaufgabe und wirtschaftlichen Betrachtungen statt.

Appendix EU OPS

Source, PDF:

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:254:0001:0238:EN:PDF>

Source, HTML:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32008R0859&rid=9>

REGULATIONS

COMMISSION REGULATION (EC) No 859/2008 of 20 August 2008

OPS 1: Commercial air transportation (aeroplanes) (in Annex III)

SUBPART D – OPERATIONAL PROCEDURES

OPS 1.255 Fuel policy

(See Appendix 1 and Appendix 2 to OPS 1.255)

- (a) An operator must establish a fuel policy for the purpose of flight planning and in-flight replanning to ensure that every flight carries sufficient fuel for the planned operation and reserves to cover deviations from the planned operation.
- (b) An operator shall ensure that the planning of flights is at least based upon 1. and 2. below:
 - 1. Procedures contained in the Operations Manual and data derived from:
 - (i) data provided by the aeroplane manufacturer; or
 - (ii) current aeroplane specific data derived from a fuel consumption monitoring system.
 - 2. The operating conditions under which the flight is to be conducted including:
 - (i) realistic aeroplane fuel consumption data;
 - (ii) anticipated masses;
 - (iii) expected meteorological conditions; and
 - (iv) air navigation services provider(s) procedures and restrictions.
- (c) An operator shall ensure that the pre-flight calculation of usable fuel required for a flight includes:
 - 1. Taxi fuel; and
 - 2. Trip fuel; and
 - 3. Reserve fuel consisting of:
 - (i) contingency fuel (see OPS 1.192); and
 - (ii) alternate fuel, if a destination alternate aerodrome is required. (This does not preclude selection of the departure aerodrome as the destination alternate aerodrome); and
 - (iii) final reserve fuel; and
 - (iv) additional fuel, if required by the type of operation (e.g. ETOPS); and
 - 4. extra fuel if required by the commander.

- d) An operator shall ensure that in-flight re-planning procedures for calculating usable fuel required when a flight has to proceed along a route or to a destination aerodrome other than originally planned includes:
1. trip fuel for the remainder of the flight; and
 2. reserve fuel consisting of:
 - (i) contingency fuel; and
 - (ii) alternate fuel, if a destination alternate aerodrome is required (this does not preclude selection of the departure aerodrome as the destination alternate aerodrome); and
 - (iii) final reserve fuel; and
 - (iv) additional fuel, if required by the type of operation (e.g. ETOPS); and
 3. extra fuel if required by the commander

Appendix 1 to OPS 1.255 Fuel policy

An operator must base the company fuel policy, including calculation of the amount of fuel to be on board for departure, on the following planning criteria:

- 1. Basic procedure.** The usable fuel to be on board for departure must be the amount of:
 - 1.1. Taxi fuel, which shall not be less than the amount, expected to be used prior to take-off. Local conditions at the departure aerodrome and APU consumption shall be taken into account;
 - 1.2. Trip fuel, which shall include:
 - (a) fuel for take-off and climb from aerodrome elevation to initial cruising level/altitude, taking into account the expected departure routing; and
 - (b) fuel from top of climb to top of descent, including any step climb/descent; and
 - (c) fuel from top of descent to the point where the approach is initiated, taking into account the expected arrival procedure; and
 - (d) fuel for approach and landing at the destination aerodrome;
 - 1.3. Contingency fuel, except as provided for in Paragraph 2 “Reduced Contingency Fuel”, which shall be the higher of a. or b. below:
 - (a) Either:
 - (i) 5 % of the planned trip fuel or, in the event of in-flight re-planning, 5 % of the trip fuel for the remainder of the flight; or
 - (ii) Not less than 3 % of the planned trip fuel or, in the event of in-flight replanning, 3 % of the trip fuel for the remainder of the flight, provided that an en-route alternate aerodrome is available in accordance with Appendix 2 to OPS 1.255; or
 - (iii) An amount of fuel sufficient for 20 minutes flying time based upon the planned trip fuel consumption provided that the operator has established a fuel consumption monitoring programme for individual aeroplanes and uses valid data determined by means of such a programme for fuel calculation; or
 - (iv) An amount of fuel based on a statistical method approved by the Authority which ensures an appropriate statistical coverage of the deviation from the planned to the actual trip fuel. This method is used to monitor the fuel consumption on each city pair/aeroplane combination and the operator uses this data for a statistical analysis to calculate contingency fuel for that city pair/aeroplane combination.

- (b) An amount to fly for five minutes at holding speed at 1 500 ft (450 m), above the destination aerodrome in standard conditions.
- 1.4. Alternate fuel which shall:
- (a) include:
 - (i) fuel for a missed approach from the applicable MDA/DH at the destination aerodrome to missed approach altitude, taking into account the complete missed approach procedure; and
 - (ii) fuel for climb from missed approach altitude to cruising level/altitude, taking into account the expected departure routing; and
 - (iii) fuel for cruise from top of climb to top of descent, taking into account the expected routing; and
 - (iv) fuel for descent from top of descent to the point where the approach is initiated, taking into account the expected arrival procedure; and
 - (v) fuel for executing an approach and landing at the destination alternate aerodrome selected in accordance with OPS 1.295.
 - (b) where two destination alternate aerodromes are required in accordance with OPS 1.295(d), be sufficient to proceed to the alternate aerodrome which requires the greater amount of alternate fuel.
- 1.5. Final reserve fuel, which shall be:
- (a) for aeroplanes with reciprocating engines, fuel to fly for 45 minutes; or
 - (b) for aeroplanes with turbine engines, fuel to fly for 30 minutes at holding speed at 1 500 ft (450 m) above aerodrome elevation in standard conditions, calculated with the estimated mass on arrival at the destination alternate aerodrome or the destination aerodrome, when no destination alternate aerodrome is required.
- 1.6. The minimum additional fuel, which shall permit:
- (a) the aeroplane to descend as necessary and proceed to an adequate alternate aerodrome in the event of engine failure or loss of pressurisation, whichever requires the greater amount of fuel based on the assumption that such a failure occurs at the most critical point along the route, and
 - (i) hold there for 15 minutes at 1 500 ft (450 m) above aerodrome elevation in standard conditions; and
 - (ii) make an approach and landing, except that additional fuel is only required, if the minimum amount of fuel calculated in accordance with subparagraphs 1.2. to 1.5. above is not sufficient for such an event, and
 - (b) Holding for 15 minutes at 1 500 ft (450 m) above destination aerodrome elevation in standard conditions, when a flight is operated without a destination alternate aerodrome;
- 1.7. Extra fuel, which shall be at the discretion of the commander.
- 2. Reduced Contingency Fuel (RCF) Procedure.** If an operator's fuel policy includes pre-flight planning to a Destination 1 aerodrome (commercial destination) with a reduced contingency fuel procedure using a decision point along the route and a Destination 2 aerodrome (optional refuel destination), the amount of usable fuel, on board for departure, shall be the greater of 2.1. or 2.2. below:
- 2.1. the sum of:
- (a) taxi fuel; and
 - (b) trip fuel to the Destination 1 aerodrome, via the decision point; and
 - (c) contingency fuel equal to not less than 5 % of the estimated fuel consumption from the decision point to the Destination 1 aerodrome; and

- (d) alternate fuel or no alternate fuel if the decision point is at less than six hours from the Destination 1 aerodrome and the requirements of OPS 1.295(c)(1)(ii) are fulfilled; and
 - (e) final reserve fuel; and
 - (f) additional fuel; and
 - (g) extra fuel if required by the commander.
- 2.2. The sum of:
- (a) taxi fuel; and
 - (b) trip fuel to the Destination 2 aerodrome, via the decision point; and
 - (c) contingency fuel equal to not less than the amount calculated in accordance with subparagraph 1.3 above from departure aerodrome to the Destination 2 aerodrome; and
 - (d) alternate fuel, if a Destination 2 alternate aerodrome is required; and
 - (e) final reserve fuel; and
 - (f) additional fuel; and
 - (g) extra fuel if required by the commander.
- 3. Pre-determined point (PDP) procedure.** If an operator's fuel policy includes planning to a destination alternate aerodrome where the distance between the destination aerodrome and the destination alternate aerodrome is such that a flight can only be routed via a predetermined point to one of these aerodromes, the amount of usable fuel, on board for departure, shall be the greater of 3.1 or 3.2 below:
- 3.1. the sum of:
- (a) taxi fuel; and
 - (b) trip fuel from the departure aerodrome to the destination aerodrome, via the predetermined point; and
 - (c) contingency fuel calculated in accordance with subparagraph 1.3. above; and
 - (d) additional fuel if required, but not less than:
 - (i) for aeroplanes with reciprocating engines, fuel to fly for 45 minutes plus 15 % of the flight time planned to be spent at cruising level or two hours, whichever is less; or
 - (ii) for aeroplanes with turbine engines, fuel to fly for two hours at normal cruise consumption above the destination aerodrome. This shall not be less than final reserve fuel; and
 - (e) extra fuel if required by the commander; or
- 3.2. the sum of:
- (a) taxi fuel; and
 - (b) trip fuel from the departure aerodrome to the destination alternate aerodrome, via the predetermined point; and
 - (c) contingency fuel calculated in accordance with subparagraph 1.3 above; and
 - (d) additional fuel if required, but not less than:
 - (i) For aeroplanes with reciprocating engines: fuel to fly for 45 minutes; or
 - (ii) For aeroplanes with turbine engines: fuel to fly for 30 minutes at holding speed at 1 500 ft (450 m) above the destination alternate aerodrome elevation in standard conditions. This shall not be less than final reserve fuel; and
 - (e) Extra fuel if required by the commander.
- 4. Isolated aerodrome procedure.** If an operator's fuel policy includes planning to an isolated aerodrome, the last possible point of diversion to any available en-route alternate aerodrome shall be used as the pre-determined point. See paragraph 3 above.

Appendix 2 to OPS 1.255 Fuel policy

Location of the 3 % En-Route Alternate (3 % ERA) aerodrome for the purposes of reducing contingency fuel to 3 % (See Appendix 1 to OPS 1.255 (1.3)(a)(ii) and OPS 1.192). The 3 % ERA aerodrome shall be located within a circle having a radius equal to 20 % of the total flight plan distance, the centre of which lies on the planned route at a distance from the destination aerodrome of 25 % of the total flight plan distance, or at least 20 % of the total flight plan distance plus 50 nm, whichever is greater, all distances are to be calculated in still air conditions (see figure 1).

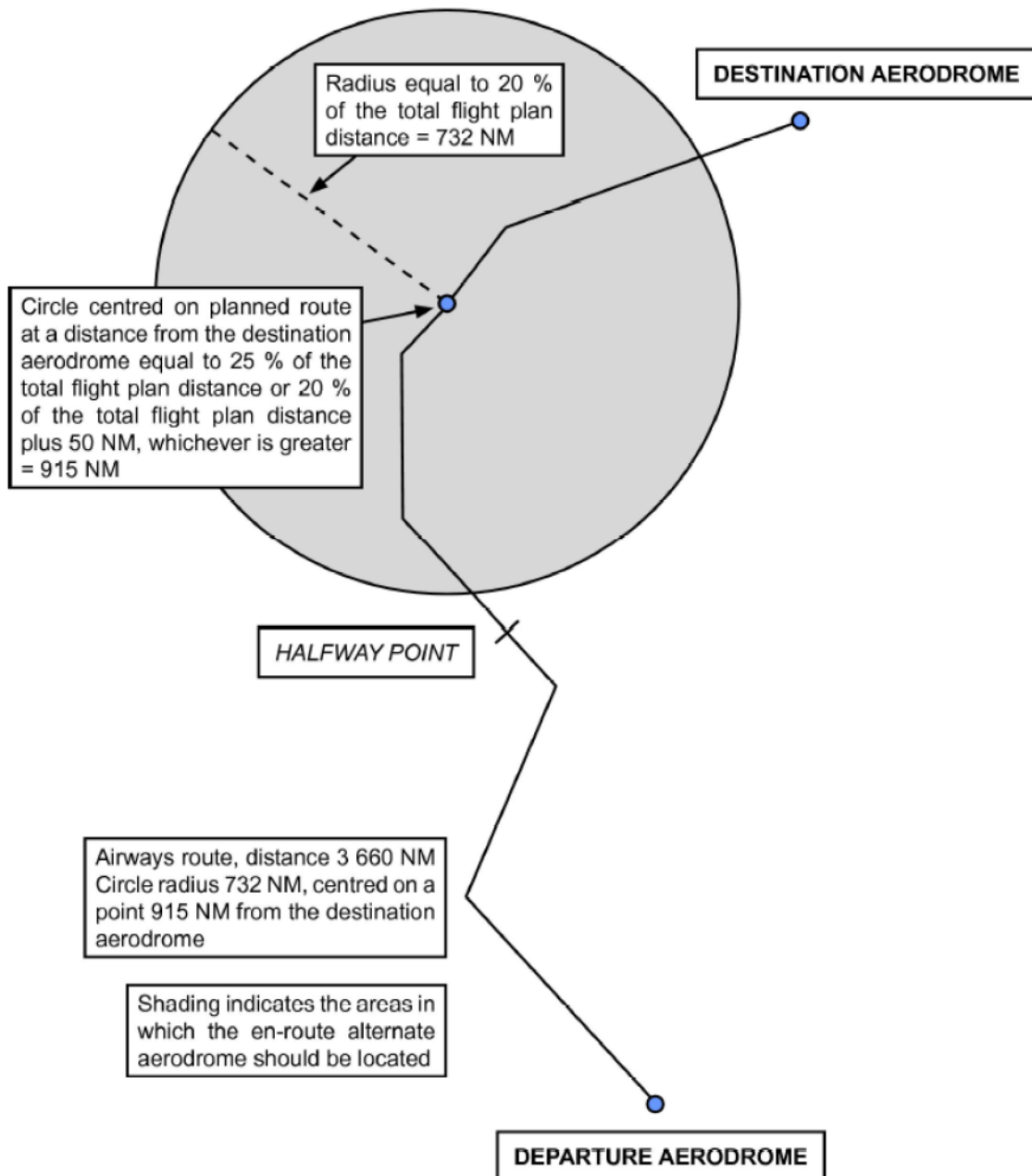


Figure 1: Location of the 3 % en-route alternate (3 % ERA) aerodrome for the purposes of reducing contingency fuel to 3 %

COMMISSION REGULATION (EU) No 965/2012

of 5 October 2012

Source, PDF:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012R0965&rid=5>

Source, HTML:

<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:32012R0965&rid=5>

ANNEX IV

COMMERCIAL AIR TRANSPORT OPERATIONS [PART-CAT]

SUBPART B

OPERATING PROCEDURES [OP]

SECTION 1

Motor-powered aircraft [MPA]

CAT.OP.MPA.150 Fuel policy

- (a) The operator shall establish a fuel policy for the purpose of flight planning and in-flight replanning to ensure that every flight carries sufficient fuel for the planned operation and reserves to cover deviations from the planned operation. The fuel policy and any change to it require prior approval by the competent authority.
- (b) The operator shall ensure that the planning of flights is based upon at least:
 - (1) procedures contained in the operations manual and:
 - (i) data provided by the aircraft manufacturer; or
 - (ii) current aircraft-specific data derived from a fuel consumption monitoring system; and
 - (2) the operating conditions under which the flight is to be conducted including:
 - (i) aircraft fuel consumption data;
 - (ii) anticipated masses;
 - (iii) expected meteorological conditions; and
 - (iv) air navigation services provider(s) procedures and restrictions.
- (c) The operator shall ensure that the pre-flight calculation of usable fuel required for a flight includes:
 - (1) taxi fuel;
 - (2) trip fuel;
 - (3) reserve fuel consisting of:
 - (i) contingency fuel;
 - (ii) alternate fuel, if a destination alternate aerodrome is required;
 - (iii) final reserve fuel; and
 - (iv) additional fuel, if required by the type of operation; and

- (4) extra fuel if required by the commander.
- (d) The operator shall ensure that in-flight re-planning procedures for calculating usable fuel required when a flight has to proceed along a route or to a destination aerodrome other than originally planned includes:
 - (1) trip fuel for the remainder of the flight; and
 - (2) reserve fuel consisting of:
 - (i) contingency fuel;
 - (ii) alternate fuel, if a destination alternate aerodrome is required;
 - (iii) final reserve fuel; and
 - (iv) additional fuel, if required by the type of operation; and
 - (3) extra fuel if required by the commander.

CAT.OP.MPA.151 Fuel policy – alleviations

- (a) Notwithstanding CAT.OP.MPA.150(b) to (d), for operations of performance class B* aeroplanes the operator shall ensure that the pre-flight calculation of usable fuel required for a flight includes:
 - (i) taxi fuel, if significant;
 - (ii) trip fuel;
 - (iii) reserve fuel, consisting of:
 - (A) contingency fuel that is not less than 5 % of the planned trip fuel or, in the event of in-flight replanning, 5 % of the trip fuel for the remainder of the flight; and
 - (B) final reserve fuel to fly for an additional period of 45 minutes for reciprocating engines or 30 minutes for turbine engines;
 - (iv) alternate fuel to reach the destination alternate aerodrome via the destination, if a destination alternate aerodrome is required; and
 - (v) extra fuel, if specified by the commander.
- (b) Notwithstanding CAT.OP.MPA.150(b) to (d), for helicopters with an MCTOM of 3175 kg or less, by day and over routes navigated by reference to visual landmarks or local helicopter operations, the fuel policy shall ensure that, on completion of the flight, or series of flights the final reserve fuel is not less than an amount sufficient for:
 - (1) 30 minutes flying time at normal cruising speed; or
 - (2) 20 minutes flying time at normal cruising speed when operating within an area providing continuous and suitable precautionary landing sites.

* CHAPTER 3, Performance class B, CAT.POL.A.300 General